

## Vorhersageprüfung

		Vorhersage		
		Ereignis vorhergesagt +	Ereignis nicht vorhergesagt -	
Beobachtung	Ereignis beobachtet +	Richtig informiert  40  Richtige Vorhersage	Nicht informiert  10  Überraschung	50
	Ereignis nicht beobachtet -	Falsch informiert  20  Falscher Alarm	Richtig informiert  30  Richtige Vorhersage	50
		60	40	100

## Herausgeber

Deutscher Wetterdienst

## Hauptschriftleiter

A. Hofmann  
6380 Bad Homburg  
Theodor-Storm-Straße 35

## Redaktionsausschuß

F. Defant (Kiel)  
H.-W. Georgii (Frankfurt)  
K. H. Hinkelmann (Mainz)  
H. Hinzpeter (Mainz)  
H. Reiser (Offenbach)  
M. Schlegel (Offenbach)  
H.-P. Schmitz (Neustadt/Weinstraße)  
E. Stuhlweißburg (Fürstenfeldbruck)  
E. Süßenberger (Offenbach)  
F. Wippermann (Darmstadt)

## Titelbild:

*Vierfeldertafel* zur Prüfung von Alternativ-Vorhersagen. Die beiden diagonal angeordneten Felder 40—30 enthalten — in Prozenten aller Vorhersagen — die Fälle, in welchen das Eintreten eines Ereignisses richtig vorhergesagt wurde (40%) und das Nicht-Eintreten eines Ereignisses ebenfalls richtig vorhergesagt wurde (30%). Der „Treffersatz“ beträgt daher  $Q = 70\%$ .

Die Felder 20—10 geben nicht vorhergesagte „überraschend“ aufgetretene Erscheinungen (10%) und unzutreffend vorhergesagte Erscheinungen (*Blinder Alarm* 20%). Für die Beurteilung einer Alternativ-Vorhersage ist nicht nur der Treffersatz  $Q$  wichtig, sondern auch die Art und Zahl der falschen Vorhersagen. Die letzteren spielen bei der Nutzanwendung von Vorhersagen meist die größere Rolle gegenüber  $Q$ .

Da die klimatologische Wahrscheinlichkeit des Auftretens bzw. Nicht-Auftretens der Erscheinung in diesem Beispiel je 50% beträgt, handelt es sich um eine *echte Alternativ-Aussage* mit einem Informationswert von  $J = 1$  bit.

**promet** erscheint vierteljährlich im Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes — Zentralamt — 6050 Offenbach (Main), Frankfurter Straße 135. Bezugspreis DM 24,— pro Jahrgang, Einzelheft DM 6,50.

Für den Inhalt der Arbeiten sind die Autoren verantwortlich. Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Druck: Schön & Wetzels GmbH, 6 Frankfurt, Offenbacher Landstraße 368

Thema des Heftes

## Vorhersageprüfung

(Redaktion: A. HOFMANN, Bad Homburg)

## Beiträge

	Seite
A. Hofmann	
1 Problem-Analyse	1
A. Hofmann	
2 Alternativ-Vorhersagen	6
3 Vorhersagen hoher Information	7
P. Hess	
4 Textvorhersagen	8
H. Oeckel	
5 Vorhersagekarten	15
H. C. Bijvoet, W. Bleeker	
6 Der wirtschaftliche Nutzen von Wettervorhersagen	19
7 Literatur	22
<b>Blick nach Draußen</b>	
Reise nach Moskau und Leningrad	22
<b>GARP</b>	
Eröffnung des GARP Atlantik Tropical Experiment (GATE)	23
Aufbau des Systems der Geostationären Meteorologischen Satelliten	26
<b>Problem- und Diskussionsecke</b>	
Nach einer Frostnacht	27
<b>Neue Instrumente und Methoden</b>	
Der Lithiumchlorid-Taupunktgeber	28
<b>Tagungen</b>	
Fachsymposium über Satellitenmeteorologie und Atmosphärische Strahlung	30
Bericht über die XIII. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie	31
<b>Wichtige Neuerscheinungen</b>	32
<b>Die Glosse</b>	32

# Vorhersageprüfung

Das ursprünglich für dieses Heft geplante Thema „Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre“ lag bei Redaktionsschluß noch nicht vor, so daß kurzfristig das Thema „Vorhersageprüfung“ eingesetzt werden mußte. So wichtig das Thema ist, außer einem inzwischen veralteten Kapitel im Compendium of Meteorology (3) gäbe es keine zusammenfassende Darstellung, wenn nicht DOBRYSHMAN (4) auf Veranlassung der WMO inzwischen sein „Review“ veröffentlicht hätte. Diese Publikation, der sich die vorliegende Behandlung des Themas auf weiten Strecken anschließt, zeigt indessen, daß wir noch weit entfernt sind von einer dringend notwendigen allgemeinen Theorie einer Vorhersageprüfung auf sicherer mathematisch-statistischer Grundlage. So ist die Darstellung des Themas in gewissem Sinne unbefriedigend.

