

WILEY



Berechnung des Erfolges und der Güte der Windstärkevorhersagen im Sturmwarnungsdienst
Author(s): P. Heidke

Source: *Geografiska Annaler*, Vol. 8 (1926), pp. 301-349

Published by: [Wiley](#) on behalf of [Swedish Society for Anthropology and Geography](#)

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/519729>

Accessed: 10/01/2014 15:11

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at
<http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.



Wiley and Swedish Society for Anthropology and Geography are collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Geografiska Annaler*.

<http://www.jstor.org>

BERECHNUNG DES ERFOLGES UND DER GÜTE DER WINDSTÄRKEVORHERSAGEN IM STURMWARNUNGSDIENST.

von P. HEIDKE, HAMBURG.

Die Anregung zu dieser Arbeit gaben verschiedene Besprechungen mit dem Direktor des Dänischen Meteorologischen Instituts, Herrn Prof. D. M. La Cour, dem ich auch bei deren weiteren Durchführung für seine vornehmlich kritische Mitarbeit zu besonderem Dank verpflichtet bin.

Die eine Aufgabe dieser Arbeit ist, aus der allgemeinen Formel, welche gemäss der Wahrscheinlichkeitslehre zur Berechnung des Erfolges von allen Vorhersagen dient, die Sonderformel abzuleiten, welche sich am besten zur Berechnung des *Erfolges* der Windstärkevorhersagen im Sturmwarnungsdienst eignet. Die zweite Aufgabe ist die Aufstellung einer Formel zur Berechnung der *Güte* dieser Vorhersagen, und damit die Aufstellung von Vorschlägen zur Durchführung einer objektiven Prüfung der Windstärkevorhersagen im Sturmwarnungsdienst. Vorausgesetzt wird, dass nur Sturmwarnungen erlassen werden, aber keine Windwarnungen.

Vorweggenommen werde, in welchem Sinne die Ausdrücke Wetterdienst-Vorhersage, Blindlingsvorhersage und Güte der Wetterdienst-Vorhersage hier gebraucht werden.

Unter *Wetterdienst-Vorhersagen* werden die Wettervorhersagen verstanden, welche die Wetterdienststellen oder sonstige Wetterprognostiker auf Grund der von ihnen täglich entworfenen oder der ihnen zugänglichen Wetterkarten und sonstiger Überlegungen stellen. Zu den Wetterdienst-Vorhersagen sind ferner die lokalen Wettervorhersagen zu rechnen, die erfahrene und am Wetter besonders interessierte Personen für kleine Gebiete auf Grund ihrer meist langjährigen örtlichen Wettererfahrungen und Wetterbeobachtungen für sich oder auch für einen örtlich beschränkten Kreis von Interessenten stellen.

Im Gegensatz hierzu stehen die *Blindlingsvorhersagen*. Köppen¹ versteht hierunter auf falschen Grundlagen aufgebaute Wettervorhersagen, die keine besseren Ergebnisse liefern, als wenn die Vorhersagen völlig blindlings dem Zufall folgend aufgestellt wären. Köppens Begriffsbestimmung gibt jedoch zu Zweifeln Veranlassung; nämlich wozu man die Wettervorhersage rechnen soll »Wetter in der nächsten Vorhersagezeit wie in der unmittelbar vorhergegangenen«. Diese auf

¹ W. Köppen: Wie erkennt man Blindlingsprognosen? in Hannband der Meteorologischen Zeitschrift 1906, S. 349; künftig wird diese wichtige Veröffentlichung, auf die noch mehrfach Bezug zu nehmen ist, als »Köppen» angeführt werden.

rein klimatologischen Erkenntnissen aufgebaute Wettervorhersage liefert wegen der bekannten Neigung des Wetters zur Erhaltung des gerade herrschenden Zustandes meist recht erhebliche Trefferprozente. Auch diese Wettervorhersage, zu deren Stellung keinerlei meteorologische Kenntnisse über die voraussichtliche Entwicklung der herrschenden Wetterlage erforderlich sind, muss zu den Blindlingsvorhersagen gerechnet werden. Wegen ihrer hohen Trefferprozente und wegen der Genauigkeit ihrer Fassung wird von ihr am besten zum Vergleich mit der Wetterdienst-Vorhersage ausgegangen.

Als kurze Begriffsbestimmung, die z. T. mit der Köppenschen übereinstimmt, ergibt sich hieraus: Zur Stellung von Wetterdienst-Vorhersagen über die voraussichtliche Entwicklung der zukünftigen aus der vorhergegangenen und der gerade herrschenden Wetterlage sind Kenntnisse erforderlich, die auf richtigen, wenn auch noch so unvollkommen erkannten Beziehungen zwischen den Erscheinungen und der Wetterdienst-Vorhersage beruhen; zur Stellung von Blindlingsvorhersagen aber nicht.

Unter *Güte der Wetterdienst-Vorhersage* wird mit Köppen ein quantitatives Mass für den Überschuss des Erfolges der Wetterdienst-Vorhersage über den Erfolg der Blindlingsvorhersage verstanden. Die Güte der Wetterdienst-Vorhersage lässt also das Verdienst des Prognosenstellers erkennen.

1. Mathematische Grundlagen.

Nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist der Erfolg von Vorhersagen gleich der Anzahl der richtigen Vorhersagen dividiert durch die Anzahl aller Vorhersagen. Bezeichnet man den Erfolg mit E , die Zahl der richtigen Vorhersagen mit r , die der verfehlten Vorhersagen mit s , die Gesamtzahl der Vorhersagen also mit $(r+s)$, so ist:

$$(1) \dots \dots \dots \dots \quad E = \frac{r}{r+s}$$

Die Beziehung (1) gilt aber nur dann, wenn der Prognostiker auf alle Vorhersagen das gleiche Gewicht legt. Diese Voraussetzung ist bei der Stellung von Wettervorhersagen aber keineswegs erfüllt. Treten z. B. an einem Ort im Laufe eines Jahres nur 20 Gewittertage gegen 345 gewitterlose auf, so legt der Prognostiker grösseres Gewicht auf die Vorhersage für einen Gewittertag als auf die für einen gewitterlosen; gleichgültig ist, ob die Vorhersage »Gewitter« oder »kein Gewitter« lautete. Hierbei ist eine nicht ausgesprochene Vorhersage über Gewitter gleichbedeutend mit der Vorhersage »kein Gewitter«. Die Frage nach der zahlenmässigen Grösse der Gewichte bleibe zunächst dahingestellt. Es haben r_1 richtige und s_1 falsche Vorhersagen das Gewicht p_1 , r_2 richtige und s_2 falsche Vorhersagen das Gewicht p_2 u. s. w., so ist nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung der Erfolg

$$E = \frac{r_1 p_1 + r_2 p_2 + \dots + r_n p_n}{(r_1 + s_1) p_1 + (r_2 + s_2) p_2 + \dots + (r_n + s_n) p_n}$$

oder kürzer:

$$(2) \quad E = \frac{\sum r_i p_i}{\sum (r_i + s_i) p_i} \quad (i = 1 \text{ bis } n)$$

Hierbei bezeichnet n die Zahl der voneinander verschiedenen Gewichte, welche auftreten können.

Formel (2) erfüllt, gleichgültig welche Werte die p annehmen, folgende nach den Überlegungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung notwendigen Bedingungen: 1. sind nur falsche Vorhersagen gegeben, sind also alle r gleich Null, so wird auch $E = 0$. — 2. Sind in jeder Gruppe von Vorhersagen desselben Gewichts ebenso viele richtige wie falsche Vorhersagen abgegeben, ist also $r_1 = s_1$, $r_2 = s_2$ u. s. w., so wird $E = \frac{1}{2}$. — 3. Sind nur richtige Vorhersagen abgegeben, sind also alle s gleich Null, so wird $E = 1$.

Zu einer *zahlenmässigen Bestimmung der Güte der Vorhersage* führt folgende Überlegung: Es sei in der nebenstehenden Figur 1 $A' Z'$ der Wert, der sich



Figur 1.

bei vollem Erfolg der Vorhersagen, also bei keiner falschen Vorhersage ergeben würde. Es sei somit $A' Z' = 1$. Ferner sei $A' B' = B$ der Erfolg, der sich bei der gewählten Blindlingsvorhersage ergibt; $A' E' = E$ der Erfolg, der sich bei der Wetterdienst-Vorhersage ergibt; also B und E echte positive Brüche. Dann stellt die Strecke $B' E' = B$ den Überschuss des Erfolges der Wetterdienst-Vorhersage gegenüber dem Erfolg der Blindlingsvorhersage dar. Der Unterschied $E - B$ ist aber noch kein Mass für die *Güte* der Wetterdienst-Vorhersagen, die mit G bezeichnet werde. Es ergibt sich nämlich $E - B = 0,1$ für $E = 1$ und $B = 0,9$, ferner für $E = 0,7$ und $B = 0,6$. Das Verdienst des Prognostikers ist im ersten Fall aber zweifellos ein erheblich höheres als im zweiten, was auch in dem sich für G ergebenden Zahlenwert zum Ausdruck kommen muss. Beim ersten Beispiel, wo die Güte der Vorhersage nicht mehr gesteigert werden kann, da bei $E = 1$ keine verfehlte Vorhersage abgegeben ist, muss sich auch für G der höchste hierfür zulässige Wert ergeben. Als solcher ist sinngemäss $G = 1$ festzusetzen, wie auch $E = 1$ der denkbar höchste Wert für E ist. Eine zweite notwendige Bestimmung ist, dass sich $G = 0$ für $E = B$ ergibt. Erzielt man nämlich mit einer Blindlingsvorhersage genau den gleichen Erfolg wie mit der Wetterdienst-Vorhersage, so liegt kein Verdienst des Prognostikers mehr vor, und die Güte seiner Vorhersagen ist gleich Null. Schliesslich müssen sich für E grösser

als B für G stets positive echte Brüche, für E kleiner als B stets negative Werte für G ergeben. Diese Bedingungen werden sämtlich erfüllt, wenn man bestimmt:

$$G = \frac{B'E'}{B'Z'} = \frac{A'E' - A'B'}{AZ' - A'B'}$$

Hieraus folgt:

$$(3) \dots \dots \dots \quad G = \frac{E - B}{I - B}$$

Für $E < B$ und $B = 1$ ergibt sich $G = -\infty$, also ein unendlich hoher negativer Wert.

Festzustellen ist noch, wie B zu berechnen ist. Es haben nach der Blindlingsvorhersage r'_i richtige und s'_i falsche Vorhersagen das Gewicht p'_i , r'_2 richtige und s'_2 falsche Vorhersagen das Gewicht p'_2 u. s. w.; so ergibt sich:

$$B = \frac{\sum r'_i p'_i}{\sum (r'_i + s'_i) p'_i} \quad (i=1 \text{ bis } n')$$

Hierbei bezeichnet n' die Zahl der von einander verschiedenen Gewichte, welche auftreten können. Die zu vergleichenden Wetterdienst-Vorhersagen und Blindlingsvorhersagen gelten nun selbstverständlich für das Eintreten derselben Ereignisse an demselben Ort und für dieselben Zeiträume. Demnach entspricht jeder Wetterdienst-Vorhersage eine Blindlingsvorhersage von dem gleichen Gewicht; also entsprechen dem $(r_i + s_i)$ Wetterdienst-Vorhersagen vom Gewicht p_i auch $(r_i + s_i)$ Blindlingsvorhersagen vom Gewicht p_i . Es mögen nun den $(r_i + s_i)$ Wetterdienst-Vorhersagen vom Gewicht p_i die $(r'_i + s'_i)$ Blindlingsvorhersagen vom Gewicht p'_i entsprechen. Dann folgt $(r'_i + s'_i) = (r_i + s_i)$ und $p'_i = p_i$, weiterhin $(r'_2 + s'_2) = (r_2 + s_2)$ wie $p'_2 = p_2$ u. s. w., und schliesslich $n' = n$. Somit ergibt sich:

$$(4) \dots \dots \quad B = \frac{\sum r'_i p_i}{\sum (r_i + s_i) p_i} \quad (i=1 \text{ bis } n)$$

E und B aus (2) und (4) in (3) eingesetzt ergeben zur unmittelbaren Berechnung von G nach einigen Umformungen

$$(5) \dots \quad G = \frac{\sum (r_i - r'_i) p_i}{\sum s'_i p_i} \quad \text{oder was dasselbe ist: (5a)} \quad G = \frac{\sum (r_i - r'_i) p_i}{\sum (r_i - r'_i + s_i) p_i}$$

Somit ist unter Berücksichtigung der Gewichte gemäss (2) und (4) der Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage (E) und der Blindlingsvorhersage (B) stets gleich der Anzahl der richtigen ($\sum r_i p_i$ bzw. $\sum r'_i p_i$) dividiert durch die Summe aller Vorhersagen [$\sum (r_i + s_i) p_i$]. Hingegen ist wieder unter Berücksichtigung der Gewichte nach (5 a) die Güte der Wetterdienst-Vorhersage (G) gleich der Anzahl der richtigen Vorhersagen nach der Wetterdienst-Vorhersage ($\sum r_i p_i$) vermindert

um die Anzahl der richtigen Vorhersagen nach der Blindlingsvorhersage ($\sum r'_i p_i$), das Ganze dividiert durch die Summe aller Vorhersagen [$\sum (r_i + s_i) p_i$] wiederum vermindert um die Anzahl der richtigen Vorhersagen nach der Blindlingsvorhersage ($\sum r'_i p_i$). Es ist also der Zähler und der Nenner von G in (5 a) um den gleichen Betrag, nämlich um $\sum r'_i p_i$ kleiner als der Zähler und der Nenner von E in (2). Hieraus folgt, dass im allgemeinen G kleiner als E ist, abgesehen von den beiden Sonderfällen; entweder ist im Wetterdienst keine falsche Vorhersage abgegeben ($\sum s_i = 0$ und also $E = G = 1$) oder bei der Blindlingsvorhersage keine richtige $\left[\sum r'_i = 0 \text{ und also gemäss (5a)} G = \frac{\sum r_i p_t}{\sum (r_i + s_i) p_i} = E \right]$.

Nebenbei ergibt sich aus (3) eine erheblich einfachere Lösung der von Köppen behandelten Frage: »Wie erkennt man Blindlingsprognosen?« Die kurze Antwort lautet: »Der Prognostiker stellt Vorhersagen vom Wert der Blindlingsvorhersagen, wenn der Erfolg seiner Wettervorhersage kleiner als der Erfolg oder gleich dem Erfolg irgend einer Blindlingsvorhersage ist, wenn also E kleiner oder gleich B ist.«

Zur zahlenmässigen Berechnung des Erfolges (2) von Wetterdienst-Vorhersagen ist zunächst festzustellen, welche Gruppen von verschiedenen zu bewertenden Vorhersagen vorhanden sind. Alsdann ist zu ermitteln, welche Gewichte den Vorhersagen jeder Gruppe zukommen, wobei innerhalb jeder Gruppe alle Vorhersagen das gleiche Gewicht haben. Zur Berechnung der Güte (5) der Wetterdienst-Vorhersagen hat man sich zu entscheiden, welche Blindlingsvorhersage man verwenden will. Selbstverständlich wird man derjenigen den Vorzug geben, welche unter Berücksichtigung der Gewichte den höchsten Erfolg liefert.

2. Voraussetzungen für die Prüfungsmöglichkeit von Wettervorhersagen.

Als Voraussetzungen zur Prüfung von Wetterdienst-Vorhersagen bei Anwendung der Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung gibt Köppen[†] an:

1. Ein ausreichend grosses Material muss der Prüfung unterzogen werden, damit das Gesetz der grossen Zahlen zur Geltung kommt.
2. Die Vorhersagen müssen hinreichend klar gefasst sein, um eine Ordnung derselben nach Gruppen zu gestatten, deren jede durch eine genügende Zahl von Fällen vertreten ist.

Zu diesen beiden Voraussetzungen tritt:

3. Die Vorhersagen müssen hinreichend klar gefasst sein, dass in jedem Einzelfall einwandfrei entschieden werden kann, ob die Vorhersage völlig richtig, völlig falsch, oder zu welchem Teil sie richtig und zu welchem Teil falsch war; hierzu

[†] Siehe Köppen S. 349.

gehört auch die genaue Festlegung, für welches Gebiet und für welchen Zeitraum die Vorhersagen gestellt waren.¹

4. Die für bestimmte Bezirke, also Flächen, gegebenen Vorhersagen sind betreffs ihres Eintreffens oder Nichteintreffens nicht nur mit dem tatsächlich eingetretenen Ereignis an *einem*, sondern möglichst an *mehreren* Orten dieses Bezirks zu vergleichen. An sich müsste man die Vorhersage mit dem eingetretenen Ereignis im ganzen Bezirk vergleichen, um der Flächenvorhersage auch eine Flächenprüfung gegenüber zu stellen. Das ist aber undurchführbar, und man muss sich mit dem Vergleich für mehrere möglichst gut verteilte Orte des Bezirkes begnügen, also mit einer Netzprüfung. Die Erfüllung der vierten Voraussetzung ist indessen nur wünschenswert, aber nicht unbedingt erforderlich, während die Erfüllung der ersten drei unbedingt erforderlich ist.

3. Wann ist eine Sturmansage richtig, und wann ist sie verfehlt?

Die Frage, wann eine Sturmansage oder Nichtsturmansage als richtig, und wann sie als verfehlt zu bezeichnen ist, kann allgemein nicht beantwortet werden. Je nach den Bedürfnissen der verschiedenen Gegenden und den davon abhängigen Anweisungen für das Erlassen von Sturmwarnungen werden nämlich folgende 3 Fragen verschieden beantwortet werden:

1. Wie lange vor Eintritt des Sturmes muss spätestens eine als richtig anerkannte Sturmwarnung erlassen sein?

2. Welche geringste Windstärke muss bei einer als richtig anerkannten Sturmwarnung erreicht sein?

3. Wie lange muss diese geringste Windstärke bei einer als richtig anerkannten Sturmwarnung überhaupt oder wenigstens in Böen geherrscht haben? Weiterhin wird angenommen, dass jeder Zeitraum als Sturmzeit anzuerkennen ist, in dem Sturmstärke auch nur in einer einzigen Böe erreicht worden ist. Die allgemeinen Ausführungen dieser Arbeit gelten aber auch dann, wenn der Begriff der Sturmzeit anders bestimmt wird.

Wenn diese Fragen auch nicht *allgemein* beantwortet werden können, so ist ihre Beantwortung doch durch geeignete Festsetzungen innerhalb des Bereiches jedes einzelnen Sturmwarnungsdienstes möglich.

Bedeutungslos dürfte hingegen die Frage werden: Ist mit dem Zeitraum zwischen dem Einsetzen des Sturmes gegenüber dem Zeitpunkt der Abgabe der Sturmwarnung zu rechnen oder gegenüber dem Zeitpunkt des Empfanges der Sturmwarnung auf der Sturmwarnungsstelle? Es ist anzunehmen, dass die funkentele-

¹ Vergleiche hierzu auch G. Castens »Der Wetterdienst der Deutschen Seewarte im Wirtschaftsleben und in der Rechtspflege« in »Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie« 1924 S. 129 f. f.

graphische oder funkentelephonische Verbreitung und Aufnahme der Sturmwarnungen immer mehr die bisherige drahtliche Verbreitung zurückdrängen wird, so dass in absehbarer Zukunft Absendezzeit und Empfangszeit der Sturmwarnungen nahezu zusammenfallen werden.

4. Bestimmung der verschiedenen zu bewertenden Gruppen von Vorhersagen für die Windstärken.

Aufgabe des Sturmwarnungsdienstes ist die Vorhersage, ob während bestimmter Zeitabschritte — ganze Tage oder Bruchteile eines solchen — Sturm erwartet wird oder nicht, und aus welcher Richtung dieser wehen wird; ferner die Bekanntgabe dieser Vorhersagen. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Frage, wie der Erfolg und die Güte des Sturmwarnungsdienstes für die Vorhersagen der Windstärke zu berechnen sind, wenn nur die Vorhersagen, »Sturm» oder »Nichtsturm» zugelassen werden.

Demnach ist zu unterscheiden zwischen »Sturmzeiten» und »Nichtsturmzeiten». Während nun in Sturmzeiten grössere, ja gelegentlich verheerende Störungen unseres Wirtschaftslebens durch die Gewalt des Sturmes verursacht werden, fehlen solche durch den Einfluss der Windstärke bedingte Störungen in den Nichtsturmzeiten. Der Wettervorhersager legt daher grösseres Gewicht auf die Vorhersagen für die Sturmzeiten als auf die Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten; und es sind somit zwei Gruppen von verschieden hoch zu bewertenden Vorhersagen der Windstärke zu unterscheiden. Die Verschiedenheit dieser Bewertung richtet sich demnach nicht nach der Vorhersage »Sturmwarnung» oder »keine Sturmwarnung», sondern allein nach dem eingetretenen Ereignis »Sturm» oder »Nichtsturm». Die Nichtherausgabe einer Sturmwarnung bedeutet stets die Vorhersage »Nichtsturm».

