

Berichte
des
Deutschen Wetterdienstes

Nr. 114
(Band 15)

DK 551.586:551.501.45

**Beitrag zum Problem der Beziehungen
zwischen Wettergeschehen
und Blutgerinnung**

**(Eine tierexperimentelle Untersuchung unter Anwendung multipler Regressions- und
Korrelationsanalyse mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung)**

von
PAUL R. BOCK

(Mit 7 Abbildungen und 17 Tabellen im Text sowie einem Anhang)

Offenbach a. M. 1969
Im Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	3
Abstract	3
1. Einleitung	4
2. Methodik	5
2.1. Versuchstiere und Versuchsordnung	5
2.2. Meteorologische Methodik	5
2.3. Statistische Methodik und die elektronische Datenverarbeitung	7
3. Statistische Untersuchung der möglichen Beziehung zwischen den Wetterkomplexen (Dezimalklassifikation nach KUHNKE) und der Blutgerinnung	14
4. Statistische Untersuchung der möglichen Beziehungen zwischen den Wetterfaktoren und der Blutgerinnung mit Hilfe der multiplen linearen Regressions- und Korrelationsanalyse	17
5. Diskussion und Schlußfolgerungen	24
Literatur	26
Anhang	29
W. KUHNKE und E. KLEIN: Erläuterung zur Dezimalklassifikation des Wettergeschehens	29

Diese Untersuchung wurde durchgeführt in Zusammenarbeit zwischen der Medizin-meteorologischen Forschungsstelle Hamburg (Leiter: Ltd. Reg.-Direktor Prof. Dr. R. SCHULZE) und dem Forschungsinstitut Borstel, Institut für experimentelle Biologie und Medizin (Leiter: Prof. Dr. Dr. E. FREERKSEN).

Für die medizinisch-technische Zusammenarbeit möchte ich an dieser Stelle Frl. Margot KUNKEL meinen Dank aussprechen.

Anschrift des Verfassers:

Dr. med. Paul R. Bock, 4600 Dortmund-Kirchhörde,
Heinrich-Koch-Weg 3

Zusammenfassung

An jeweils 10 Kaninchen wurde in zwei Versuchsreihen die korrelative Beziehung zwischen dem Wettergeschehen und der Blutgerinnung untersucht.

Für die statistischen Analysen wurde die Beschreibung des Wettergeschehens mit der Dezimalklassifikation nach KUHNIKE sowie Beobachtungen und Meßergebnisse von 48 weiteren meteorologischen und kosmischen Einzelfaktoren herangezogen.

Für die Untersuchung mit den einzelnen Wetterfaktoren und deren Komplexen wurde das multiple lineare Regressions- und Korrelationsmodell zugrunde gelegt.

Die Berechnungen der Ansätze wurden mit Hilfe einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage durchgeführt.

Bei der Analyse der Biotropie des Wettergeschehens (beschrieben durch die Typen der Dezimalklassifikation) wurden für die Tage mit signifikant verkürzter bzw. verlängerter Thromboplastinzeit typische Erscheinungen im Wetterverlauf festgestellt, die auffällig gut mit mehreren, von verschiedenen Autoren veröffentlichten physiologischen und klinischen Beobachtungen übereinstimmen.

Die Ergebnisse der multiplen linearen Regressions- und Korrelationsanalyse lassen auf eine signifikante korrelative Beziehung von mehreren Wetterfaktoren in bestimmten Kombinationen schließen, wegen der kurzen Beobachtungszeit und der nicht vorhandenen Orthogonalität der Einflußvariablen wurde jedoch von der quantitativen Deutung der Regressionsgleichungen Abstand genommen.

Eine kausale Deutung dieser Ergebnisse ist auf Grund statistischer Rechenverfahren allein nicht möglich. Vielmehr müßten die Ansätze für multivariate Analysen auf Grund der Kausalketten zusammengestellt werden, die jedoch erst durch physiologische Grundlagenforschung gewonnen werden müssen.

Abstract

The statistical relationship between weather and blood coagulation has been studied in two experiments with 10 rabbits each.

The description of the weather with decimal classification according to KUHNIKE as well as observations and measuring results of 48 other meteorological and cosmic factors were used for the statistical analyses.

The multiple linear regression and correlation served as basis for studying the individual meteorological factors and their complexes.

The computation of the arrangements was made by means of an electronic data processing facility.

When analysing the biological effect of the weather (described by the types of the decimal classification) typical phenomena were determined for the days with significantly shortened and or lengthened „quicktime“ which coincide remarkably well with several physiological and clinical observations published by different authors.

It can be concluded from the results of the analysis of the multiple linear regression and correlation that a significant statistical relationship is existing between several meteorological factors in certain combinations.

However, it was renounced upon a quantitative interpretation of the regression equation because of the short observation period and the not existing orthogonality of the independent variables.

It is not possible to interpret these results solely on the basis of statistical calculation methods. Moreover, the arrangements for multivariate analysis should be compiled based on the „causal chains“ which still have to be acquired by physiological basal research.

1. Einleitung

Die medizinmeteorologische Forschung wird durch die seit jeher gemachte empirische Erfahrung angetrieben, daß es zwischen dem Funktions- und Gesundheitszustand des menschlichen wie auch des tierischen Organismus und dem Wettergeschehen auffällige Parallelen gibt. Jedem Arzt, gleich ob in der Klinik oder in der Praxis, ist bekannt, daß an bestimmten Tagen die Mehrzahl der Patienten über eine Zunahme von subjektiven Beschwerden, Schmerzen aller Art, depressiven Zuständen und dergleichen klagt. Auch objektiv meßbare Erscheinungen wie hypertone Krisen, Kollapszustände, postoperative Blutungen oder Thromboembolien, Herzinfarkte, apoplektische Insulte sowie Anfälle von Asthma bronchiale, das Auftreten von Infektionskrankheiten und der Eintritt des Todes zeigen oft typische Häufungen an bestimmten Tagen. Weil dabei ein empirisch festgestellter paralleler Gang mit dem Verlauf des Wettergeschehens festgestellt wurde, spricht man bei Beobachtung solcher Erscheinungen von „Wetterfähigkeit“ oder „Wetterempfindlichkeit“. Die unmittelbare Ursache versuchte man mit dem Einfluß eines „biotropen Wetterfaktors bzw. Wetterkomplexes“ auf die biologischen Funktionen zu erklären.

Einem direkten Beweis, daß eine objektiv vorhandene Wirkung des Komplexes „Wetter“ auf den Menschen oder das Tier vorliegt, stellen sich leider zahlreiche, meistens schwerwiegende Hindernisse in den Weg. Wir haben es hier mit zwei statistisch gesehen „stochastischen“ Systemen zu tun. Auf der einen Seite steht der Organismus mit seinen zahlreichen Funktionssystemen, die bestimmten endogenen Einflüssen unterzogen sind, aber gleichzeitig auch der Adaptation auf die Umwelt dienen; auf der anderen Seite steht das Wetter als Komplex vieler physikalischer Faktoren, die meist sehr eng miteinander gekoppelt sind und zahlreichen geophysikalischen, solaren und anderen kosmischen Einflüssen unterliegen.

Da wir das Wettergeschehen nicht nach einem bestimmten Versuchsplan beeinflussen und auch nicht in einer Klimakammer vollständig nachbilden können, sind wir bei unseren Bemühungen nur auf die natürliche Variabilität der Wetterfaktoren angewiesen.

Für die Lösung solcher Probleme bietet sich als Hilfsmethode die mathematische Statistik an, die es unter bestimmten Voraussetzungen und genau einzuhaltenden Bedingungen ermöglicht, unsere Hypothesen über die möglichen Einwirkungen des Wetters auf den Organismus zu bestätigen oder zu widerlegen.

In den meisten bisher veröffentlichten medizinmeteorologischen und bioklimatologischen Arbeiten waren es verschiedene nicht-parametrische Methoden, wie z. B. die Analyse einer Kontingenztafel mit dem χ^2 -Test, das sogenannte GAUSS'sche Wahrscheinlichkeitsintegral oder die „N-Methode“, wie sie de RUDDER (30) beschrieben hat, die alle eine Überzufälligkeit der Gruppenbildung beim Auftreten verschiedener Erkrankungen an Tagen mit einer bestimmten Form des Wettergeschehens bestätigen sollten. Viele Verfasser bedienen sich bei der Analyse stetiger Variablen, wie z. B. des Blutdruckes, Pulsfrequenz und verschiedener Laborbefunde, der Korrelations- und Regressionsanalyse, wobei allerdings kaum über die Ansätze mit einer Einflußgröße hinausgegangen wurde und häufig die Grundbedingungen für die Anwendung solcher Methoden außer acht gelassen wurden. Auch waren der Anwendung dieser Verfahren durch den großen zeitlichen Aufwand sehr bald Grenzen gesetzt.

Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Datenverarbeitung und Kybernetik in dem

letzten Jahrzehnt hat neue, bisher nichtgeahnte Möglichkeiten gebracht, bei dem schwierigen Problem der Analyse der biotropen Wetterwirkung weiterzukommen.

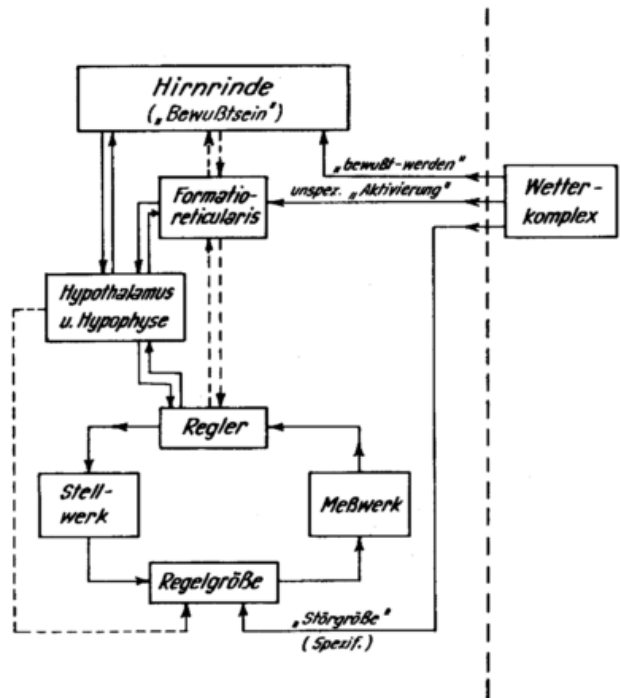


Abb. 1
Schema der Mechanismen der Wetterwirkung auf den Organismus (Arbeitshypothese).

Im weiteren möchten wir am eigenen Datenmaterial die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung statistischer Methoden mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung in der medizinmeteorologischen Forschung darstellen.

Nach unserer Arbeitshypothese, wie wir sie schon früher dargestellt haben (5), wirkt das Wetter gleichzeitig auf drei verschiedenen Wegen auf den Organismus ein (Abb. 1).

Erstens wirkt es direkt als Störgröße auf wichtige Regelvorgänge im Körper (so z. B. auf die Thermoregulation) und bewirkt somit eine spezifische Gegenregulation in den betroffenen Systemen. Zweitens leitet das Wetter eine unspezifische Reaktion ein, die in Form des „general adaptation syndrome“ nach SELYE (37) über Hypothalamus, Hypophyse und Nebennierenrinde eine erhöhte Produktion von Corticosteroiden dann weiter über das sympathische Nervensystem und das Nebennierenmark zur Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin führt und somit eine allgemeine Anpassungsbereitschaft erzeugt. Gleichzeitig kommt es dabei über die „formatio reticularis“ des Hirnstammes zur diffusen, nicht spezifischen Aktivierung der Hirnrinde und des Wachzustandes, wodurch eine optimale Reaktionsbereitschaft ermöglicht wird. Drittens schließlich erreichen die Informationen über diese Umweltwirkung auf den spezifischen Nervenbahnen über Thalamus die Hirnrinde, wodurch es zum „Bewußt-werden“ der Vorgänge kommt. Die jeweilige Reaktion des Organismus wird nach dieser Hypothese durch die qualitativen und quantitativen Eigenschaften der Einflußgrößen und den aktuellen Funktionszustand der beteiligten Systeme im Organismus bestimmt.

Angeregt durch die in der Literatur wiederholt als statistisch signifikant festgestellten Korrelationen zwischen verschiedenen Wetterfaktoren und Komplexen, Blutungen, Thrombosen, Thromboembolien, Herzinfarkten und Apoplexien, haben wir uns entschlossen, im

Tierexperiment die Blutgerinnung auf mögliche korrelative Beziehung zum Wettergeschehen zu untersuchen. Die Untersuchungen fanden im Forschungsinstitut Borstel statt*).

2. Methodik

2.1. Die Versuchstiere und Versuchsanordnung

Als Versuchstiere wählten wir gesunde, erwachsene Kaninchen. Die Gerinnungseigenschaften ihres Blutes kommt den menschlichen sehr nahe und die Blutentnahme ist technisch nicht besonders anspruchsvoll. Wir haben zwei Versuchsreihen in der Zeit vom 14. 4. bis 19. 5. und 22. 5. bis 30. 6. 1967 mit jeweils zehn Tieren durchgeführt. Die Zahl der Analysen in der ersten Gruppe betrug 26, in der zweiten 29.

Alle Tiere waren männlichen Geschlechts, vom gleichen Stamm (Rasse „Gelbsilber-klein“) und etwa gleichen Anfangsgewicht. Pflege, Fütterung und Analysetechnik blieben während der gesamten Versuchszeit

konstant. Die Tiere wurden in Einzelkäfigen untergebracht, die in einem Holzbau unter freiem Himmel aufgestellt wurden (Abb. 2).

Die Blutentnahme erfolgte täglich zwischen 8 bis 10 Uhr vormittags. Durch die Einhaltung der konstanten Blutentnahmezeit wurde versucht, die tagesrhythmischen Einflüsse auszuschalten. Es wurden jeweils 0,9 ml Blut aus der Ohrvene in eine sterile, siliconisierte 1 ml-Record-Spritze, die 0,1 ml 3,8% Natriumcitratlösung enthielt, abgenommen.

Aus den vielen Globaltests und Einzelfaktoren der Blutgerinnung, die wir simultan bestimmt hatten, haben wir die Thromboplastinzeit (früher Quick-Zeit, oder Prothrombin-Zeit genannt) ausgewählt, weil diese Methode in der klinischen Medizin am weitesten verbreitet ist und so Vergleiche möglich sind, auch die Eichung bereitet hier keine besonderen Schwierigkeiten. Die Analyse wurde nach der Arbeitsvorschrift von SCHWICK und STÖRICKO (38) mit der Affenhirnthrombokinas (Behringwerke) und m/40 CaCl₂-Lösung durchgeführt. Zu 0,1 ml Citratplasma wurden in Gerinnungsröhrchen 0,1

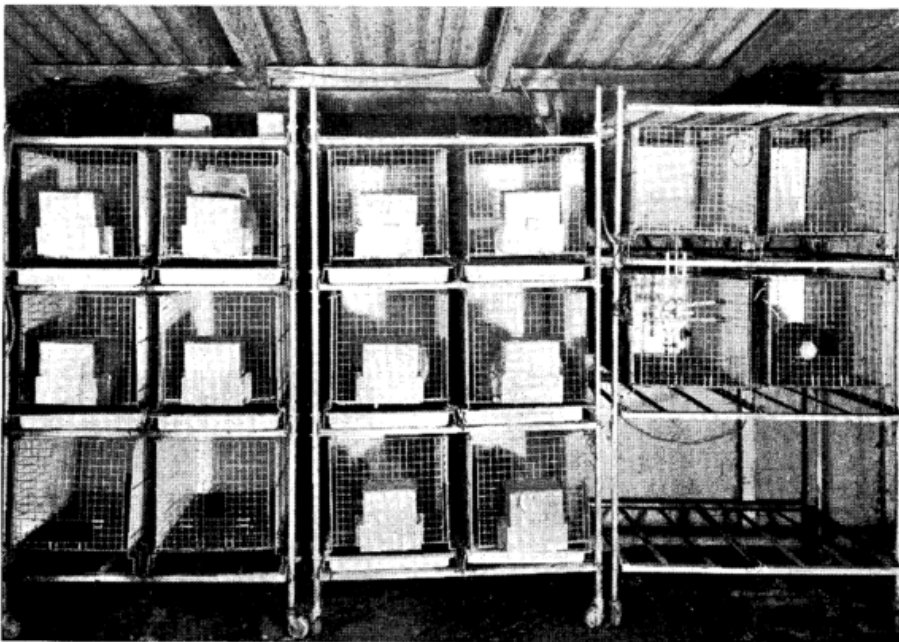


Abb. 2
Anordnung der Tierkäfige.
Rechts befindet sich Psychrometer und Luxmeter.

ml Affenhirnthrombokinas und 0,1 ml m/40 CaCl₂-Lösung zugegeben und die Gerinnungszeit (Thromboplastinzeit) im Wasserbad bei 37°C mit der „Häckchen-Methode“ bestimmt. Hämolytische Proben wurden von der Analyse ausgeschlossen. Parallel zu den biologischen Untersuchungen wurden in Borstel und dann hauptsächlich in Hamburg Messungen der Wetterfaktoren und Analysen des Wettergeschehens durchgeführt.

2.2. Meteorologische Methodik

Die Analyse möglicher Beziehungen zu den Wetterkomplexen wurde mit Hilfe der Dezimalklassifikation des Wettergeschehens nach KUHNKE durchgeführt.

Diese Methode hatte sich schon wiederholt in der medizinmeteorologischen Forschung bewährt (6).

Die Beschreibung dieses Verfahrens von W. KUHNKE und E. KLEIN ist im Anhang enthalten. In unserer Untersuchung haben wir die Äquivalenttemperatur und deren Änderungen (Gruppen VI. und VII.) nicht bei der Dezimalklassifikation, sondern im Rahmen der Regressionsanalyse berücksichtigt.

Die einzelnen Wetterfaktoren, die zur Auswertung zur Verfügung standen, waren in folgenden Gruppen unterteilt:

* Für die großzügige Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Tierversuche bin ich Herrn Professor Dr. Dr. E. FREERKSEN und Frau M. ROSENFELD zu großem Dank verpflichtet.