Zu berücksichtigen ist weiter die bekannte Neigung des Wetters zur Erhaltung seines gerade herrschenden Zustandes. Es werden alle auf eine Sturmzeit unmittelbar folgenden Sturmzeiten und alle auf eine Nichtsturmzeit unmittelbar folgenden Nichtsturmzeiten als »Beharrungszeiten», ferner jede auf eine Sturmzeit unmittelbar folgende Nichtsturmzeit und jede auf eine Nichtsturmzeit unmittelbar folgende Sturmzeit als »Umschlagszeiten» zusammengefasst. Dann besagt die erwähnte klimatologische Erfahrung: »Beharrungszeiten sind häufiger als Umschlagszeiten». Gemäss Tabelle 1¹⁾ Reihe $\Sigma\Sigma_2$ standen 1920 bis 1923 an den drei schwedischen Stationen Vinga, Morups Tange und Smygehuk insgesamt nur $(a_1 + c_1 + b_1 + d_1) = 1\ 080$ Umschlagszeiten $(a_2 + c_2 + b_2 + d_2) = 7\ 686$ Beharrungszeiten gegenüber. Wie es allgemein geschieht, legt auch der Wettervorhersager grösseren Wert auf die Vorhersagen für die Umschlagszeiten als auf die Vorhersagen für die Beharrungszeiten derselben Art.

¹ Siehe 2 Seiten weiter und Abschnitt 7 dieser Arbeit.

Stets gilt nun, dass eine auf eine Nichtsturmzeit folgende Nichtsturmzeit eine nicht stürmische Beharrungszeit ist; hingegen kann eine auf eine Sturmzeit folgende Sturmzeit sowohl eine stürmische Beharrungszeit wie auch öfter eine stürmische Umschlagszeit sein. Der Grund für diese Verschiedenheit liegt darin, dass während einer Nichtsturmzeit der Wind niemals Sturmstärke erreicht, dass aber bei einer Sturmzeit nicht dauernd Sturm zu herrschen braucht. Ein zeitweises Auftreten von Sturmstärke reicht aus, um den betreffenden Zeitraum zu einer Sturmzeit zu machen. Ein Beispiel aus dem schwedischen Sturmwarnungsdienst möge zeigen, wann auf eine Sturmzeit eine stürmische Umschlagszeit folgt. Zu Smögen wurde am 19. Januar 1920 um Mitternacht Windstärke 7 vermerkt; am 20. Januar 1920 um 1a, 2a, 3a, 4a Windstärke 8; um 5a Windstärke 7; um 6p, 7p, 8p, 9p, 10p, 11p und Mitternacht Windstärke 8; zu den Tagesstunden 6a bis 5p war keine Windstärke vermerkt, da sie weniger als 7 betrug. Die Sturmpause ist mit 13 Stunden von 5a bis 6p zweifellos zu lang, als dass man den um 6p einsetzenden Sturm als eine Fortsetzung des um 5a endenden auffassen kann. Er muss als ein neuer angesprochen werden. Hieraus folgt, dass der Vorhersagezeitraum, in welchem er herrschte, als Umschlagszeit anzuerkennen ist, gleichgültig ob eine Sturmzeit oder eine Nichtsturmzeit vorausgegangen war. Die angegebenen Windstärken von Smögen verteilen sich nun nach den schwedischen Dienstvorschriften¹ auf die einander folgenden Vorhersageabschnitte: I. 19. Januar um 3p bis 20. Januar um 8a (Sturmzeit) — II. 20. Januar um 1a bis 8p (Sturmzeit) — III. 20. Januar um 3p bis 21. Januar um 8a (Sturmzeit). Es muss also die II. Sturmzeit wegen der 13-stündigen Sturmpause als stürmische Umschlagszeit gerechnet werden, trotzdem ihr eine Sturmzeit unmittelbar vorherging. Die Frage ist nun, welche Dauer der Sturmpause mindestens erforderlich ist, damit eine auf eine Sturmzeit folgende Sturmzeit als Umschlags- und nicht als Beharrungszeit zu rechnen ist. Als Grenze ist eine solche von 8 Stunden angenommen. Wird diese Grenze — krass ausgedrückt — auch nur um 1 Sekunde überschritten, so ist der nach der Pause einsetzende Sturm ein neuer, und also der Vorhersagezeitraum, in welchem sein Anfang liegt, eine stürmische Umschlagszeit. Diese scharfe Grenzbestimmung ist unbedingt erforderlich, damit stets unzweideutig zu entscheiden ist, ob es sich um eine Umschlags- oder eine Beharrungszeit handelt. Ob aber die Grenze bei 8 Stunden oder einer anderen Stundenzahl zu wählen ist, ist für die vorliegenden Ausführungen nicht entscheidend. Nur muss die einmal gewählte Stundenzahl bei der Durchführung der Prüfung unverändert beibehalten werden.

Nach ihrer verschiedenen Wertigkeit sind bei den Vorhersagen der Windstärke nun 4 Gruppen zu unterscheiden, wobei immer wieder zu betonen ist, dass sich die Wertigkeit nicht nach der Vorhersage, sondern nach dem eintretenden Ereignis richtet: 1. Am höchsten bewertet werden die Vorhersagen für die stürmischen

¹ Siehe Abschnitt 6 dieser Arbeit.

Umschlagszeiten. — 2. und 3. Es folgen die Vorhersagen für die stürmischen Beharrungszeiten und für die nicht stürmischen Umschlagszeiten. Welche dieser beiden Gruppen von Vorhersagen höher zu bewerten ist, kann nicht ohne weiteres entschieden werden. Wie später gezeigt wird, sind es bei den in Abschnitt 6 untersuchten Beispielen meist die Vorhersagen für die nicht stürmischen Umschlagszeiten, zuweilen aber auch die für die stürmischen Beharrungszeiten. — 4. Am niedrigsten bewertet werden die Vorhersagen für die nicht stürmischen Beharrungszeiten.

Je nachdem man nun von dem eingetretenen Ereignis oder der Vorhersage ausgeht, sei:

- a_1 bzw. c_1 die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen stürmischen Umschlagszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die stürmischen Umschlagszeiten,
- a_2 bzw. c_2 die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen stürmischen Beharrungszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die stürmischen Beharrungszeiten,
- d_1 bzw. b_1 die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen nicht stürmischen Umschlagszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die nicht stürmischen Umschlagszeiten,
- d_2 bzw. b_2 die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen nicht stürmischen Beharrungszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die nicht stürmischen Beharrungszeiten.

Dann ist

- $a_1 + a_2$ bzw. $c_1 + c_2$ die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen Sturmzeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die Sturmzeiten,
- $d_1 + d_2$ bzw. $b_1 + b_2$ die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen Nichtsturmzeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten,
- $a_1 + d_1$ bzw. $b_1 + c_1$ die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen Umschlagszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die Umschlagszeiten,
- $a_2 + d_2$ bzw. $b_2 + c_2$ die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenen Beharrungszeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die Beharrungszeiten,
- $a_1 + c_1$ bzw. $b_1 + d_1$ die Zahl der stürmischen bzw. der nicht stürmischen Umschlagszeiten wie die Zahl der Vorhersagen für diese,
- $a_2 + c_2$ bzw. $b_2 + d_2$ die Zahl der stürmischen bzw. der nicht stürmischen Beharrungszeiten wie die Zahl der Vorhersagen für diese,

$a_1 + a_2 + d_1 + d_2$ bzw. $c_1 + c_2 + b_1 + b_2$ die Zahl der vorhergesehenen bzw. der nicht vorhergesehenden Sturm- und Nichtsturmzeiten wie die Zahl der richtigen bzw. der verfehlten Vorhersagen für die Sturm- und Nichtsturmzeiten,

$a_1 + a_2 + c_1 + c_2$ bzw. $b_1 + b_2 + d_1 + d_2$ die Zahl der Sturmzeiten bzw. der Nichtsturmzeiten wie die Zahl der Vorhersagen für diese,

$a_1 + b_1 + c_1 + d_1$ bzw. $a_2 + b_2 + c_2 + d_2$ die Zahl der Umschlagszeiten bzw. der Beharrungszeiten wie die Zahl der Vorhersagen für diese,

$a_1 + a_2 + b_1 + b_2 + c_1 + c_2 + d_1 + d_2$ die Gesamtzahl der Sturm- und Nichtsturmzeiten wie der Umschlags- und Beharrungszeiten bzw. die Gesamtzahl der Vorhersagen für diese.

Das nachstehende Schema zeigt übersichtlich die Verteilung (Ua = Zahl der Umschlagsansagen, Bha = Zahl der Beharrungsansagen, Sta = Zahl der Sturmansagen, $Nsta$ = Zahl der Nichtsturmansagen, Us = Zahl der Umschlagszeiten, Bhz = Zahl der Beharrungszeiten, Stz = Zahl der Sturmzeiten, $Nstz$ = Zahl der Nichtsturmzeiten):

	Us		Bhz			Stz		$Nstz$	
	Stz	$Nstz$	Stz	$Nstz$		Us	Bhz	Us	Bhz
Ua	a_1	d_1	c_2	b_2	Sta	a_1	a_2	b_1	b_2
Bha	c_1	b_1	a_2	d_2	$Nsta$	c_1	c_2	d_1	d_2

Entsprechend den 4 Gruppen verschiedener Wertigkeit bei den Vorhersagen der Windstärke sind in Formel (2) 4 Glieder anzusetzen; wobei $r_1 = a_1$, $s_1 = c_1$, $r_2 = a_2$, $s_2 = c_2$, $r_3 = d_1$, $s_3 = b_1$, $r_4 = d_2$, $s_4 = b_2$ gesetzt wird. Als Erfolg der Vorhersagen der Windstärke ergibt sich also

$$E = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + d_1 p_3 + d_2 p_4}{(a_1 + c_1)p_1 + (a_2 + c_2)p_2 + (b_1 + d_1)p_3 + (b_2 + d_2)p_4}$$

Der Wert von E hängt nun nicht von der absoluten Grösse der Gewichte p_1 , p_2 , p_3 , p_4 ab, sondern vom Verhältnis dreier dieser Gewichte zum vierten, das man daher gleich 1 setzen kann, es sei p_4 . Also ist

$$(6) \quad E = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + d_1 p_3 + d_2}{(a_1 + c_1)p_1 + (a_2 + c_2)p_2 + (b_1 + d_1)p_3 + (b_2 + d_2)}$$

Entsprechend ergibt sich aus Formel (4)

$$(7) \quad B = \frac{a'_1 p_1 + a'_2 p_2 + d'_1 p_3 + d'_2}{(a'_1 + c'_1)p_1 + (a'_2 + c'_2)p_2 + (b'_1 + d'_1)p_3 + (b'_2 + d'_2)}$$

wobei $r'_1 = a'_1$, $r'_2 = a'_2$, $r'_3 = d'_1$, $r'_4 = d'_2$ zu setzen ist. Schliesslich ergibt sich aus Formel (5)

$$(8) \dots G = \frac{(a_1 - a'_1)p_1 + (a_2 - a'_2)p_2 + (d_1 - d'_1)p_3 + (d_2 - d'_2)}{c'_1 p_1 + c'_2 p_2 + b'_1 p_3 + b'_2}$$

wobei $s'_1 = c'_1$, $s'_2 = c'_2$, $s'_3 = b'_1$, $s'_4 = b'_2$ gesetzt ist.

Die Formeln (6) bis (8) zur Berechnung von E , B und G haben zur Voraussetzung, dass jede Vorhersagezeit 2 verschiedenen Kategorien zuzuweisen ist. Die erste Kategorie zerfällt in die beiden einander entgegengesetzten Gruppen Umschlagszeiten und Beharrungszeiten, die zweite Kategorie in die beiden ebenfalls einander entgegengesetzten Gruppen Sturmzeiten und Nichtsturmzeiten. Die Zusammensetzung ergibt die vier Gruppen 1. stürmische Umschlagszeiten, 2. stürmische Beharrungszeiten, 3. nicht stürmische Umschlagszeiten, 4. nicht stürmische Beharrungszeiten.

5. Annahmen zur Bestimmung der Gewichte für die 4 Vorhersagegruppen der Windstärke.

Nach Feststellung der Zahl der verschiedenen Vorhersagegruppen sind jetzt deren Gewichte p_1 , p_2 , p_3 zu bestimmen. Hierbei möge zunächst von den Voraussetzungen ausgegangen werden, wie sie meist auf der Erde vorkommen, nämlich dass die Zahl der Nichtsturmzeiten ($b_1 + b_2 + d_1 + d_2$) grösser sei als die der Sturmzeiten ($a_1 + a_2 + c_1 + c_2$), dass also

$$(9) \dots \dots \dots k = \frac{b_1 + d_1 + b_2 + d_2}{a_1 + c_1 + a_2 + c_2} > 1$$

sei; ferner dass die Zahl der Beharrungszeiten ($a_2 + c_2 + b_2 + d_2$) grösser sei als die Zahl der Umschlagszeiten ($a_1 + c_1 + b_1 + d_1$), dass daher

$$(10) \dots \dots \dots h = \frac{a_2 + c_2 + b_2 + d_2}{a_1 + c_1 + b_1 + d_1} > 1$$

sei. Bemerkt sei jedoch, dass die folgenden Ueberlegungen auch dann durchgeführt werden können, wenn $k \leq 1$ bzw. $h \leq 1$ ist, während gleichzeitig $h \geq 1$ bzw. $k \geq 1$ ist; oder wenn $k \leq 1$ und $h \leq 1$ sind.

k und h spielen bei dieser Untersuchung eine wesentliche Rolle; sie haben stets die durch (9) und (10) festgelegte Bedeutung.

Unter der Voraussetzung $k > 1$ und $h > 1$ müssen die Annahmen zur Festsetzung von p_1 , p_2 , p_3 folgenden Bedingungen genügen:

1. Das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische Umschlags- bzw. Beharrungszeit darf nicht kleiner sein als das Gewicht der Vorhersage für eine nicht stürmische Umschlags- bzw. Beharrungszeit.

2. Die Gewichtssumme der Vorhersagen für sämtliche Sturmzeiten darf nicht grösser sein als die Gewichtssumme der Vorhersagen für sämtliche Nichtsturm-

zeiten. Kommen nämlich in sehr sturmarmen Gegenden auf 1 Sturmzeit z. B. 100 Nichtsturmzeiten, so bedarf es keiner weiteren Begründung, dass der einen Vorhersage für die 1 Sturmzeit kein kleineres Gewicht beigelegt werden darf als jeder der 100 Vorhersagen für die 100 Nichtsturmzeiten; dass aber andererseits der 1 Vorhersage für die 1 Sturmzeit auch kein grösseres Gewicht beigelegt werden darf als den 100 Vorhersagen für die 100 Nichtsturmzeiten. Diese Ueberlegung gilt stets, wenn die Zahl der Sturmzeiten kleiner ist als die der Nichtsturmzeiten.

3. Das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische bzw. nicht stürmische Umschlagszeit darf nicht kleiner sein als das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische bzw. nicht stürmische Beharrungszeit.

4. Die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten darf nicht grösser sein als die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten.

Für die Festsetzungen der Bedingungen 3 und 4 gelten entsprechend die gleichen Ueberlegungen wie für die Festsetzung der Bedingungen 1 und 2.

Unter den Annahmen, welche für p_1, p_2, p_3 gemacht werden, mögen auch die berücksichtigt werden, welche diesen 4 Bedingungen als Grenzfälle genügen. Dann sind folgende Annahmen denkbar.

I.

Alle Vorhersagen seien gleichwertig. Also ist $p_1 = p_2 = p_3 = 1$ und mithin nach Einsetzung dieser Werte in (6)

$$E_1 = \frac{a_1 + a_2 + d_1 + d_2}{(a_1 + c_1) + (a_2 + c_2) + (b_1 + d_1) + (b_2 + d_2)}$$

II.

Es bestehen nur 2 Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts, nämlich für Sturmzeiten und für Nichtsturmzeiten. Dann ist $p_1 = p_2$ und $p_3 = 1$. Ferner sei die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Sturmzeiten gleich der Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten; also $p_1 = p_2 = k$. Demnach ist

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{1}{2} \left(\frac{a_1 + a_2}{a_1 + c_1 + a_2 + c_2} + \frac{d_1 + d_2}{b_1 + d_1 + b_2 + d_2} \right) = \\ &= \frac{(a_1 + a_2)k}{(a_1 + c_1 + a_2 + c_2)k} + \frac{(d_1 + d_2)}{(b_1 + d_1 + b_2 + d_2)} \end{aligned}$$

Der zweite Ausdruck für E ist durch Einsetzung des Wertes für k aus (9) in den ersten überzuführen.

III.

Wiederum bestehen nur zwei Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts, nämlich für Umschlagszeiten und für Beharrungszeiten. Dann ist $p_1 = p_3$ und $p_2 = 1$. Ferner sei die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten gleich der Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten; also $p_1 = p_3 = h$. Demnach ist

$$\begin{aligned} E_3 &= \frac{1}{2} \left(\frac{a_1 + d_1}{a_1 + c_1 + b_1 + d_1} + \frac{a_2 + d_2}{a_2 + c_2 + b_2 + d_2} \right) = \\ &= \frac{(a_1 + d_1)h + (a_2 + d_2)}{(a_1 + c_1 + b_1 + d_1)h + (a_2 + c_2 + b_2 + d_2)} \end{aligned}$$

Der zweite Ausdruck für E ist durch Einsetzung des Wertes für h aus (fo) in den ersten überzuführen.

IV.

Wiederum bestehen nur zwei Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts, nämlich für Sturmzeiten und für Nichtsturmzeiten. Wie bei II ist dann wieder $p_1 = p_2$ und $p_3 = 1$. Hingegen sei das Gewicht der Vorhersage für eine Sturmzeit dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine Nichtsturmzeit gleich dem Gewicht der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten dividiert durch das Gewicht der Vorhersagen für alle Sturmzeiten; also $p_1 = p_2 = \sqrt{k}$. Dann ist

$$E_4 = \frac{(a_1 + a_2)\sqrt{k} + (d_1 + d_2)}{(a_1 + c_1 + a_2 + c_2)\sqrt{k} + (b_1 + d_1 + b_2 + d_2)}$$

Zu bemerken ist, dass die Formeln für E_1 , E_2 und E_4 Sonderfälle der allgemeineren Formel

$$E^I = \frac{(a_1 + a_2)k^u + (d_1 + d_2)}{(a_1 + c_1 + a_2 + c_2)k^u + (b_1 + d_1 + b_2 + d_2)}$$

für $u = 0$, $u = 1$, $u = \frac{1}{2}$ sind.

V

Noch einmal bestehen nur zwei Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts, nämlich für Umschlagszeiten und für Beharrungszeiten. Wie bei III ist dann wieder $p_1 = p_3$ und $p_2 = 1$. Hingegen sei das Gewicht der Vorhersage für eine Umschlagszeit dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine Beharrungszeit gleich dem Gewicht der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten dividiert durch das Gewicht der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten; also $p_1 = p_3 = \sqrt{h}$. Dann ist

$$E_5 = \frac{(a_1 + d_1) \sqrt{h} + (a_2 + d_2)}{(a_1 + c_1 + b_1 + d_1) \sqrt{h} + (a_2 + c_2 + b_2 + d_2)}.$$

Zu bemerken ist, dass die Formeln E_1 , E_3 und E_5 Sonderfälle der allgemeineren Formel

$$E^{II} = \frac{(a_1 + d_1) h^v + (a_2 + d_2)}{(a_1 + c_1 + b_1 + d_1) h^v + (a_2 + c_2 + b_2 + d_2)}$$

für $v = 0$, $v = 1$ und $v = \frac{1}{2}$ sind.

Schliesslich ist zu bemerken, dass die Formeln für E_1 bis E_5 Sonderfälle der weiter verallgemeinerten Formeln

$$(11) \quad E^{III} = \frac{a_1 k^u h^v + a_2 k^u + d_1 h^v + d_2}{(a_1 + c_1) k^u h^v + (a_2 + c_2) k^u + (b_1 + d_1) h^v + (a_2 + d_2)} \text{ bzw.}$$

$$(12) \quad E^{IV} = \frac{a_1 (k^u + h^v - 1) + a_2 k^u + d_1 h^v + d_2}{(a_1 + c_1) (k^u + h^v - 1) + (a_2 + c_2) k^u + (b_1 + d_1) h^v + (b_2 + d_2)}$$

für $u = 0$ und $v = 0$, für $u = 1$ und $v = 0$, für $u = 0$ und $v = 1$, für $u = \frac{1}{2}$ und $v = 0$, für $u = 0$ und $v = \frac{1}{2}$ sind.

VI

In I sind alle Vorhersagen als gleichwertig angenommen. In II bis V sind 2 Gruppen von Vorhersagen verschiedener Wertigkeit angenommen, solche für Sturmzeiten und Nichtsturmzeiten (II und IV) wie solche für Umschlagszeiten und Beharrungszeiten (III und V). In VI bis XII wird angenommen, dass die Vorhersagen für sämtliche in Abschnitt 4 ermittelten 4 Gruppen verschiedenes Gewicht besitzen. Wie bei I bis V müssen auch bei VI bis XII je drei Annahmen für die Bestimmung von p_1 , p_2 , p_3 gemacht werden.