Wetterfaktor	Kennziffer in den späteren Tabellen	In dieser Arbeit verwendete Abkürzungen
A) Luftdruck		
1) Luftdruck-Tagesmittel in mb	(7)	L. D. TM
2) Interdiurne Luftdruckänderung in mb	(8)	L. D. Δ
3) Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert innerhalb von 24 Std, in mb	(9)	L. D. Max. Min.
B) Thermischer Komplex		
1) Äquivalenttemperatur-Tagesmittel	(10)	Ä. T. TM
2) Äquivalenttemperatur - interdiurne Änderung	(11)	Ä. T. Δ
3) Äquivalenttemperatur - Maximalwert	(12)	Ä. T. Max.
4) Äquivalenttemperatur - Minimalwert	(13)	Ä. T. Min.
5) Windstärke um 7, 14 und 21 Uhr nach Beaufort	(1)	WS (Wind) 07
	(2)	WS (Wind) 14
	(3)	WS (Wind) 21
6) Windböen	(4)	Böen
7) Feuchte Abkühlungsgröße in mc ³ /cm ² sec	(47)	F. KATA
C) Aerologische Größen (Vertikalschichtung)		
1) Cumulus-Kondensationsniveau um 0 und 12 Uhr in Hektometer	(15)	Cu Hm 00
	(16)	Cu Hm 12
2) Höhe der untersten Inversion oder Isothermie um 0 und 12 Uhr in Hektometer	(17)	Inv. Hm 00
	(18)	Inv. Hm 12
3) Temperaturanstieg in dieser Inversion um 0 und 12 Uhr in °C	(19)	Temp. Inv. 00
	(20)	Temp. Inv. 12
4) Bodeninversion - Höhe („Dicke“) in Hektometer um 0 und 12 Uhr	(23)	Bo Inv. 00
	(24)	Bo Inv. 12
5) Bodeninversion - Temperaturzunahme in °C um 0 und 12 Uhr	(25)	Bo TE 00
	(26)	Bo TE 12
6) Vertikaler Temperaturgradient zwischen Bodeninversion und der untersten Inversion um 0 u. 12 Uhr	(21)	Vert. Grad. 00
	(22)	Vert. Grad. 12
D) Komplex „Strahlung“		
1) Globalstrahlung - Tagessumme	(35)	S+H TS
2) Globalstrahlung - interdiurne Änderung	(36)	S+H Δ
3) Sonnenstrahlung - Tagessumme	(37)	S — TS
4) Himmelsstrahlung - Tagessumme	(38)	H — TS
5) Gegenstrahlung - Tagessumme	(39)	A — TS
6) Gegenstrahlung - interdiurne Änderung	(40)	A — Δ
7) Ausstrahlung des Erdbodens + Reflektierte Strahlung vom Erdboden - Tagessumme	(41)	E+r TS
8) Sonnenscheindauer in 1/10 Std.	(14)	SONNE
9) Sonnenscheindauer zur astronomisch möglichen Sonnenscheindauer in %	(42)	S / S ₀
10) Strahlungsbilanz	(43)	Q 24/Std
E) Atmosphärische Impulsstrahlung („Spherics“)		
1) Zahl der Impulse mit Amplituden größer als 0,02 V/m - Tagesmittel der 1/2-stündlichen Impulssummen und die interdiurne Änderung	(27)	0,02 V/m-TM
	(28)	0,02 V/m Δ
2) Zahl der Impulse mit Amplituden größer als 0,4 V/m - Tagesmittel der 1/2-stündlichen Impulssummen und die interdiurne Änderung	(30)	0,4 V/m-TM
	(31)	0,4 V/m Δ
3) Quotienten der Tagesmittel der Impulse mit Amplituden größer als 0,02, 0,4 und 1,0 V/m	(33)	Q 0,02/0,4
	(34)	Q 0,4/1,0
4) „Schauer“ der Impulse mit Amplituden größer als 0,02 und 0,4 V/m	(24)	0,02 Sch.
	(32)	0,4 Sch.
F) Andere Faktoren		
1) Bewölkung - Tagesmittel der Bedeckung in 1/10	(5)	Bewölk.
2) Niederschlag - Tagessumme in mm/24 Std.	(6)	Nied.
3) Erdmagnetische Kennziffer	(44)	Magn. K.
4) Maxima der erdmagnetischen Kennziffer	(45)	Magn. Max.
5) Sonnenflecken-Relativzahl	(46)	SÖFLE

Die Meßwerte der meisten Wetterfaktoren stammen aus der Beobachtung in Hamburg-Fuhlsbüttel. Die aerologischen Größen wurden aus den Aufstiegen in Schleswig und Hannover gewonnen, bei den Strahlungswerten handelt es sich um Messungen des Sachgebietes Strahlung des Meteorologischen Observatoriums Hamburg, wobei als Meßgeräte Solarimeter und Strahlungsbilanzmesser nach Schulze (35) (36) benutzt wurden. Die „Spherics“ wurden in Hamburg mit dem Breitbandempfänger und der Zähler-Anlage nach König (22) (23) gemessen. Die erdmagnetischen Daten stammen aus dem Geophysikalisches Observatorium in Wingst und die Sonnenflecken-Relativzahlen aus der Sternwarte Zürich.

Zur Aufdeckung des möglich vorhandenen langperiodischen Trends haben wir den Faktor „Zeit“ in die Auswertung als selbständige Einflußgröße herangezogen.

2.3. Statistische Methodik und elektronische Datenverarbeitung

Die Vorrechnungen erfolgten mit Hilfe des durch Magnetkarten gesteuerten Tischcomputers „Programma“ im Meteorologischen Observatorium Hamburg. Die Hauptanalysen haben wir auf den CDC-Computern 3400 und 3800 im Rechenzentrum des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach am Main durchgeführt*).

Für die statistische Analyse der Wetterkomplexe nach der Dezimalklassifikation haben wir das Programm SORA nach MÜLLER und GEBHARDT (27), das ursprünglich in Fortran II für den IBM-Großrechner 7090/7094 geschrieben wurde, für die CDC-Anlagen in Fortran CDC umgearbeitet. In der ersten Stufe des Rechenvorganges werden die ausgewählten biologischen Variablen (Thromboplastin-Zeit) nach einer diskret verteilten meteorologischen Variablen (Wettertypen der Dezimalklassifikation) sortiert. Dabei entstehen bis zu 10 Klassen (Wettertypen 0 bis 9). Anschließend wurden für jede Klasse Mittelwerte und Varianzen gebildet und die Mittelwerte aller besetzten Klassen gegen die Gesamtheit der restlichen Klassen mit Hilfe des t-Testes geprüft. Da für die Anwendung eines t-Testes die Gleichheit der Varianzen in der Grundgesamtheit die Voraussetzung ist, wurden vor der Durchführung des t-Testes die Varianzen der Stichproben (in den Klassen) mit Hilfe des BARTLETT-Tests auf Gleichheit geprüft.

Es seien $x_{i1}, x_{i2} \dots x_{in}$ die Einzelwerte der i-ten Klasse, dann ist

$$\bar{x}_i = \frac{\sum x_i}{n_i} \text{ der Mittelwert und}$$

$$s_i^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1} \text{ die Varianz der i-ten Klasse.}$$

Bezeichnen wir den Mittelwert der geprüften Klasse als \bar{x}_1 und Mittelwert der restlichen Klassen als \bar{x}_2 , dann ergibt sich für den t-Test (42)(45):

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2 \ (\mu_1 = \mu_2) \quad \text{Voraussetzung: } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2 \ (\mu_1 \neq \mu_2) \quad FG = n_1 + n_2 - 2$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sd} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + 2}}$$

$$\text{wobei: } Sd = \frac{\sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{\sum SAQ_1 + \sum SAQ_2}{FG}$$

* Für die großzügige Unterstützung meiner Arbeiten im Rechenzentrum des Deutschen Wetterdienstes möchte ich an dieser Stelle Herrn Oberregierungsrat Dr. BUSCHNER und Herrn Oberregierungsrat Dr. LAMB herzlich danken.

und für den BARTLETT-Test (42):

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots \sigma_K^2 = \sigma^2$$

$$H_2: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \sigma_K^2 \neq \sigma^2$$

$$\chi^2 = \frac{2,3026}{C} \left[f \cdot \log S^2 - \sum_{j=1}^K f_j \log S_j^2 \right]$$

$$\chi_0^2 = 2,3026 \left[f \cdot \log S^2 - \sum_{j=1}^K f \cdot \log S_j^2 \right] \text{ (erster Test)}$$

K = Anzahl der Gruppen $FGX^2 = K - 1$

f_j = Freiheitsgrade in der j-ten Gruppe ($f_j = n - 1$)

S_j^2 = Varianz innerhalb der j-ten Gruppe = SAQ_j / f_j

f = Die Gesamtzahl der Freiheitsgrade = $\sum_{j=1}^K f_j$

S^2 = Gesamtvarianz = $\frac{\sum_{j=1}^K SAQ_j}{\sum_{j=1}^K f_j}$

$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \sum_{j=1}^K \frac{1}{f_j} - \frac{1}{f}$$

für $f_1 = f_2 = f_K = f_0$:

$$C = 1 + \frac{K + 1}{3 \cdot K \cdot f_0}$$

Für die Rechenoperation werden etwa 17 000 Speicherplätze, einschließlich der Fortran-internen Programme und 4000 COMMON-Speicher benötigt. Die Rechenzeit für einen Komplex bis zu 60 Klassen beträgt nur wenige Sekunden, es überwiegt die zur Ein- und Ausgabe benötigte Zeit. Da die Print-Zeit für eine komplette Analyse mit allen Wettertypen der Dezimalklassifikation 40 bis 50 Minuten beträgt, ist daher ein „offline“-Verfahren dringend erforderlich.

Als Gesamtergebnis gewinnt man Aussagen, bei welchen Wettererscheinungen nach der Dezimalklassifikation die Thromboplastinzeit einen gegenüber den restlichen Tagen signifikant höheren, oder niedrigeren Wert annimmt.

Da in unseren Versuchen die Zahl der Beobachtungen in den einzelnen Versuchsreihen zu klein war, d. h. zu wenig verschiedene Wettertypen aufgetreten sind, haben wir versucht, vor der eigentlichen Analyse die Daten beider Versuchsreihen zusammenzufassen. Mit Hilfe der Varianzanalyse haben wir die Tiere beider Gruppen, die statistisch gesehen aus einer Grundgesamtheit stammen, so zusammengefaßt, daß eine größere Versuchsreihe von $N = 55$ Beobachtungstagen bei 10 Versuchsobjekten entstand.

Bei der statistischen Analyse der einzelnen Wetterfaktoren zeigte schon die erste Berechnung, daß nicht alle Einflußgrößen (Wetterfaktoren) und Zielgrößen (Thromboplastinzeit) während der Versuchszeit normal verteilt waren. Da aber eine mindestens annähernde Normalverteilung der Daten für die Regressionsanalyse erforderlich ist, haben wir uns zunächst mit dem Problem der Transformation der Daten beschäftigt. SNEDECOR (39) sowie WEBER (43) empfehlen bei solchen Problemen eine Transformation über verschiedene Exponenten und prüfen die Verteilung mit Hilfe der 3. und 4. Stichprobenmomente. Wir haben als Grundlage für unsere Untersuchungen das Verfahren von GEBHARDT (18) angewandt und dabei sein Programm NRMP, das die Verteilung mit Hilfe der 3. und 4. Stichprobenmomente prüft, für die CDC-Anlage umgearbei-

tet. Dabei haben wir zusätzlich eine Wiederholungsschleife mit jeweils neuer Transformation eingebaut.

Tabelle 1

Wetterfaktor	Orig.- Werte	10 Log X	e Log X	x ²	1/X
Wind 07	0	0	0	0	**
Bewölkung	0	*	*	0	**
Niederschlag	**	**	**	**	**
L. D. TM	**	0	0	**	**
L. D. Änd.	**	**	**	**	0
L. D. Max. Min.	**	0	0	**	**
Äq. Temp. Änd.	**	**	**	**	**
Äq. Temp. Max.	0	0	0	**	**
Äq. Temp. Min.	0	0	0	**	**
Cu Hm 00	*	0	0	**	*
Inv. Hm. 00	**	0	0	**	**
Inv. Hm. 12	*	0	0	**	**
Temp. Inv. 00	**	**	**	**	*
Vert. Gr. 00	0	0	0	0	**
Vert. Grad. 12	*	**	0	*	**
Bo Hm 00	0	0	0	*	**
Bo Te 00	*	**	**	*	0
Bo Hm 12	**	**	**	**	**
Bo Te 12	**	**	**	**	**
0,02 V/M TM	**	0	0	**	**
0,02 V/M — Änd.	0	**	**	*	**
0,4 V/M — Änd.	**	**	**	**	**
0,4 V/M Sch.	**	**	**	**	**
Q 0,02/0,4 V/M	**	0	0	**	**
Q 0,4/1,0 V/M	**	0	0	**	**
S + H — Änd.	0	**	**	**	*
S — TS	0	**	**	**	**
H — TS	**	**	**	0	**

Tab. 1

Transformation der Daten zur Normalverteilung.
0 = Normalverteilung; * = Signifikante Abweichung von der Normalverteilung; ** = Stark signifikante Abweichung.

Unsere Ergebnisse werden in Tabelle 1 dargestellt. Man sieht, daß durch eine geeignete Transformation (wir haben hier nur vier durchgeführt) fast immer eine Normalverteilung der Daten zu erreichen ist. Für die weitere statistische Verarbeitung haben wir, wo es möglich war, die Original-Meßwerte genommen, sonst wurde die günstigste Transformation angewandt.

In der folgenden statistischen Analyse haben wir versucht, die Beteiligung einzelner Wetterfaktoren in der korrelativen Beziehung zu der Thromboplastinzeit zu finden. Da wir es bei den möglichen Einwirkungen des Wetters auf den Organismus mit multivariaten Systemen zu tun haben, müssen wir uns, um ein Maximum an Aussagekraft zu erreichen, eines multivariaten statistischen Verfahrens bedienen. Auf Grund unserer eigenen Erfahrungen und den Empfehlungen in der Literatur (3) (32) (33) (34) haben wir uns für das multiple lineare Regressions- und Korrelationsmodell entschieden. Wir setzten dabei voraus, daß ein zu objektivierender Wettereinfluß am besten durch ein lineares Modell wiedergegeben wird und weiterhin alle Wetterfaktoren auf Grund unserer Arbeitshypothese als mögliche kausale Einflußgrößen zu betrachten sind.

Die multiple lineare Regressionsgleichung hat die allgemeine Form (17) (45):

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + \varepsilon$$

wobei Y der Schätzwert der Zielgröße ist, a das konstante Glied der Gleichung, b₁, b₂ ... b_p die Regressionskoeffizienten sind, x₁, x₂ ... x_p sind die Einflußgrößen 1 bis p und ε ist der durch die Regressionsgleichung nicht erklärte Restfehler („error term“, „residual variance“).

Das multiple Bestimmtheitsmaß B_{y.1,2...p} ist das Verhältnis des durch die Regression erklärten Fehlers (Varianzanteil der Zielgröße) zu dem Gesamtfehler. Der multiple Korrelationskoeffizient ergibt sich aus:

$$R_{mult.} = \sqrt{B_{mult.}}$$

Zur Prüfung der Hypothese über die multiple lineare Regressionsanalyse wird die Varianzanalyse mit dem F-Test herangezogen, wie sie z. B. bei SNEDECOR (39) und WEBER (43) zu finden ist (s. Abb. 3).

Quelle	SAQ	FG	VAR.	Streuung
Regression	$\sum(\hat{y}_s - \bar{y}) = SAQ_{regr.}$	P	SAQ _{regr./P}	$\sqrt{VAR_{regr.}}$
Residuen	$\sum(\hat{y}_s - \hat{y}_s)^2 = SAQ_{res.}$	N-P-1	$\frac{SAQ_{res}}{N-P-1}$	$\sqrt{VAR_{res.}}$
Total	$\sum(y_s - \bar{y})^2 = SAQ_y$	N-1	$\frac{SAQ_y}{N-1}$	$\sqrt{VAR_y}$

$$B_{y.1,2...p} = \frac{SAQ_{regr.}}{SAQ_y} \quad \begin{matrix} P = \text{Zahl der Einflußgrößen} \\ N = \text{Zahl der Beobachtungen} \end{matrix}$$

$$F = \frac{VAR_{regr.}}{VAR_{res.}} \quad \begin{matrix} \text{mit } n_1 = P & FG \\ n_2 = N-P-1 \end{matrix}$$

Abb. 3

Varianzanalyse der multiplen linearen Regression.

Für die Anwendung des multiplen linearen Modells gelten folgende Grundbedingungen:

Es wird vorausgesetzt, daß:

- 1) die Variablen in der Regression mindestens annähernd normal verteilt sind und
- 2) nicht signifikant miteinander korrelieren (Prinzip der Orthogonalität),
- 3) die Residuen eine unabhängige zufällige Variable sind, die ihrerseits
- 4) normalverteilt und
- 5) nicht autokorreliert ist.

Die erste Bedingung läßt sich in der Regel relativ einfach lösen, da kleine Abweichungen von der Normalverteilung die Güte des Modells noch nicht bedeutend beeinträchtigen. Notfalls kann man immer eine Transformation der Daten zur Normalverteilung versuchen. Die Bedingung der Orthogonalität der Einflußgrößen ist in der medizinmeteorologischen oder biologischen Forschung allgemein kaum zu erfüllen, es sei denn, man versucht eine Umwandlung der Einflußgrößen mit Hilfe der „Principal Component Analysis“ oder der Faktorenanalyse in zueinander orthogonale „Faktoren“. Die „Factoren-Scores“ könnten dann an Stelle der ursprünglichen Einflußgrößen für das multiple lineare Regressionsmodell herangezogen werden. Die Erfüllung der Bedingungen über die Residuen ist von fundamentaler Bedeutung, denn ohne diese kann eine multiple Regressionsgleichung nicht interpretiert werden. In unserem Versuch haben wir mit Hilfe eines eigenen Programms zunächst die Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten der Einflußgrößen berechnet und dann eine

mehrmalige Reduktion so durchgeführt, daß die restlichen Variablen am wenigsten miteinander korrelieren.

Tabelle 2 zeigt die primäre Matrix mit 48 Einflußgrößen. Die eingerahmten Korrelationskoeffizienten sind auf der 1 %-Grenze hochsignifikant. Der erste Re-

duktion auf nunmehr 35 Einflußgrößen wurde formal so durchgeführt, daß die Faktoren, die am meisten zu der Interkorrelation beigetragen haben, ausgeschlossen wurden und daß die, auf Grund unserer Erfahrungen als bedeutend geltenden Größen womöglich beibehalten wurden. Die Beispiele der Reduktion zeigen die Tabellen 3 und 4.

Tab. 3
Einflußgrößen nach der Reduktion
Reduzierte Matrix

1. Reduktion (auf 35 Elemente)		2. Reduktion (auf 19 Elemente)
1. L. D. TM	19. Bewölkung	1. L. D. TM
2. L. D. Änd.	20. Niederschlag	2. L. D. Änd.
3. L. D. Max. Min.	21. 0,02 V/M TM	3. L. D. Max. Min.
4. Äq. Temp. Änd.	22. 0,02 V/M-Änd.	4. Äq. Temp. Änd.
5. Äq. Temp. Max.	23. 0,4 V/M Änd.	5. F. KATA
6. Äq. Temp. Min.	24. 0,4 V/M/Sch.	6. Vert. Gr. 00
7. F. KATA	25. Q 0,02/0,4 V/M	7. Vert. Gr. 12
8. Wind 07	26. Q 0,4/1,0 V/M	8. Bo Te 00
9. Cu Hm 00	27. S + H — Änd.	9. 0,02 V/M-Änd.
10. Inv. Hm 00	28. S — TS	10. 0,4 V/M TM
11. Inv. Hm 12	29. H — TS	11. Q 0,02/0,4 V/M
12. Temp. Inv. 00	30. A — Änd.	12. Q 0,4/1,0 V/M
13. Vert. Gr. 00	31. Q / 24 Std.	13. S + H — Änd.
14. Vert. Gr. 12	32. Zeit	14. S — TS
15. Bo Hm 00	33. Erdmagn. K-Zahl	15. H — TS
16. Bo Te 00	34. Magn. Max.	16. A — Änd.
17. Bo Hm 12	35. SOFLE	17. Zeit
18. Bo Te 12		

Tab. 5

Ein Beispiel des Output-Blattes des Programms REGT.
(Wegen der signifikanten Abweichung der Residuen von der Normalverteilung ist in diesem Fall keine Interpretation möglich).

VAR.NR.	MITTELWERT	STAND.ABH. D. MITTELW.	REGRESS. KOEFF. D. REG. KOEFF.	T	F.G.	PART. KORR.	IRMTUMS-W. (2-SEITIG)	MULT. KORR.	KORR. MIT Y
7	21.4181R	2.93529	-0.18729	0.08412	-2.226	-0.3119	0.0309	0.2584	-0.1813
12	32.29091	1.18540	2.89336	0.74928	3.862	0.4948	0.0004	0.9633	0.2967
25	1.72727	0.20995	-3.25719	1.28793	-2.529	-0.3494	0.0149	0.4710	-0.2829
34	109.32727	11.46707	0.06042	0.02234	2.705	0.3704	0.0096	0.3645	0.3367
35	391.45455	19.55291	-0.53956	0.14821	-3.640	-0.4729	0.0007	0.9966	0.0447
39	713.30909	8.23722	-0.53100	0.14809	-3.586	-0.4674	0.0008	0.9807	0.2641
43	235.25455	12.27140	0.62711	0.21500	3.836	0.4923	0.0004	0.9959	0.1148
46	71.00000	5.20813	0.26819	0.04811	5.574	0.6350	0.0000	0.3062	0.4454
0		330.70607	91.63161	3.609	46		0.0008		

MULT. KORR. IST DIE MULTIPLE KORRELATION ZWISCHEN, DER
BETR. VARIABLEN UND ALLEN ANDEREN UNABHAENGINEN VARIABLEN.

MITTELWERT DER ABHAENGINEN VARIABLEN 44.74545+000
STANDARDABW. DES MITTELWERTS 26.80547-001
MULTIPLE KORRELATION 0.79734
QUADRAT DER MULTIPLEN KORRELATION 0.63575
VARIANZANALYSE ZUM TESTEN DER EINGESCHRAENKTE HYPOTHESE $F(8, 46) = 10.036$

GESAMT QUELLE	QUADRATS.	F.G.	MITTL. QU.	F
UNEINGESCHR. HYPOTHESE	13.14590+004	55	23.90164+002	
EINGESCHR. HYPOTHESE	12.73544+004	31	41.08205+002	
DIFFERENZ	12.36858+004	9	13.74287+003	
FEHLER	36.68535+002	22	16.67516+001	0.975
QUADRATSUMME FEHLER + DIFFERENZ	41.04641+002	24	17.10267+001	
TEST DER RESIDUEN AUF NORMALVERTEILUNG	QUADRATSUMME	77.73252+002		
TESTGROSSE AUF 3. MOMENT =		3.210		
TESTGROSSE AUF 4. MOMENT =		6.160		
ABWEICHUNG DER RESIDUEN VON NORMALVERTEILUNG IST		STARK SIGNIFIKANT		

IUNE= 8
TMIN= 2.2264871

Um den durch die Reduktion entstandenen Informationsverlust und die mögliche Verzerrung beurteilen zu können, haben wir die Ansätze mit allen Ausgangsmatrizen durchgeführt; also mit 48, 35 und 19 Einflußgrößen, und zwar mit tatsächlich gemessenen sowie mit zur Normalverteilung transformierten Daten. Auch bei der reduzierten Zahl von Einflußgrößen besteht eine fast unermeßlich große Anzahl von möglichen Kombinationen in der Regressionsgleichung. Um die Notwendigkeit zu umgehen, alle solche Kombinationen rechnen zu müssen, wurden Methoden entwickelt, die in sogenannter „schrittweiser Regression“ die Einflußgrößen eine nach der anderen, je nach der formalen Wirksamkeit, in die Gleichung einbauen oder eliminieren. Je nachdem, nach welchem Prinzip die Methode arbeitet, unterscheidet man die „backward elimination“ und die „forward selection“. Bei der „backward elimination“ wird die multiple Regressionsgleichung zunächst mit allen Einflußgrößen berechnet. Im nächsten Schritt wird die Einflußgröße eliminiert, die am geringsten die multiple Bestimmtheit sinken läßt.

So wird nun Schritt für Schritt fortgefahren, bis alle Variablen ausgeschlossen wurden oder die Analyse dann gestoppt wurde, wenn alle t-Werte signifikant werden. Wir haben für die „backward elimination“ das Programm REGT von GEBHARDT (18) an die CDC-Anlage angepaßt. In dieser Form benötigt das Programm

15 000 Speicherplätze einschließlich der Fortran-internen Unterprogramme und etwa 10 000 COMMON-Speicher. Man arbeitet somit dicht an der Grenze der Speicherkapazität der Anlage.. Es kann mit höchstens 30 Einflußgrößen in der Regression gerechnet werden. Die Rechenzeit für einen Schritt mit 30 Variablen dauert etwa 20 sec. Sonst überwiegt die Print-Zeit. Tabelle 5 zeigt ein Output-Blatt aus diesem Programm.

Die andere Methode, die „forward selection“ arbeitet aufbauend, d. h., es wird zunächst die Einflußgröße in die Regression aufgenommen, die am meisten die multiple Bestimmtheit erhöht, dann wird ihr Varianzanteil in den übrigen Einflußgrößen eliminiert und die nächste Variable gesucht, die die Restvarianz der Zielgröße am meisten sinken läßt bzw. die multiple Bestimmtheit erhöht. So wird fortgefahren, bis alle Variablen in der

Tab. 6
Ein Beispiel des Output-Blattes des Programms "Stepwise Regression"
(Der erste Schritt)

SUB-PROBLEM 26
DEPENDENT VARIABLE 54
MAXIMUM NUMBER OF STEPS 23
F-LEVEL FOR INCLUSION 0.050000
F-LEVEL FOR DELETION 0.010000
TOLERANCE LEVEL 0.001000

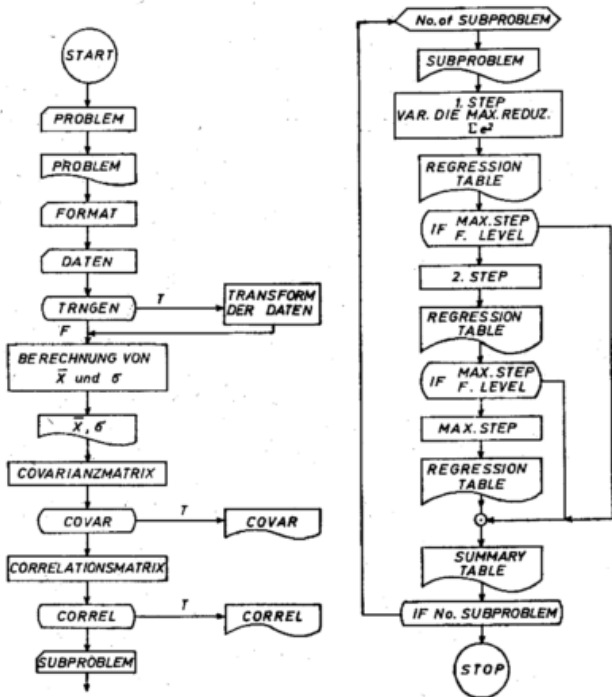
STEP NUMBER 1
VARIABLE ENTERED 47

MULTIPLE R 0.6166
STD. ERROR OF EST. 8.4537

ANALYSIS OF VARIANCE				
	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	1	1052.239	1052.239	14.724
RESIDUAL	24	1715.145	71.464	

VARIABLES IN EQUATION				VARIABLES NOT IN EQUATION			
VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	F TO REMOVE	VARIABLE	PARTIAL CORR.	TOLERANCE	F TO ENTER
CONSTANT	65.50346			WIND07 1	0.05603	0.4959	0.0724
F.KATA 47	-0.31359	0.08172	14.7240	WIND14 2	-0.07602	0.2308	0.1337
				WIND21 3	-0.25059	0.5157	1.5410
				BOEEN 4	0.15299	0.5076	0.5513
				BEWOEL 5	-0.04164	0.8895	0.0400
				NIEDER 6	0.36716	0.9976	3.4281
				LUDRU 7	-0.38210	0.9087	3.9321
				LUAEND 8	0.12691	0.9593	0.3765
				LUMAMI 9	-0.06080	0.7475	0.0853
				AETTH 10	0.24860	0.7539	1.5150
				AETAEN 11	-0.09484	0.7954	0.2087
				AETMAX 12	0.22529	0.8256	1.2298
				AETMIN 13	0.35344	0.9189	3.2833
				SONNE 14	0.05498	0.9667	0.0697
				CUHM00 15	-0.41582	0.9799	4.8083
				CUHM12 16	0.10511	1.0000	0.2569
				IVHM00 17	0.03147	0.9392	0.0228
				IVHM12 18	0.20414	0.9063	1.0002
				IVTE00 19	-0.39347	0.9848	4.2131
				IVTE12 20	-0.03540	0.9749	0.0289
				V.GR00 21	-0.03674	0.9635	0.0311
				V.GR12 22	-0.06978	0.9949	0.1125
				BOHM00 23	0.16659	0.9199	0.6565
				BOHM12 24	0.00900	1.0000	0.0000
				HOTE00 25	-0.28056	0.9982	1.9651
				HOTE12 26	0.00000	1.0000	0.0000
				002V/M 27	0.16261	0.9575	0.6247
				002INT 28	-0.12335	0.9763	0.3554
				002SCH 29	-0.00344	0.9730	0.0003
				04V/M 30	0.18529	0.9784	0.8178
				14INT 31	-0.08919	0.9805	0.1844
				14SCH 32	0.00639	0.9650	0.0009
				000204 33	-0.11488	0.9998	0.3076
				0041.0 34	-0.19773	0.9688	0.9358
				S+H TM 35	0.14826	0.9559	0.5169
				S+HINT 36	0.33987	0.9993	3.0038
				S TM 37	0.19602	0.9820	0.9190
				H TM 38	-0.07723	0.9542	0.1380
				A TM 39	0.22547	0.8883	1.2319
				A INT 40	0.00430	0.9916	0.0004
				E+R TM 41	0.25502	0.7852	1.5999
				S/S0 42	0.03965	0.9718	0.0362
				0/TAG 43	0.22327	0.9432	1.2067
				ERDMAG 44	0.15110	0.9944	0.5374
				MAGMAX 45	0.26877	0.9869	1.7909
				SOFLE 46	0.01835	0.9221	0.0077
				QUICK1 48	0.51739	0.9559	8.4078
				QUICK2 49	0.67925	1.0000	19.7016
				QUICK3 50	0.45453	0.9766	5.9891
				QUICK4 51	0.40131	0.9735	4.4153
				QUICK5 52	0.35613	0.8391	3.3408
				QUICK6 53	0.52858	0.8539	8.9179
				QUICK8 55	0.42367	0.8392	5.0316
				QUICK9 56	0.75107	0.9207	29.7650
				QUICK0 57	0.54472	0.7735	9.7039
				ZEIT 58	0.07284	0.9584	0.1227

Abb. 4
Vereinfachtes Flußdiagramm des Programms
„Stepwise Regression“.



Regression eingebaut sind bzw. die Signifikanzgrenze erreicht wird (11) (20) (26). Wir haben für die „forward selection“ das Programm „Stepwise regression“ der University of California in Los Angeles für unsere Untersuchung umgearbeitet. Zusätzlich haben wir in dieses Programm ein Unterprogramm für die Prüfung der Normalverteilung der Residuen und ein Programm für die Prüfung der Autokorrelation eingebaut. Gemäß den Grundbedingungen für die Anwendung des multiplen linearen Regressionsmodells haben wir alle Gleichungen, deren Residuen nicht normal verteilt waren, und/oder autokorrelierten von weiteren Analysen ausgeschlossen. Mit dem so modifizierten Programm für die „forward selection“, das wir als Standardprogramm für unsere Analysen ausgewählt hatten, lassen sich bis 80 Einflußgrößen und 9999 Beobachtungen berücksichtigen.

Bis auf wenige Speicherzellen wird hier die gesamte Kapazität des Kernspeichers ausgelastet. Die Rechenzeit für Gleichungen mit 10 Einflußgrößen und 100 Beobachtungen beträgt 10 sec, bei 80 Einflußgrößen und 9999 Beobachtungen sind es 800 sec. Die Print-Zeit dauert entsprechend länger.

Abbildung 4 zeigt ein vereinfachtes Flußdiagramm, die Tabellen 6 und 7 ein Output-Blatt dieses Programms.

Wir haben für jedes Tier in beiden Versuchsperioden getrennt folgende lineare Regressionsansätze gerechnet:

- A) Forward selection mit 48 Einflußgrößen
- B) Forward selection mit 35 Einflußgrößen
- C) Backward elimination mit 30 Einflußgrößen
- D) Forward selection mit 19 Einflußgrößen-Orig. Meßwerte
- E) Forward selection mit 19 zur Normalverteilung transformierten Größen.

Es stehen also für jedes Tier mehrere gleichwertige Regressionsgleichungen (alle signifikante „Schritte“) zur Auswahl. Die Entscheidung, welche nun die objektive Realität am besten darstellt bzw. welche die gesuchten Beziehungen wiedergibt, kann durch eine statistische Untersuchung nicht gefällt werden. Dies ist die Aufgabe einer sachlogischen Analyse. Da in unserem Falle die Orthogonalität der Einflußgrößen nicht eingehalten werden konnte, sind diesbezüglich repräsentive Aussagen nur bedingt möglich. Aus diesen Gründen haben wir darauf verzichtet, die qualitativen Ergebnisse der Regressionsgleichungen mitzuteilen und auch die Beurteilung der Proportionalität zunächst zurückgestellt. Wir konzentrierten uns vielmehr darauf, festzustellen, welche Einflußgrößen am häufigsten in den signifikanten Gleichungen vorkommen und wie deren Einfluß auf die multiple Bestimmtheit aussieht.

3. Statistische Untersuchung der möglichen Beziehung zwischen den Wetterkomplexen (beschrieben mit der Dezimalklassifikation nach KUHNKE) und der Blutgerinnung

Auf Grund der Analyse des Wettergeschehens nach der Dezimalklassifikation wurden zwei Gruppen gebildet. Zu der ersten Gruppe gehören alle Wettererscheinungen, bei deren Auftreten die Thromboplastinzeit signifikant anstieg (d. h. potentielle Blutungsneigung).

Zu der zweiten Gruppe gehören die Wettertypen, bei deren Auftreten eine signifikante Verkürzung der Thromboplastinzeit (d. h. erhöhte Gerinnungsbereitschaft und unter Umständen auch erhöhte Thrombose-Neigung) beobachtet wurde. Die Ergebnisse der Analysen, getrennt für alle Tiere, geben Tabellen 8 und 9 wieder. In den Tabellen sind für jedes Tier die Wettererscheinungen enthalten, die zu signifikanten Ergebnissen führen.

Tab. 7
"Summary Table" des Programms "Stepwise Regression"

STEP NUMBER	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	R	MULTIPLE R	RSQ	INCREASE IN RSQ	F VALUE TO ENTER OR REMOVE	NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES INCLUDED
1	F. KATA 47		0.6166		0.3802	0.3802	14.7240	1
2	CUHM0 15		0.6981		0.4874	0.1072	4.8083	2
3	S TH 37		0.7668		0.5879	0.1005	5.3661	3
4	AETMIN 13		0.8374		0.7013	0.1134	7.9699	4
5	SOFLE 46		0.8794		0.7734	0.0721	6.3656	5
6	WIND07 1		0.9042		0.8176	0.0442	4.6070	6
7	BOEEN 4		0.9197		0.8459	0.0282	3.2965	7
8	NIEDER 6		0.9342		0.8727	0.0269	3.5931	8
9	IVTE00 19		0.9519		0.9061	0.0334	5.6936	9
10	H TM 38		0.9634		0.9281	0.0220	4.5877	10
11	Q00204 33		0.9686		0.9382	0.0101	2.2769	11
12	AETAEN 11		0.9723		0.9454	0.0072	1.7119	12
13	A INT 40		0.9766		0.9537	0.0083	2.1615	13
14	Q041.0 34		0.9792		0.9589	0.0052	1.3884	14
15	60HM00 23		0.9819		0.9641	0.0052	1.4580	15
16	LUMAMI 9		0.9852		0.9707	0.0066	2.0173	16
17	IVHM00 17		0.9868		0.9737	0.0030	0.9251	17
18	04INT 31		0.9881		0.9764	0.0026	0.7801	18
19	04SCH 32		0.9894		0.9789	0.0026	0.7269	19
20	S+HINT 36		0.9929		0.9858	0.0069	2.4299	20
21	LUDRU 7		0.9956		0.9912	0.0053	2.4207	21
22	002V/M 27		0.9982		0.9965	0.0053	4.5086	22
23	LUAEND 8		0.9993		0.9987	0.0022	3.3336	23

Bei der signifikant *verlängerten* Thromboplastinzeit erkennt man vorwiegend eine meridionale Lage tropischen Typs mit Tropikluftadvektion in den höheren Schichten.

Bei der signifikant *verkürzten* Thromboplastinzeit war es vorwiegend eine schwach advective antizyklonale Lage bzw. Ost-Lage mit starkem Abgleiten, über-

wiegend bei maritimer Tropikluft über älteren maritimen polaren Luftmassen am Boden.

Solange in weiteren Versuchen nicht ähnliche Ergebnisse gewonnen werden, sind diese Werte nur für die von uns angewandte Versuchsanordnung und Jahreszeit gültig. Die Versuchszeit war zu kurz, um allgemeine Aussagen machen zu können.

Tab. 8
Verlängerte Thromboplastinzeit (P=0,05)
Synchronisation mit Wettererscheinungen nach der Dezimalklassifikation

Tier Nr.	Großwetterlage I.	Wettervorgänge II.	Dynamik III. a	Änd. d. Dynam III. b	Luftkörper unten IV.	Luftkörper oben V.
1	meridionale WL trop. Typ. (4) zonale West-WL trop. Tropopause langs. Typ (6)	Aufgleiten über 6000 m (3) labile Vorgänge (6) Abgleiten und lab. Vorgänge (7)	Frontalzone warme Seite (3, 4)	Verstärkung einer Zyklone (6), und einer Frontalzone (8)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
2	meridionale WL trop. Typ (4)	Aufgleiten über 6000 m (3) labile Vorgänge (6)	Frontalzone warme Seite (3)	Verstärkung einer Frontalzone (8)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
3	meridionale WL trop. Typ (4) zonale West-WL trop. Tropopause langs. Typ (6)	Aufgleiten über 6000 m (3) Abgleiten und lab. Vorgänge (7)	Frontalzone warme Seite (4)	Verstärkung einer Frontalzone (8)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
4	zonale West-WL langs. Typ (6)	Abgleiten und lab. Vorgänge (7)	Frontalzone warme Seite (3)	Verstärkung einer Frontalzone (8)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
5	—	—	Frontalzone warme Seite (4)	—	m P t (3)	m T (1)
6	meridionale WL trop. Typ (4)	—	Frontalzone warme Seite (4)	Verstärkung einer Zyklone (6)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
7	zonale West-WL langs. Typ (6)	labile Vorgänge (6)	Frontalzone warme Seite (4)	—	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
8	meridionale WL trop. Typ (4) zonale West-WL trop. Tropopause langs. Typ (6)	labile Vorgänge (6)	Frontalzone warme Seite (4)	Verstärkung einer Zyklone (6)	m P t (3) I / m P (8)	m T (1)
9	meridionale WL trop. Typ (4)	labile Vorgänge (6)	Frontalzone warme Seite (4)	Verstärkung einer Zyklone (6)	m P t (3)	m T (1)
10	—	—	—	—	m P t (3)	m T (1)

Tab. 9
Verkürzte Thromboplastinzeit (P=0,05)
Synchronisation mit Wettererscheinungen nach der Dezimalklassifikation

Tier Nr.	Großwetterlage I.	II.	Dynamik III. a	Änd. d. Dynamik III. b	Luftkörper unten IV.	Luftkörper oben V.
1	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2)	Frontalzone kalte Seite (7)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
2	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2)	Frontalzone kalte Seite (7)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4) m P a (5)	m T p (2)
3	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2)	Frontalzone mittl. Bereich (5)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4) m P a (5)	m T p (2)
4	zonale Ost-WL (9) antizykl. WL mit adv. Vorg. m. Polar-Luft in d. Bodenn. (2)	Abgleiten (2)	Frontalzone mittl. Bereich (5)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
5	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2) Aufgleiten über 6000 m (3)	Frontalzone mittl. Bereich (5)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
6	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2)	Frontalzone mittl. Bereich	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
7	zonale Ost-WL (9) antizykl. WL mit adv. Vorg. m. Polar-Luft in d. Bodenn. (2)	Abgleiten (2) Aufgleiten über 6000 m (3)	—	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4) m P a (5)	m T p (2)
8	zonale Ost-WL (9) antizykl. WL mit adv. Vorg. m. Polar-Luft in d. Bodenn. (2)	Abgleiten (2)	Frontalzone mittl. Bereich (5)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
9	zonale Ost-WL (9) antizykl. WL mit adv. Vorg. m. Polar-Luft in d. Bodenn. (2)	Abgleiten (2)	Frontalzone mittl. Bereich (5)	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4)	m T p (2)
10	zonale Ost-WL (9)	Abgleiten (2)	—	keine Änderung der antizykl. Situation (0)	c P (4) m P a (5)	m T p (2)

4. Statistische Untersuchung der möglichen Beziehungen zwischen einzelnen Wetterfaktoren und der Blutgerinnung mit Hilfe der multiplen linearen Regressions- und Korrelationsanalyse.