1. Das durchschnittliche Gewicht der Vorhersagen für alle Sturmzeiten

$$\frac{(a_1 + c_1) p_1 + (a_2 + c_2) p_2}{(a_1 + c_1) + (a_2 + c_2)}$$

dividiert durch das durchschnittliche Gewicht der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten

$$\frac{(b_1 + d_1) p_3 + (b_2 + d_2)}{(b_1 + d_1) + (b_2 + d_2)}$$

ist gleich dem Gewicht der Vorhersagen für sämtliche Nichtsturmzeiten

$$(b_1 + d_1) p_3 + (b_2 + d_2)$$

dividiert durch das Gewicht der Vorhersagen für alle Sturmzeiten

$$(a_1 + c_1) p_1 + (a_2 + c_2) p_2.$$

Die Annahme ist also

$$(VI \ 1) \frac{(a_1 + c_1)p_1 + (a_2 + c_2)p_2}{(a_1 + c_1) + (a_2 + c_2)} : \frac{(b_1 + d_1)p_3 + (b_2 + d_2)}{(b_1 + d_1) + (b_2 + d_2)} = \frac{(b_1 + d_1)p_3 + (b_2 + d_2)}{(a_1 + c_1)p_1 + (a_2 + c_2)p_2}.$$

2. Das durchschnittliche Gewicht der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten

$$\frac{(a_1 + c_1)p_1 + (b_1 + d_1)p_3}{(a_1 + c_1) + (b_1 + d_1)}$$

dividiert durch das durchschnittliche Gewicht der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten

$$\frac{(a_2 + c_2)p_2 + (b_2 + d_2)}{(a_2 + c_2) + (b_2 + d_2)}$$

ist gleich dem Gewicht der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten

$$(a_2 + c_2)p_2 + (b_2 + d_2)$$

dividiert durch das Gewicht der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten

$$(a_1 + c_1)p_1 + (b_1 + d_1)p_3.$$

Die Annahme ist also

$$(VI \ 2) \frac{(a_1 + c_1)p_1 + (b_1 + d_1)p_3}{(a_1 + c_1) + (b_1 + d_1)} : \frac{(a_2 + c_2)p_2 + (b_2 + d_2)}{(a_2 + c_2) + (b_2 + d_2)} = \frac{(a_2 + c_2)p_2 + (b_2 + d_2)}{(a_1 + c_1)p_1 + (b_1 + d_1)p_3}.$$

3. Das Gewicht der Vorhersage für jede stürmische Umschlagszeit (p_1) ist gleich dem Produkt aus dem Gewicht der Vorhersage für jede stürmische Beharrungszeit (p_2) und dem Gewicht der Vorhersage für jede nicht stürmische Umschlagszeit (p_3). Die Annahme ist also

$$(VI \ 3) \dots \dots \dots \dots \quad p_1 = p_2 p_3.$$

Die Einsetzung von p_1 aus der 3. Gleichung in die 1. und 2. führt zunächst auf die Gleichung ersten Grades mit den beiden Unbekannten p_2 und p_3

$$\begin{aligned} [p_3(b_1 + d_1) + (b_2 + d_2)]\sqrt{h} - [p_2(a_2 + c_2) + (b_2 + d_2)]\sqrt{k} &= \\ &= p_2(a_2 + c_2)\sqrt{hk} - p_3(b_1 + d_1)\sqrt{kh} \end{aligned}$$

und alsdann auf die 3 Bestimmungsgleichungen

$$\begin{aligned} p^2_3(a_1 + c_1)(b_1 + d_1)(\sqrt{k} + 1)\sqrt{h} + p_3[(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{h} - \sqrt{k}) + \\ + (a_2 + c_2)(b_1 + d_1)(\sqrt{hk} - 1)] &= (b_2 + d_2)(a_2 + c_2)(\sqrt{k} + 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p^2_2(a_1 + c_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{h} + 1)\sqrt{k} + p_2[(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{k} - \sqrt{h}) + \\ + (b_1 + d_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{kh} - 1)] &= (b_2 + d_2)(b_1 + d_1)(\sqrt{h} + 1) \end{aligned}$$

$$p_1 = p_2 p_3$$

Die Auflösung dieser 3 Gleichungen ergibt, wenn man den Quotienten aus den Faktoren von p_3 und p^2_3 der ersten Gleichung und den Quotienten aus den Faktoren von p_2 und p^2_2 der zweiten Gleichung

$$\frac{(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{k} - \sqrt{h}) + (a_2 + c_2)(b_1 + d_1)(\sqrt{hk} - 1)}{(a_1 + c_1)(b_1 + d_1)(\sqrt{k} + 1)\sqrt{h}} = w_2 \text{ und}$$

$$\frac{(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{k} - \sqrt{h}) + (b_1 + d_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{kh} - 1)}{(a_1 + c_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{h} + 1)\sqrt{k}} = w_3 \text{ setzt}$$

$$p_3 = -\frac{w_2}{2} + \sqrt{\frac{w^2_2}{4} + \frac{(b_2 + d_2)(a_2 + c_2)}{(a_1 + c_1)(b_1 + d_1)\sqrt{h}}} = -\frac{w_2}{2} + W_2$$

$$p_2 = -\frac{w_3}{2} + \sqrt{\frac{w^2_3}{4} + \frac{(b_2 + d_2)(b_1 + d_1)}{(a_1 + c_1)(a_2 + c_2)\sqrt{k}}} = -\frac{w_3}{2} + W_3$$

$$p_1 = p_2 p_3$$

Die zweite rein mathematische Auflösung dieser Gleichungen

$$p'_2 = -\frac{w_2}{2} - W_2$$

$$p'_3 = -\frac{w_3}{2} - W_3$$

kommt nicht in Betracht, da negative Werte aus physikalischen Gründen als Gewichte ausscheiden. Stets sind $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2$ ganze positive Zahlen, \sqrt{k} und \sqrt{h} stets positive Werte. Mithin sind ihrem absoluten Werte nach stets $\frac{w_2}{2} < W_2$ und $\frac{w_3}{2} < W_3$. Die Vorzeichen von p_2, p'_2, p_3, p'_3 werden also allein durch die Vorzeichen von W_2 und W_3 bestimmt. Somit bleiben p'_2 und p'_3 als Lösung der drei Bestimmungsgleichungen (VI 1), (VI 2), (VI 3) ausser Betracht.

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_6 bezeichnet.

VII

1. und 2. Die beiden ersten Annahmen sind dieselben wie unter VI; damit auch die sich aus ihnen ergebenden beiden Gleichungen. Es ist also (VII 1) = (VI 1) und (VII 2) = (VI 2).

3. Die Gewichte p_2 bzw. p_3 , welche den stürmischen Beharrungszeiten bzw. den nicht stürmischen Umschlagszeiten beigelegt sind, erhält man auch durch folgende Überlegung. Die nicht stürmischen Beharrungszeiten haben das Gewicht

1; hierzu kommt als Zuschlag für die stürmischen Beharrungszeiten das Gewicht ($p_2 - 1$) für die nicht stürmischen Umschlagszeiten das Gewicht ($p_3 - 1$). Dann haben die stürmischen Umschlagszeiten zu dem Gewicht 1 als Sturmzeiten den Zuschlag ($p_2 - 1$) und als Umschlagszeiten den Zuschlag ($p_3 - 1$) zu erhalten, insgesamt also den Zuschlag ($p_2 + p_3 - 2$). Als 3. Gleichung für die Berechnung von p_1 , p_2 , p_3 ergibt sich also

$$(VII \ 3) \dots \ p_1 = p_2 + p_3 - 1.$$

Berücksichtigt man, dass wiederum nur positive Werte für p_1 , p_2 , p_3 als Gewichte in Frage kommen, so ergibt die Auflösung dieser 3 Gleichungen

$$p_3 = \frac{(a_1 + c_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{hk} + \sqrt{k}) + (a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{k} - \sqrt{h}) + (a_2 + c_2)(b_2 + d_2)(\sqrt{k} + 1)}{(a_1 + c_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{hk} + \sqrt{k}) + (a_1 + c_1)(b_1 + d_1)(\sqrt{hk} + \sqrt{h}) + (a_2 + c_2)(b_1 + d_1)(\sqrt{kh} - 1)}$$

$$p_2 = \frac{(a_1 + c_1)(b_1 + d_1)(\sqrt{kh} + \sqrt{h}) + (a_1 + c_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{h} - \sqrt{k}) + (b_1 + d_1)(b_2 + d_2)(\sqrt{h} + 1)}{(a_1 + c_1)(b_1 + d_1)(\sqrt{kh} + \sqrt{h}) + (a_1 + c_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{kh} + \sqrt{k}) + (b_1 + d_1)(a_2 + c_2)(\sqrt{kh} - 1)}$$

$$p_1 = p_2 + p_3 - 1$$

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_7 bezeichnet.

VIII

1. und 2. Die beiden ersten Annahmen sind wiederum dieselben wie unter VI und VII; damit auch die sich aus ihnen ergebenden beiden Gleichungen. Es ist also (VIII 1) = (VI 1) und (VIII 2) = (VI 2).

3. Die stürmischen Umschlagszeiten ($a_1 + c_1$) sind als Sturmzeiten und Umschlagszeiten die vollen Gegensätze der nicht stürmischen Beharrungszeiten ($b_2 + d_2$) als Nichtsturmzeiten und als Beharrungszeiten. Entsprechend den Annahmen 1. und 2. bezüglich der Gewichte für die Gegensätze Sturmzeiten und Nichtsturmzeiten wie der Gegensätze Umschlagszeiten und Beharrungszeiten ist als dritte auch die Annahme möglich: Das Gewicht einer stürmischen Umschlagszeit (p_1) dividiert durch das Gewicht einer nicht stürmischen Beharrungszeit (1) ist gleich dem Gewicht aller nicht stürmischen Beharrungszeiten ($b_2 + d_2$) dividiert durch das Gewicht aller stürmischen Umschlagszeiten ($a_1 + c_1$) p_1 ; also

$$\frac{p_1}{1} = \frac{b_2 + d_2}{(a_1 + c_1)p_1} \text{ und somit}$$

$$(VIII \ 3) \dots \ p_1 = \sqrt{\frac{b_2 + d_2}{a_1 + c_1}}$$

21. *Geografiska Annaler 1926.*

Die Auflösung der Gleichungen (VIII 1) und (VIII 2) ergibt alsdann

$$p_2 = \frac{(b_2 + d_2)(\sqrt{h} + 1) - \sqrt{(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)}(\sqrt{hk} + \sqrt{h})}{(a_2 + c_2)(\sqrt{hk} - 1)}$$

$$p_3 = \frac{(b_2 + d_2)(\sqrt{k} + 1) - \sqrt{(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)}(\sqrt{kh} + \sqrt{k})}{(b_1 + d_1)(\sqrt{kh} - 1)}$$

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_8 bezeichnet.

IX

1. Das Gewicht der nicht stürmischen Umschlagszeiten (p_3) ist gleich der Quadratwurzel aus der Anzahl sämtlicher Beharrungszeiten ($a_2 + c_2 + b_2 + d_2$) dividiert durch die Anzahl sämtlicher Umschlagszeiten ($a_1 + c_1 + b_1 + d_1$); also

$$(IX 1) \dots \dots \dots \dots \quad p_3 = \sqrt{h}$$

2. Das Gewicht der stürmischen Beharrungszeiten (p_2) ist gleich der Quadratwurzel aus der Anzahl sämtlicher Nichtsturmzeiten ($b_1 + d_1 + b_2 + d_2$) dividiert durch die Anzahl sämtlicher Sturmzeiten ($a_1 + c_1 + a_2 + c_2$); also

$$(IX 2) \dots \dots \dots \dots \quad p_2 = \sqrt{k}$$

3. Das Gewicht der stürmischen Umschlagszeiten (p_1) ist aus dem gleichen Grunde wie bei (VI 3) gleich dem Produkt aus den Gewichten der stürmischen Beharrungszeiten (p_2) und der nicht stürmischen Umschlagszeiten (p_3); also

$$(IX 3) \dots \dots \dots \dots \quad p_1 = p_2 p_3 = \sqrt{kh}$$

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_9 bezeichnet.

Zu bemerken ist, dass ebenso wie E_1 bis E_5 auch E_9 ein Sonderfall von (II) ist, und zwar für $u = \frac{1}{2}$ und $v = \frac{1}{2}$.

X

1. und 2. Die beiden ersten Annahmen sind dieselben wie unter IX und damit

$$(X 1) \dots \dots \dots \dots \quad p_3 = \sqrt{h}$$

$$(X 2) \dots \dots \dots \dots \quad p_2 = \sqrt{k}$$

3. Das Gewicht der stürmischen Umschlagszeiten ist aus den gleichen Gründen wie bei (VII 3)

$$(X_3) \dots \quad p_1 = p_2 + p_3 - 1 = \sqrt{h} + \sqrt{k} - 1$$

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_{10} bezeichnet.

Zu bemerken ist, dass ebenso wie E_1 bis E_5 auch E_{10} ein Sonderfall von (12) ist, und zwar für $u = \frac{1}{2}$ und $v = \frac{1}{2}$.

XI

1. und 2. Die beiden ersten Annahmen seien wiederum dieselben wie unter (IX und X) und damit

$$(XI\ 1) \dots \quad p_3 = \sqrt{h}$$

$$(XI\ 2) \dots \quad p_2 = \sqrt{k}$$

3. Das Gewicht der stürmischen Umschlagszeiten (p_1) ist aus den gleichen Gründen wie bei (VIII 3)

$$(XI\ 3) \dots \quad p_1 = \sqrt{\frac{b_2 + d_2}{a_1 + c_1}}$$

Der sich bei Verwendung dieser Gewichte ergebende Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage werde mit E_{11} bezeichnet.

XII

Nicht von vornherein sind auch folgende Annahmen zurückzuweisen:

1. Das Gewicht jeder nicht stürmischen Umschlagszeit (p_3) ist gleich irgendeiner Potenz ($0 \leq w \leq 1$) des Quotienten Anzahl der nicht stürmischen Beharrungszeiten ($b_2 + d_2$) dividiert durch die Anzahl der nicht stürmischen Umschlagszeiten ($b_1 + d_1$); also

$$(XII\ 1) \dots \quad p_3 = \left(\frac{b_2 + d_2}{b_1 + d_1} \right)^w = h^w$$

2. Dann ist als 2. Annahme zu verwenden: Das Gewicht jeder stürmischen Beharrungszeit (p_2) ist gleich irgendeiner Potenz ($0 \leq z \leq 1$) des Quotienten Anzahl der nicht stürmischen Beharrungszeiten ($b_2 + d_2$) dividiert durch die Anzahl der stürmischen Beharrungszeiten ($a_2 + c_2$); also

$$(XII\ 2) \dots \quad p_2 = \left(\frac{b_2 + d_2}{a_2 + c_2} \right)^z = k^z$$

3. Das Gewicht der stürmischen Umschlagszeiten (p_1) ist aus dem gleichen Grunde wie bei (VI 3) und (IX 3) gleich dem Produkt aus den Gewichten der

stürmischen Beharrungszeiten (p_2) und der nicht stürmischen Umschlagszeiten (p_3), also

$$(XII\ 3) \dots \dots \dots p_1 = p_2 p_3 = \left(\frac{b_2 + d_2}{a_2 + c_2} \right)^z \cdot \left(\frac{b_2 + d_2}{b_1 + d_1} \right)^w$$

Dann nimmt (6) die Form an

$$E_{12} = \frac{a_1(b_2 + d_2)^{w+z} + a_2(b_2 + d_2)^z(b_1 + d_1)^w + d_1(b_2 + d_2)^w(a_2 + c_2)^z + \dots}{(a_1 + c_1)(b_2 + d_2)^{w+z} + (a_2 + c_2)(b_2 + d_2)^z(b_1 + d_1)^w + (b_1 + d_1)(b_2 + d_2)^w(a_2 + c_2)^z + \dots} \\ \dots + \frac{d_2(a_2 + c_2)^z(b_1 + d_1)^w}{\dots + (b_2 + d_2)(a_2 + c_2)^z(b_1 + d_1)^w}$$

Diese Formel zur Berechnung von E_{12} hat nun für alle Werte von a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , c_2 , d_1 , d_2 zu gelten, also auch dann, wenn sie für Gegenden mit nur so kurzen Stürmen benutzt werden soll, dass niemals stürmische Beharrungszeiten auftreten, und somit $a_2 = c_2 = 0$ wird. In diesem Fall erhält sie die Form

$$E'_{12} = \frac{a_1}{a_1 + c_1}$$

Bei der Annahme dieser Gewichte wird mithin in dem angezogenen Sonderfall E'_{12} unabhängig davon, ob richtige oder falsche Vorhersagen für die nicht stürmischen Umschlags- und Beharrungszeiten gegeben sind. Da dies Ergebnis unsinnig ist, sind mithin die Voraussetzungen unzulässig, welche zu diesem Ergebnis geführt haben.

Durch ähnliche Betrachtungen lässt sich unter Benutzung desselben Sonderfalles $a_2 = c_2 = 0$ zeigen, dass man auch bei der Annahme $p_1 = p_2 + p_3 - 1$ bzw. $p_1 = \frac{b_2 + d_2}{a_1 + c_1}$ bei Aufrechterhaltung der Annahme (XII 1) und (XII 2) zu unsinnigen Ergebnissen gelangt; dass mithin auch diese Annahmen unzulässig sind. Es erübrigts sich mithin, die Richtigkeit dieser Annahmen an Wetterdienst-Vorhersagen im Sturmwarnungsdienst zu prüfen.

XIII

Zum Schluss mögen noch zwei Formeln untersucht werden, welche von A. Wallén¹ und D. M. La Cour² zur Berechnung des Erfolges der Sturmvorhersagen aufgestellt sind. Von vornherein muss allerdings bemerkt werden, dass beide ihre Überlegungen nicht auf die Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung aufgebaut haben,

¹ Siehe A. Wallén: Sur le contrôle des annonces de tempêtes in Geografiska Annaler 1921 S. 267 bis 277.

² Siehe Arkiv for Søvæsen 1906.

und beide auch den Gegensatz der Umschlagszeiten zu den Beharrungszeiten unberücksichtigt gelassen haben.

Die Wallén'sche Formel lautet:

$$R = \frac{(TA)(ta) - (Ta)(tA)}{\sqrt{(T)(A)(t)(a)}}$$

Setzt man nun $a_1 + a_2 = a$, $b_1 + b_2 = b$, $c_1 + c_2 = c$, $d_1 + d_2 = d$ und $E_{13} = R$, so wird $(TA) = a$, $(ta) = d$, $(Ta) = c$, $(tA) = b$, $(T) = a+c$, $(A) = a+b$, $(t) = b+d$, $(a) = c+d$; und mithin

$$E_{13} = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+c)(a+b)(b+d)(c+d)}}$$

Wallén bestimmt demnach als Erfolg das Produkt Zahl der richtigen Vorhersagen für die Sturmzeiten (a) mal Zahl der richtigen Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten (d) vermindert um das Produkt Zahl der verfehlten Vorhersagen für die Sturmzeiten (c) mal Zahl der verfehlten Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten (b), das Ganze dividiert durch die Quadratwurzel aus den 4 Produkten Zahl der Sturmzeiten ($a+c$), Zahl der Nichtsturmzeiten ($b+d$), Zahl der Sturmansagen ($a+b$), Zahl der Nichtsturmansagen ($c+d$).

Bei vollem Erfolg, wenn keine falsche Vorhersage erlassen ist, und somit $b=c=0$ ist, ergibt die Wallénsche Formel $E_{13}^I = 1$.

Bei halbem Erfolg, wenn also die Zahl der richtigen Sturmansagen (a) gleich der Zahl der verfehlten Sturmansagen (b) gleich der Zahl der verfehlten Nichtsturmansagen (c) gleich der Zahl der richtigen Nichtsturmansagen (d) ist, ergibt die Wallénsche Formel $E_{13}^{II} = 0$.

Bei vollem Misserfolg, wenn keine richtige Vorhersage erlassen ist, und somit $a=d=0$ ist, ergibt die Wallénsche Formel $E_{13}^{III} = -1$.

Die auf Grund der Gesetze der Wahrscheinlichkeitslehre abgeleitete Formel (2)

$$E = \frac{\sum r_i p_i}{\sum (r_i + s_i) p_i}$$

die Werte 1, $\frac{1}{2}$, 0. Mit den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist also die Wallénsche Formel nicht in Einklang zu bringen. Trotz dieses Bedenkens soll in Abschnitt 7 dieser Arbeit noch weiter untersucht werden, ob die Wallénsche Formel zu annehmbaren Ergebnissen der Güte des Sturmwarnungsdienstes führt, wenn dessen Güte wieder nach der Formel (3) $G = \frac{E-B}{1-B}$ berechnet wird.

Ein zweiter Nachteil ist: Bei der Wallénschen Formel haben ebenso wenig wie bei der La Cour'schen die Vorhersagen für die Sturmzeiten ($a+c$) bestimmte durch ($a+c$) und ($b+d$) ausdrückbare Gewichte gegenüber den Vorhersagen für

die Nichtsturmzeiten ($b + d$). Man kann daher auch nicht bei der Verwendung dieser Formel den Vorhersagen für die Sturmzeiten ein bestimmtes für angemessen erachtetes Gewicht gegenüber den Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten beilegen. Will man nämlich durch häufigeres Erlassen von Sturmwarnungen die Zahl der richtigen Vorhersagen für die Sturmzeiten (a) um x erhöhen und die verfehlten Vorhersagen für die Sturmzeiten damit um x vermindern, so muss automatisch die Zahl der verfehlten Sturmwarnungen (b) anwachsen. Dieser Zuwachs sei y ; um die gleiche Zahl y muss damit die Zahl der richtigen Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten abnehmen. Als Erfolg ergibt sich alsdann

$$E'_{13} = \frac{(a+x)(d-y) - (b+y)(c-x)}{\sqrt{(a+c)(a+x+b+y)(b+d)(c-x+d-y)}}$$

Seien nun x und y so bestimmt, dass nach der Vermehrung der Sturmwarnungen sich der gleiche Erfolg ergibt wie vor der Vermehrung, dass also $E_{13}=E'_{13}$ ist, so ergibt sich nach einigen Umrechnungen

$$\begin{aligned} 0 = & -y^2 [(ad-bc)^2 + (a+b)(c+d)(a+c)^2] - \\ & -x^2 [(da-cb)^2 + (d+c)(b+a)(d+b)^2] - \\ & -2xy [(ad-bc)^2 - (a+b)(d+c)(a+c)(d+b)] + \\ & +y [(ad-bc)^2 (-a-b+c+d) + 2(a+b)(c+d)(ad-bc)(a+c)] - \\ & -x [(da-cb)^2 (-d-c+b+a) + 2(d+c)(b+a)(da-cb)(d+b)] \end{aligned}$$

In dieser Beziehung zwischen x und y ist zu beachten, dass sie unverändert bleibt, wenn man gleichzeitig a mit d , b mit c und x mit $-y$ vertauscht. Diese Beziehung zeigt weiter, dass aus derselben sich je nach den verschiedenen Werten von x nicht nur verschiedene Werte für y , sondern auch verschiedene Werte für den Quotienten $y:x$ ergeben. Nun ist aber $y:x$ gleich einer Konstanten gleichzeitig die hinreichende und die notwendige Voraussetzung dafür, dass die Vorhersagen für die Sturmzeiten ein bestimmtes Gewicht gegenüber den Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten besitzen, nämlich das Gewicht dieser Konstanten. Da diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, so ergibt sich: Bei der Wallénschen Formel haben die Vorhersagen für die Sturmzeiten gegenüber den Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten kein bestimmtes Gewicht, das durch $(a+c)$ und $(b+d)$ ausdrückbar ist.

XIV.

D. M. La Cour bestimmt als Erfolg des Sturmwarnungsdienstes den Quotienten der beiden Ausdrücke: Zahl der richtigen Sturmansagen (a) dividiert durch die Gesamtzahl der Sturmansagen ($a+b$) und Zahl der verfehlten Nichtsturmansagen (c) dividiert durch die Gesamtzahl der Nichtsturmansagen ($c+d$). Das Mass des

Erfolges des Sturmwarnungsdienstes ist also nach seiner auch für Laien recht anschaulichen Begriffsbestimmung: »Wieviel mal grösser ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Sturmes bei der Herausgabe einer Sturmwarnung als bei der Nichtherausgabe einer solchen«. Zu untersuchen bleibt jedoch, ob die La Cour'sche Begriffsbestimmung als Erfolg im mathematisch gebräuchlichen Sinne bezeichnet werden kann. Die Begriffsbestimmung ergibt:

$$E_{14} = \frac{a}{a+b} : \frac{c}{c+d} \text{ oder, was dasselbe ist}$$

$$E_{14} = \frac{a(c+d)}{c(a+b)}$$

Bei vollem Erfolg, wenn also $b=c=0$ ist, ergibt sich $E_{14}^I = \infty$ (unendlich). Bei halbem Erfolg, wenn also $a=b=c=d$ ist, ergibt sich $E_{14}^{II} = 1$. Bei vollem Misserfolg, wenn also $a=d=0$ ist, ergibt sich $E_{14}^{III} = 0$. Die Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung ergeben $1, \frac{1}{2}, 0$. Mit den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist also auch die La Cour'sche Formel nicht in Einklang zu bringen. Ein weiteres Bedenken gegen La Cours Formel ist, dass sie für $c=0$ stets den nach dieser Begriffsbestimmung denkbar höchsten Erfolg ∞ ergibt. Dieser Wert ist ohne weiteres zu erreichen, wenn man nahezu für jeden Vorhersageabschnitt eine Sturmwarnung erlässt, womit $c=0$ wird, und nur in einem einzigen Fall, wo nach der Wetterlage ein Sturm ausgeschlossen ist, keine Sturmwarnung erlässt, damit $d=1$ wird. Für die Güte des Sturmwarnungsdienstes beweist also selbst der denkbar höchste Erfolg nichts. Nun ist ein derartiges Vorgehen selbstverständlich ausgeschlossen, und es soll daher nicht verkannt werden, dass La Cours Begriffsbestimmung wegen der Anschaulichkeit, welche sie auch für Laien besitzt, für populäre Veröffentlichungen von Wert bleibt.

Auch La Cours Formel soll daher in Abschnitt 7 dieser Arbeit daraufhin untersucht werden, welche Werte sie für die Güte des Sturmwarnungsdienstes ergibt. Nun liegt ein tatsächlicher Erfolg nach La Cours Begriffsbestimmung erst vor, wenn die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Sturmes bei der Herausgabe einer Sturmwarnung grösser ist als bei der Nichtherausgabe einer solchen, wenn also $E_{14} > 1$ ist. Sei nun, berechnet nach La Cours Begriffsbestimmung, B_{14} der Erfolg des Sturmwarnungsdienstes bei einer Blindlingsvorhersage, und sei $E_{14} > B_{14} > 1$, dann ist der Erfolg bei der Wetterdienst-Vorhersage zweifellos grösser, als bei der Blindlingsvorhersage, und für die Güte der Wetterdienst-Vorhersage müsste sich daher ein positiver Wert ergeben. Berechnet man die Güte der Wetterdienst-Vorhersage wieder nach (3), setzt also $G_{14} = \frac{E_{14} - B_{14}}{1 - B_{14}}$, so ist für $E_{14} > B_{14} > 1$ zwar der Zähler positiv, aber der Nenner negativ und mithin auch G_{14} negativ. Formel (3) eignet sich also bei La Cours Begriffsbestimmung nicht zur

Berechnung der Güte der Wetterdienst-Vorhersagen. Es liegt dies daran, dass die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit von (3) sind $E \leq 1$ und $B \leq 1$, während bei La Cours Begriffsbestimmung des Erfolges $E_{14} > 1$ und $B_{14} > 1$ sind oder wenigstens sein können. Bei dieser Begriffsbestimmung des Erfolges der Wetterdienst-Vorhersage kann daher der Begriff Güte der Wetterdienst-Vorhersage nicht durch Formel (3) bestimmt werden. Als eine immerhin annehmbare, wenn auch nicht völlig einwandfreie Bestimmung für die Güte der Wetterdienst-Vorhersage kann man in diesem Fall

$$(13) \quad \dots \quad G_{14} = \frac{E_{14}}{B_{14}}$$

annehmen. Bei Überlegenheit der Wetterdienst-Vorhersage (E_{14}) gegenüber der Blindlingsvorhersage (B_{14}), also für $E_{14} > B_{14}$ wird $G_{14} > 1$; bei Überlegenheit der Blindlingsvorhersage (B_{14}) gegenüber der Wetterdienst-Vorhersage (E_{14}) wird $G_{14} < 1$.

Haben nun x und y die gleiche Bedeutung bei Verwendung von La Cours Formel wie unter XIII bei Verwendung der Wallénschen, so ergibt sich als Beziehung zwischen x und y

$$0 = yac(a + b + c + d) - yx(ad - bc) - x(a^2d + abd + bc^2 + bcd) - x^2(ad - bc)$$

Auch bei Verwendung von La Cours Formel ergibt sich mithin kein durch $(a + c)$ und $(b + d)$ ausdrückbarer Wert für den Quotienten $y : x$. Demnach haben auch bei ihrer Verwendung die Vorhersagen für die Sturmzeiten kein bestimmtes Gewicht gegenüber den Vorhersagen für die Nichtsturmzeiten.

Welche von den verbleibenden 11 Verbindungen von den je 3 Annahmen I bis XI (XII ist bereits aus theoretischen Gründen als unverwendbar nachgewiesen) sich am besten zur Berechnung des Erfolges und der Güte der Wetterdienst-Vorhersagen eignet, ist nicht ohne weiteres ersichtlich. Ferner ist nachzuprüfen, ob die Wallénsche oder die La Cour'sche Formel trotz der bereits geäusserten Bedenken nicht doch verwendbar ist. Einen rein theoretischen Nachweis zu erbringen, dass nur eine bestimmte dieser 11 Annahmenverbindungen bzw. die Wallénsche oder die La Cour'sche Formel unter Ausschluss der übrigen zulässig ist, ist nicht gelungen. Es ist auch keineswegs wahrscheinlich, dass ein solcher Nachweis möglich ist. Zum mindesten ist denkbar, dass verschiedene Wettervorhersager — bewusst oder unbewusst — für die p_1 , p_2 , p_3 auch verschiedene Annahmen gemacht haben. Es muss daher an Wetterdienst-Vorhersagen des Sturmwarnungsdienstes nachgeprüft werden, welche dieser 13 Verbindungen zu den am besten annehmbaren Ergebnissen von dessen Erfolg und Güte führt.

6. Berechnung des Erfolges und der Güte des Sturmwarnungsdienstes für 5 schwedische Stationen in den Jahren 1920 bis 1923 und für 4 norwegische Stationen im Jahre 1924.

Zur Durchführung der erforderlichen Rechnungen stellte Herr Director Prof. Dr. Axel Wallén die Ergebnisse des schwedischen Sturmwarnungsdienstes zur Verfügung für Vinga, Morups Tange und Smygehuk 31. Dezember 1919 um 3p bis 31. Dezember 1923 um 8p; für Smögen 31. Dezember 1919 um 3p bis 28. Februar 1921 um 8p wie 1. April 1921 um 3p bis 31. August 1921 um 8p und 1. Oktober 1921 um 3p bis 31. Dezember 1923 um 8p; Utlängan 31. Dezember 1919 um 3p bis 30. April 1921 um 8p und 1. November 1921 um 3p bis 31. Dezember 1923 um 8p.

Vaervarslingen på Vestlandet zu Bergen in Norwegen bzw. sein Meteorologe Herr Gerhart Schinze stellte zur Verfügung die Ergebnisse des norwegischen Sturmwarnungsdienstes für die Stationen Nordöyan, Ona, Hellisö, Lister 31. Dezember 1923 um 5p bis 31. Dezember 1924 um 5p.

Erst die Zustellung dieses wertvollen Beobachtungsmaterials ermöglichte die Durchführung der vorliegenden Arbeit. Auch an dieser Stelle zu danken, ist eine angenehme Pflicht.

Die geographische Lage der Stationen ist:

Smögen	58° 22' N.	Br. 11° 14' O.	Lg. Gr. 30	m ¹
Vinga	57° 38'	» 11° 37'	» »	20 »
Morups Tange	56° 55'	» 12° 22'	» »	5 »
Smygehuk	55° 20'	» 13° 22'	» »	10 »
Utlängan.....	56° 1'	» 15° 47'	» »	5 »
Nordöyan	64° 48'	» 10° 33'	» »	31 »
Ona	62° 52'	» 6° 33'	» »	11,5 »
Hellisö.....	60° 45'	» 4° 44'	» »	19 »
Lister	58° 6'	» 6° 34'	» »	13 »

Die schwedischen Sturmwarnungen können täglich zweimal erlassen werden und zwar für die Uhrzeiten 1a bis 8p (Tagwarnung) und 3p bis 8a (Nachtwarnung). Die Uhrzeiten 1a bis 8p und 3p bis 8a überschneiden sich also von 3p bis 8p und von 1a bis 8a. Fällt in einen dieser beiden Zeitabschnitte ein Sturm, so sind für ihn zwei Sturmwarnungen zu erlassen. Hieraus folgt, dass die Vorhersagen für diese Uhrzeiten in die Berechnung mit dem doppelten Gewicht eingehen wie die Vorhersagen für die Uhrzeiten 8p bis 1a und 8a bis 3p.

¹ Seehöhe.

Nach den schwedischen Dienstvorschriften gilt eine Sturmwarnung als richtig, wenn sie spätestens 3 Stunden vor Anfang des Zeitraumes erlassen ist, für den sie gilt. Eine richtige Tagwarnung muss also spätestens um 10p des Vortages erlassen sein, eine richtige Nachtwarnung spätestens um Mittag des Tages, mit welchem der von 3p bis 8a reichende Zeitraum beginnt, für den sie gilt. Für einen Sturm, der am 21. Januar von 1p bis 6p herrschte, ist also 1. am 20. Januar bis spätestens um 10p eine Tagwarnung zu erlassen, welche für die Zeit 21. Januar von 1a bis 8p gilt und 2. abgesehen von gewissen, später angeführten Ausnahmen am 21. Januar bis spätestens Mittag eine Nachtwarnung, welche für die Zeit vom 21. Januar um 3p bis 22. Januar um 8a gilt. Für einen am 25. Januar von 10a bis 1p herrschenden Sturm ist hingegen nur am 24. Januar bis spätestens um 10p eine Tagwarnung zu erlassen, welche für den 25. Januar von 1a bis 8p gilt.

Als Sturmzeiten werden im allgemeinen alle so festgelegten Zeiträume gerechnet, in denen mindestens vorübergehend Stärke 7 der Beaufortskala erreicht war. Stärke 7 und nicht Stärke 8 wurde als unterste Grenze der Sturmgrenze angenommen, da die Sturmwarnungen für Gebiete gelten, die bis zu 50 Seemeilen von der Signalstation entfernt sein können. Es ist daher mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass irgendwo innerhalb dieses Gebietes Windstärke 8 aufgetreten ist, wenn an der Signalstation Stärke 7 erreicht ist. War jedoch in einem Zeitabschnitt 1. die Sturmstärke ständig gesunken, 2. betrug sie an seinem Schluss weniger als 7, 3. betrug die Sturmpause (Windstärke dauernd unter 7) bis zum folgenden Sturm mehr als 8 Stunden, so wurde der betreffende Zeitabschnitt als Nichtsturmzeit gerechnet.

Als Blindlingsvorhersage war unter Berücksichtigung der Erfahrung von der bekannten Neigung des Wetters zur Erhaltung seines Zustandes eigentlich beabsichtigt: »Eine Sturmzeit folgt auf eine Sturmzeit und eine Nichtsturmzeit auf eine Nichtsturmzeit.« Die schwedischen Dienstvorschriften bedingen nun aber folgende Festsetzung: »Nach der Blindlingsvorhersage ist z. B. für den 21. Januar von 1a bis 8p eine Blindlings-Tagwarnung zu geben, wenn der 20. Januar von Mittag bis 10p eine Sturmzeit ist; ferner ist für den 21. Januar um 3p bis 22. Januar um 8a eine Blindlings-Nachtwarnung zu geben, wenn der 20. Januar von 10p bis der 21. Januar Mittag eine Sturmzeit ist.«

Die um 1a, 8a, Mittag, 3p, 8p, 10p angestellten Beobachtungen wurden grundsätzlich zu dem mit dieser vollen Stunde beginnenden Zeitabschnitt gezählt.

Vom norwegischen Sturmwarnungsdienst werden Sturmwarnungen erlassen, wenn an einer Küstenstrecke oder auf dem benachbarten Meer bis zu 100 km ausserhalb der Küste Windstärke Beaufort 7 oder mehr erwartet wird. Eine Sturm-

warnung wird als richtig anerkannt, wenn innerhalb des Zeitraumes, für welchen sie gilt, auf der Kontrollstation diese Windstärke auch nur vorübergehend erreicht oder überschritten ist.

Die norwegischen Sturmwarnungen können wegen der Dienstzeiten der Telegraphenämter täglich nur von 8a bis 7p, für einige Stationen bis 9p verbreitet werden. Ihre Aussendung erfolgt vornehmlich im Interesse der Fischer, worauf also besondere Rücksicht zu nehmen ist. Diese Interessen werden am besten gewahrt, wenn die Warnung vor den zwischen 5p und 5a einsetzenden Stürmen bis 11a desselben Tages, und wenn die Warnung vor zwischen 5a und 5p einsetzenden Stürmen bis 11p des Vortages erlassen wird; also beide Male 6 Stunden vor Beginn des Zeitraumes, in welchem das Einsetzen des Sturmes erwartet wird. Nach Mitteilung von Vaervarslingen på Vestlandet zu Bergen in Norwegen gilt eine Sturmwarnung bis 24 Stunden nach dem Zeitpunkt ihrer Aussendung, und bis dahin bleiben auch die Sturmsignale hängen, falls deren frühere Abnahme nicht ausdrücklich angeordnet ist. Wird erwartet, dass der Sturm länger als 36 Stunden nach der Absendung der Sturmwarnung andauern wird, so ist eine erneute Sturmwarnung zu erlassen.

Für den Meteorologen gilt die Regel: Wird vormittags keine Sturmwarnung erlassen, so darf bis 5a des nächsten Tages kein Sturm einsetzen; wird nachmittags und abends keine Sturmwarnung erlassen, so darf bis 5p des nächsten Tages kein Sturm einsetzen.

Zur Berechnung von Erfolg und Güte des norwegischen Sturmwarnungsdienstes wurde daher der Tag in 2 Vorheragezeiten von je 12 Stunden Dauer eingeteilt; eine von 5a bis 5p und eine von 5p bis 5a. Innerhalb dieser Vorheragezeiten einsetzende Stürme sind 6 Stunden vor Beginn des Zeitraumes zu warnen, in welchem sie einsetzen; als bis 11p des Vortages bzw. 11a desselben Tages.

Nun bestimmt die norwegische Dienstvorschrift, eine z. B. am 1. um $10\frac{1}{2}$ a (also kurz vor 11a) erlassene Sturmwarnung gilt für die Zeit bis zum 2. um $10\frac{1}{2}$ p, doch darf ein während dieser Zeit auftretender Sturm gemäss der Regel für die Meteorologen nicht vor dem 1. um 5p einsetzen, damit die Sturmwarnung als rechtzeitige anerkannt wird. Die Sturmwarnung wird also als richtig angesehen, gleichgültig ob der gewarnte Sturm in einem der drei Zeiträume 1. um 5p bis 2. um 5a — oder 2. um 5a bis 5p — oder im Bruchteil 2. um 5p bis $10\frac{1}{2}$ p des ganzen Vorheragezeitraumes 2. um 5p bis 3. um 5a einsetzt.

Eine am 4. um 1p erlassene Sturmwarnung gilt bis zum 6. um 1a, doch darf ein während dieser Zeit auftretender Sturm nicht vor dem 5. um 5a einsetzen, damit die Sturmwarnung als rechtzeitige anerkannt wird. Die Sturmwarnung wird also als richtig angesehen, gleichgültig ob der gewarnte Sturm in einem der beiden Zeiträume 5. um 5a bis 5p — oder im Bruchteil 5. um 5p bis 6. um 1a des ganzen Vorheragezeitraumes 5. um 5p bis 6. um 5a einsetzt.

Die norwegischen Sturmwarnungen bedeuten also keineswegs für jede der Vorhersagezeiten, über welche sie sich erstrecken, die Vorhersage Sturm; sie besagen nur, dass in mindestens einer von ihnen Sturm erwartet wird. Auch darüber, in welcher Vorhersagezeit das Aufhören des Sturmes erwartet wird, geben die norwegischen Sturmwarnungen keine eindeutige Auskunft. Die Vorschrift bestimmt nur, dass spätestens 36 Stunden nach dem Erlassen einer Sturmwarnung eine erneute Warnung zu verbreiten ist, wenn über die 36 Stunden hinaus eine Fortdauer des Sturmes erwartet wird.

Nun ist aber eine stets eindeutige Vorhersage (Sturm oder Nichtsturm) die Voraussetzung zur Berechnung der Güte und des Erfolges der Vorhersagen. Streng genommen kann daher aus dem vorliegenden Material Güte und Erfolg des norwegischen Sturmwarnungsdienstes nicht berechnet werden. Um es trotzdem hierfür verwenden zu können, musste den norwegischen Sturmwarnungen eine von den norwegischen Dienstvorschriften etwas abweichende Deutung gegeben werden, die aber diesen Dienstvorschriften möglichst angenähert ist.

Eine am 1. kurz *vor* 11a erlassene norwegische Sturmwarnung gilt nach den Dienstvorschriften für den $2\frac{1}{2}$ Vorhersagezeiten umfassenden Zeitraum 1. um 5p bis 2. kurz vor 11p; eine am 1. kurz *nach* 11a erlassene Sturmwarnung für den etwa $1\frac{1}{2}$ Vorhersagezeiten umfassenden Zeitraum 2. um 5a bis kurz nach 11p.