In diesem Teil der Analyse waren wir vor allem bemüht, die Anwendung der multiplen linearen Regressionsmodelle in der medizinmeteorologischen Forschung

zu untersuchen. Auf eine quantitative Deutung der Regressionsgleichungen und der Korrelationskoeffizienten wurde wegen der nicht erfüllten Orthogonalität der Einflußvariablen verzichtet.

Die Analyse der Einfluß- u. Zielgrößen ergab zunächst Mittelwerte und Standardabweichungen, wie sie in Tabellen 10 und 11 dargestellt sind. Es handelt sich hier

Tab. 10/11
Mittelwerte und Standardabweichungen der Einfluß- und Zielgrößen in den Versuchen 1967-A (linke Hälfte) und 1967-B (rechte Hälfte).

1967A			1967B		
PROBLEM CODE			PROBLEM CODE		
NUMBER OF CASES		26	NUMBER OF CASES		29
NUMBER OF ORIGINAL VARIABLES		58	NUMBER OF ORIGINAL VARIABLES		58
NUMBER OF VARIABLES ADDED		-0	NUMBER OF VARIABLES ADDED		-0
TOTAL NUMBER OF VARIABLES		58	TOTAL NUMBER OF VARIABLES		58
NUMBER OF SUB-PROBLEMS		30	NUMBER OF SUB-PROBLEMS		30

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION
WIND07 1	2,88462	1,03255	WIND07 1	3,03448	0,73108
WIND14 2	3,69231	1,04954	WIND14 2	3,55172	0,90972
WIND21 3	2,88462	0,90893	WIND21 3	2,55172	1,05513
BOEEN 4	3,42308	4,16819	BOEEN 4	1,65517	2,99137
BEWOEL 5	5,42308	3,03543	BEWOEL 5	7,68966	2,01961
NIEDER 6	37,03846	45,61533	NIEDER 6	25,17241	40,10528
LUDRU 7	1013,80769	10,40392	LUDRU 7	1014,44828	6,27686
LUAEND 8	1,03846	5,39244	LUAEND 8	0,06897	5,35811
LUMAMI 9	6,23077	4,49273	LUMAMI 9	6,48276	4,08868
AETTM 10	22,53846	7,83954	AETTM 10	32,93103	4,47956
AETAEN 11	1,11538	2,37195	AETAEN 11	0,96552	2,29102
AETMAX 12	26,96154	8,74291	AETMAX 12	37,06897	5,54804
AETMIN 13	14,92308	7,08758	AETMIN 13	25,03448	4,98199
SONNE 14	79,76923	34,85204	SONNE 14	56,65517	47,76002
CUMM00 15	13,15385	6,89749	CUMM00 15	10,13793	5,42299
CUMM12 16	11,65385	8,16795	CUMM12 16	8,86207	4,55697
IVHM00 17	26,34615	20,69192	IVHM00 17	17,58621	11,48762
IVHM12 18	22,53846	15,85240	IVHM12 18	17,13793	10,15144
IVTE00 19	0,76923	1,06987	IVTE00 19	1,06897	1,48639
IVTE12 20	1,15385	1,28662	IVTE12 20	1,06897	1,30742
V,GR00 21	7,26923	1,11562	V,GR00 21	7,27586	1,13063
V,GR12 22	8,30769	0,83758	V,GR12 22	8,20690	0,97758
BOHM00 23	2,80769	1,67378	BOHM00 23	2,17241	1,77420
BOHM12 24	0,00000	0,00000	BOHM12 24	0,00000	0,00000
BOTE00 25	1,76923	1,47804	BOTE00 25	1,68966	1,64975
BOTE12 26	0,00000	0,00000	BOTE12 26	0,00000	0,00000
002V/M 27	552,07692	299,03323	002V/M 27	1081,68966	619,49364
002INT 28	97,61538	40,24234	002INT 28	109,48276	55,06335
002SCH 29	0,73077	1,86671	002SCH 29	0,17241	0,60172
04V/M 30	69,34615	77,65047	04V/M 30	117,27586	111,91671
04INT 31	122,46154	90,52435	04INT 31	146,03448	185,03600
04SCH 32	0,76923	1,92474	04SCH 32	0,20690	0,67503
000204 33	1213,15385	786,33793	000204 33	1320,20690	764,51695
Q041,0 34	112,65385	70,25614	Q041,0 34	106,34483	97,58925
S*H TM 35	398,34615	126,88324	S*H TM 35	385,27586	161,53878
S*HINT 36	1,61538	13,74941	S*HINT 36	-2,72414	22,43068
S TM 37	192,57692	115,02493	S TM 37	132,44828	133,79531
H TM 38	205,76923	52,37046	H TM 38	247,10345	65,43882
A TM 39	671,15385	55,52275	A TM 39	751,10345	36,26425
A INT 40	-0,30769	3,97763	A INT 40	-0,34483	4,49822
E+R TM 41	765,96154	47,76482	E+R TM 41	825,13793	24,04568
S/SO 42	53,50000	23,40983	S/SO 42	33,68966	28,38146
Q/TAG 43	228,46154	74,78836	Q/TAG 43	241,34483	104,39221
ERDMAG 44	11,76923	12,19609	ERDMAG 44	20,51724	23,54573
MAGMAX 45	3,23077	1,14220	MAGMAX 45	4,41379	1,68008
SOFL 46	54,50000	21,59491	SOFL 46	85,79310	44,51194
F,KATA 47	91,38462	20,68831	F,KATA 47	76,31034	12,53881
QUICK1 48	37,11538	10,81601	QUICK1 48	48,20690	18,80991
QUICK2 49	44,96154	15,95614	QUICK2 49	54,00000	26,41428
QUICK3 50	34,30769	11,33409	QUICK3 50	47,41379	17,51432
QUICK4 51	37,23077	9,81553	QUICK4 51	51,48276	24,01431
QUICK5 52	41,19231	10,43463	QUICK5 52	44,55172	23,95519
QUICK6 53	40,80769	9,31244	QUICK6 53	39,75862	12,49187
QUICK7 54	36,84615	10,52119	QUICK7 54	52,17241	25,60283
QUICK8 55	40,88462	10,84187	QUICK8 55	47,13793	16,89828
QUICK9 56	38,30769	13,91048	QUICK9 56	39,34483	14,61476
QUICK0 57	37,73077	11,24120	QUICK0 57	45,03448	24,55531
ZEIT 58	13,50000	7,64853	ZEIT 58	41,00000	8,51469

um einen Computer-Ausdruck nach dem „forward-selection“-Programm. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen zwei Beispiele der Verläufe der Thromboplastinzeit

während einer Versuchsperiode von 26 Meßtagen. Die Diagramme wurden nach der Berechnung auf dem CDC 3400 von dem CDC-Plotter gezeichnet.

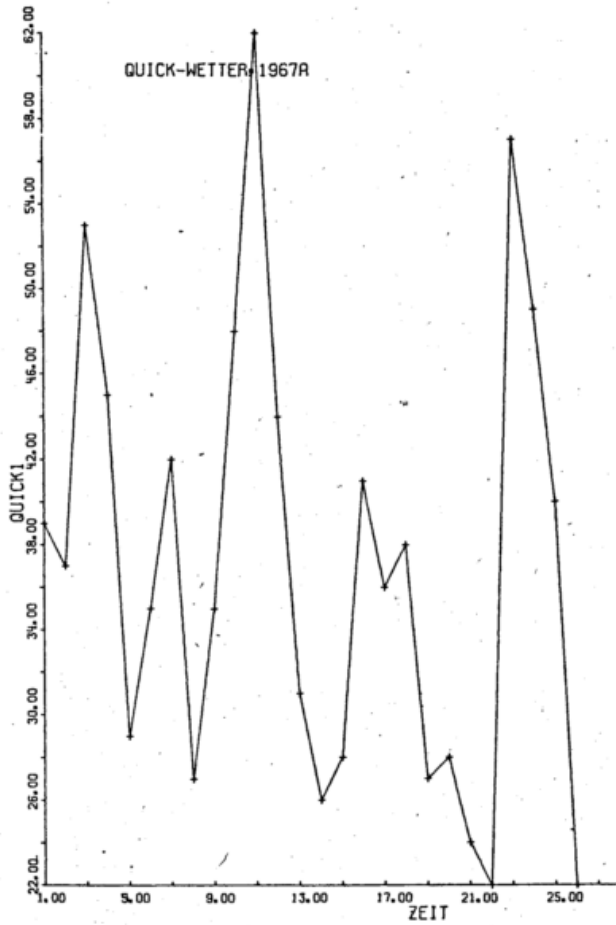


Abb. 5

Beispiel des Verlaufes der Thromboplastinzeit bei Tier 1 während einer Versuchsperiode von 26 Tagen. (Plotter-Zeichnung).

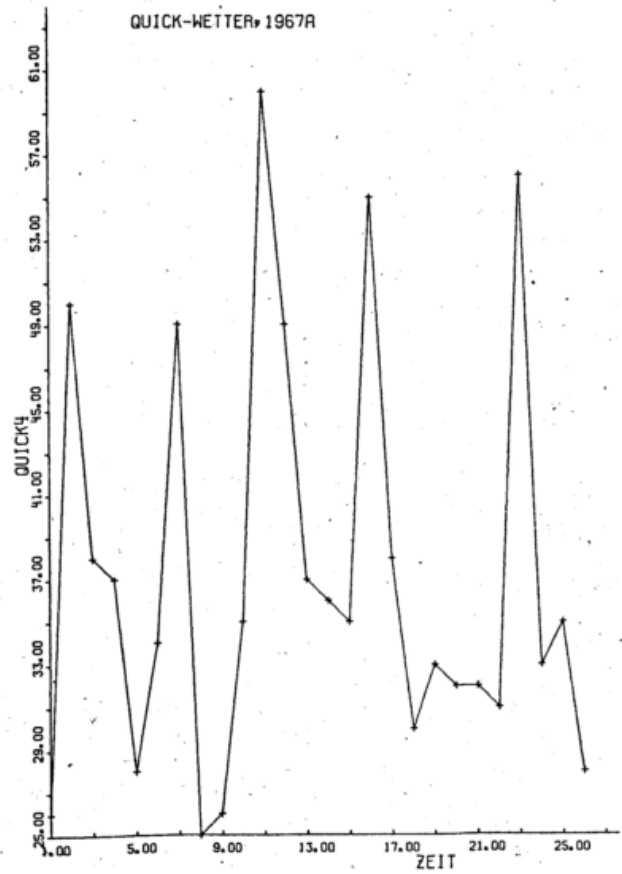


Abb. 6

Beispiel des Verlaufes der Thromboplastinzeit bei Tier 4 während einer Versuchsperiode von 26 Tagen. (Plotter-Zeichnung).

Die primäre Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten und die Ergebnisse der Reduktion auf 35 bzw. 19 Einflußgrößen wurden in den Tabellen 2 bis 4 dargestellt. Die Tabellen 12 und 13 bringen die Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten zwischen den Einflußgrößen und den Zielgrößen (Thromboplastinzeit)

bei allen Tieren in beiden Versuchsperioden. Die eingerahmten Koeffizienten sind mit einer 5%-Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant. Man erkennt, daß zwischen den einzelnen Tieren deutliche Unterschiede bezüglich der Größe der Korrelationskoeffizienten bestehen.

Tab. 12
Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten zwischen den Einflußgrößen (Wetterfaktoren) und Zielgrößen (Thromboplastinzeit) im Versuch 1967-A.

WETTER-BIO MATRIX DER EINFACHEN KORRELATIONSKOEFFIZIENTEN

	(48)	(49)	(50)	(51)	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 WS 7	-0.37	-0.12	-0.13	-0.40	-0.41	-0.37	-0.41	-0.22	-0.20	-0.38
2 WS 14	-0.18	-0.07	-0.15	-0.19	-0.40	-0.41	-0.57	-0.49	-0.26	-0.51
3 WS 21	-0.30	-0.06	-0.18	-0.14	-0.56	-0.23	-0.57	-0.46	-0.38	-0.47
4 Böen	-0.09	0.02	0.14	-0.15	-0.13	-0.07	-0.35	-0.17	-0.01	-0.31
5 Bewölk.	-0.29	-0.30	0.06	-0.25	-0.45	-0.16	-0.24	-0.18	-0.03	-0.20
6 Nied.	-0.01	0.10	-0.07	0.13	0.15	0.25	0.25	0.29	0.21	-0.05
7 L.D. TM	-0.05	-0.10	-0.17	0.10	0.15	-0.01	-0.10	0.07	-0.14	0.10
8 L.D.	0.32	0.22	0.19	0.27	0.51	0.36	0.22	-0.03	0.16	0.20
9 L.D. Max. Min.	-0.08	-0.15	-0.11	-0.07	-0.13	0.02	-0.35	-0.15	-0.10	-0.25
10 Ä.T. TM	-0.18	-0.00	0.13	-0.14	-0.03	0.10	0.48	0.28	0.26	0.38
11 Ä.T. Δ	0.05	-0.04	-0.17	-0.15	0.09	0.07	-0.35	-0.29	-0.13	-0.26
12 Ä.T. Max.	-0.17	0.02	0.08	-0.14	0.01	0.08	0.42	0.22	0.22	0.33
13 Ä.T. Min.	-0.14	0.06	0.18	-0.22	-0.08	0.11	0.44	0.25	0.33	0.27
14 Sonne	0.03	0.29	-0.17	0.18	0.33	0.04	0.16	0.14	-0.13	0.15
15 Cu Hm 00	-0.35	-0.08	-0.16	-0.19	-0.15	-0.07	-0.24	0.12	-0.14	0.10
16 Cu Hm 12	0.00	0.33	0.09	0.09	0.05	-0.11	0.08	0.02	-0.15	0.08
17 Inv. Hm 00	0.08	0.00	0.11	-0.04	0.24	-0.05	0.18	-0.08	-0.02	0.12
18 Inv. Hm 12	-0.03	0.23	-0.11	0.28	0.01	0.15	0.34	-0.06	0.15	0.13
19 Temp. Inv. 00	-0.30	-0.32	-0.10	-0.14	-0.04	-0.03	-0.38	0.29	-0.19	-0.10
20 Temp. Inv. 12	0.12	0.16	0.04	0.08	-0.21	0.03	-0.13	0.04	0.11	0.10
21 Vert. Grad 00	-0.13	-0.03	0.37	-0.07	-0.18	-0.32	-0.15	0.06	-0.09	0.04
22 Vert. Grad 12	0.09	-0.03	0.15	-0.04	0.30	-0.14	-0.10	0.24	-0.17	-0.07
23 Bo. Inv. 00	0.04	0.23	0.32	0.13	-0.07	0.27	0.30	0.25	0.34	0.46
24 Bo. Inv. 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25 Bo. TE 00	-0.10	-0.04	-0.22	0.06	-0.02	-0.28	-0.25	-0.13	-0.19	0.08
26 Bo. TE 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27 0.02 TM	-0.12	-0.02	-0.06	0.09	0.02	-0.01	0.25	0.00	-0.03	0.15
28 0.02 Δ	0.11	-0.28	-0.26	0.11	0.21	-0.11	0.00	0.11	-0.05	0.13
29 0.02 Sch	0.03	-0.04	0.15	-0.26	0.02	-0.08	-0.10	-0.24	-0.05	-0.16
30 0.4 TM	-0.13	-0.05	-0.12	0.00	0.06	-0.09	0.24	-0.04	0.05	0.14
31 0.4 Δ	-0.14	0.02	-0.18	-0.01	0.05	-0.06	0.02	0.10	-0.03	0.20
32 0.4 Sch	-0.05	-0.05	-0.10	-0.27	-0.08	-0.08	-0.11	-0.21	-0.03	-0.16
33 Q 0.02/0.4	-0.06	0.04	-0.03	0.09	-0.01	0.01	-0.10	0.13	-0.12	0.13
34 Q 0.4/1.0	0.06	-0.13	-0.41	0.23	-0.07	-0.22	-0.26	-0.14	-0.25	-0.25
35 S+H TS	0.03	0.28	-0.19	0.26	0.23	0.13	0.24	0.15	-0.08	0.22
36 S+H Δ	0.05	0.35	-0.15	0.28	0.13	0.03	0.28	-0.04	-0.06	0.10
37 S TS	0.15	0.37	-0.06	0.29	0.26	0.11	0.24	0.28	0.04	0.26
38 H TS	-0.25	-0.13	-0.33	0.01	-0.02	0.06	0.07	-0.24	-0.27	-0.04
39 A TS	-0.27	-0.10	0.18	-0.24	-0.24	0.05	0.37	0.27	0.32	0.31
40 A Δ	-0.15	-0.15	0.05	-0.02	-0.45	-0.11	0.06	0.30	0.18	0.15
41 E+r TS	-0.20	0.06	0.08	-0.11	0.00	0.11	0.46	0.27	0.21	0.35
42 S/S ₀	0.06	0.30	-0.19	0.19	0.36	0.04	0.13	0.11	-0.13	0.13
43 Q 24/Std.	-0.02	0.27	-0.17	0.25	0.15	0.15	0.32	0.23	0.00	0.30
44 Magn.K.	0.09	0.07	-0.11	0.29	0.00	0.21	0.17	-0.09	-0.14	-0.10
45 Magn. Max.	0.16	0.04	-0.06	0.14	0.03	-0.09	0.14	-0.09	-0.13	-0.26
46 SOFLE	0.19	0.23	0.01	0.32	-0.02	0.02	-0.16	-0.26	-0.01	-0.03
47 F. KATA	-0.21	0.00	-0.15	-0.16	-0.40	-0.38	-0.62	-0.40	-0.28	-0.48
48 Zeit	-0.22	-0.12	-0.05	-0.04	-0.05	0.03	0.18	0.13	-0.07	0.15

Tab. 13

Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten zwischen den Einflußgrößen (Wetterfaktoren) und Zielgrößen (Thromboplastinzeit) im Versuch 1967-B.