Der Erfolg des norwegischen Sturmwarnungsdienstes wurde daher unter jeder der beiden stets eindeutigen Voraussetzungen berechnet,

- I. eine z. B. am 1. vor 11a erlassene Sturmwarnung bedeutet die Vorhersage Sturm für jede der beiden nächsten Vorhersagezeiten 1. von 5p bis 2. um 5a — und 2. von 5a bis 5p;
- II. eine z. B. am 1. vor 11a erlassene Sturmwarnung bedeutet die Vorhersage Sturm nur für die nächste Vorhersagezeit 1. um 5p bis 2. um 5a.

Entsprechend wurde der Erfolg der Blindlings-Vorhersage unter den beiden Voraussetzungen berechnet,

- I. herrscht z. B. am 1. zwischen 11a und 11p dauernd oder zeitweise Sturm, so ist für jede der beiden Vorhersagezeiten 2. von 5a bis 5p — und 2. von 5p bis 3. um 5a eine Blindlings-Sturmwarnung zu erlassen;
- II. herrschte z. B. am 1. zwischen 11a und 11p dauernd oder zeitweise Sturm, so ist für die nächste Vorhersagezeit 2. um 5a bis 5p eine Blindlings-Sturmwarnung zu erlassen.

Die Güte des norwegischen Sturmwarnungsdienstes wurde unter den 3 Annahmen berechnet,

- I. die Wetterdienst-Sturmwarnung gilt für die beiden nächsten Vorhersagezeiten, die Blindlings-Sturmwarnung nur für die nächste Vorhersagezeit;

- II. die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten beide für die beiden nächsten Vorhersagezeiten;
- III die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten beide nur für die nächste Vorhersagezeit.

Da zur Prüfung des norwegischen Sturmwarnungsdienstes nur die Beobachtungen an Küstenorten verwandt sind, mussten sämtliche Sturmwarnungen unberücksichtigt bleiben, die ausdrücklich nur für Meerestrecken (*til havs*) erlassen sind.

Die Zahl der verfehlten Sturmwarnungen für nicht stürmische Beharrungszeiten (b_2 in Tabelle 1) ist auffallend hoch. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die hier vorgenommene Prüfung eine Punktprüfung ist, die Sturmwarnungen aber Flächenvorhersagen.¹ Tatsächlich zeigen die Wetterkarten und die Beobachtungsbücher der Leuchtschiffe und Küstenschiffe, dass häufiger im Vorhersagebezirk Stürme eingetreten sind, während an der Kontrollstation Sturmstärke nicht erreicht wurde. Tatsächlich waren die in diesen Fällen erlassenen Sturmwarnungen also richtig, sie mussten aber in der vorliegenden Arbeit gemäss den nun einmal festgesetzten Begriffsbestimmungen als verfehlt gerechnet werden. Sonst wären gelegentlich Willkürlichkeiten unvermeidbar gewesen, ob eine Vorhersagezeit als Sturmzeit oder Nichtsturmzeit aufzufassen ist. Hieraus folgt andererseits, dass die in dieser Arbeit abgeleiteten Werte für die Güte und den Erfolg des schwedischen und norwegischen Sturmwarnungsdienstes nur relativen, aber keinen absoluten Wert besitzen. Absolute Werte können nur unter Verwendung der Flächenprüfung abgeleitet werden; mit ihnen ausreichend übereinstimmende unter Verwendung der Netzprüfung.

Im allgemeinen gilt — abgesehen von den in Abschnitt 4 bereits erörterten Ausnahmen — wie für jeden anderen auch für den schwedischen und norwegischen Sturmwarnungsdienst die Bestimmung: »Folgt auf eine Sturmzeit wieder eine Sturmzeit bzw. auf eine Nichtsturmzeit wieder eine Nichtsturmzeit, so ist die zweite Sturm- bzw. Nichtsturmzeit eine Beharrungszeit.« Wegen der Ausnahmen können bei der gewählten Blindlingsvorhersage stürmische Umschlagszeiten gelegentlich richtig vorhergesagt werden. Ein Beispiel möge zeigen, dass auch nicht stürmische Umschlagszeiten in besonderen Fällen bei der gewählten Blindlingsvorhersage richtig angesagt werden können. Für Smögen sind 1922 am 5. Juni von 6p bis 10p Windstärke 8, vom 5. Juni um 11p bis 6. Juni um 11a Windstärken unterhalb 7, am 6. Juni von Mittag bis 7p Windstärke 8, am 6. Juni ab 7p und ständig am 7. Juni Windstärken unterhalb 7 angegeben. Die Zeit vom 6. Juni 1922 um 3p bis 7. Juni um 8a ist somit eine Nichtsturmzeit, da in ihr die Sturmstärke ständig und zwar bis unter 7 abgenommen hat, und da die dem Sturm folgende Pause mehr als 8 Stunden betrug. Da sie unmittelbar auf die

¹ Sie Abschnitt 2 dieser Arbeit.

Sturmzeit 6. Juni 1922 von 1a bis 8p folgt, ist sie eine nicht stürmische Umschlagszeit. Die Blindlingsvorhersage für diese nicht stürmische Umschlagszeit ist auf Grund der Beobachtungen vom 5. Juni 1922 um 10p bis 6. Juni 1922 mittags zu stellen, wobei die Mittagsbeobachtung nicht mehr mitzählt. In diesem Zeitraum war die Windstärke zu Anfang noch 8, dann aber blieb sie dauernd unter 7; dieser Zeitraum ist somit eine Nichtsturmzeit. Auch nicht stürmische Umschlagszeiten können somit bei der gewählten Blindlingsvorhersage zuweilen richtig angesagt werden.

Stets gilt einschliesslich des schwedischen und norwegischen Sturmwarnungsdienstes: »Folgt auf eine Sturmzeit eine Nichtsturmzeit oder auf eine Nichtsturmzeit eine Sturmzeit, so ist letztere eine Umschlagszeit.»

An einem Beispiel (Sturmstatistik Ona Dezember 1924) möge nun gezeigt werden, wie die Ergebnisse des Sturmwarnungsdienstes zu ermitteln sind. Windstärke 7 oder mehr herrschte am 3. zwischen $8\frac{3}{4}$ a und $5\frac{1}{2}$ p abgekürzt **3. 08** $\frac{3}{4}$ bis **3. 17** $\frac{1}{2}$, ferner **8. 09** $\frac{1}{2}$ bis **8. 19** $\frac{1}{4}$, **9. 20** $\frac{1}{2}$ bis **11. 17** $\frac{1}{2}$, **17. 15** $\frac{1}{2}$ bis **17. 19** $\frac{1}{4}$, **18. 09** bis **18. 15** $\frac{1}{2}$, **18. 22** $\frac{1}{2}$ bis **19. 03** $\frac{1}{4}$, **19. 11** bis **21. 19** $\frac{1}{4}$, **23. 19** $\frac{1}{2}$ bis **24. 01** $\frac{1}{2}$, **25. 22** $\frac{3}{4}$ bis **26. 08**, **29. 13** bis **30. 04**, **30. 09** $\frac{1}{2}$ bis **31. 15**.

Dann ergibt sich die nebenstehende Sturmstatistik Ona Dezember 1924.

Spalte I dient zur Aufstellung der Blindlingsvorhersage. Ein in deren Reihen 1, 2, 3 usw. bzw. $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ usw. eingetragenes a würde bedeuten, dass an dem betreffenden Datum zwischen 11a und 11p bzw. 11p und 11a Windstärke 7 erreicht oder überschritten ist; sonst sind Punkte (.) einzutragen. Da z. B. vom 17. um $3\frac{1}{2}$ p bis 21. um $7\frac{1}{4}$ p, wenn auch mit Unterbrechungen Sturm herrschte, und zwar wenigstens zeitweise in jedem der halbtägigen Zeitabschnitte vom 17. um 11a bis 21. um 11p, so ist in jeder der 9 Reihen vom 17. bis 21. ein a eingetragen.

Die beiden Spalten II dienen zur Feststellung der Ergebnisse des Sturmwarnungsdienstes. Die Eintragungen gelten daher für die Uhrzeiten 5a bis 5p bzw. 5p bis 5a.

In II 1 bedeutet die Eintragung a, dass für die betreffenden Zeiträume eine Sturmwarnung erlassen ist. Hierbei ist angenommen, dass jede Sturmwarnung für die beiden nächsten Vorhersagezeiten gilt. Sonst sind Punkte eingetragen.

In II 2 sind eingetragen A für stürmische Umschlagszeiten, a für stürmische Beharrungszeiten, B für nicht stürmische Umschlagszeiten, Punkt (.) für nicht stürmische Beharrungszeiten.

In Spalte III 1 ist die Blindlingsvorhersage eingetragen unter der Annahme, dass eine Blindlings-Sturmwarnung nur für die nächste Vorhersagezeit gilt. Die Blindlingsvorhersage z. B. für den 2. von 5a bis 5p ist daher Sturm bzw. Nichtsturm, wenn der Zeitraum 1. um 11a bis 11p eine Sturmzeit bzw. ein Nichtsturmzeit war. Also sind in Spalte III 1 die gleichen Eintragungen zu machen wie in Spalte I, nur sind sie um 2 Zeilen tiefer zu setzen, und statt a ist a' einzutragen.

Sturmstatistik Ona Dezember 1924.

Datum m	I	II		III		Datum	I	II		III		Datum	I	II		III	
		1	2	1	2			1	2	1	2			1	2	1	2
1/1	10/11	a	a	a	a'	a'	20/21	a	a	a	a'	a'
1	11	a	a	a	a'	a'	21	a	a	a	a'	a'
1/2	11/12	.	.	a	a'	a'	21/22	.	.	a	a'	a'
2	12	.	.	B	a'	B'	22	.	a	B	a'	B'
2/3	a	12/13	.	a	.	.	.	22/23	.	a	.	.	.
3	a	.	A	.	A'	13	.	a	.	.	.	23	a	a	.	.	.
3/4	.	.	a	a'	a'	13/14	23/24	a	a	A	.	A'
4	.	.	B	a'	B'	14	.	a	.	.	.	24	.	.	B	a'	B'
4/5	14/15	.	a	.	.	.	24/25	.	.	.	a'	.
5	.	a	.	.	.	15	25	a
5/6	.	a	.	.	.	15/16	25/26	a	a	A	.	A'
6	.	a	.	.	.	16	26	.	a	a	a'	a'
6/7	.	a	.	.	.	16/17	26/27	.	a	B	a'	B'
7	17	a	.	A	.	A'	27	.	a	.	.	.
7/8	a	a	.	.	.	17/18	a	a	a	.	a'	27/28	.	a	.	.	.
8	a	a	A	.	A'	18	a	a	A	a'	A'	28
8/9	.	.	a	a'	a'	18/19	a	.	a	a'	a'	28/29	.	a	.	.	.
9	a	a	B	a'	B'	19	a	a	a	a'	a'	29	a	a	A	.	A'
9/10	a	a	A	.	A'	19/20	a	a	a	a'	a'	29/30	a	.	a	.	a'
10	a	.	a	a'	a'	20	a	a	a	a'	a'	30	a	a	a	a'	a'
												30/31	a	a	a	a'	a'
												31	a	.	a	a'	a'

Teilsumme 34

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \Sigma aA = 6 & c_1 &= \Sigma \cdot A = 2 \\
 a_2 &= \Sigma aa = 11 & c_2 &= \Sigma \cdot a = 8 \\
 b_1 &= \Sigma aB = 3 & d_1 &= \Sigma \cdot B = 3 \\
 b_2 &= \Sigma a \cdot = 14 & d_2 &= \Sigma \cdot \cdot = 15
 \end{aligned}$$

Teilsumme 34

Summe = 62

Teilsumme 25

$$\begin{aligned}
 a'_1 &= \Sigma a'A' = 1 & c'_1 &= \Sigma \cdot A' = 7 \\
 a'_2 &= \Sigma a'a' = 17 & c'_2 &= \Sigma \cdot a' = 2 \\
 b'_1 &= \Sigma a'B' = 6 & d'_1 &= \Sigma \cdot B' = 0 \\
 b'_2 &= \Sigma a' \cdot = 1 & d'_2 &= \Sigma \cdot \cdot = 28
 \end{aligned}$$

Teilsumme 25

Summe = 62

In Spalte III 2 sind die Eintragungen der Spalte II 2 zu wiederholen, wobei A' , B' , a' statt A , B , a zu setzen ist.

Somit ergibt sich

- a_1 bzw. a'_1 als die Anzahl der Eintragungen $a A$ bzw. $a' A'$,
- a_2 bzw. a'_2 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $a a$ bzw. $a' a'$,
- b_1 bzw. b'_1 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $a B$ bzw. $a' B'$,
- b_2 bzw. b'_2 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $a \cdot b$ bzw. $a' \cdot b'$,
- c_1 bzw. c'_1 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $\cdot A$ bzw. $\cdot A'$,
- c_2 bzw. c'_2 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $\cdot a$ bzw. $\cdot a'$,
- d_1 bzw. d'_1 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $\cdot B$ bzw. $\cdot B'$
- d_2 bzw. d'_2 als die entsprechende Anzahl der Eintragungen $\cdot \cdot$ in den je zwei Spalten II und III.

Hierbei haben a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , c_2 , d_1 , d_2 wieder dieselbe Bedeutung wie in Abschnitt 4; a'_1 , a'_2 , b'_1 , b'_2 , c'_1 , c'_2 , d'_1 , d'_2 die entsprechende bei Verwendung der in diesem Abschnitt erläuterten Blindlingsvorhersage.

Von den 6 vorhergesehenen stürmischen Umschlagszeiten folgt die vom 18. Dezember unmittelbar auf die Sturmzeit vom 17./18. Dezember. Sie muss trotzdem als Umschlagszeit gerechnet werden, da eine Pause von $17\frac{3}{4}$ Stunden, nämlich vom 17. Dezember um $7\frac{1}{4}$ p bis 18. Dezember um 9 a zwischen den Stürmen dieser beiden Sturmzeiten lag.

Die Ergebnisse des schwedischen und norwegischen Sturmwarnungsdienstes sind nun in Tabelle I zusammengestellt. Es ist $S = a_1 + a_2 + b_1 + b_2 + c_1 + c_2 + d_1 + d_2 = a'_1 + a'_2 + b'_1 + b'_2 + c'_1 + c'_2 + d'_1 + d'_2$. Die Bedeutung von Σ , Σ_1 bis Σ_8 ist den Fussnoten 1 bis 9 zu entnehmen, welche der Tabelle I beigegeben sind. Betrachtet man nun nur die Werte der einzelnen Jahrgänge, lässt also die Reihen Σ , Σ_1 bis Σ_8 ausser Betracht, so ergibt sich für den schwedischen Sturmwarnungsdienst: Stets positiv sind die Unterschiede $a_1 - a'_1$. Die Wetterdienst-Vorhersagen für die stürmischen Umschlagszeiten sind also für jeden einzelnen Jahrgang jeder Station besser als die der Blindlingsvorhersage. In 19 von 20 Fällen positiv sind die Unterschiede $d_1 - d'_1$ und einmal gleich Null, nämlich für Smygehuk 1922; also sind auch die Wetterdienst-Vorhersagen für die nicht stürmischen Umschlagszeiten in 19 von 20 Fällen besser und nur in einem Fall ebenso gut wie die Blindlingsvorhersagen. Hingegen sind die Wetterdienst-Vorhersagen für die stürmischen Beharrungszeiten bereits bei 4 Jahrgängen (Smögen 1920, Smygehuk 1922 Utlängan 1920 und 1921) schlechter als die Blindlingsvorhersagen, da bei diesen Jahrgängen $a_2 - a'_2$ negativ ist. Schliesslich sind die Wetterdienst-Vorhersagen nur noch für Utlängan 1920 besser, für Smögen 1920 ebenso gut wie die Blindlingsvorhersagen, für die übrigen 18 Jahrgänge aber schlechter. Demnach sind die Wetterdienst-Vorhersagen niemals den Blindlingsvorhersagen unterlegen bei den Vorhersagen für die

stürmischen und nicht stürmischen Umschlagszeiten, unterlegen sind sie mit 20 % der Jahrgänge bei den Vorhersagen für die stürmischen Beharrungszeiten und schliesslich mit 90 % bei den Vorhersagen für die nicht stürmischen Beharrungszeiten.

Aus den Werten jeder Reihe der Tabelle 1 sind nun unter den Annahmen I bis XI, wie XIII bis XIV des Abschnitts 5 dieser Arbeit der Erfolg der Wetterdienst-Vorhersage (E) und der Erfolg der Blindlingsvorhersage (B) für Tabelle 2 berechnet. Zu beachten ist, dass die Reihen Σ , Σ_1 bis Σ_8 in Tabelle 2 nicht die Mittelwerte der Reihen der Tabelle 2 sind, aus welcher in Tabelle 1 die zugehörigen Werte a_1 , a_2 , b_1 , b_2 usw. als Summen gebildet sind. Sie können es nicht sein, weil die Nenner der E und B nicht für jeden einzelnen Jahrgang jeder Station denselben Wert haben.

In Tabelle 3 sind G_1 bis G_{11} nach Formel (8) berechnet, da sich hierbei unter Abkürzung der Berechnung auf die gleiche Stellenzahl genauere Werte als bei der Berechnung nach (3) ergeben. Hingegen musste G_{13} nach (3) und G_{14} nach (13) berechnet werden.¹

7. Prüfung der in Abschnitt 5 gemachten Annahmen.

Es wird nun vorläufig angenommen, dass die Windstärkeschätzungen der schwedischen und norwegischen Beobachter oder die Aufzeichnungen der etwa an diesen Stationen aufgestellten Anemographen stets einwandfrei gewesen sind, und dass auch dasselbe für den Beobachtungsort der Beobachter oder den Aufstellungsort der Anemographen gilt. Dann muss angenommen werden, dass auch die Güte der Wetterdienst-Vorhersagen für jeden Jahrgang der schwedischen Stationen etwa die gleiche gewesen sein dürfte.² Haben doch ständig dieselben schwedischen Sturmwarner oder wenigstens in derselben Schule ausgebildete Sturmwarner den schwedischen Sturmwarnungsdienst versehen. Weiter folgt hieraus, ist auf einer Station auch nur eine der zu Anfang dieses Absatzes erwähnten Voraussetzungen nicht erfüllt, oder ist eine an der Grenze zweier Sturmwarnungsbezirke gelegene Station dem falschen Bezirk zugeteilt worden, so müssen sich für diese Station geringere Werte für die Güte der Wetterdienst-Vorhersage ergeben als für die einwandfreien Stationen. Eine weitere Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die Zahl der Wetterdienst-Vorhersagen für ein Jahr ausreichend ist, um das bei der Anwendung der Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung stets vorausgesetzte Gesetz der grossen Zahlen zur hinreichenden Auswirkung gelangen zu lassen.

Diejenige Zusammenfassung von 3 Annahmen wird also die gesuchte sein, bei welcher für die aus Tabelle 3 zu entnehmende Güte des Sturmwarnungsdienstes die *durchschnittliche Abweichung* der einzelnen Jahrgänge von den Mittelwerten,

¹ Siehe Abschnitt 5 XIII und XIV dieser Arbeit.

² Die Zahl der norwegischen Jahrgänge ist mit 4 zu gering, um aus ihnen entsprechende Schlüsse ziehen zu können.

Tabelle 1. Zahl der richtigen und der verfehlten Vorhersagen für die stürmischen und die nicht stürmischen Umschlags- und Beharrungszeiten nach der Wetterdienst- und der Blindlings-Sturmwarnung.

(Uz = Umschlagszeiten, Bhz = Beharrungszeiten, Stz = Sturmzeiten, Nstz = Nichtsturmzeiten, S = $a_1 + c_1 + b_1 + d_1 + a_2 + c_2 + b_2 + d_2 = a'_1 + c'_1 + b'_1 + d'_1 + a'_2 + c'_2 + b'_2 + d'_2$)

	Wetterdienst-Sturmwarnung								Blindlings-Sturmwarnung								S				
	Uz,				Bhz				Uz,				Bhz.				Nstz.				
	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	Stz.	Nstz.	
	a_1	c_1	b_1	d_1	a_2	c_2	b_2	d_2	a'_1	c'_1	b'_1	d'_1	a'_2	c'_2	b'_2	d'_2	$a_1 - a'_1$	$d_1 - d'_1$	$a_2 - a'_2$	$d_2 - d'_2$	
1920	27	60	27	43	105	84	21	365	21	66	66	4	126	63	21	365	732	6	39	-21	0
21	28	45	28	34	87	43	54	285	16	57	58	4	80	50	17	322	604	12	30	7	-37
22	41	47	30	35	86	40	95	356	27	61	59	6	72	54	14	437	730	14	29	14	-81
23	36	35	24	27	84	30	84	410	23	48	44	7	74	40	13	481	730	13	20	10	-71
$\Sigma^1)$	132	187	109	139	362	197	254	1416	87	232	227	21	352	207	65	1605	2796	45	118	10	-189
Smeßgen																					
1920	30	31	15	35	52	24	75	470	11	50	45	5	38	38	10	535	732	19	30	14	-65
21	31	27	26	22	65	20	81	458	13	45	47	1	45	40	15	524	730	18	21	20	-66
22	24	23	22	20	37	12	75	517	8	39	39	3	26	23	10	582	730	16	17	11	-65
23	43	47	41	34	78	47	69	371	15	75	72	3	65	60	12	428	730	28	31	13	-57
$\Sigma^1)$	128	128	104	111	232	103	300	1816	47	209	203	12	174	161	47	2069	2922	81	99	58	-253
Vingaa																					
1920	13	34	22	15	20	25	59	544	11	36	36	1	14	31	13	590	732	2	14	6	-46
21	22	31	20	21	38	21	61	516	10	43	38	3	31	28	12	565	730	12	18	7	-49
22	15	18	15	12	15	10	54	591	8	25	20	7	8	17	10	635	730	7	5	7	-44
23	21	32	22	23	27	13	50	542	11	42	36	9	17	23	24	568	730	10	14	10	-26
$\Sigma^1)$	71	115	79	71	100	69	224	2193	40	146	130	20	70	99	59	2358	2922	31	51	30	-165
Mörlups Tange																					
1920	10	32	20	20	32	20	58	540	3	39	39	1	33	19	12	586	732	7	19	-1	-46
21	18	23	19	15	30	11	77	537	4	37	33	1	24	17	12	602	730	14	14	6	-65
22	15	11	17	8	23	8	117	531	3	23	17	8	23	8	10	638	730	12	0	0	-107
23	18	17	16	14	29	10	114	512	6	29	29	1	18	21	7	619	730	12	13	11	-107
$\Sigma^1)$	61	83	72	57	114	49	366	2120	16	128	118	11	98	65	41	2445	2922	45	46	16	-325
Smogehuk																					
1920	16	60	31	42	86	84	21	392	10	66	62	11	121	49	44	369	732	6	31	-35	23
21	15	17	19	12	60	24	33	180	4	28	29	2	65	19	18	195	730	11	10	-5	-15
22	39	48	46	28	103	36	80	350	19	68	69	5	86	53	28	402	730	20	23	17	-52
23	30	51	45	29	124	42	85	324	15	66	70	4	123	43	26	383	730	15	25	1	-59
$\Sigma^1)$	100	176	141	111	373	186	219	1246	48	228	230	22	395	164	116	1349	2552	52	89	-22	-103

1920 Σ_1	96	217	115	155	295	237	234	231	56	257	248	22	332	200	100	2445	3660	40	133	— 37	— 134
21 Σ_1	114	143	112	104	280	119	306	1976	47	210	205	11	245	154	74	2208	3154	67	93	35	— 232
22 Σ_1	134	147	130	103	264	106	421	2345	65	216	204	29	215	155	72	2694	3650	69	74	49	— 349
23 Σ_1	148	182	148	127	342	142	402	2159	70	260	251	24	297	187	82	2479	3650	78	103	45	— 320
Σ_1) Σ_1	492	689	505	489	1181	604	1363	8791	238	943	908	86	1089	696	328	9826	14114	254	403	92	— 1035
1920 Σ_2	53	97	57	70	104	69	192	1554	25	125	120	7	85	88	35	1711	2196	28	63	19	— 157
21 Σ_2	71	81	65	58	133	52	219	1511	27	125	118	5	100	85	39	1691	2190	44	53	33	— 180
22 Σ_2	54	52	54	40	75	30	246	1639	19	87	76	18	57	48	30	1855	2190	35	22	18	— 216
23 Σ_2	82	96	79	71	134	70	233	1425	32	146	137	13	100	104	43	1615	2190	50	58	34	— 190
Σ_2) Σ_2	260	326	255	239	446	221	890	6129	103	483	451	43	342	325	147	6872	8766	157	196	104	— 743

1924 Die Wetterdienst-Sturmwarnung gilt für 2 Vorhersagezeiten, die Blindlings-Sturmwarnung für eine Vorhersagezeit

Nordöyan ...	19	18	17	11	26	11	62	568	10	27	28	0	26	11	13	617	732	9	11	0	— 49
Ona	29	27	23	26	59	28	56	484	12	44	49	0	67	20	11	529	732	17	26	8	— 45
Hellsö	22	31	23	22	66	38	60	470	11	42	45	0	88	16	17	513	732	11	22	22	— 43
Lister	23	18	19	18	35	6	117	496	4	37	36	1	30	11	18	595	732	19	17	5	— 99
Σ_3 (4)	93	94	82	77	186	83	295	2018	37	150	158	1	211	58	59	2254	2928	56	76	25	— 236
Σ_4 (5)	71	63	59	55	120	45	235	1548	26	108	113	1	123	42	42	1741	2196	45	54	— 3	— 193

1924 Die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je 2 Vorhersagezeiten

Nordöyan ...	19	18	17	11	26	11	62	568	10	27	28	0	26	11	13	617	732	9	11	0	— 23
Ona	29	27	23	26	59	28	56	484	12	44	49	0	67	20	11	494	732	17	26	8	— 10
Hellsö	22	31	23	22	66	38	60	470	11	42	45	0	88	16	17	479	732	11	22	22	— 9
Lister	23	18	19	18	35	6	117	496	4	37	36	1	30	11	17	562	732	19	17	5	— 66
Σ_5 (6)	93	94	82	77	186	83	295	2018	37	150	158	1	211	58	187	2126	2928	56	76	25	— 108
Σ_6 (7)	71	63	59	55	120	45	235	1548	26	108	113	1	123	42	136	1647	2196	45	54	— 3	— 99

1924 Die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je eine Vorhersagezeit

Nordöyan ...	13	24	8	20	19	18	37	593	10	27	28	0	26	11	13	617	732	3	20	— 7	— 24
Ona	18	38	15	34	46	41	35	505	12	44	49	0	67	20	11	529	732	6	34	21	— 24
Hellsö	18	35	14	31	49	55	35	495	11	42	45	0	88	16	17	513	732	7	31	39	— 18
Lister	18	23	10	27	24	17	72	541	4	37	36	1	30	11	18	595	732	14	26	6	— 54
Σ_7 (8)	67	120	47	112	138	131	179	2134	37	150	158	1	211	58	59	2254	2928	30	111	73	— 120
Σ_8 (9)	49	85	33	81	89	76	144	1639	26	108	113	1	123	42	42	1741	2196	23	80	34	— 102

¹ Die Reihen Σ sind die Summen der darüber stehenden 4 Reihen.

² Die Reihen Σ_i sind die Summen der in derselben Spalte stehenden Werte sämtlicher 5 schwedischen Stationen für jedes einzelne Jahr bzw. in der Reihe Σ_{21} für die Jahre 1920 bis 1923. — ³ Die Reihen Σ_2 sind die Summen der in derselben Spalte stehenden Werte der 3 Stationen Vinga, Morups Tange und Smygehuk für jedes einzelne Jahr bzw. in der Reihe Σ_{22} für die 4 Jahre 1920 bis 1923. — ⁴ Die Reihen $\Sigma_3, \Sigma_5, \Sigma_7, \Sigma_9$ sind die Summen der darüber stehenden 4 Reihen. — ⁵ Die Reihen $\Sigma_4, \Sigma_6, \Sigma_8$ sind die Summen der in derselben Spalte stehenden Werte der 3 Stationen Nordöyan, Ona und Lister.

Tabelle 2. Erfolg nach der Wetterdienst- und der Blindlings-Sturmwarnung in Promille.

	E_1	B_1	E_2	B_2	E_3	B_3	E_4	B_4	E_5	B_5	E_6	B_6	E_7	B_7	E_8	B_8	E_9	B_9	E_{10}	B_{10}	E_{11}	B_{11}	E_{12}	B_{12}	E_{13}	B_{13}	E_{14}	B_{14}
1920	738	705	687	671	632	507	712	688	690	616	678	612	678	610	678	611	664	600	672	609	675	612	420	355	2,81	2,13		
21	719	699	681	643	626	503	700	672	677	610	669	603	669	600	669	601	657	584	665	596	668	600	365	300	2,70	2,47		
22	710	742	676	661	631	549	693	703	675	656	670	648	669	644	670	645	656	618	665	633	669	639	336	344	2,77	2,79		
23	763	801	725	710	664	579	745	759	721	707	717	699	716	695	717	696	700	662	710	681	716	691	423	448	4,06	4,12		
$\Sigma^1)$	733	739	687	674	638	534	711	707	691	648	682	641	681	638	682	639	666	617	676	631	680	636	376	367	2,91	2,83		
1920	802	805	724	633	713	533	768	729	765	691	751	674	751	668	751	670	721	606	741	643	748	656	411	296	4,85	3,36		
21	789	799	745	650	669	522	769	733	739	684	738	671	736	664	737	667	715	612	730	644	734	654	433	321	5,30	3,47		
22	819	848	741	638	679	536	788	763	764	725	760	710	758	703	759	706	720	617	745	670	753	687	396	295	6,31	4,27		
23	721	700	675	604	631	491	699	654	680	605	673	592	671	589	672	591	658	560	666	577	669	584	342	228	2,78	2,05		
$\Sigma^1)$	783	788	718	633	672	520	754	719	736	674	728	659	727	653	727	656	702	599	718	632	723	643	399	291	4,40	3,11		
1920	809	842	616	598	602	538	732	744	728	723	706	706	702	695	703	699	628	608	674	657	690	674	212	215	3,03	3,32		
21	818	834	702	643	664	538	769	754	756	715	743	701	741	694	742	697	693	617	724	664	735	681	369	311	4,82	4,05		
22	867	901	707	616	677	605	811	801	800	796	790	775	786	766	787	769	713	650	761	724	775	746	328	257	6,83	5,66		
23	840	829	702	603	675	565	784	739	773	722	759	703	758	697	758	699	697	609	735	660	750	680	363	212	5,42	3,14		
$\Sigma^1)$	833	851	682	618	655	559	773	759	764	737	748	720	746	712	747	715	682	620	723	675	736	694	322	255	4,80	3,94		
1920	822	851	662	651	623	501	758	771	745	716	722	702	722	696	722	699	652	604	702	667	714	683	293	313	4,12	4,60		
21	822	864	719	636	653	511	782	776	758	731	753	718	750	712	751	715	697	603	733	675	744	696	347	286	5,75	4,67		
22	790	921	734	708	633	595	771	846	737	810	745	793	739	792	741	792	706	669	728	761	732	780	296	430	6,49	10,77		
23	785	882	719	635	653	533	760	789	737	755	736	740	734	730	735	734	695	626	722	694	729	711	308	296	5,44	5,36		
$\Sigma^1)$	805	880	701	655	638	529	766	794	744	751	736	730	735	736	734	730	682	623	718	696	728	715	303	327	4,99	5,73		
1920	732	698	654	657	605	491	694	678	675	605	654	598	654	599	636	598	649	598	650	599	356	318	2,66	2,38				
21	742	739	717	701	618	485	730	721	688	629	685	626	684	624	684	625	677	609	684	626	684	627	424	402	3,36	3,09		
22	712	701	689	636	606	503	701	670	664	612	663	605	663	602	663	603	652	581	660	595	663	600	363	281	2,91	2,27		
23	695	719	677	680	580	501	686	700	643	621	641	618	641	615	641	617	633	602	641	615	643	618	344	365	2,06	2,68		
$\Sigma^1)$	717	711	678	665	600	497	698	689	665	615	657	610	657	608	657	609	645	592	654	606	656	609	357	334	2,70	2,53		

1920 $\Sigma_2^2)$	781	780	669	668	639	518	730	729	721	669	698	658	697	653	698	655	662	612	685	641	692	648	355	353	3,40	3,37
21 $\Sigma_2^2)$	784	796	717	667	651	519	754	738	729	681	721	667	720	666	692	615	711	647	716	657	402	352	4,34	3,63		
22 $\Sigma_2^2)$	780	823	714	669	647	555	751	756	725	713	721	700	718	694	689	635	709	672	715	684	373	360	4,48	4,20		
23 $\Sigma_2^2)$	761	786	704	667	638	533	735	732	708	679	702	667	701	662	678	619	694	647	699	656	376	353	3,80	3,46		
$\Sigma_1(\Sigma_2^2)$	776	796	698	668	643	532	741	739	720	685	709	673	708	668	708	671	679	620	698	652	704	661	373	356	3,86	3,65
1920 $\Sigma_2^3)$	811	832	677	629	654	526	755	748	748	710	729	694	728	686	728	689	674	607	710	656	721	671	322	280	4,17	3,76
21 $\Sigma_2^3)$	810	832	726	646	664	526	775	754	751	710	745	697	743	689	744	692	704	614	730	661	738	676	392	314	5,35	4,66
22 $\Sigma_2^3)$	826	890	730	653	666	573	790	802	767	774	764	757	761	751	762	753	714	644	745	715	753	734	342	328	6,46	6,21
23 $\Sigma_2^3)$	782	804	696	623	652	529	745	726	728	689	719	672	716	666	718	669	683	600	704	639	711	653	348	267	4,10	3,18
$\Sigma_1(\Sigma_2^3)$	807	840	706	638	659	537	765	756	748	719	738	703	736	696	737	699	693	616	721	666	730	682	352	298	4,82	4,08

1924 Die Weiterdienst-Sturmwarnung gilt für 2 Vorhersagezeiten, die Blindlings-Sturmwarnung für eine Vorhersagezeit.

Nordöyan	852	892	744	712	676	559	812	824	789	771	786	771	781	763	783	766	729	668	763	730	772	749	392	417	7,61	8,06
Ona	817	831	741	725	695	532	783	784	767	708	756	705	754	700	755	702	728	650	745	686	750	695	455	455	5,41	5,27
Hellisö	792	836	708	761	647	530	754	802	733	712	720	712	718	708	719	710	689	667	709	701	714	708	404	518	4,18	6,05
Lister ...	781	861	749	666	669	510	769	785	738	727	743	720	743	716	743	718	713	611	734	681	740	702	356	321	6,70	5,18
Σ_3^4	811	855	730	728	672	532	777	801	756	728	749	726	746	721	747	723	713	654	735	701	741	714	400	453	5,46	6,32
Σ_4^5	817	861	742	708	682	533	786	799	765	734	760	731	758	725	759	728	723	646	746	699	753	714	400	414	6,24	6,18

1924 Die Weiterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je 2 Vorhersagezeiten.

Nordöyan	852	857	744	692	676	539	812	795	789	742	786	743	781	736	783	738	729	646	763	705	772	722	392	334	7,61	5,79
Ona	817	831	741	696	695	505	783	744	767	668	756	668	754	664	755	666	728	619	745	652	750	660	455	364	5,41	3,96
Hellisö	792	790	708	732	647	503	754	764	733	674	720	677	718	674	719	675	689	636	709	667	714	675	404	430	4,18	4,70
Lister ...	781	816	749	640	669	485	769	748	738	689	743	685	743	681	743	683	713	583	734	649	740	669	356	238	6,70	3,58
Σ_5^6	811	811	730	702	672	507	777	765	756	692	749	692	746	688	747	690	713	626	735	670	741	682	400	365	5,46	4,70
Σ_6^7	817	818	742	684	682	509	786	763	765	698	760	697	758	693	759	695	723	619	746	669	753	683	400	327	6,24	4,49

1924 Die Weiterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je eine Vorhersagezeit.

Nordöyan	881	892	682	712	713	559	806	824	820	771	791	771	790	763	790	766	708	668	765	730	781	749	358	417	6,48	8,06
Ona	824	831	681	725	687	532	761	784	767	708	737	705	737	700	737	702	690	650	719	686	728	695	397	455	4,39	5,27
Hellisö	810	836	671	761	679	530	747	802	757	712	726	712	725	708	726	710	686	667	711	701	717	708	384	518	3,95	6,05
Lister ...	833	861	693	666	720	510	779	785	790	727	767	720	767	716	767	718	713	611	750	681	761	702	325	321	5,15	5,18
Σ_7^8	837	855	679	728	699	532	771	801	783	728	752	726	752	721	752	723	699	654	734	701	743	714	367	453	4,73	6,32
Σ_8^9	846	861	684	708	706	533	780	799	792	734	763	731	762	725	762	728	703	646	743	699	755	714	360	414	5,12	6,18

¹ bis ⁹ Die Werte der Reihen Σ und Σ_1 bis Σ_8 sind aus den Werten der entsprechenden Reihen von Tabelle I abgeleitet.

Tabelle 3. Güte der Wetterdienst-Sturmwarnung in Promille.

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9	G_{10}	G_{11}	G_{13}	G_{14}
1920 21 22 23 $\Sigma^1)$	111	47	253	78	193	172	175	174	160	163	164	100	I,16
	66	106	248	87	172	166	172	169	175	172	172	93	I,19
	—	128	44	183	— 34	55	62	72	69	99	88	82	— 13
	—	193	53	202	— 55	49	60	71	67	112	91	82	— 45
	—	22	39	222	11	122	114	121	118	128	123	120	I,03
1920 21 22 23 $\Sigma^1)$	— 14	248	385	142	238	235	251	243	291	273	267	164	I,44
	— 48	270	308	137	175	203	215	210	264	240	231	165	I,53
	— 189	284	309	103	143	174	188	182	269	227	210	143	I,48
	68	177	275	128	189	197	201	199	222	210	204	148	I,36
	— 24	231	315	124	188	202	212	207	256	233	224	151	I,42
1920 21 22 23 $\Sigma^1)$	— 207	46	139	— 48	18	1	24	15	51	50	49	— 3	0,91
	— 99	167	274	63	144	140	153	147	199	178	169	85	I,19
	— 347	238	183	50	17	68	85	79	182	132	112	95	I,21
	64	247	252	175	183	190	202	197	225	221	219	191	I,73
	— 122	167	217	59	100	103	118	112	163	146	139	91	I,22
1920 21 22 23 $\Sigma^1)$	— 193	31	245	— 56	105	67	84	76	123	104	98	— 29	0,90
	— 313	227	290	27	100	121	133	128	236	180	158	85	I,23
	— 1638	88	96	493	— 386	— 231	— 254	— 245	112	— 142	— 220	— 236	0,61
	— 826	229	257	— 138	— 75	— 14	15	4	186	94	63	16	I,01
	— 619	133	230	— 140	— 29	1	16	10	156	74	46	— 36	0,87
1920 21 22 23 $\Sigma^1)$	113	— 10	223	49	177	137	138	138	124	126	126	57	I,12
	11	52	258	32	159	160	159	159	173	156	154	36	I,09
	37	146	207	95	135	149	153	151	170	161	157	114	I,28
	— 88	— 9	158	— 47	58	62	66	64	78	68	66	— 33	0,97
	22	41	204	32	128	121	124	122	129	122	120	34	I,07
1920 $\Sigma^2)$ 21 $\Sigma^2)$ 22 $\Sigma^2)$ 23 $\Sigma^2)$ $\Sigma^1) \Sigma^2)$	2	5	250	4	155	117	127	123	129	125	123	4	I,01
	— 58	150	275	61	151	155	163	161	201	180	173	79	I,20
	— 243	135	205	— 20	42	69	81	75	148	112	98	20	I,07
	— 121	112	224	11	93	105	114	110	154	132	123	37	I,10
	— 99	90	238	9	111	110	119	115	154	134	127	27	I,06
1920 $\Sigma^3)$ 21 $\Sigma^3)$ 22 $\Sigma^3)$ 23 $\Sigma^3)$ $\Sigma^1) \Sigma^2)$	— 128	128	271	29	132	116	133	125	171	157	152	58	I,11
	— 136	226	291	82	142	159	173	167	234	203	191	114	I,32
	— 585	221	217	— 61	— 31	32	42	38	196	105	72	21	I,04
	— 111	195	261	70	123	142	152	147	208	179	168	111	I,29
	— 203	187	263	36	102	117	131	125	200	165	151	78	I,18
1924 Die Wetterdienst-Sturmwarnung gilt für 2 Vorhersagezeiten, die Blindlings-Sturmwarnung für eine Vorhersagezeit.													
Nordöyan Ona Hellisö... Lister $\Sigma_3^4)$ $\Sigma_4^5)$	— 368	111	266	— 73	75	64	75	71	184	119	94	— 42	0,94
	— 81	56	348	— 4	202	174	180	177	222	189	179	— 1	I,03
	— 267	— 223	249	— 243	75	27	32	30	67	29	19	— 237	0,69
	— 569	249	324	— 76	43	82	95	90	262	164	128	51	I,29
	— 304	6	300	— 125	104	82	90	87	171	114	96	— 97	0,86
	— 318	115	320	— 62	116	110	119	115	219	156	134	— 23	I,01
	— 29	168	297	82	182	166	172	169	234	195	181	88	I,32
Nordöyan Ona Hellisö... Lister $\Sigma_5^6)$ $\Sigma_6^7)$	— 148	384	153	297	265	268	267	286	268	263	142	137	
	— 13	— 89	290	— 39	184	134	136	134	146	126	120	— 47	O,89
	— 185	302	357	84	158	185	193	190	312	241	215	154	I,87
	— 2	92	335	48	209	183	186	185	233	197	186	55	I,16
	— 8	184	353	97	220	208	212	211	274	233	219	109	I,39
	— 101	105	348	— 103	213	88	112	104	122	126	128	— 101	0,80
	— 40	160	331	— 108	204	109	123	116	113	108	106	— 108	O,83
$\Sigma_7^8)$ $\Sigma_8^9)$	— 158	— 380	317	— 279	156	49	57	53	56	34	28	— 278	0,65
	— 196	81	430	— 29	232	166	178	173	260	215	197	5	O,99
	— 122	— 180	356	— 156	201	96	109	103	129	109	103	— 157	0,75
	— 108	— 82	370	— 93	217	118	135	128	162	146	140	— 91	O,83
	— 101	105	348	— 103	213	88	112	104	122	126	128	— 101	0,80
1924 Die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je 2 Vorhersagezeiten.													
Nordöyan Ona Hellisö... Lister $\Sigma_5^6)$ $\Sigma_6^7)$	— 29	168	297	82	182	166	172	169	234	195	181	88	I,32
	— 148	384	153	297	265	268	267	286	268	263	142	137	
	— 13	— 89	290	— 39	184	134	136	134	146	126	120	— 47	O,89
	— 185	302	357	84	158	185	193	190	312	241	215	154	I,87
	— 2	92	335	48	209	183	186	185	233	197	186	55	I,16
	— 8	184	353	97	220	208	212	211	274	233	219	109	I,39
	— 101	105	348	— 103	213	88	112	104	122	126	128	— 101	0,80
1924 Die Wetterdienst- und die Blindlings-Sturmwarnung gelten für je eine Vorhersagezeit.													
Nordöyan Ona Hellisö... Lister $\Sigma_7^8)$ $\Sigma_8^9)$	— 101	105	348	— 103	213	88	112	104	122	126	128	— 101	0,80
	— 40	160	331	— 108	204	109	123	116	113	108	106	— 108	O,83
	— 158	— 380	317	— 279	156	49	57	53	56	34	28	— 278	0,65
	— 196	81	430	— 29	232	166	178	173	260	215	197	5	O,99
	— 122	— 180	356	— 156	201	96	109	103	129	109	103	— 157	0,75
	— 108	— 82	370	— 93	217	118	135	128	162	146	140	— 91	O,83
	— 101	105	348	— 103	213	88	112	104	122	126	128	— 101	0,80
¹ bis ⁹ Die Werte der Reihe Σ wie Σ_1 , bis Σ_8 sind aus den Werten der entsprechenden Reihen von Tabelle 1 abgeleitet.													

oder noch besser entsprechend der Berechnung des *mittleren* Fehlers die Quadratwurzel aus dem Mittel der Quadrate dieser Abweichungen (also die *mittlere* Abweichung) am kleinsten ist.