WETTER-BIO MATRIX DER EINFACHEN KORRELATIONSKOEFFIZIENTEN

	(49)	(50)	(51)	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)	(58)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 WS 7	0.06	0.45	0.39	0.23	0.19	0.11	0.16	0.28	0.18	0.25
2 WS 14	0.08	0.40	0.41	0.30	0.03	0.23	-0.08	0.20	0.30	0.30
3 WS 21	0.29	0.59	0.36	0.67	0.19	0.50	0.00	0.39	0.62	0.21
4 Böen	-0.16	0.17	-0.01	0.20	-0.13	0.04	-0.12	-0.08	0.21	0.15
5 Bewölk.	-0.02	0.27	0.16	0.19	0.16	0.00	0.11	0.14	0.01	0.19
6 Nied.	-0.12	0.17	0.01	0.16	-0.15	0.05	-0.07	-0.03	0.19	0.35
7 L.D. TM	-0.07	0.18	0.08	-0.05	-0.14	-0.05	-0.26	-0.28	-0.04	0.55
8 L.D.	0.03	0.07	-0.04	-0.07	-0.19	-0.01	-0.18	-0.10	-0.05	0.21
9 L.D. Max. Min.	0.04	0.06	0.10	-0.09	0.08	-0.16	0.11	0.11	-0.27	-0.21
10 Ä.T. TM	0.16	0.63	0.47	0.22	0.32	0.26	0.15	0.12	0.16	0.58
11 Ä.T. Δ	0.17	0.20	0.35	-0.01	0.11	0.07	0.16	0.06	0.10	0.24
12 Ä.T. Max.	0.15	0.59	0.47	0.20	0.34	0.23	0.14	0.11	0.12	0.52
13 Ä.T. Min.	0.26	0.62	0.46	0.33	0.38	0.31	0.28	0.25	0.32	0.54
14 Sonne	-0.03	-0.42	-0.31	-0.09	-0.13	0.00	0.02	-0.06	0.03	-0.33
15 Cu Hm 00	-0.09	-0.01	-0.25	0.15	0.08	-0.06	-0.17	-0.07	-0.16	-0.35
16 Cu Hm 12	-0.29	-0.44	-0.38	-0.43	-0.37	-0.18	-0.40	-0.42	-0.28	-0.10
17 Inv. Hm 00	-0.18	-0.30	-0.30	-0.12	-0.33	-0.22	-0.38	-0.14	-0.10	-0.12
18 Inv. Hm 12	-0.01	-0.28	-0.16	-0.21	-0.24	-0.08	-0.13	0.04	-0.03	-0.39
19 Temp. Inv.00	-0.19	-0.25	-0.27	-0.04	-0.17	-0.30	-0.18	-0.15	-0.24	-0.33
20 Temp. Inv.12	0.01	-0.08	0.12	-0.20	0.07	-0.04	-0.05	-0.08	-0.08	0.18
21 Vert.Grad 00	-0.15	-0.34	-0.19	-0.30	-0.38	-0.23	-0.42	-0.28	-0.29	-0.48
22 Vert.Grad 12	-0.14	0.29	0.27	-0.22	0.00	-0.07	-0.24	-0.21	-0.23	0.43
23 Bo.Inv. 00	0.05	-0.45	-0.36	0.05	-0.01	0.04	0.08	0.09	0.09	-0.46
24 Bo.Inv. 12	0.00	-0.45	-0.37	0.00	-0.06	-0.01	0.09	0.01	0.07	-0.39
25 Bo.TE 00	-0.32	-0.48	-0.54	-0.19	-0.40	-0.20	-0.48	-0.45	-0.17	-0.29
26 Bo.TE 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27 0.02 TM	-0.07	-0.42	-0.38	-0.09	-0.10	-0.07	0.12	-0.02	0.02	-0.07
28 0.02 Δ	-0.18	-0.02	-0.09	-0.07	-0.05	-0.23	0.36	-0.00	-0.14	-0.17
29 0.02 Sch.	-0.09	-0.48	-0.41	-0.11	-0.23	-0.15	-0.08	-0.10	-0.03	-0.24
30 0.4 TM	-0.02	-0.45	-0.38	-0.02	-0.06	-0.04	0.11	-0.01	0.04	-0.34
31 0.4 Δ	-0.08	0.01	0.02	-0.08	0.07	-0.16	0.26	-0.04	-0.12	0.09
32 0.4 Sch.	-0.04	-0.40	-0.38	-0.09	-0.17	-0.11	0.03	0.05	0.01	-0.19
33 Q 0.02/0.4	0.02	-0.44	-0.35	0.01	-0.07	0.00	0.08	0.01	0.09	-0.38
34 Q 0.4/1.0	0.04	-0.40	-0.33	0.04	-0.05	0.03	0.12	0.04	0.13	-0.31
35 S+H TS	-0.15	-0.30	-0.17	-0.21	-0.23	0.01	-0.16	-0.17	-0.04	-0.15
36 S+H Δ	0.02	-0.41	-0.35	-0.01	-0.07	0.02	0.10	0.02	0.10	-0.36
37 S TS	-0.09	-0.28	-0.15	-0.19	-0.22	-0.02	-0.13	-0.16	-0.07	-0.19
38 H TS	-0.11	0.28	0.24	-0.09	0.00	0.10	-0.14	-0.06	0.02	0.46
39 A TS	0.05	0.51	0.40	0.09	0.15	0.09	-0.01	0.06	0.01	0.45
40 A Δ	-0.01	-0.46	-0.38	0.01	-0.07	-0.02	0.07	0.00	0.06	-0.39
41 E+r TS	0.00	0.48	0.38	0.01	0.11	0.06	-0.05	-0.01	-0.04	0.44
42 S/S ₀	-0.07	0.07	0.14	-0.23	-0.17	0.03	-0.17	-0.18	-0.08	0.12
43 Q 24 Std.	-0.13	0.14	0.20	-0.18	-0.17	0.07	-0.25	-0.15	-0.06	0.25
44 Magn.K.	0.16	0.07	0.14	0.09	0.06	-0.07	0.13	0.06	0.08	-0.34
45 Magn. Max.	0.12	0.03	0.08	0.18	0.10	-0.09	0.15	0.13	0.06	-0.41
46 SOFLE	0.52	0.34	0.32	0.33	0.49	0.34	0.54	0.54	0.22	-0.62
47 F. KATA	0.10	0.38	0.44	0.09	0.05	0.06	-0.05	0.16	0.07	0.12
48 Zeit	0.21	-0.22	-0.15	0.22	0.16	0.22	0.29	0.21	0.28	-0.34

Ein Beispiel des Verhaltens der multiplen Bestimmtheit bei Anwendung verschiedener Rechenverfahren zeigt Abbildung 7. Rein formal bestehen kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren. Die etwas niedrigeren Werte nach der „forward-selection“ mit 19 Einflußgrößen ergeben sich zwangsläufig aus der geringeren Anzahl der Einflußgrößen, die dem Verfahren zur Verfügung stehen. Außerdem ist aus dem

Diagramm ersichtlich, daß nach der Selection bis zu etwa 14 Faktoren in der Regression die restlichen Einflußgrößen die multiple Bestimmtheit kaum noch beeinflussen. Man kann also in der Regel auf alle diese Faktoren verzichten und nur die ersten 14 als formal beachtenswert betrachten. Zwischen den einzelnen Rechenverfahren besteht kein prinzipieller Unterschied.

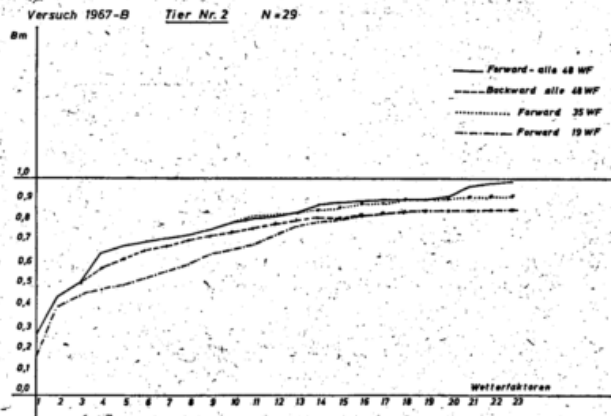


Abb. 7
Das Verhalten des multiplen Bestimmtheitsmaßes bei Anwendung verschiedener Rechenverfahren.

Die Tabelle 14 gibt ein Beispiel der vollständigen Analysen-Tabelle für ein Tier wieder. Die Einflußgrößen sind hier nach der formalen Bedeutung geordnet. Die ersten Größen sind die beachtenswertesten und die folgenden beeinflussen dann immer weniger die multiple Bestimmtheit. Nebeneinander sind die Ergebnisse zu entnehmen, die mit den fünf verschiedenen Verfahren gewonnen wurden, und die Ähnlichkeit der Reihenfolge der Einflußgrößen. In dem unteren Teil der Tabelle werden die Bestimmtheitsmaße für 10 bzw. 14 Einflußgrößen in der Regression in % angegeben

sowie auch die Ergebnisse der Prüfung der Residuen auf Normalität und Autokorrelation (bei der reduzierten Matrix). Durch die Transformation der Meßwerte in eine Normalverteilung wird die Verteilung der Residuen normal und die Koeffizienten der Autokorrelation werden deutlich kleiner.

Die Spalte „Scores“ gibt an, wie häufig die einzelnen Einflußgrößen bei den verschiedenen Verfahren unter den wirksamsten 14 auftreten. So sind z. B. die Sonnenflecken (SOFLE) und der Quotient der „Spherics“ (Q 0,4/1,0) bei allen 5 Verfahren signifikant vertreten.

Tab. 14
Beispiel einer Analysen-Tabelle, Tier Nr. 1, Versuch 1967-B, N=29
Die Einflußgrößen sind nach der statistisch formalen Wirksamkeit geordnet.

Reihenfolge	Backward (48)	Forward alle (48)	Forward (wenig korr.) (35)	Forward Auswahl (19)	Forward Auswahl transf. (19)	Scores
1.	Q 0,4/1,0	Q 0,4/1,0	Q 0,4/1,0	Q 0,4/1,0	V. Gr. 00	Q 0,4/1,0 = 5
2.	SOFLE	SOFLE	SOFLE	SOFLE	SOFLE	SOFLE = 5
3.	Q 0,02/0,4	Ä. T. Max.	Ä. T. Max.	V. Gr. 00	Zeit	Q 0,02/0,4 = 4
4.	0,02 V/M-TM	CuHm 12	IV TE 00	H—TS	L. D. Änd.	Zeit = 4
5.	Bo Hm 00	S + H-TS	IV HM 22	L. D. Änd.	S + H Änd.	BOTE 00 = 4
6.	Zeit	IV TE 00	H—TS	Ä. T. Änd.	A. Änd.	L. D. TM = 3
7.	L. D. TM	IV TE 12	Bo TE 00	Q 0,02/0,4	Q 0,4/1,0	H—TS = 3
8.	WS 07	Zeit	0,02 V/M TM	Bo TE 00	Q 0,02/0,4	S—TS = 4
9.	IV TE 00	Q/Tag	Bo Hm 00	0,4 V/M-TM	0,4 V/M-TM	S + H Änd. = 3
10.	Bo TE 00	Bewölk.	Q 0,02/0,4	A Änd.	V. Gr. 12	AÄnd. = 3
11.	A Änd.	H—TS	0,4 V/M-Änd.	V. Gr. 12	S—TS	V. Gr. 12 = 3
12.	Ä. T. Min.	0,02 V/M TM	0,02 V/M-Änd.	S—TS	L. D. TM	0,02 V/M-Ä. = 3
13.	S + H Änd.	V. Gr. 12	L. D. TM	0,02 V/M-Änd.	L. D. Max.-Min.	
14.	S—TS	0,4 V/M Sch.	S—TS	Zeit	Bo TE 00	
B ₁₀ %	75,6%	98,4%	97,7%	63,6%	67,3%	
B ₁₄ %	80,7%	98,7%	98,7%	67,3%	80,5%	
RA/V.				-0,30/+	-0,19/φ	

Wie aus den Matrizen der Korrelationskoeffizienten der Einflußgrößen hervorgeht, war es nicht möglich, trotz der mehrmaligen Reduktion, zueinander orthogonale Einflußgrößen zu gewinnen. Lediglich der Ansatz mit 19 Faktoren zeigt ein Minimum an signifikanten Interkorrelationen. Wir haben deshalb diesen Ansatz als entscheidend betrachtet und diejenigen Wetterfaktoren bzw. deren Komplexe für statistisch beachtenswert angesehen, die in mindestens 4 der 5 Rechenverfahren unter den ersten 14 signifikanten Einflußgrößen auftraten. Eines von den vieren mußte auf jeden Fall ein Ansatz mit 19 Einflußgrößen sein. Es wurden nur die Analysen interpretiert, die normalverteilte und nicht autokorrelierte Residuen aufweisen.

Es ist möglich, daß unter den Einflußgrößen, die auf Grund ihrer hochsignifikanten Interkorrelation mit anderen Einflußgrößen aus dem Verfahren ausgeschlossen wurden, manche in Wirklichkeit für die biotrope Wirkung von Bedeutung sein können; dennoch war es aus formalen Gründen unumgänglich, nur solche Ansätze zu interpretieren, die mindestens annähernd die Bedingung der Orthogonalität der Einflußgrößen erfüllen.

Deshalb können unsere Ergebnisse nur mit Vorbehalt als Modell der Zusammenhänge betrachtet werden.

Tabelle 15 und 16 geben zusammenfassend die Analyseergebnisse wieder. Getrennt für beide Versuchsperioden werden für jedes Tier (Zeilen) die Wetterfaktoren wiedergegeben, in Klammern jeweils die Bestimmtheitsmaße in Prozenten. In der ersten Spalte ist das multiple Bestimmtheitsmaß aller in der Zeile enthaltenen Einflußgrößen, bei den einzelnen Einflußgrößen (Faktoren) ist ihr prozentualer Anteil an der multiplen Bestimmtheit angegeben. Die in diesen Tabellen enthaltenen Einflußgrößen entsprechen also formal einem Komplex von Wetterfaktoren, getrennt für jedes Tier berechnet.

In der ersten Versuchsperiode sind praktisch bei allen Tieren die Tagessummen der Sonnenstrahlung, der Himmelsstrahlung, die feuchte Abkühlungsgröße und die Temperaturzunahme in der Bodeninversion in jenem Komplex enthalten.

Tab. 15
Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressions- und Korrelationsanalyse. Versuch 1967-A. (Abkürzungen siehe S. Die Zahlen bedeuten prozentuale Anteile an der multiplen Bestimmtheit B)

Optimale Faktoren

Tier Nr.	Faktoren							N = 26	
1 (32,8)	S — TS (1,6)	F. KATA (1,3)	H — TS (8,5)	Vertr. Gr. 00 (8,2)	A-Änd. (0,9)	Magn. Max. (10,7)	0,02 V/M-Änd. (1,6)		
2 (39,5)	S — TS (12,1)	F. KATA (1,3)	Bo Te 00 (1,4)	H — TS (0,6)	Zeit (10,8)	L. D.-TM (11,8)	SOFLE (1,5)		
3 (47,9)	Bo Te 00 (24,0)	H — TS (10,3)	L. D.-Änd. (1,7)	Vert. Gr. 00 (2,0)	Magn. Max. (0,7)	Q 0,4/1,0 (6,3)	L. D.-TM (2,9)		
4 (36,8)	S — TS (10,8)	Magn. Max. (3,4)	0,02 V/M-Änd. (6,5)	Q 0,4/1,0 (5,8)	SOFLE (10,3)				
5 (71,1)	F. KATA (5,2)	Bo Te 00 (1,8)	L. D.-Änd. (25,5)	Vert. Gr. 00 (13,7)	Zeit (1,9)	Vert. Gr. 12 (23,0)			
6 (36,4)	S — TS (2,2)	F. KATA (14,6)	Bo Te 00 (0,1)	L. D. Änd. (8,1)	Vert. Gr. 00 (9,6)	S + H-Änd. (1,8)			
7 (72,2)	S — TS (5,3)	F. KATA (40,2)	Bo Te 00 (2,0)	H — TS (2,9)	L. D. Änd. (6,8)	Zeit (2,6)	A-Änd. (8,4)	(4,0)	Q 0,02 0,4
8 (23,3)	S — TS (2,3)	F. KATA (7,4)	H — TS (7,7)	L. D. Änd. (1,1)	Vert. Gr. 00 (2,0)	Q 0,4/1,0 (2,8)			
9 (19,6)	S — TS (3,1)	Bo Te 00 (1,3)	H — TS (10,5)	L. D. Änd. (0,8)	Zeit (2,5)	A-Änd. (1,4)			
10 (50,3)	S — TS (5,7)	F. KATA (11,2)	Bo Te 00 (24,2)	A-Änd. (0,2)	Magn. Max. (2,0)	0,02 V/M-Änd. (7,0)			

B_{38/58} = 36%

Tab. 16

Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressions- und Korrelationsanalyse. Versuch 1967-B. (Abkürzungen siehe S. 8/9. Die Zahlen bedeuten prozentuale Anteile an der multiplen Bestimmtheit B)

Optimale Faktoren

Tier Nr.	Faktoren							N = 29
1 (39,7)	SOFLE (22,1)	Q 0,4/1,0 V/m (3,8)	Zeit (5,7)	Bo Te 00 (2,3)	Q 0,02/0,4 V/m (3,3)	S — TS (2,5)		
2 (66,5)	SOFLE (36,7)	Vert. Gr. 00 (0,5)	Äq. Temp. Änd. (2,0)	F. KATA (4,3)	Zeit (18,8)	Vert. Gr. 12 (2,5)	Magn. Max. (1,7)	
3 (57,9)	SOFLE (27,7)	Q 0,4/1,0 V/m (0,4)	Zeit (29,1)	Bo Te 00 (0,7)				
4 (64,8)	SOFLE (23,7)	Vert. Gr. 00 (0,6)	Äq. Temp. Änd. (5,5)	0,02 V/m Änd. (1,4)	Zeit (26,6)	L. D. Änd. (4,6)	A-Änd. (2,4)	
5 (24,7)	Q 0,4/1,0 (5,3)	F. KATA (4,7)	Zeit (2,9)	Vert. Gr. 12 (6,3)	S — TS (5,5)			
6 (46,1)	SOFLE (22,5)	Vert. Gr. 00 (19,6)	Zeit (2,4)					
7 (54,9)	SOFLE (23,4)	Q 0,4/1,0 V/m (1,1)	0,02 V/m Änd. (0,8)	F. KATA (3,2)	Zeit (26,4)			
8 (66,4)	SOFLE (28,6)	Vert. Gr. 00 (23,3)	Äq. Temp. Änd. (0,4)	0,02 V/m Änd. (14,1)				
9 (40,9)	SOFLE (34,9)	Q 0,02/0,4 V/m (2,8)	Magn. Max. (3,2)					
10 (16,0)	Q 0,4/1,0 (6,2)	Vert. Gr. 00 (9,8)						

$B_{46/58} = -36\%$ $B_{45/58} = -16\%$ $B_{21/58} = -23\%$ $B_{22/58} = 18\%$ $B_{40/58} = -15\%$

Bei der zweiten Periode sind es vor allem die Sonnenflecken, der Quotient der „Spherics“, der Faktor Zeit (d. h. das Vorhandensein eines linearen Trendes während der Versuchszeit) sowie die feuchte Abkühlungsgröße und der Vertikalgradient um 0 Uhr. Das Vorhandensein eines linearen Trendes in der zweiten Versuchsperiode könnte unter Umständen die tatsächlichen Verhältnisse verzerrt haben, besonders als sichtbar wurde, daß viele Einflußgrößen eine enge korrelative Beziehung zu dem Faktor „Zeit“ aufwiesen. Unterhalb der Tabelle sind diese Beziehungen in Form der Bestimmtheitsmaße in Prozenten angegeben. Der Faktor „Zeit“ hat die Nummer 58, die Einflußgrößen sind (von links nach rechts): die Sonnenfleckenrelativzahl (Nr. 46), die Maxima der erdmagnetischen K-Zahlen (Nr. 45), Vertikalgradient um 0 Uhr (Nr. 21), Vertikalgradient um 12 Uhr (Nr. 22) und Änderung der Gegenstrahlung (Nr. 40).