Tabelle 4. Mittlere Abweichung der G_1 bis G_{11} in Promille für die einzelnen Jahrgänge von ihren Mittelwerten.

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9	G_{10}	G_{11}
I	274,4	63,8	49,6	102,4	102,8	74,8	79,3	77,2	45,1	66,4	76,1
II	344,0	72,3	58,0	123,5	124,5	88,6	95,6	92,5	50,5	79,8	92,6
III	392,8	97,4	64,5	141,3	131,8	102,2	105,8	104,0	64,5	87,6	99,7
IV	461,3	83,7	75,5	175,7	161,7	125,2	132,1	128,4	68,2	108,1	124,5
V	199,4	39,1	27,1	56,1	71,0	48,8	50,0	49,2	22,7	36,2	44,8

Die Werte der Tabelle 4 sind daher wie folgt ermittelt:

Reihe I. Es wurde bei jeder der 5 schwedischen Stationen für jedes G die Abweichung der für die je 4 Jahrgänge 1920 bis 1923 ermittelten Werte gegen ihren Mittelwert berechnet. Aus dem Mittel der Quadrate dieser 20 Abweichungen wurde schliesslich die Quadratwurzel gezogen.

Reihe II. Aus den 20 Jahrgängen für jedes G wurde das Mittel berechnet, alsdann die Abweichung jedes Jahreswertes gegen dies Mittel. Schliesslich wurde aus dem Mittel der Quadrate dieser 20 Abweichungen die Quadratwurzel gezogen.

Reihe III und IV. Es wurde wie bei Reihe I bzw. II verfahren, aber unter Weglassung der Stationen Smögen und Utlängan, da an diesen beiden Stationen die Windstärken in den Jahren 1920 bis 1923 zu hoch geschätzt waren.¹

Reihe V. Aus den 4 Reihen 1920 Σ_2 , 1921 Σ_2 , 1922 Σ_2 1923 Σ_2 wurde für jedes G das Mittel abgeleitet. Als dann wurde für jeden Einzelwert die Abweichung vom Mittelwert bestimmt, und schliesslich aus dem Mittel der Quadrate dieser Abweichungen die Quadratwurzel gezogen.

Von einer Berücksichtigung der Ergebnisse nach den Formeln Walléns und La Cours muss bei dieser Untersuchung abgesehen werden. Hiergegen liegen auch keine Bedenken vor, da diese beiden Formeln nicht aus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung abgeleitet sind. Die Werte in Tabelle 3 zeigen übrigens, dass unter den 20 Jahrgängen des schwedischen Sturmwarnungsdienstes die Blindlingsvorhersage bei Anwendung von Walléns Formel sechsmal ($G_{13} < 0$) und bei Anwendung von La Cours Formel ebenfalls sechsmal ($G_{14} < 1$) günstigere Werte ergibt als die Wetterdienst-Vorhersage.

Die Einzelwerte in der Reihe I der Tabelle 4 werden als I 1, I 2 bis I 11 bezeichnet; entsprechend in den Reihen II bis V. Dann ergibt sich, dass in den Reihen I, II, IV, V am kleinsten I 9, II 9, IV 9, V 9, sind, und dass nur in III

¹ Siehe den vorvorletzten und den vorletzten Absatz dieses Abschnitts.

die beiden Werte III 3 = III 9 am kleinsten sind. Dieses letzte Ergebnis muss als zufälliges bewertet werden. Es folgt daher, die Gewichte, welche die schwedischen Sturmwarner den verschiedenen Gruppen von Vorhersagen beigelegt haben, werden am besten durch die Annahme IX des Abschnitts 5 angegeben. Anzunehmen ist, dass dasselbe nicht nur für den schwedischen Sturmwarnungsdienst gilt, sondern allgemein. Es eignen sich daher am besten zur Berechnung von Erfolg und Güte der Wetterdienst-Vorhersage die beiden Formeln:

$$(14) \dots E = \frac{a_1 \sqrt{hk} + a_2 \sqrt{k} + d_1 \sqrt{h} + d_2}{(a_1 + c_1) \sqrt{hk} + (a_2 + c_2) \sqrt{k} + (b_1 + d_1) \sqrt{h} + (b_2 + d_2)} \text{ und}$$

$$(15) \dots G = \frac{(a_1 - a'_1) \sqrt{hk} + (a_2 - a'_2) \sqrt{k} + (d_1 - d'_1) \sqrt{h} + (d_2 - d'_2)}{c'_1 \sqrt{hk} + c'_2 \sqrt{k} + b'_1 \sqrt{h} + b'_2}$$

Hierbei ist wieder gemäss (9) und (10)

$$(9) \dots \dots \dots k = \frac{b_1 + b_2 + d_1 + d_2}{a_1 + a_2 + c_1 + c_2} > 1 \text{ und}$$

$$(10) \dots \dots \dots h = \frac{a_2 + c_2 + b_2 + d_2}{a_1 + c_1 + b_1 + d_1} > 1$$

Es ist also zu geben: 1. den Vorhersagen für die nicht stürmischen Beharrungszeiten das Gewicht 1, — 2. den Vorhersagen für die nicht stürmischen Umschlagszeiten das Gewicht Quadratwurzel aus der Zahl der Beharrungszeiten dividier durch die Zahl der Umschlagszeiten = \sqrt{h} , — 3. den Vorhersagen für die stürmischen Beharrungszeiten das Gewicht Quadratwurzel aus der Zahl der Nichtsturmzeiten dividiert durch die Zahl der Sturmzeiten = \sqrt{k} , — 4. den Vorhersagen für die stürmischen Umschlagszeiten das Gewicht \sqrt{hk} .

Festzustellen ist nun noch, dass bei Verwendung von (14) und (15) die in Abschnitt 5 aufgestellten 4 Bedingungen unter den dort gemachten Voraussetzungen für die Festsetzung der Gewichte erfüllt sind.

1. Das Gewicht der Vorhersagen für eine stürmische Umschlagszeit (\sqrt{hk}) dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine nicht stürmische Umschlagszeit (\sqrt{h}) ergibt \sqrt{k} und ist somit grösser als 1. Das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische Beharrungszeit (\sqrt{k}) dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine nicht stürmische Beharrungszeit (1) ist wieder \sqrt{k} und somit grösser als 1.

2. Die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Sturmzeiten ist $Gst = (a_1 + c_1) \sqrt{hk} + (a_2 + c_2) \sqrt{k}$, die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten ist $Gnst = (b_1 + d_1) \sqrt{h} + (b_2 + d_2)$. Zu prüfen ist, ob stets $Gst < Gnst$ ist. Hierbei sind 3 Möglichkeiten zu unterscheiden:

za und 2b: Es sei $k \geq h$. Dann ist

$Gst < (a_1 + c_1 + a_2 + c_2) \sqrt{hk}$, da $h > 1$ ist. Weiter ist

$Gst < (a_1 + c_1 + a_2 + c_2) k$, da $k \geq h$ ist. Die Einsetzung von k aus (9) in diese Ungleichung ergibt

$Gst < (b_1 + d_1 + b_2 + d_2)$. Da nun $h > 1$ ist, so folgt

$Gst < [(b_1 + d_1)\sqrt{h} + (b_2 + d_2)]$ und mithin

$Gst < Gnst$.

2c. Es sei $k < h$. Die Durchführung der Rechnung zeigte, dass bei allen hier benutzten Fällen im schwedischen und norwegischen Sturmwarnungsdienst die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten höher blieb als die der Vorhersagen für alle Sturmzeiten. Theoretisch können indessen Fälle konstruiert werden, in denen bei grossem h und sehr kleinem k , also bei nur sehr wenig über 1 liegendem k , die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Sturmzeiten etwas grösser wird als die der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten, trotzdem $h > 1$ und $k > 1$ bleibt. Es sei $a_1 = 11$ und $c_1 = 14$, mithin $a_1 + c_1 = 25$; $a_2 = 260$ und $c_2 = 131$, mithin $a_2 + c_2 = 391$; $b_1 = 12$ und $d_1 = 12$, mithin $b_1 + d_1 = 24$; $b_2 = 55$ und $d_2 = 338$, mithin $b_2 + d_2 = 393$.¹ Dann wird $h = (391 + 393) : (25 + 24) = 16$, $k = (24 + 393) : (25 + 391) = 1,002$, also $\sqrt{h} = 4$, $\sqrt{k} = 1,001$, $\sqrt{hk} = 4,004$. Mithin ist die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Sturmzeiten mit 491,5 um 2,5 höher als die der Vorhersagen für alle Nichtsturmzeiten mit 489. Praktisch dürften derartige Fälle allerdings kaum vorkommen, so dass die Verwendbarkeit von (14) und (15) nicht hierunter leidet. Der Grenzfall $k = 1$ würde bedeuten, dass die Vorhersagen für die Sturmzeiten dasselbe Gewicht wie die für die entsprechenden Nichtsturmzeiten haben. Bei der geringen Abweichung des $k = 1,002$ von 1 liegt die Vermutung nahe, dass sich bei dem gewählten Beispiel für $k = 1,002$ ungefähr derselbe Wert des Erfolges wie für $k = 1$ ergeben dürfte. In der Tat ergibt sich für $k = 1,002$ als Erfolg 0,70408 und für $k = 1$ als Erfolg 0,70404. Der Unterschied von 4 Einheiten in der fünften Dezimale oder von nahezu nur 0,006 Prozent des Erfolges ist so gering, dass man ihn praktisch vernachlässigen kann. Es genügt also bei dem gewählten Beispiel und allgemein bei Werten von k , die nahe an 1 liegen, nur 2 Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts zu unterscheiden, nämlich solche für Umschlags- und solche für Beharrungszeiten.

3. Das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische Umschlagszeit (\sqrt{hk}) dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine stürmische Beharrungszeit (\sqrt{k}) ist \sqrt{h} und somit grösser als 1. Das Gewicht der Vorhersage für eine nicht stürmische Umschlagszeit (\sqrt{h}) dividiert durch das Gewicht der Vorhersage für eine nicht stürmische Beharrungszeit (1) ist wieder \sqrt{h} und somit grösser als 1.

4. Die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Umschlagszeiten ist $Guz = (a_1 + c_1)\sqrt{hk} + (b_1 + d_1)\sqrt{h}$, die Gewichtssumme der Vorhersagen für alle Beharrungszeiten ist $Gbz = (a_2 + c_2)\sqrt{k} + (b_2 + d_2)$. Dann lässt sich entsprechend wie bei 2a und 2b nachweisen, dass für $h \geq k$ stets $Gbz > Guz$ ist. Entspre-

¹ Bei diesem Beispiel haben die Quotienten $a_1 : c_1$, $a_2 : c_2$, $d_1 : b_1$, $d_2 : b_2$ etwa dieselben Werte wie in Tabelle 1 Reihe Σ_2 .

chend 2c ergibt sich weiterhin, dass auch für $h < k$ im allgemeinen $G_{bz} > G_{uz}$ ist, dass aber für den Fall eines grossen k und eines sehr kleinen, also 1 nur sehr wenig übersteigenden h immerhin $G_{bz} < G_{uz}$ werden kann. Dieser Fall dürfte aber wegen der bekannten Neigung des Wetters zur Erhaltung seiner Tendenz in der Praxis überhaupt nicht vorkommen; würde doch $h = 1$ bedeuten, dass die Zahl der Umschlagszeiten gleich der Zahl der Beharrungszeiten ist. Entsprechend wie bei 2c genügen bei Werten von h , die nahe an 1 liegen, ebenfalls 2 Gruppen von Vorhersagen verschiedenen Gewichts, nämlich solche für Sturm- und solche für Nichtsturmzeiten.

Bei Betrachtung der für die Güte des Sturmwarnungsdienstes entscheidenden Werte von G_9 in Tabelle 3 fällt auf, dass sich für die gesamten Beobachtungen von Smögen und Utlängan erheblich geringere Werte ergeben als für die 3 übrigen schwedischen Stationen, und zwar beträgt für

	Σ Smögen	Σ Vinga	Σ Morups Tange	Σ Smygehuk	Σ Utlängan
G_9	0,128	0,256	0,163	0,156	0,129
\sqrt{k}	1,478	1,986	2,689	2,919	1,434
\sqrt{h}	1,983	2,281	2,774	3,115	1,958

Somit haben auch \sqrt{k} und \sqrt{h} für Smögen und Utlängan geringere Werte als für Vinga, Morups Tange und Smygehuk. Erklärt wurde dies Verhalten von Herrn Prof. Dr. A. Wallén dadurch, dass 1920 bis 1923 die Windstärken an diesen beiden Orten zu hoch geschätzt waren, was sich erst später durch Vergleich mit Anemographen-Aufzeichnungen herausstellte. Die Formel (15) liefert mithin bei Fehlerhaftigkeit der Beobachtungen ungünstigere Werte als sonst zu erwarten wären, was durchaus für ihre Anwendung spricht.

Als Güte des schwedischen Sturmwarnungsdienstes ergibt sich mithin der in Tabelle 3 Reihe $\Sigma\Sigma_2$ der Spalte G_9 angegebene Wert 0,200, zu dessen Ableitung die fehlerhaften Beobachtungen von Smögen und Utlängan nicht benutzt sind.

In Tabelle 3 fällt ferner auf, dass bei allen 3 Annahmen G_9 für Hellisö erheblich geringere Werte ergibt als für die übrigen 3 norwegischen Stationen. Eine Anfrage bei Herrn Gerhart Schinze ergab: »Nach den Erfahrungen des norwegischen Sturmwarnungsdienstes sind an Hellisö zu wenig Sturmwarnungen gesandt worden. Durch die Lage der Telegraphenstation verlief nämlich die Grenze eines Sturmwarnungsbezirks, der etwa 39 bis 40 % mehr Sturmwarnungen erhielt als Hellisö, gerade nördlich von Hellisö. Es erhielt Hellisö (Leuchtturm) häufiger keine Sturmwarnung, während den benachbarten Fischerdörfern eine solche zugegangen. Anscheinend wäre es also besser gewesen, Hellisö dem nördlich von ihm

gelegenen Sturmwarnungsbezirk zuzuweisen. In den Reihen Σ_4 , Σ_6 , Σ_8 ist daher die Güte des norwegischen Sturmwarnungsdienstes nach Ausschaltung von Hellisö gegeben worden. Am zutreffendsten dürfte der sich aus der Reihe Σ_6 für G_9 ergebende Wert 0,274 der tatsächlichen Güte des norwegischen Sturmwarnungsdienstes entsprechen. Die Annahme, dass die norwegische Wetterdienst-Sturmwarnung für 2 Vorhersagen gilt, ist nämlich allem Anschein nach richtiger, als dass sie nur für eine gilt. Dann ist aber auch die weitere Annahme folgerichtiger, die Blindlings-Sturmwarnung gilt ebenfalls für 2 Vorhersagezeiten statt nur für eine.

8. Treffer-Promille für die verschiedenen Gruppen von Wetterdienstvorhersagen.

Es sind zu unterscheiden:

1. Stürmische Umschlagszeiten, welche wiederum zerfallen in
 - i a: solche, die auf eine Nichtsturmzeit folgen, und deren Anzahl mit $A_1 + C_1$ bezeichnet werde;
 - i b: solche, die auf eine Sturmzeit folgen, und deren Anzahl mit $A_2 + C_2$ bezeichnet werde, so dass sich $A_1 + A_2 = a_1$ und $C_1 + C_2 = c_1$ ergibt. A_1 und A_2 sind die Anzahl der richtigen, C_1 und C_2 die der verfehlten Vorhersagen. Die Werte, welche sich für die in Abschnitt 6 verwandten Stationen ergeben, sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5. Zahl der richtigen und der verfehlten Vorhersagen für die auf Nichtsturmzeiten bzw. auf Sturmzeiten folgenden stürmischen Umschlagszeiten.

	A_1				C_1				A_2				C_2					A_1				C_1				A_2				C_2					
	1920	21	22	23	Σ	1920	21	22	23	Σ	Smygehuk	1920	21	22	23	Σ	1920	21	22	23	Σ	1920	21	22	23	Σ	1920	21	22	23	Σ				
Smögen	16	55	11	5	92	1920	21	22	23	Σ	Smygehuk	9	31	1	1	52	1920	Σ_2	46	82	7	15	Nordöyan	14	14	5	4	Nordöyan	8	19	5	5			
	22	41	6	4		21	16	19	2	4		16	19	2	4		21	Σ_2	55	68	16	13	Ona.....	26	24	3	3	Ona.....	17	33	1	5			
	27	38	14	9		22	13	11	2	0		13	11	2	0		22	Σ_2	43	48	11	4	Hellisö...	20	26	2	5	Hellisö...	17	31	1	4			
	27	23	9	12		23	14	16	4	1		14	16	4	1		23	Σ_2	68	82	14	14	Lister ...	22	16	1	2	Lister ...	18	20	0	3			
												52	77	9	6		$\Sigma\Sigma_2$	212	280	48	46	Σ_3	82	80	11	14	Σ_3	62	54	9	9	Σ_4	43	72	6
Vinga	26	25	4	6	105	1920	21	22	23	Σ	Uttängen	15	58	1	2	83	1920	Σ_2	46	82	7	15	Gültig für 2 Vorhersagezeiten	14	14	5	4	Gültig für 1 Vorhersagezeit	8	19	5	5			
	24	22	7	5		21	14	17	1	0		24	22	5	0		21	Σ_2	55	68	16	13	Ona.....	26	24	3	3	Ona.....	17	33	1	5			
	19	22	5	1		22	25	48	14	0		19	22	5	0		22	Σ_2	43	48	11	4	Hellisö...	20	26	2	5	Hellisö...	17	31	1	4			
	36	39	7	8		23	29	46	1	5		36	39	7	8		23	Σ_2	68	82	14	14	Lister ...	22	16	1	2	Lister ...	18	20	0	3			
												83	169	17	7		$\Sigma\Sigma_2$	212	280	48	46	Σ_3	82	80	11	14	Σ_3	62	54	9	9	Σ_4	43	72	6
Tange	11	26	2	8	55	1920	Σ_1	77	195	19	20	1920	Σ_1	91	126	23	17	387	1920	Σ_2	46	82	7	15	Nordöyan	8	19	5	5	Nordöyan	8	19	5	5	
	15	27	7	4		21	91	126	23	17		21	Σ_1	91	126	23	17		21	Σ_2	55	68	16	13	Ona.....	17	33	1	5	Ona.....	17	33	1	5	
	11	15	4	3		22	95	134	39	13		22	Σ_1	95	134	39	13		22	Σ_2	43	48	11	4	Hellisö...	20	26	2	5	Hellisö...	17	31	1	4	
	18	27	3	5		23	124	151	24	31		23	Σ_1	124	151	24	31		23	Σ_2	68	82	14	14	Lister ...	22	16	1	2	Lister ...	18	20	0	3	
												387	606	105	83		$\Sigma\Sigma_1$	387	606	105	83	Σ_3	60	103	7	17	Σ_3	43	72	6	13	Σ_4	43	72	6

2. Stürmische Beharrungszeiten. Sie folgen stets auf eine Sturmzeit.
3. Nichtstürmische Umschlagszeiten. Sie folgen stets auf eine Sturmzeit.
4. Nichtstürmische Beharrungszeiten. Sie folgen stets auf eine Nichtsturmzeit.

In Tabelle 6 sind angegeben in Promille der Erfolg für die Vorhersagen der auf eine Nichtsturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten unter 1 000 A_1 : : ($A_1 + C_1$), für die Vorhersagen der auf eine Sturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten unter 1 000 A_2 : ($A_2 + C_2$), für die Vorhersagen der sämtlichen stürmischen Umschlagszeiten unter 1 000 a_1 : ($a_1 + c_1$), für die Vorhersagen der stürmischen Beharrungszeiten unter 1 000 a_2 : ($a_2 + c_2$), für die Vorhersagen der nichtstürmischen Umschlagszeiten unter 1 000 d_1 : ($b_1 + d_1$), für die Vorhersagen der nichtstürmischen Beharrungszeiten unter 1 000 d_2 : ($b_2 + d_2$).

Tabelle 6. Treffer-Promille für die verschiedenen Gruppen von Vorhersagezeiten.

	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6													
	1 000 A_1	$A_1 + C_1$	1 000 A_2	$A_2 + C_2$	1 000 a_1	$a_1 + c_1$	1 000 a_2	$a_2 + c_2$	1 000 d_1	$b_1 + d_1$	1 000 d_2	$b_2 + d_2$	1 000 A_1	$A_1 + C_1$	1 000 A_2	$A_2 + C_2$	1 000 a_1	$a_1 + c_1$	1 000 a_2	$a_2 + c_2$	1 000 d_1	$b_1 + d_1$	1 000 d_2	$b_2 + d_2$		
1920 21 22 23 Σ	Smögen	225	688	310	556	614	946							1920	Σ_1	283	463	307	555	574	908					
		349	600	384	669	548	841							21	Σ_1	419	575	444	702	481	866					
		415	609	466	683	538	789							22	Σ_1	415	750	477	714	442	848					
		540	429	507	737	529	830							23	Σ_1	451	436	448	707	462	843					
		369	571	414	648	560	848							Σ	Σ_1	390	559	417	662	492	866					
1920 21 22 23 Σ	Vinga	510	400	492	684	700	862							1920	Σ_2	359	318	353	601	551	890					
		522	583	534	765	458	850							21	Σ_2	447	552	467	719	472	873					
		463	833	511	755	476	873							22	Σ_2	473	733	509	714	426	869					
		480	467	478	624	453	843							23	Σ_2	453	500	461	657	473	859					
		493	535	500	693	516	858							Σ	Σ_2	431	511	444	669	484	873					
1920 21 22 23 Σ	Morups Tange	297	200	277	444	405	902							1924	Gilt für 2 Vorhersagezeiten											
		357	636	415	644	512	894							Nordöyan	...	500	556	514	703	393	902					
		423	571	455	600	444	916							Ona	520	500	518	678	531	896					
		400	375	396	675	511	916							Hellisö	435	286	415	635	489	887					
		367	444	382	592	473	907							Lister	579	333	561	854	486	809					
1920 21 22 23 Σ	Smygehuk	225	500	238	615	500	903							Σ ³	506	440	497	691	484	872					
		457	333	439	732	441	875							Σ ⁴	535	500	530	727	482	868					
		542	1 000	577	742	320	819							1924	Gilt für eine Vorhersagezeit											
		467	800	514	744	467	818							Nordöyan	...	296	500	351	514	714	941					
		403	600	424	699	442	853							Ona	340	167	321	529	694	935					
1920 21 22 23 Σ	Ullängan	205	333	211	506	575	949							Hellisö	354	200	340	471	689	934					
		452	1 000	469	714	387	845							Lister	474	0	439	585	730	883					
		342	1 000	448	741	378	814							Σ ⁷	368	292	358	513	704	923					
		387	167	370	747	392	792							Σ ⁸	374	316	366	539	711	919					
		329	708	362	667	440	851																			

Aus Tabelle 5 und 1 ergibt sich nun, dass die Zahl der unter A_1 , C_1 , A_2 , C_2 , a_1 , c_1 , a_2 , c_2 , b_1 , d_1 für die einzelnen Jahrgänge verzeichneten Vorhersagen häufiger recht gering ist. Sie sinkt auf 9 für A_1 , auf 11 für C_1 , auf 1 für A_2 , auf 0

für C_2 , auf 10 für a_1 , auf 11 für c_1 , auf 15 für a_2 , auf 6 für c_2 , auf 15 für b_1 , auf 8 für d_1 ; hingegen nur auf 21 für b_2 und auf 180 für d_2 . Abgesehen ist hierbei von den norwegischen Sturmwarnungen, welche unter der weniger wahrscheinlichen Annahme aufgestellt sind, dass sie nur für eine Vorhersagezeit gelten. Vernachlässigt man weiter die weniger zuverlässigen Beobachtungen von Smögen, Utlängan und Hellisö, so sinkt sogar b_2 nur bis auf 50 und d_2 bis auf 371. Hieraus folgt, dass die in Tabelle 6 unter Spalte 1 bis 5 verzeichneten Erfolgzzahlen für die einzelnen Jahrgänge erheblich weniger zuverlässig sind als die unter Spalte 6 verzeichneten. Als mittlere Abweichungen der in Spalte 1 bis 6 von Tabelle 6 verzeichneten 20 einzelnen Jahrgänge der 5 schwedischen Stationen von ihrem Mittelwert ergeben sich 101, 246, 98, 87, 87, 47 Promille; nach Ausscheidung der 8 Jahrgänge der unverlässigen Stationen Smögen und Utlängan 91, 221, 97, 88, 85, 33 Promille. Hieraus folgt, dass die einzelnen Jahrgänge nur für die nicht stürmischen Beharrungszeiten $\left(\frac{d_2}{b_2 + d_2}\right)$ einigermaßen zuverlässige Treffer-Promille ergeben, für die übrigen Vorhersagezeiten aber recht unzuverlässige, namentlich für die auf eine Sturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten $\left(\frac{A_2}{A_2 + C_2}\right)$. Es müssen somit die 4 Jahrgänge jeder der 5 schwedischen Stationen zur Berechnung der Treffer-Promille für die verschiedenen Gruppen von Vorhersagezeiten zusammengefasst werden. Dann ergeben sich als deren mittlere Abweichungen 56, 86, 47, 38, 46, 22 Promille, nach Ausscheidung von Smögen und Utlängan 53, 64, 49, 49, 30, 24 Promille. Wie zu erwarten sind diese Beträge nur noch etwa die Hälfte der sich für die 12 einzelnen Jahrgänge der 3 schwedischen Stationen Vinga, Morups Tange und Smygehuk ergebenden mittleren Abweichungen. Der Vergleich der drei Reihen Σ Vinga, Σ Morups Tange und Σ Smygehuk zeigt, dass sich die Schwankungen der Treffer-Promille für die verschiedenen Gruppen von Vorhersagezeiten innerhalb erträglicher Grenzen halten. Man kann daher annehmen, dass die in der Reihe $\Sigma\Sigma_2$ abgeleiteten Werte für die Treffer-Promille einigermaßen der Wirklichkeit entsprechen. Es betragen mithin die Treffer-Prozente der schwedischen Wetterdienst-Vorhersagen gemäss der Reihe $\Sigma\Sigma_2$ der Tabelle 6 ungefähr

- 43 für die auf eine Nichtsturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten,
- 51 für die auf eine Sturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten,
- 44 für die Gesamtheit der stürmischen Umschlagszeiten,
- 67 für die stürmischen Beharrungszeiten,
- 48 für die nicht stürmischen Umschlagszeiten,
- 87 für die nicht stürmischen Beharrungszeiten.

Zusammengefasst ergibt sich: Die Treffer-Prozente der Wetterdienst-Vorhersagen liegen für die Beharrungszeiten und die auf eine Sturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten im schwedischen Sturmwarnungsdienst über 50, für die Umschlagszeiten sonst unter 50.

Wie zu erwarten sind die Treffer-Prozente umso höher, je leichter die Wetterdienst-Vorhersagen für die verschiedenen Gruppen der Vorhersagezeiten zu stellen sind. Am grössten sind die Treffer-Prozente der Vorhersagen daher für die nicht stürmischen Beharrungszeiten, es folgen 2. die stürmischen Beharrungszeiten, 3. die auf eine Sturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten, 4. die nicht stürmischen Umschlagszeiten und schliesslich 5. die auf eine Nichtsturmzeit folgenden stürmischen Umschlagszeiten. Aus den vorliegenden Treffer-Prozenten des schwedischen Sturmwarnungsdienstes kann daher weder entnommen werden, dass zu viele, noch dass zu wenige Sturmwarnungen erlassen sind.

9. Rechenhilfsmittel und Rechenschemata.

Die Rechenarbeit, welche zur Berechnung der Güte und des Erfolges des Sturmwarnungsdienstes aufgewandt werden muss, wird wesentlich erleichtert durch die Anwendung von Rechenhilfsmitteln. Als solche seien erwähnt:

1. Zur Ausführung der Multiplikationen und Divisionen von dreistelligen Zahlen die bekannten Crelleschen Rechentafeln, erschienen zu Berlin und Leipzig im Verlag der wissenschaftlichen Verleger Walter De Gruyter und Co., vorm. G. J. Göschensche Verlagsbuchhandlung.

2. Zur Ausführung der Multiplikationen und Divisionen von 2-stelligen mit 4-stelligen bzw. von 4-stelligen mit 4-stelligen Zahlen die Rechentafeln von Louis Zimmermann, erschienen zu Liebenwerda im Verlag des Technischen Versandgeschäftes R. Reiss.

3. Zur Berechnung der Quadratwurzeln, Astronomische Tafeln und Formeln von Dr. C. F. W. Peters, erschienen zu Hamburg bei Wilh. Mauke.

4. Rechenschieber zur Ausführung von Multiplikationen und Divisionen wie zum Ziehen von Quadratwurzeln.

Zur Berechnung der Güte des Sturmwarnungsdienstes ohne Berechnung seines Erfolges wird folgendes Schema vorgeschlagen:

Jahrgang Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a_1 1)	b_1	c_1	d_1	a_2	b_2	c_2	d_2	a'_1	b'_1	c'_1
1920 Vinga	30	15	31	35	52	75	24	470	11	45	50
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
d'_1	a'_2	b'_2	c'_2	d'_2	S 2)	Zähler h $5+6+7+8$	Nenner h $1+2+3+4$	Zähler k $2+4+6+8$	Nenner k $1+3+5+7$		
5	38	10	38	535	732	621	111	595	137		

¹ Die in der 3. Reihe angeführten Zahlen sind die Spaltennummern der ersten Reihe. — ² Spalte 17 (S) gleich Summe der Spalten 1 bis 8 bzw. 9 bis 16.

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
h 18 : 19	k 20 : 21	hk 22×23	\sqrt{h} $\sqrt{22}$	\sqrt{k} $\sqrt{23}$	\sqrt{hk} $\sqrt{243}$)	$a_1 - a'_1$ 1—9	c'_1 11	c_1 34)	$a_2 - a'_2$ 5—13	c'_2 15	c_2 74)	$d_1 - d'_1$ 4—12
5,5946	4,3431	24,298	2,365	2,084	4,929	19	50	31	14	38	24	30
35	36	37	38	39	40	41	42	43				
b'_1 10	b_1 24)	$(a_1 - a'_1) \sqrt{hk}$ 28×27	$(a_2 - a'_2) \sqrt{k}$ 31×26	$(d_1 - d'_1) \sqrt{h}$ 34×25	$d_2 - d'_2$ 8—16	$c'_1 \sqrt{hk}$ 29×27	$c'_2 \sqrt{k}$ 32×26	$b'_1 \sqrt{h}$ 35×25				
45	15	93,7	29,2	70,9	— 65	246,4	79,2	106,4				
44	45	46	47	48	49	50	51					
b'_2 14	$c_1 \sqrt{hk}$ 30×275)	$c_2 \sqrt{k}$ 33×265)	$b_1 \sqrt{h}$ 36×255)	b_2 65)	Zähler G $37 + 38 + 39 + 40$	Nenner G $41 + 42 + 43 + 44$	G $49 : 50$					
10	152,8	50,0	35,5	75	128,8	442,0	0,291					

³ Spalte 27 gleich Produkt der Spalten 25 und 26. — ⁴ Spalte 30 bzw. 33 bzw. 36 gleich Differenz der Spalten 29 weniger 28 bzw. 32 weniger 31 bzw. 35 weniger 34. — ⁵ Spalte 45 bzw. 46 bzw. 47 bzw. 48 gleich Spalte 41 weniger 37 bzw. 42 weniger 38 bzw. 43 weniger 39 bzw. 44 weniger 40.

Häufig wird man ausser der Güte auch den Erfolg des Sturmwarnungsdienstes und damit ebenfalls den Erfolg der angewandten Blindlingsvorhersage berechnen wollen. Dann ergibt sich das nachstehende Rechenschema, welches gegenüber dem vorstehenden den Vorzug zahlreicherer Rechenkontrollen besitzt:

Jahrgang Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	a_1 1)	b_1	c_1	d_1	a_2	b_2	c_2	d_2	S 2)	Zähler h $5 + 6 + 7 + 8$	
1920 Vinga	30	15	31	35	52	75	24	470	732	621	
II	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Nenner h $1+2+3+4$	Zähler k $2+4+6+8$	Nenner k $1+3+5+7$	h 10 : 11	k 12 : 13	hk 14×15	\sqrt{h} $\sqrt{14}$	\sqrt{k} $\sqrt{15}$	\sqrt{hk} $\sqrt{163})$	a_1 1		
III	595	137	5,5946	4,3431	24,298	2,365	2,084	4,929	30		
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
a'_1 —	$a_1 - a'_1$ 20—21	c'_1 —	$a'_1 + c'_1$ $21 + 23$	a_2 5	a'_2 —	$a_2 - a'_2$ $25 - 26$	c'_2 —	$a'_2 + c'_2$ $26 + 28$	d_1 4	d'_1 —	$d_1 - d'_1$ $30 - 31$
II	19	50	61	52	38	14	38	76	35	5	30

¹ Die in der 3. Reihe angeführten Zahlen sind die Spaltennummern der 1. Reihe. — ² Spalte 9 (S) gleich Summe der Spalten 1 bis 8. — ³) Spalte 19 gleich Produkt der Spalten 17 und 18.

33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
b'_1	$b'_1 + d'_1$	$a_1 \sqrt{hk}$	$a_2 \sqrt{k}$	$d_1 \sqrt{h}$	d_2	$a'_1 \sqrt{hk}$	$a'_2 \sqrt{k}$	$d'_1 \sqrt{h}$	d'_2	$(a_1 - a'_1) \sqrt{hk}$
—	$31 + 33$	20×19	25×18	30×17	8	21×19	26×18	31×17	—	22×19^4
45	50	147,9	108,4	82,8	470	54,2	79,2	11,8	535	93,7

44	45	46	47	48	49	50	51	52
$(a_2 - a'_2) \sqrt{k}$	$(d_1 - d'_1) \sqrt{h}$	$d_2 - d'_2$	$c'_1 \sqrt{hk}$	$c'_2 \sqrt{k}$	$b'_1 \sqrt{h}$	b'_2	$(a'_1 + c'_1) \sqrt{hk}$	$(a'_2 + c'_2) \sqrt{k}$
27×18^4	32×17^4	$38 - 42^4$	23×19	28×18	33×17	—	24×19^5	29×18^5
29,2	70,9	— 65	246,4	79,2	106,4	10	300,7	158,4

53	54	55	56	57	58
$(d'_1 + b'_1) \sqrt{h}$	$d'_2 + b'_2$	Zähler E	Zähler B	Zähler G	Nenner E u. B
34×17^5	$42 + 50^5$	$35 + 36 + 37 + 38$	$39 + 40 + 41 + 42$	$43 + 44 + 45 + 46^6$	$51 + 52 + 53 + 54$
118,3	545	809,1	680,2	128,8	112,4

59	60	61	62	63	64	65	66
Nenner G	E	B	$E - B$	G	$1 - B$	G	$G - G$
$47 + 48 + 49 + 50$	$55 : 58$	$56 : 58$	$57 : 58^7$	$57 : 59$	$18 - 61$	$62 : 64$	$63 - 65$
442,0	0,7209	0,6060	0,1148	0,291	0,3940	0,291	0,000

⁴ Spalte 43 bzw. 44 bzw. 45 bzw. 46 gleich Spalte 35 weniger 39 bzw. 36 weniger 40 bzw. 37 weniger 41 bzw. 38 weniger 42. — ⁵ Spalte 51 bzw. 52 bzw. 53 bzw. 54 gleich Summe der Spalten 39 und 47 bzw. 40 und 48 bzw. 41 und 49 bzw. 42 und 50. — ⁶ Spalte 57 gleich Spalte 55 weniger 56. — ⁷ Spalte 62 gleich Spalte 60 weniger 61. — ⁸ Zahlenwert 1, nicht Spalte 1.

10. Schlussfolgerungen.

Die Ermittlung der Güte eines Sturmwarnungsdienstes lässt nun folgende Feststellungen zu:

I. Werden für mehrere Stationen dieselben Vorhersagen gegeben, und ergeben diese für alle Stationen etwa die gleiche Güte, so bilden die Stationen sämtlich einen einheitlichen Vorhersagebezirk. Ist für einige Stationen, die meist an der Grenze des Bezirks liegen dürfen, die Güte des Sturmwarnungsdienstes erheblich geringer als für die übrigen, und sind die sämtlichen Beobachtungen einwandfrei, so sind diese Grenzstationen zunächst den Nachbarbezirken zuzuschlagen. Erweist sich auch dies als nicht angängig, und muss für einen zusammenhängenden Teil eine besondere Vorhersage gegeben werden, so ist aus diesem ein weiterer Bezirk zu bilden. Nach den Werten für die Güte des Sturmwarnungsdienstes ist also

eine auf meteorologischer Grundlageberuhende Abgrenzung der Sturmwarnungsbezirke möglich.

2. Ist innerhalb eines so abgegrenzten Bezirks die Güte der Wetterdienst-Vorhersage für gewisse Stationen erheblich geringer als für die übrigen, so liegt die Vermutung nahe, dass das Wetter der ersteren örtlich beeinflusst ist. Sie eignen sich mithin nicht zu Kontrollstationen.

3. Die Frage, bis zu welchem Zeitpunkt im voraus Sturmvorhersagen von Wert sind, ist für den Prognosendienst von erheblicher Bedeutung. Die Antwort lautet: Solange die Güte des Sturmwarnungsdienstes genügend gross ist, ist die Stellung einer Vorhersage berechtigt. Voraussetzung bleibt hierbei, dass die Vorhersagen mit einer derartigen Genauigkeit gegeben werden, dass in jedem Fall die Feststellung möglich ist, ob die Vorhersage richtig oder falsch war. Auf Grund der Berechnung der Güte des Sturmwarnungsdienstes ist also die Bestimmung möglich, bis zu welchem Zeitpunkt im voraus Sturmwarnungen gegeben werden können.

4. Werden neue Theorien zur Verbesserung der Wettervorhersagen aufgestellt, so sind die Ansichten der Meteorologen über ihre Güte häufig recht verschieden; die einen sind begeisterte Anhänger der neuen Theorie, andere mehr oder weniger entschiedene Gegner. Zweifellos ist nun: *Eine neue Theorie bedeutet dann einen Fortschritt, wenn nach ausreichender Einarbeitung in dieselbe bei ihrer Anwendung sich höhere Beträge für die Güte der Wetterdienst-Vorhersage ergeben als ohne deren Anwendung.* Hierbei ist natürlich durchaus der Fall denkbar, dass nur in bestimmten Gegenden die Beträge für die Güte der Wettervorhersagen eine Steigerung erfahren, in anderen jedoch nicht. Dann ist diese Theorie im allgemeinen nur von örtlicher Bedeutung. Die Bestimmung der Güte der Wetterdienst-Vorhersage kann demnach auch zur Prüfung neuer Theorien benutzt werden.

In der Zeitschrift »Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte« Jahrgang 1927 wird demnächst als deren No: 1 veröffentlicht werden »Zur Berechnung des Erfolges und der Güte der Wetterdienst-Vorhersagen«. In dieser Arbeit werden Vorschläge gemacht, wie der Erfolg und die Güte sonstiger Wetterdienst-Vorhersagen zu berechnen sind, und wie bei der Verwendung von 2 Schwellwerten zu verfahren ist; wenn also z. B. ausser den Sturmwarnungen auch Windwarnungen erlassen werden.