Zusammengefaßt für beide Versuchsperioden werden die statistisch formal wirksamen Einflußgrößen in Tabelle 17 dargestellt. Die am häufigsten vertretenen Faktoren sind: der Faktor „Zeit“, die feuchte Abkühlungsgröße, Sonnenflecken-Relativzahl und Tagessumme der Sonnenstrahlung.

5. Diskussion und Schlußfolgerungen

Gerinnungsuntersuchungen mit dem Ziel, eine mögliche Wetterwirkung aufzuklären, sind bisher nur selten durchgeführt worden. Mit unserer Versuchsanordnung sind z. B. die Arbeiten von CAROLI und PICHOTKA (12, 13) vergleichbar. Die Autoren fanden eine deutliche Beeinflussung der Gerinnungszeit beim Kaninchen (ge-

Tab. 17

Die formal wirksamsten Einflußgrößen für beide Versuchsperioden und alle Tiere zusammengefaßt. Versuch 1967 A und B.

Wetterfaktor	Abs. Häufigkeit (Max.=20)
1. Zeit	11
2. F. KATA	10
3. SOFLE	10
4. S — TS	10
5. Bo Te 00	9
6. Vert. Gr. 00	8
7. Q 0,4/1,0 V/M	8
8. L. D. - Änd.	7
9. H — TS	6
10. Magn. Max.	5
11. 0,02 V/M - Änd.	5
12. A - Änd.	4
13. Q 0,02/0,4 V/M	3
14. Vert. Gr. 12	3
15. Äq. Temp. - Änd.	3

messen mit Hilfe der „Kappilarmethode“ nach PICHOTKA) durch die Wettervorgänge. Es fand sich eine Korrelation der Verlängerung der Gerinnungszeit bei Turbulenzvorgängen in der Atmosphäre und eine Verkürzung bei Aufgleiten. Eine Verkürzung zeigte sich ebenfalls deutlich unter Einfluß von maritimen Tropikluftmassen. Die großen Unterschiede zwischen einzelnen Tieren wurden betont.

In einer anderen Untersuchung fanden diese Autoren eine signifikante Verkürzung der Gerinnungszeit vor Warm- und Kaltfronten, danach trat aber eine signifikante Verlängerung auf. Zwischen der Warm- und Kaltfront war kein Unterschied festzustellen. Turbulenz (labile Vorgänge) sehen auch wir bei der Verlängerung der Thromboplastinzeit, dagegen aber keine Verkürzung beim Aufgleiten, sondern eher Verlängerung. Auch die Beziehung zu den Frontalzonen bringt keine eindeutige Übereinstimmung. Für diese Unterschiede in den Befunden könnte die verschiedene Methodik der Gerinnungsmessung verantwortlich sein, da die Gerinnungszeit und Thromboplastinzeit nicht dieselbe physiologische Information liefern. SUTHERLAND und Mitarb. (41) berichten über eine Verkürzung der Thromboplastinzeit beim Kaninchen, die bei +4°C bzw. -15°C gehalten wurden, gegenüber den Tieren, die bei normaler Temperatur lebten. REITER (28) berichtet über hohe Impulszahlen der „Spherics“ im I. Bereich (10—50 kHz) an Tagen mit verlängerter Gerinnungszeit des Kaninchenblutes und Minima der Impulszahlen an Tagen mit Verkürzung der Gerinnungszeit. Dies ist beachtenswert, weil bei unseren Regressionsansätzen die Spherics (meistens als Quotientwert) sehr häufig signifikant auftraten.

ASSMANN (2) berichtet über auffällige Schwankungen in den Gerinnungszeiten des menschlichen Blutes, die aufgrund einer Varianzanalyse ihre Ursache in Umwelteinflüssen haben könnten. Bei der Rekalzifizierungszeit z. B. waren signifikante Zusammenhänge mit Frontendurchgängen nachweisbar.

SARGENT und TROMP (31) erwähnen eine Intensivierung der Fibrinolyse nach Kaltfrontdurchgängen und eine Verkürzung der Gerinnungszeit vor dem Durchgang einer Kaltfront. Dies dürfte unseren Befunden mit Wettergeschehen nach der Dezimalklassifikation weitgehend entsprechen.

Auch die Erfahrung der klinischen Forschung über die Zusammenhänge zwischen dem Wettergeschehen und Erkrankungen, in deren Pathogenese die Gerinnungsvorgänge eine Rolle spielen, ist mit unseren Befunden vergleichbar. Im Falle des Herzinfarktes wurde neuerdings festgestellt, daß etwa die Hälfte der tödlich verlaufenden Herzinfarkte von einer Coronarthrombose begleitet wird (40). BOBEK, MATOUSEK und BARCAL (7) berichten über eine überzufällige Häufung der Infarkt-Todesfälle in Sommermonaten an Tagen mit Einfließen von mT-Luftkörpern, im Herbst und Frühjahr lag das Infarktmaximum etwa zwei Tage nach dem Einfließen der cPt-Luftmasse. Auch wir sahen die cP-Luftmasse regelmäßig an Tagen mit signifikanter Verkürzung der Thromboplastinzeit.

KUHNKE (24) berichtet, daß eine Häufung der Herzinfarkte an Tagen mit Ostlagen, antizyklonalen Lagen, bei Abgleiten oder bei „keinen Vorgängen“ (d. h. Nullwetterlage Typ 0) zu beobachten war. Diese Aussage stimmt auffällig mit den bei verkürzter Thromboplastinzeit in unseren Versuchen gefundenen Wettererscheinungen überein.

BELEKE und KLEIN (6) fanden im Hamburger Infarktmaterial der Jahre 1955 bis 1963 ein Maximum der Infarkthäufigkeit an Tagen mit folgenden Wettererscheinungen: 0 (keine definierte Wetterlage); 1 (antizyklonale Wetterlage mit advektiven Vorgängen; Tropikluft in der Höhe); und 2 (antizyklonale Wetterlage

mit advektiven Vorgängen; Polarluft in der bodennahen Schicht); weiter mit Wettervorgängen: 1 (Absinken); 7 (Abgleiten und labile Vorgänge); 9 (Aufgleiten und labile Vorgänge); mit Dynamik: 0 (keine Angabe); 7 (Frontalzone, stark, kalte Seite); und 8 (Frontalzone, schwach, kalte Seite); kontinentale Luftkörper am Boden und mT-Luftkörpern in den oberen Schichten. Dies entspricht ebenfalls unseren Befunden.

Über die mögliche Beteiligung der atmosphärischen Impulsstrahlung berichten BREZOWSKY und RANSCHT-FROEMSDORFF (9) und neuerdings, jene kritisierend, KLEIN (21). Diese Befunde entsprechen der in unserer Analyse deutlich gewordene Beteiligung der „Spherics“ an den statistisch formal wirksamen Komplexen. Bei der Betrachtung der Gruppe der klinischen Blutungen sehen wir z. B. bei REITER (28) eine signifikante Häufung von Blutungen bei Tbc-Patienten an Tagen mit verstärkter Impulszahl der „Spherics“ (atmosphärische Labilität).

Über die Thrombosen liegen vor allem Untersuchungen von DAUBERT (14) (15) (16) vor. Er fand ein Thrombose-Maximum an Tagen mit Absinken und Bodeninversion, mit Schwüle, bei warmen antizyklonalen- und „übergangs-“Wetterlagen, sowie ein bis zwei Tage vor der Warmfront bzw. am Ende einer Hochdrucklage mit Abgleiten. Alle diese Wettererscheinungen entsprechen wiederum weitgehend den in unseren Versuchen dominierenden Wetterlagen.

BREZOWSKY und HARTL (10) fanden überzufällige Häufungen von Magenblutungen bei Wetterphase 4 (aufkommender Wetterumschlag - Warmluftadvektion) und manchmal auch bei 6₂ (vollzogener Wetterumschlag), was ebenfalls den bei unseren Untersuchungen gefundenen Wettererscheinungen ähnlich ist, (wobei 4 und 6₂ Wetterphasen nach Ungeheuer-Brezowsky darstellen).

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung fällt die Übereinstimmung unserer tierexperimentellen Befunde mit den zahlreichen physiologischen und klinischen Untersuchungen über die möglichen Beziehungen zwischen dem Wettergeschehen und der Blutgerinnung, Thrombose und Blutungen beim Menschen und Tier auf, obwohl die Ergebnisse mit Hilfe sehr unterschiedlicher Versuchsanordnungen gewonnen wurden.

Über den Wirkungsmechanismus der in unserer Untersuchung festgestellten korrelativen Beziehungen kann aufgrund statistischer Analysen ebensowenig entschieden werden wie über die Frage der Kausalität dieser Beziehungen.

Wir glauben sagen zu dürfen, daß es uns gelungen ist, in der multiplen linearen Regressionsanalyse und der elektronischen Datenverarbeitung brauchbare Methoden für die Analyse medizinmeteorologischer Probleme gefunden zu haben. Aus den Ergebnissen der multivariaten Ansätze können wir auf eine signifikante multiple korrelative Beziehung mancher Wetterfaktoren und Komplexe zur Blutgerinnung, zumindest im Tierversuch, schließen; eine quantitative Analyse ist aber wegen der nicht erfüllten Orthogonalität zunächst nicht möglich. Es könnte allerdings in Zukunft mit Hilfe von physiologischen Experimenten und Klimakammeruntersuchungen gelingen, die Mechanismen und somit auch die Kausalitätsfrage so weitgehend zu klären, daß die Ergebnisse der multiplen Regression eine quantitative Interpretation erlaubt.

Literatur

- (1) ADOLPH, E. F.: Adaptation to the environment. Handb. of physiol. Washington 1964. Sect. 4, S. 27.
- (2) ASSMANN, D.: Die Wetterfähigkeit des Menschen 2. Aufl. Jena 1963.
- (3) BAUMANN, H.; WEBER, E.: Versuch einer statistischen Analyse der Beziehung zwischen Witterung und Ertrag mit Hilfe multipler Regressionen. Mitt. Dt. Wetterd. 5 (1966) Nr. 37.
- (4) BECKER, F.: Zur Bestimmung der Abkühlungsgröße und des Schwülegrades in der medizin-meteorologischen und bioklimatischen Praxis. Arch. phys. Therap. 16 (1964) S. 61—66.
- (5) BECKER, F.; BOCK, P. R.: Bioklimatische Einflüsse und ihre medizinische Bedeutung. Z. f. ärztl. Fortbild. 54 (1965) Nr. 3.
- (6) BELEKE, H.; KLEIN, E.: Apoplexien und Wetter. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 9 (1962) S. 530—565.
Kritische Vorbemerkungen zur Medizin-Meteorologie und zur möglichen Biotropie sogenannter Null-Wetterlagen. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 13 (1966) S. 659—661.
Herzinfarkte und Wetter. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 13 (1966) S. 700—722.
- (7) BOBEK, K.; MATOUSEK, J.; BARCAL, R.: In: Danischewskij, G. M.: Fragen der Klimatopathologie in der Klinik der Herz- und Kreislauferkrankungen. Moskau 1961. (Russ.).
- (8) BREZOWSKY, H.: Der Einfluß des Wetters auf den Organismus. Materia Medica Nordmark, 2. Sonderheft 1961.
- (9) BREZOWSKY, H.; RANSCHT-FROEMSDORFF, W. R.: Herzinfarkt und Atmospheric. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 13 (1966) S. 679—686.
- (10) BREZOWSKY, H.; HARTL, W.: Abhängigkeit akuter Magenblutungen von Wetterphasen. Med. Klinik 62 (1967) S. 1899—1901.
- (11) BMD - Biomedical Computer Programs. University of California Los Angeles 1965.
- (12) CAROLI, G.; PICHOTKA, J.: Weitere Untersuchungen zur Beziehung zwischen Blutgerinnung und Wetter. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. B 5 (1954) S. 403—412.
- (13) CAROLI, G.; PICHOTKA, J.: Beeinflussung der normalen Blutgerinnung durch das Wetter. Naturwiss. 39 (1952) S. 193—195.
- (14) DAUBERT, K.: Troposphärische Einflüsse bei der Entstehung der Thrombose und Embolie. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone 7 (1952) Nr. 42, S. 418—425.
- (15) DAUBERT, K.: Bericht über die Arbeiten des Medizin-Meteorologischen Arbeitskreises Tübingen. In: Ergebn. phys.-diät. Therap. 5 (1955) S. 198—215.
- (16) DAUBERT, K.: Meteorotropie der Thromboembolie. In: Nägeli u. a.: Die thromboembolischen Erkrankungen. Stuttgart 1960. S. 200—226.
- (17) EZEKIEL, M.; FOX, K. A.: Methods of correlation and regression analysis. New York, London 1967.
- (18) GEBHARDT, F.: REGT und NRMP. Fortran IV-Hauptprogramm. Dt. Rechenzentrum Darmstadt 1967.
- (19) GUYTON, A. G.: Textbook of medical physiology 3rd ed. Philadelphia 1966.
- (20) HAMAKER, H. C.: On multiple regression analysis. Statistica Neerlandica 16 (1962) S. 31—56.
- (21) KLEIN, E.: Über den möglichen Einfluß atmosphärischer Impulsstrahlungen (Atmospherics) auf den Herzinfarkt. Ärztl. Forsch. 22 (1968) S. 240—253.
- (22) KÖNIG, H.: Ein Impulsempfänger für atmosphärische Langwellenstrahlung. Med.-meteor. H. 10 (1955) S. 16—20.
- (23) KÖNIG, H.: Niederfrequente Impulsfolgen der atmosphärischen Impulsstrahlung in Abhängigkeit vom Wetter. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 9 (1962) S. 477—481.
- (24) KUHNKE, W.: Bericht über die bisherigen medizin-meteorologischen Erfahrungen. Dt. Wetterd. Meteor. Obs. Hamburg 1960.
- (25) KUHNKE, W.: Wärme, Schwüle und Todesfälle. Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 9 (1962) S. 509—519.
- (26) MOORE, P. G.: Regression as an analytical tool. Applied Statistics 2 (1962) S. 106—119.
- (27) MÜLLER, H.; GEBHARDT, F.: SORA, Fortran II-Hauptprogramm. Dt. Rechenzentrum Darmstadt 1967.
- (28) REITER, R.: Meteorobiologie und Elektrizität der Atmosphäre. Leipzig 1960.
- (29) REITER, R.: Luftelektrische Elemente als Indikatoren für biotrope Wetterlagen. Ärztl. Forsch. 5 (1951) S. 490—500.
- (30) DE RUDDER, B.: Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen. Berlin 1952.
- (31) SARGENT, F.; TROMP, S. W.: A survey of human biometeorology. WMO-Techn. Note No. 65 (1964).
- (32) SCHARF, J. H.: Endokrinologie 46 (1964) S. 21—57.
- (33) SCHARF, J. H.: Endokrinologie 46 (1964) S. 139—156.
- (34) SCHARF, J. H.: Biolog. Rdsch. 3 (1965) S. 193—198.
- (35) SCHULZE, R.: Die biologisch wirksamen Komponenten des Strahlungsklimas. Naturwiss. 34 (1947) S. 238—246.

- (36) SCHULZE, R.: Über ein Strahlungsmeßgerät mit ultrarotdurchlässiger Windschutzhaube am Meteorologischen Observatorium Hamburg. Geofis. pura e appl. 24 (1953) S. 107—114.
- (37) SELYE, H.: Einführung in die Lehre vom Adaptationssyndrom. Stuttgart 1953.
- (38) SCHWICK, H. G.; STÖRICKO, K.: Beiträge zur Diagnostik von Gerinnungsstörungen. Labor. Blätter H. 1. Behringwerke, Marburg.
- (39) SNEDECOR, G. W.: Statistical methods. Iowa Univ. State Press 1961.
- (40) STEIN, E.: In: NÄGELI u. a.: Thromboembolische Erkrankungen. Stuttgart 1960.
- (41) SUTHERLAND, G. B. u. a.: J. appl. physiol. 12 (1958) S. 367.
- (42) WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 6. Aufl. Stuttgart 1967.
- (43) WEBER, E.: Biometrische Bearbeitung multipler Regressionen unter besonderer Berücksichtigung der Auswahl, der Transformation und der Linearkombination der Variablen. Hab. Schrift. Univ. Kiel (1966).
- (44) WEBER, E.: u. a.: Die Beziehung zwischen Witterungsfaktoren und Ertragsmerkmalen bei der Zuckerrübe. Z. Acker- und Pflanzenbau 124 (1966) S. 134—164.
- (45) YAMANE, T.: Statistics. Tokyo 1967.



ANHANG
ERLÄUTERUNG ZUR DEZIMALKLASSIFIKATION
DES WETTERGESCHEHENS

von

Wolfgang Kuhnke und Erich Klein

Das Meteorologische Observatorium Hamburg des Deutschen Wetterdienstes versucht das komplexe Wettergeschehen für medizinmeteorologische Untersuchungen auf folgende Weise statistisch verfügbar zu machen:

Das Wetter jedes Tages in Hamburg wird mit Hilfe einer Zahlenkombination als Wittertyp beschrieben, der sich aus folgenden Teilkomplexen des Wetters zusammensetzt:

- I Wetterlagen
- II Wettervorgänge in der Troposphäre
- III Dynamik der Atmosphäre

- IV Luftkörper am Boden
- V Luftkörper in der Höhe
- VI/VII Äquivalenttemperatur

In jeder Gruppe (I—VI) stehen jeweils 10 verschiedene Möglichkeiten zur Beschreibung jener Komplexe (z. B. der Wetterlage, der Wettervorgänge usw.) zur Verfügung, so daß sich theoretisch 10^6 verschiedene Möglichkeiten bieten, das Wettergeschehen mit Hilfe einer sechsstelligen Zahl als dreidimensionalen Wittertyp zu fixieren (Tabelle 1).

Tab. 1
Beispiel für die Dezimalklassifikation des Wettergeschehens (nach KUHNKE)

Monat: Juni 1967								Ort: Hamburg		Zusatz zur Wetterlage
Tag	I	II	III	IV	V	VI	VII	Bemerkungen		
1.	1	(9)	4	7 _c	8	5	0		H	
2.	0	(6)	0	7 _c	2	5	2		—	
3.	1	(3)	4	7 _c	2	6	0	ab mtg 1(3)472... ab mtg 6(9)491...	H/W	
4.	6	9	4	2	1	6	0	ab 15h 69429...	W	
5.	6	7	3	4	1	5	3		W	
6.	6	7	3	8	1	6	2	ab 4h 64471... ab 9h 67471...	W	
7.	6	(7)	4	1	9	6	3	ab 14h 67341... ab 20h 62543...	W	
8.	6	7	5	4	3	5	0		W	
9.	6	(6)	8	4	3	4	1	ab mtg 6(6)848...	W	
10.	6	9	4	4	8	5	0	ab mtg 57542...	W/N	
11.	5	6	4	4	2	5	0	ab mtg 97448...	N/E	
12.	2	(6)	8	4 _c	2	5	0	ab mtg 2764 _c 2...	H	
13.	1	2	4	4 _c	2	5	2	ab 5h 9344 _c 2... ab 11h 9734 _c 3...	H/E	
14.	9	9	6	7	9	5	0	ab mtg 97570...	E	
15.	9	2	6	7	3	5	0	ab mtg 9(9)57 _c 0...	E/H	
16.	3	1	0	7 _c	0	6	2	ab mtg 1247 _c 0...	H	
17.	1	2	4	9 _(c)	2	6	0	ab mtg 13448...	H	
18.	1	2	4	7	8	6	2		H	
19.	1	(7)	4	2	2	6	2	ab mtg 174422...	H	
20.	6	6	0	7	1	6	1	ab mtg 67478...	W	
21.	6	9	4	1	1	5	3	ab 8h 67471... ab mtg 6(6)674...	W	
22.	6	(8)	3	8	1	6	2	ab mtg 67371...	SW	
23.	4	(9)	3	1	1	6	3	ab mtg 47471...	SW	
24.	6	9	4	4 _c	1	6	2	ab mtg 9974 _c 1... ab 18h 66471...	W/E/W	
25.	4	(7)	4	7	1	7	2	ab 20h 46511...	SW	
26.	4	(7)	4	1	1	6	1	ab 7h 43411...	SW	
27.	4	(9)	4	1	1	6	1	ab 6h 45461...	VS	
28.	0	6	9	6	3	6	1		Tr.	
29.	6	3	3	3	1	6	1	ab 18h 66481 IV 8 = 7 + 3	W	
30.	6	7	3	8	1	5	3	IV 8 = 7 + 3	W(H)	
31.										

I. GROSSWETTERLAGEN
0 keine definierte Wetterlage
1 Antizykl. WL m. adv. Vorg.: Tropikluft i. d. Höhe
2 Antizykl. WL m. adv. Vorg.: Polarluft i. bodenn. Sch.
3 Antizykl. WL ohne adv. Vorgänge
4 Meridionale WL, tropischer Typ
5 Meridionale WL, polarer Typ
6 Zonale WL: W-WL, tropische Tropop. langs. Typ
7 Zonale WL: W-WL, tropische Tropop. schneller Typ
8 Zonale WL: W-WL, polare Tropopause
9 Zonale WL: Ost-WL

II. WETTERVORGÄNGE
0 Keine besonderen Vorgänge
1 Absinken
2 Abgleiten
3 Aufgleiten über 6000 m
4 Aufgleiten
5 Labiles Aufgleiten
6 Labile Vorgänge
7 Abgleiten und labile Vorgänge
8 Abgleiten über Aufgleiten
9 Aufgleiten und labile Vorgänge

III. DYNAMIK d. ATMOSPHERE
0 Keine Angabe
1 Zyklogese
2 Zyklolyse
3 Frontalzone, stark, warme Seite
4 Frontalzone, schwach, warme Seite
5 Frontalzone, stark, mittl. Frontalzonbereich
6 Frontalzone, schwach, mittl. Frontalzonbereich
7 Frontalzone, stark, kalte Seite
8 Frontalzone, schwach, kalte Seite
9 Trog, Kaltlufttropfen, Höhentief

IV. LUFTKÖRPER (einheitl. oder unterster)
0 mT_S
1 mT
2 mT_P
3 mP_T
4 mP
5 mP_A
6 X
7 mJ
8 J/mP
9 J/mT

V. LUFTKÖRPER (oberhalb IV; bzw. neuer Ansatz)
0 mT_S
1 mT
2 mT_P
3 mP_T
4 mP
5 mP_A
6 X
7 mJ
8 neuer mT-Ansatz über älterer mT oder mP
9 einheitl. Luftkörper wie unter IV

VI. ÄQUIVALENTTEMPERATUR (Tagesmittel)
0 Absinken d. T₀ auf <15°, wenn interdiurne Änderung >10°
1 <-5°
2 -5°-+5°
3 5°-15°
4 15°-25°
5 25°-35°
6 35°-45°
7 45°-55°
8 55°-65°
9 >65°

VII. ÄQUIVALENTTEMPERATUR (Tagesgang)
0 normal
1 zu klein
2 ansteigend
3 abfallend

+ = stark
c = continental
c = continental
+ = T₀ - Änderung >10°

Seit April 1966 werden neben der Gruppe III zusätzliche Angaben über Änderung der Dynamik der Atmosphäre (III a und III b) gemacht, so daß eine weitere Differenzierung des Wettergeschehens erreicht wird (Tabelle 2).

Tab. 2

Erweiterte Angaben zur Dynamik der Atmosphäre
(Gruppe III der Dezimalklassifikation)

III a DYNAMIK der ATMOSPHERE

- 0 keine Angabe
- 1 Deltagebiet am Ende einer Frontalzone
- 2 Kernbereich einer Antizyklone
- 3 Frontalzone, stark, warme Seite
- 4 Frontalzone, schwach, warme Seite
- 5 Frontalzone, stark, mittl. Frontalzonebereich
- 6 Frontalzone, schwach, mittl. Frontalzonebereich
- 7 Frontalzone, stark, kalte Seite
- 8 Frontalzone, schwach, kalte Seite
- 9 Trog, Kaltlufttropfen, Höhentief

III b ÄNDERUNGEN der DYNAMIK der ATMOSPHERE

- 0 keine Änderung der antizyklonen Situation
- 1 Neubildung einer Antizyklone
- 2 Verstärkung einer Antizyklone
- 3 Abschwächung einer Antizyklone
- 4 keine Änderung der zyklonalen Situation
- 5 Neubildung einer Zyklone
- 6 Verstärkung einer Zyklone
- 7 Abschwächung einer Zyklone
- 8 Verstärkung einer Frontalzone
- 9 Abschwächung einer Frontalzone
- + keine Angaben

Die meteorologischen Erscheinungen in den Gruppen I—V, die mit dieser Typisierung beschrieben werden, werden aus gemessenen Werten der Lufttemperatur, des Luftdrucks, der Feuchtigkeit, der Windrichtung und -stärke usw. sowie deren räumlicher Verteilung und zeitliche Änderungen abgeleitet. Sie selbst stellen keine Meßwerte dar. Sie sind Feststellungen bestimmter Wetter-Zustände und -Abläufe in der Troposphäre, die aus den zu Diagrammen und Wetterkarten verschiedener Höhenschichten verarbeiteten Meßwerten gewonnen wurden. Der Exaktheit auch dieser Wetteranalysen sind methodische Grenzen gesetzt, die nicht übersehen werden dürfen. Dieser Typisierung haftet das Ungenügen an, das sich aus einem unvermeidlichen Ermessensspielraum ergibt. Eine mögliche andere Beschreibung (Zahlenkombination) der gleichen Wettersituationen wird auch die hiermit beschriebenen wesentlichen Merkmale enthalten müssen. Ob die Aufschlüsselung hinreichend ist, soll hier nicht diskutiert werden.

Die folgenden Erläuterungen sind für medizinmeteorologisch interessierte Ärzte bestimmt. Auf Anschaulichkeit wurde darum besonderer Wert gelegt. Meteorologisch-quantitative Aussagen mußten vernachlässigt werden. Übliche Simplifikationen wurden jedoch vermieden.

I Wetterlagen

Die Wetterlagen charakterisieren die aufgrund von Wetterkarten mehrerer Tage und verschiedener Höhen gewonnenen Lagen der für den jeweiligen Ort bedeutsamen Tief- bzw. Hochdruckgebiete (Zyklonen und Antizyklonen im Umkreis von ca. 3000 km) und ihren Aufbau und ihre Bewegungsrichtung. Sie beschreiben

typisierend die Strömungsverhältnisse in der Troposphäre, die sich aus dem Verlauf der Isobaren (bzw. Isohypsen) aufgrund geophysikalischer Zusammenhänge ergeben. Da diese Strömungsverhältnisse in verschiedenen Höhenschichten erhebliche Unterschiede aufweisen können (Winddrehungen bis 180°!), z. B. wenn über einem Hochdruckgebiet der Bodenwetterkarte ein Tiefdruckgebiet in etwa 5000 m Höhe liegt, ist es wichtig, daß mit der Festlegung der Wetterlagen die Verhältnisse jener Troposphärenschicht erfaßt werden, die für die weitere Entwicklung des Wetters bestimmend sind. Es müssen also die entsprechenden Höhenwetterkarten zur Bestimmung der Wetterlagen mit herangezogen werden. Meistens reichen die Topographien der 500 mb-Fläche (Höhenwetterkarten in 5000 m Höhe) dazu aus.

Die Strömungsrichtungen innerhalb dieser die weitere Entwicklung bestimmenden Troposphären-Schicht geben an, aus welcher Richtung sich das Wettergeschehen dem Bezugsort nähert. Oder anders ausgedrückt: welches Klima „auf uns zukommt“, d. h. welche fremdklimatischen Einflüsse: polare oder tropische, maritime oder kontinentale, mit klimatisch-modifizierten Luftkörpern als Träger fremdklimatischer, spezifischer Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse und Aerosole herangeführt werden. Deshalb werden zur Kennzeichnung der Wetterlagen vorwiegend die Himmelsrichtungen benutzt, z. B. West-Wetterlage, Südost-Wetterlage usw. Diese stimmen häufig nicht mit den Windrichtungen in den bodennahen Schichten überein.

Die Hauptkriterien lassen sich auch als *meridionale* (entlang den Meridianen von Süden nach Norden = tropischer Typ oder von Norden nach Süden = polarer Typ) oder als *zonale Strömungen* (bzw. Wetterlagen) (entlang den Breitenkreisen von Westen nach Osten oder von Osten nach Westen) kennzeichnen. Bei den zonalen Wetterlagen wird die Charakterisierung „polar“ oder „tropisch“ aufgrund der Höhenlage der Tropopause bestimmt, die für diesen Zweck ein gutes Kriterium für den mittleren Zustand der Troposphäre und ihrer Dynamik darstellt. (Liegt die Tropopause höher als 11 km, so ist sie tropisch, liegt sie jedoch unter 8 km Höhe, so ist sie polar. Für den Zwischenbereich muß jeweils die Jahreszeit berücksichtigt werden. Die Temperatur-Verhältnisse in der unteren Troposphäre reichen zu dieser Charakterisierung meistens nicht aus.)

Die *antizyklonalen Wetterlagen* (Hochdruck) zeichnen sich dadurch aus, daß eine horizontale Strömung (advective Vorgänge) gar nicht oder nur als Tropikluft-Advektion in der Höhe oder als Polarluft-Advektion in den bodennahen Schichten vorhanden ist. In ihnen ist normalerweise eine vertikale, abwärtsgerichtete Luftbewegung, (Absinken) dominierend.

Da mit den Wetterlagen vorwiegend großräumige Zugrichtungen witterungsbestimmter Systeme beschrieben werden oder solche aus ihnen abgeleitet werden können, sind gleichzeitig typisierende Aussagen, ob kalt oder warm, feucht oder trocken, in ihnen enthalten. Hierbei müssen die Jahreszeiten berücksichtigt werden.

Befindet sich der Bezugsort zwischen zwei gut definierbaren Wetterlagen, ohne im Bereich des einen oder des anderen Strömungsfeldes zu liegen und ohne sich im dynamischen Übergang von der einen zur anderen Wetterlage zu befinden, so wird diese „Wetterlage“ als Null-Lage (*keine definierbare Wetterlage* im üblichen Sinne) bezeichnet. Es handelt sich um Wettergeschehen in Gebieten, die außerhalb des dynamischen Einflußbereiches der Aktions- und Steuerungszentren liegen. Diese Gebiete werden also weder von den großen Antizyklonen noch von den Frontalzonen mit ihren Störungen und Zwischenhochs oder den durch Frontalzonen dynamisch bedingten Hochdruckgebieten beeinflusst. Ihr Wetter wird bestimmt durch die dort liegegebliebenen

oder abgelagerten Luftmassen. Sie können in den Delta-Gebieten der großen Frontalzonen der abseits derselben liegen. Einen speziellen Fall stellen die Gebiete in den inneren Kernbereichen der großen Tröge, Kaltlufttropfen oder Höhentiefs dar.

Im idealtypischen Fall treten bei diesen Lagen keine Wettervorgänge auf. Die im allgemeinen doch auftretenden Vorgänge, meistens labile Vorgänge in den unteren Schichten der Troposphäre, sind dann nur schwach. Auch die Dynamik der Atmosphäre ist in diesem Zwischenbereich höchstens schwach. Die fehlende Advektion setzt bei stark herabgesetzter Einstrahlung infolge starker Bewölkung auch die Konvektion auf ein Minimum herab. Die Tagesgänge der Temperatur und bei längerer Dauer ihre interdiurne Änderung erreichen ein Minimum. In den Wintermonaten kann dann die Verschmutzung der bodennahen Luftschicht extreme Werte erreichen.

Da diese *Null-Lagen* meistens nur kleinräumige Verhältnisse zwischen den großräumigen Strömungszyklen kennzeichnen, treten sie definitionsgemäß als „Großwetterlagen Mitteleuropas“ nicht auf.

II Wettervorgänge

Hierbei handelt es sich um Luftbewegungen in der freien Atmosphäre, die sich aus der Struktur der horizontalen und vertikalen Temperatur- und Feuchtigkeits-Verteilung und aus den dem Luftdruckgradienten entsprechenden Strömungen ergeben. Die vertikale Komponente dieser Bewegung hat aufgrund der mit ihnen in Zusammenhang stehenden adiabatischen Temperaturveränderungen der Luft gleichzeitig die für das Wetter wesentliche Änderung der relativen Feuchtigkeits-Werte zur Folge. Hiervon ist die Bildung oder Auflösung der Wolken und das Auftreten von Niederschlägen abhängig.

Diese Wettervorgänge (die auch von orographischen Verhältnissen beeinflusst werden können) sind es, die je nach ihrer Intensität, das Wetter mit seinem ständigen Wechsel zwischen Regen und Sonnenschein verursachen. Sie selbst werden modifiziert durch die Sonneneinstrahlung (Konvektion, Labilisierung, Turbulenz) und durch die Zufuhr (Advektion) kalter oder warmer, feuchter oder trockener Luftkörper.

Man unterscheidet:

1. Abwärtsgerichtete Wettervorgänge:
 - a) Absinken
 - b) Abgleiten

Das *Absinken* ist (im Gegensatz zum Abgleiten) ein passiver Vorgang, der sich vorwiegend durch das Herausfließen von Luftmassen aus einem Hochdruckgebiet innerhalb derselben ergibt. Es tritt auch an den Rändern örtlich engbegrenzter Turbulenzgebiete (aufwärtsströmende Luftmassen), z. B. am Rande kräftiger Schauer und Gewitter auf. -

Im Hochdruckgebiet mit Tropikluftadvektion in der Höhe, häufig an der Ostflanke eines nach Norden gerichteten Tropikluftvorstoßes, setzt mit der Tropikluftadvektion oberhalb der alten Tropopause das *Abgleiten* ein.

Das *Abgleiten* ist (im Gegensatz zum Absinken) ein aktiver dynamischer Vorgang, der immer mit kräftiger Advektion (horizontale Luftmassen-Zufuhr) verbunden ist. Aus seinem Kriterium, daß bei einer Windzunahme mit der Höhe gleichzeitig die relative Feuchtigkeit geringer wird, ist zu schließen, daß auch eine abwärtsgerichtete (adiabatisch-abtrocknende) Komponente im horizontalen Strömungsfeld wirksam ist. Im zeitlichen Ablauf geht das Abgleiten meistens dem Aufgleiten unmittelbar voraus.

2. Aufwärtsgerichtete Wettervorgänge

- a) Aufgleiten
- b) Labile Vorgänge (Turbulenz)

Das *Aufgleiten* tritt am deutlichsten an der Grenzfläche zwischen einer kalten und einer warmen Luftmasse auf, wenn die warme Luftmasse auf die kältere (deswegen schwerere) Luftmasse advektiv „aufgleitet“ (Warmfront). Das Merkmal ist, daß bei Windzunahme mit der Höhe gleichzeitig die relative Feuchtigkeit zunimmt oder hohe relative Feuchtigkeit herrscht. Die Schichtung der Atmosphäre ist dabei stabil. Bei labiler Schichtung werden diese Vorgänge sinngemäß als *labile Aufgleitvorgänge* bezeichnet.

Aufgleitvorgänge treten besonders auf der Vorderseite einer Zyklone mit dem Vorstoß tropischer Luftmassen oder innerhalb tropischer Luftkörper selbst auf, wenn (potentiell) warme Luftmassen auf (potentiell) kühlere auftreffen. Die in ihnen wirksame, aufwärtsgerichtete Strömungskomponente führt aufgrund adiabatischer Abkühlung zur Wasserdampf-Sättigung der Luft (100% rel. Feuchtigkeit) und nachfolgend zu Wolken und Niederschlägen (Kondensation). Anhaltende Regenfälle (oder Schnee) werden meist durch Aufgleitvorgänge hervorgerufen.

Auch die *labilen Vorgänge* (Turbulenz) treten am deutlichsten im Bereich der Grenzfläche zwischen verschiedenen temperierten Luftkörpern auf, wenn ein warmer Luftkörper von einem kalten verdrängt wird (Kaltfronten). Dabei stellt sich innerhalb der Troposphäre eine stark labile Temperatur-Schichtung ein. D. h. mit der Advektion kälterer Luftmassen in mittleren Schichten (die Advektion bleibt aufgrund der Reibung am Boden etwas zurück und wird durch die stärkere Erwärmung am Erdboden zu Anfang etwas kompensiert) wird der vertikale Temperaturgradient größer als dem adiabatischen Gleichgewichtszustand entspräche. Es kommt zu entsprechenden Austauschvorgängen. Dieser turbulente Mischungsvorgang zwischen erwärmter und kalter Luft führt dazu, daß erwärmte Luft innerhalb der kalten nach oben „strudelt“ und kalte Luft innerhalb der warmen Luftmassen nach unten fließt. Je nach Intensität, die von den horizontalen Temperaturgegensätzen und der Stärke der Advektion kalter Luftkörper abhängt, kann diese Turbulenz bis in die Höhe der Tropopause reichen. Auch hierbei führen die meist senkrecht aufwärtsgerichteten Luftströmungen zu kräftiger Wolkenbildung, häufig mit Schauern oder Gewittern.

Diese turbulenten Austauschvorgänge werden bei Sonneneinstrahlung (oder durch sonstige Erwärmung vom Boden her) innerhalb einer polaren Kaltluftmasse auch durch Konvektion ausgelöst. Voraussetzung ist ein labiler vertikaler Temperaturgradient, der in frischen kalten Luftkörpern meist vorhanden ist oder sich durch Erwärmung von unten her einstellt. Auch innerhalb warmer Luftmassen kann es an besonders heißen Tagen durch starke Sonneneinstrahlung konvektiv zu Wärmegewittern kommen.

Die beschriebenen Wettervorgänge treten in verschiedenen Höhenschichten häufig auch gleichzeitig auf.

Keine Wettervorgänge: Dieser Zustand findet sich nur im idealtypischen Fall sogenannter Null-Wetterlagen (s. oben).

III. Dynamik der Atmosphäre (bzw. III a und III b)

Die „Dynamik der Atmosphäre“ wird mit Hilfe der Höhenwetterkarten ermittelt. Sie ergibt sich aus der Lage unseres Ortes zu den Schwerpunkten größter Energieumsetzung in der Atmosphäre, d. h. zu den maximalen Strömungsfeldern, den sogenannten Frontalzonen, die nach Stärkegraden, schwach oder stark, un-

terschieden werden. Ihre Richtungen sind bereits mit den Wetterlagen (s. o.) angegeben. Die Frontalzonen haben auf der Seite niedrigen Luftdruckes ihre „kalte“ auf der Seite hohen Luftdruckes ihre „warme“ Seite.

Geophysikalischen Gesetzen folgend, bilden sich auf der Nordhalbkugel der Erde im Grenzbereich arktischer und gemäßigter Luftmassen, weiter südlich zwischen den gemäßigten und tropischen Luftmassen, häufig im allgemeinen von West nach Ost gerichtete, in sich geschlossene Strömungsfelder, (Frontalzonen) aus. Die nördliche Frontalzone wird als Polar-Front, die südliche als Subtropen-Front bezeichnet. In diesen Bereichen bilden sich durch Verwirbelung der verschiedenen Luftmassen die Zyklonen (Tiefdruckgebiete). Deutliche Frontalzonen können definiert werden als das Gebiet zwischen hohem und niedrigem Luftdruck und warmen und kalten Luftmassen, in dem die Gradienten des Luftdruckes zunehmen, ihr Maximum erreichen (Maximum der Dynamik und der Energieumsätze) und nach der anderen Seite wieder abnehmen, und in dem Strömungen (Verwirbelung) mit Warm- und Kalt-Fronten entstehen und entlangziehen oder sich auflösen.

Die Windgeschwindigkeiten in den Frontalzonen sind vom Temperaturgradient abhängig. Sie sind als Gleichgewichtswinde anzusehen: bei großem Temperaturgradient hohe Windgeschwindigkeiten oder umgekehrt. In starken Frontalzonen sind Windgeschwindigkeiten von 100 km/h und mehr in 5000 m Höhe keine Seltenheit.

Die Frontalzone (besonders die Polar-Front) weicht teilweise, im Bereich hochreichender von Norden nach Süden langgestreckter Tiefdruckgebiete (Tröge), stark von der allgemeinen West-Ost-Richtung ab. Auf der Vorderseite (Ostseite) dieser Tröge ist dann die Frontalzone von Süden nach Norden gerichtet (meridionale Wetterlage tropischen Typs). In ihrem Bereich kommt es zu kräftiger Advektion subtropischer Luftmassen, die weit nach Norden reichen kann. Auf der Rückseite (Westseite) dieser Tröge ist die Frontalzone von Norden nach Süden gerichtet (meridionale Wetterlage polaren Typs), hier kommt es dann zu einem kräftigen Vorstoß polarer Luftmassen, der sogar die Subtropen erreichen kann.

Von Osten nach Westen gerichtete Frontalzonen sind selten. Über geringere Entfernungen finden sie sich nur auf der Nordseite von abgeschlossenen Höhentiefs, oder an der Südflanke einer über Skandinavien liegenden Antizyklone. Sie setzen eine Umkehr des Temperaturgradienten (warm im Norden, kalt im Süden) voraus. Zur Erfassung der Ostlagen ist die 500 mb-Fläche meist zu hoch (Windabnahme mit der Höhe bei Ostwind).

Deltagebiet einer Frontalzone

Als Deltagebiet einer Frontalzone wird ihr „Ende“ bezeichnet, jener Bereich, in dem sich der Druckgradient zunehmend abschwächt, die Isohypsen deltaförmig divergieren.

Zyklogene, Zyklolyse

Verstärken sich mit der Zunahme des Luftdruckgradienten die Energieumsätze im Bereich der Frontalzone, so wird die Entstehung von Zyklonen gefördert (Zyklogene), schwächen sich die Energieumsätze ab, so wird auch das zyklonale Geschehen abnehmen (Zyklolyse).

Trog

Als Trog wird ein langgestrecktes Tiefdruckgebiet der mittleren Troposphäre, das aus dem nördlichen polaren Tief als schmaler Trog tiefen Luftdruckes nach Süden vorstößt, bezeichnet. Der Verlauf der Frontalzone erhält dadurch eine ausgeprägte Schleifenform (s. o.). Auf der Vorderseite (Ostseite) des Troges ist die

Frontalzone und mit ihr das maximale Strömungsfeld von Süden nach Norden gerichtet (Tropikluftadvektion), auf der Rückseite (Westseite) dagegen von Norden nach Süden (Polarluftadvektion). Im Bereich eines durchziehenden Troges (Troglinie), d. h. zwischen der schleifenförmig ausbiegenden Frontalzone vollzieht sich langsam oder schnell die Umstellung von der meridionalen Wetterlage tropischen Typs zu solcher polaren Typs. Im Inneren dieser Tröge ist die Advektion nur gering; sie kann auch vollständig fehlen.

Kaltlufttropfen

Werden nach Süden vorgedrungene kalte Luftmassen durch einen Strom warmer Luftmassen von ihrem polaren Ursprungsgebiet abgeschnürt, so bilden sie einen „Kaltlufttropfen“, der sich besonders in mittleren Troposphärenschichten lange halten kann. In seinem Bereich kommt es durch Kaltluft-Verwirbelung zu ausgeprägten Diskontinuitäten, die häufig auch durch das Einziehen der den Kaltlufttropfen umgebenden Luftmassen zu anhaltenden Niederschlägen führen.

„Keine“ Dynamik der Atmosphäre.

Im Bereich von Hochdruckgebieten (Antizyklonen) und im Zwischenbereich verschiedener Wetterlagen (Null-Lagen, s. o.) ist die Dynamik der Atmosphäre nur sehr gering und nicht zu charakterisieren.

In der Gruppe III a wird der Kernbereich einer Antizyklone mit der Ziffer 2 besonders gekennzeichnet.

IV Luftkörper

Die Luft wird in der Meteorologie als Luftmasse oder Luftkörper beschrieben.

Eine *Luftmasse* ist definiert durch ihre charakteristischen meteorologischen Eigenschaften (z. B. Wärmeinhalt, Labilität, Stabilität), die sie bei speziellen dynamischen Vorgängen (z. B. Aufgleiten vor Warmfronten, Turbulenz hinter Kaltfronten) zeigt und die bestimmte energetische Eigenschaften (z. B. Wärme- und Wasserdampfgehalt, latente potentielle Energie) ihres Herkunftsgebietes angenommen hat (Polarluft, Tropikluft und entspr. Alterungen). Ihre Unterscheidungen sind vorwiegend nur für die Meteorologie selbst von Bedeutung, da sie Eigenschaften der Luft in der freien Atmosphäre beschreiben.

Ein *Luftkörper* ist definiert durch die spezifischen (typischen) Klimateigenschaften seines Herkunftsgebietes und durch spezifische Eigenschaften, die er auf seinem zurückgelegten Weg erworben hat. Neben der Aufnahme von Wasserdampf über den Meeren oder Austrocknung über dem Kontinent und der Erwärmung oder Abkühlung, ist besonders auch die verschiedene starke Anreicherung mit Staubteilchen usw. (Aerosol), je nach dem zurückgelegten Weg, für die Eigenschaften des Luftkörpers und damit für seine möglichen biologischen Wirkungen von großer Bedeutung. Der Trübungsfaktor eines Luftkörpers schwächt die Sonnenstrahlung je nach seiner Stärke. Im allgemeinen sind polare Luftkörper sehr kalt und rein, tropische Luftkörper dagegen sehr trübe; maritime sind feucht, kontinentale trocken.

Im von Norden nach Süden gerichteten Strömungsfeld meridionaler Wetterlagen polaren Typs dringen polare Luftkörper nach Mitteleuropa vor (Polarluftadvektion). Dagegen gelangen im von Süden nach Norden gerichteten Strömungsfeld meridionaler Wetterlagen tropischen Typs tropische Luftkörper in unseren Raum (Tropikluftadvektion).

Die zonale West-Wetterlagen (zonal, weil deren Strömungen entlang den Breitenkreisen im großen und ganzen innerhalb gleicher oder ähnlicher Klima-Zonen ver-

bleiben), deren Strömungsfeld von Westen nach Osten gerichtet ist, führen feuchte Meeresluft heran. Im Strömungsfeld zonaler Ostwetterlagen wird dagegen im allgemeinen trockene Festlandluft herangeführt. (Vergl. die Erläuterungen zu den Luftkörperbezeichnungen (Tab. 3)).

Die Bestimmung eines Luftkörpers, d. h. seines Ursprungsgebietes, läßt sich hinreichend nur aus der Verfolgung seines zurückgelegten Weges durchführen (dy-

namische Analyse). Aus seinen Eigenschaften allein (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit) lassen sich zu diesem Zweck nur ungenaue Feststellungen treffen. Das Einteilungsschema der Luftkörper (die Typisierung) bleibt unvollkommen, weil die Atmosphäre ständig in unterschiedlicher Bewegung ist, wodurch auch die Vorgeschichte der Luftkörper immer mehr oder weniger verschieden ist. Die aufgeführten Bezeichnungen (Grundtypen) werden darum häufig mit weiteren Zusätzen versehen.

Tab. 3
Die Luftkörper

T = Tropikluft	P = Polarluft
T _{Ae} = Äquatoriale Tropikluft	P _A = Arktische Polarluft, die auf direktem Weg Mitteleuropa erreicht.
T _S = Afrikanische Tropikluft Subtropen	P _T = Subtropisch-gealterte Polarluft
T _p = Polar-gealterte Tropikluft	
cT _S = kontinentale Tropikluft d. subtropischen Landmassen; Sahara, östl. Mittelmeer u. Randgebiete, südl. Balkan, Kleinasien.	cP _A = kontinentale arktische Polarluft aus dem Gebiet Nordsibiriens oder der Barentsee.
mT _S = maritime Tropikluft aus dem westlichen Mittelmeer und West-Afrikanischen Küstengebieten.	mP _A = maritime arktische Polarluft aus den Gebieten: Grönland, Eismeer oder Spitzbergen
cT = kontinentale Tropikluft aus dem Gebiet des vorderen Orients.	cP = kontinentale Polarluft aus dem inneren Gebiet Nordrußlands (Sibirien)
mT = maritime Tropikluft aus subtropischen Meeren (Azoren), Westindischer Raum, Golf v. Mexiko.	mP = maritime Polarluft des nördlichen Atlantiks bzw. Kanadas (Südgrönland).
cT _p = cT oder cT _S , die auf dem Umweg über nördl. Breiten zu uns gelangt (nördl. 55°N).	cP _T = kontinentale Polarluft über den südl. Umweg: Südrußland bzw. Balkan.
mT _p = mT oder mT _S , die auf dem Umweg über nördl. Breiten zu uns gelangt (nördl. 55°N).	mP _T = maritime Polarluft über den südl. Umweg: südl. Atlantik (südl. 50°N).
X = Mischluft (Mischung v. T u. P, meistens im Bereich einer Zyklone).	
Ü = uncharakteristische Luft im Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen Luftkörpern.	
I = indifferent: kein Unterscheidungsmerkmal nach T oder P; gilt für Luftkörper, ursprünglich T oder P, die in den gemäßigten Breiten (45°—65°N) gealtert sind und ihre ursprüngliche Eigenschaften verloren haben.	
cI = I über dem Festland gealtert; zeichnet sich durch starke Anreicherung von Staub, Kernen u. sonstigen Luftverunreinigungen (Aerosol) unterhalb einer tiefliegenden Sperrschicht (Inversion) aus.	
mI = I über dem Meer oder d. Nordsee gealtert; starke Anreicherung, Erhaltung und schädliche Modifizierung v. Staub, Abgasen, Rauch usw. in den bodennahen Luftschichten.	
c = kontinental	m = maritim

Eine *Vermischung* zwischen verschiedenen Luftkörpern geht verhältnismäßig langsam vor sich. Deshalb lassen sich die Diskontinuitätsflächen zwischen verschiedenen Luftkörpern im allgemeinen in den höheren Schichten mit Hilfe von Radiosondenaufstiegen oder am Boden an Hand der Bodenmeßwerte (Bodenwetterkarte), gut bestimmen. Besonders die von der Temperatur abhängige Dichte und somit das spezifische Gewicht des Luftkörpers, sorgt dafür, daß die warmen und leichten Luftkörper vorwiegend in der Höhe und die kalten und schweren Luftkörper am Boden getrennt verweilen. Die tropischen (warmen) Luftkörper dringen zuerst nur in den höheren Troposphärenschichten vor. Sie verdrängen in unseren Breiten nur langsam und selten die bodennahen, kälteren Luftkörper. Die polaren (kalten) Luftkörper dringen vorwiegend in den unteren Schichten der Troposphäre vor. Sie erreichen die höheren Schichten (bis zur Tropopause) meistens nur in ihrem vorderen Bereich und sie werden bald (meist nach Stunden) wieder von Tropikluft überlagert.

Eine *direkte Zufuhr* (Advektion) von Luftkörpern über sehr große Entfernungen, also ohne Umwege und entsprechende Alterungen, sind wohl nur im Bereich der im allgemeinen von Westen nach Osten gerichteten Frontalzone (allgemeine Zirkulation auf der Nordhalbkugel der Erde) möglich. Dabei würde bei nordwestlicher Strömung Polarluft von Nord-Kanada (Ellesmere-land) oder Grönland als mP_A, bei durchgehend westlicher Strömung Polarluft aus Kanada quer über den Atlantik als mP und bei südwestlicher Strömung Tropikluft aus der Karibischen See als mT zu uns herangeführt.

Afrikanische äquatoriale Luftkörper (T_{Ae}) könnten nur mit einer südsüdöstlichen Strömung auf dem direkten Weg zu uns gelangen, weil der Äquator den afrikanischen Kontinent nur etwa vom 10. bis 42. Grad östlicher Länge überquert. Eine direkte Zufuhr von Luftkörpern über 50 Breitengrade hinweg ist aber wegen der differenzierten allgemeinen Zirkulation und wegen der ablenkenden Kräfte der Erdrotation kaum möglich. T_{Ae} findet sich darum bei uns sehr selten und dann nur in den höheren Schichten der Troposphäre.

Die auffälligsten Wettererscheinungen (Bewölkung und Niederschläge) und -veränderungen treten mit dem Wechsel der Luftkörper auf (Wetterfront). — Im zyklonalen System, das eine Störung der Gleichgewichtsbedingungen zwischen kalten Luftmassen im Norden und warmen im Süden (auf der Nordhalbkugel der rotierenden Erde) darstellt, ist die *Front* eine sich verlagernde Diskontinuitätsfläche zwischen zwei verschiedenen Luftkörpern mit Strömungs-Gleichgewicht an der Grenzfläche, bei der der eine Luftkörper den anderen verdrängt. Bei Advektion von Tropikluft bildet sich eine Warmfront, bei Advektion von Polarluft eine Kaltfront. Diese eilt oberhalb der Bodenreibungsschicht im Idealfall voraus. Fronten sind gleichzeitig der Bereich einer Strömungskonvergenz, bei der die Wettervorgänge, Aufgleiten (auch labiles Aufgleiten) oder Labilität (Turbulenz), relativ ein Maximum erreichen. Diese Vorgänge führen im allgemeinen zu Niederschlägen.

Warmfront: Aufgleiten mit anhaltenden Niederschlägen;

Kaltfront: Labilität (Turbulenz) mit kräftigen Schauern

oder Gewittern. Die Lage der Diskontinuitätsflächen in der Troposphäre ist bei Warmfronten fast horizontal mit schwacher Neigung, in der Höhe vorausseilend. Bei der Kaltfront ist die Neigung sehr viel steiler, sie eilt manchmal (im seltenen Idealfall) am Boden voraus. Befinden sich zwei verschiedene Luftkörper im potentiellen Gleichgewicht, d. h. daß keine Verlagerung vorhanden ist, die das Gleichgewicht stört, so bezeichnet man deren Grenzflächen als „Luftkörpergrenze“ (Luftmassengrenze) und nicht als Front.

In Hamburg finden wir in den unteren Troposphärenschichten am häufigsten Polarluft: 52% (1955 bis 1968). Die Tropikluft ist mit einer Häufigkeit von 9% sehr viel seltener. Gemäßigte und indifferente Luftkörper: 39%.

V Luftkörper in der Höhe

Der Luftkörper am Boden reicht nur selten (21%) bis zur Tropopause. Vorwiegend findet sich ein potentiell wärmerer Luftkörper als der am Boden befindliche in den höheren Troposphärenschichten, meistens Tropikluft (47%). Häufig liegen in der Troposphäre auch mehrere verschiedene Luftkörper übereinander. In dieser Gruppe (V) wird jedoch nur der vorherrschende obere Luftkörper angegeben.

Die obigen Erläuterungen (IV) gelten hier sinngemäß.

VI Äquivalenttemperatur

Die Äquivalenttemperatur T_e ist die Temperatur, die ein Luftteilchen annehmen würde, wenn der in ihm enthaltene Wasserdampf als Wasser ausgeschieden würde und die dabei wieder freiwerdende Verdampfungswärme dem Luftteilchen zur weiteren Erwärmung zugute käme. Die T_e verläuft etwa parallel zu dem Wärmegefühl des Menschen. In unserem Klimabereich wird sie oft zur Bestimmung der Schwüle herangezogen, die durch eine T_e von 56° C und höher definiert wurde. — Unter Voraussetzung normaler Luftdruckverhältnisse genügt zur Berechnung der T_e die Formel: T_e = T + 2 e. (T = aktuelle Lufttemperatur; e = Dampfdruck)

15jährige monatliche Mittelwerte der Äquivalenttemperatur in Hamburg-Fuhlsbüttel (1948 bis 1962):

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
10,0°	9,4°	13,2°	19,9°	27,2°	34,5°
Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
38,9°	38,9°	33,5°	25,3°	16,8°	12,2°

In der Dezimalklassifikation wird mit groben Angaben (10 Stufen) über die herrschende T_e eine zusätzliche Charakterisierung des Wetters erreicht, die den Jahreszeiten im großen und ganzen entspricht, die aber die Temperatur- (und Feuchte-)Verhältnisse besonders der Übergangszeiten (April, Oktober) treffender berücksichtigt. Denn zwei gleiche Wettertypen, wie sie sich aus den Gruppen I—V ergeben, werden sich in ihrer möglichen Biotropie sehr unterscheiden, je nachdem, ob sie im Winter oder im Sommer auftreten. Außerdem werden mit diesem Zusatz auch statistische Untersuchungen mit der T_e als komplexem Wärmemaß ermöglicht. —

VII Tagesgang der Äquivalenttemperatur

In diesem weiteren Zusatz zur Dezimalklassifikation wird die T_e als normal bezeichnet, wenn ihr periodischer An- und Abstieg im Laufe des Tages der Jahreszeit entspricht und der Ausgangswert ungefähr wieder erreicht wird. An trüben Wintertagen und bei sogenannten Null-Lagen bleibt die T_e im Laufe des Tages fast konstant.

Ihr Tagesgang wird als ansteigend bezeichnet, wenn ihre Abendwerte deutlich höher als die Morgenwerte liegen; als abfallend, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

In der nachfolgenden Tabelle 4 werden die prozentualen Häufigkeiten des Auftretens der mit der Dezimalklassifikation erfaßten Wettererscheinungen I—IV in Hamburg für den Zeitraum von 1955 bis 1968 mitgeteilt:

Tab. 4
Prozentuale Häufigkeiten der Wettererscheinungen nach der Dezimalklassifikation
Hamburg 1955—1968 (Wetteranalyse 0 Uhr)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Wetterlage	9,86	8,00	4,40	9,13	18,58	15,31	12,28	9,35	6,26	6,84
II	Wettervorgänge	2,33	11,81	13,84	4,91	7,49	5,06	26,14	14,98	2,38	11,05
III	Dynamik d. Atmosphäre	13,04	0,80	8,62	12,01	24,07	7,10	10,30	7,84	11,05	5,16
IV	Luftkörper (unterster) m	1,08	7,24	0,98	6,37	30,88	10,01	6,49	7,39	2,42	3,32
	c	0,51	0,23	0,12	0,43	7,88	3,46	0,06	8,99	1,56	0,57
V	Luftkörper (oberhalb IV) m	3,72	30,66	16,58	5,20	4,16	0,29	2,09	1,70	11,05	20,96
	c	0,86	0,57	0,90	0,06	0,45	0,02	—	0,45	0,27	—