Es war nicht beabsichtigt, Ansätze zu einer Theorie zu geben, sondern nur, die Vielschichtigkeit des Problems aufzuzeigen samt seiner Beziehung zur Klimatologie, Anleitung zur kritischen Anwendung von Prüfmethode zu geben und die in Deutschland benutzten Methoden darzustellen. Wenn dabei zwei Begriffe aus der elementaren Informationstheorie (6) benutzt wurden, so sollte das nur der Klarheit der Darstellung zugute kommen.

Wie wenig Fortschritte bisher gegenüber den ersten Ansätzen erzielt wurden, zeigt sich u. a. an der Tatsache, daß ein so grundlegender Aufsatz wie der im Beitrag Nr. 6 abgedruckte, der bereits 1951 erschienen ist, heute ohne Zusätze und wesentliche Abstriche noch aktuell ist. Vielleicht findet man beim Studium dieses Heftes Lücken in der zur Zeit ausgeübten Praxis der Vorhersageprüfung, die schnell geschlossen werden können. Vielleicht findet sich auch bald ein Meteorologe oder Statistiker, der eine umfassende Theorie der Vorhersageprüfung entwirft.

## 1 A. HOFMANN, Bad Homburg Problem-Analyse

Vorhersageprüfung, ein ungeliebtes Thema, ein Stiefkind der Meteorologie, eine trockene Materie! Aber sie ist wichtig. Jeder Wirtschaftszweig macht laufend Bilanz über seine Arbeit. Inwieweit tun das die Wetterdienste? Gewiß, der Wirtschaft steht ein einfaches und eindeutiges Maß zur Verfügung, der Geldwert. Für die Vorhersageprüfung ist dieses Maß nicht oder nur sehr bedingt und indirekt anwendbar. Wir brauchen andere, nicht minder gut fundierte Maßzahlen. Haben wir sie? Ein Meteorologe oder ein Wetterberater, der Leiter eines Wetteramts, einer Wetterstation, eines Wetterpostens, in der Öffentlichkeit auf Wert oder Unwert der amtlichen Prognosen angesprochen, — meist im Anschluß an eine krasse Fehlprognose — weist meistens auf die 80 oder 85% Treffer hin, die eine gewissenhafte Prüfung ergeben habe. Verlangt der Fragesteller eine Auskunft darüber, wie diese 80—85% zustande gekommen sind, dann wird er den Befragten schon nach wenigen gezielten kritischen Fragen in Verlegenheit bringen können. Die Beurteilung ist vielfach eine Auslegungs- und Ermessensfrage. Die Ausdrücke, deren sich der Prognostiker bedient, sind oft unbestimmt und vage, oft sogar noch mit einer Art Wahrscheinlichkeitsangabe versehen, wie „vielfach“, „überwiegend“, „wahrscheinlich“, „verhältnismäßig“, „dürfte...“ usw. Manchmal sind die Angaben weit gespannt, manchmal sind sie präziser gefaßt. Manche Angaben sind untereinander hoch korreliert,

wie z. B. im Sommer: „heiter und trocken mit der Angabe hoher Temperaturen“. Entweder man wirft bei der Bewertung alles in einen Topf, oder man kommt aus den Schwierigkeiten nicht heraus.

Eine ganz andere Art von Vorhersagen, deren Bewertung allerdings nicht in die breite Öffentlichkeit gelangt, sind die *Vorhersagekarten*. Wohl enthalten sie für jeden Punkt präzise Angaben, aber der Vergleich mit den aktuellen Werten läßt mehrere Möglichkeiten offen, vor allem dann, wenn die untereinander korrelierten Werte der Gitterpunkte einer Vorhersagekarte zu einem Mittelwert über die ganze Karte vereinigt und diese Flächenmittel dann zu einem Gruppenmittel für viele Vorhersagekarten zusammengefaßt werden. DOBRYSHMAN (1) gibt zwei markante Beispiele zu diesem Themenkreis:

*Beispiel 1:* „Wir nehmen an, in einer 24-Stunden-Vorhersage ergab eine Modellrechnung genaue Werte des Bodenluftdrucks für alle Gitterpunkte einer Hemisphäre (300 x 300 km) mit Ausnahme eines einzigen Punktes in den Tropen, der in einem Taifun lag. Wer will hier sagen, es war eine gute oder eine schlechte Vorhersage. Viele werden sagen: „Die Streuung ist sehr klein, die Vorhersage ist sehr gut“. Die vom Taifun Betroffenen werden indessen das Gegenteil behaupten, und das mit Recht.“

*Beispiel 2:* „Wir nehmen an, alle durch das besagte Modell vorhergesagten Werte des 500-mb-Geopotentials der Gitterpunkte waren durchweg um 20 dkm höher als die aktuellen Werte. Die statistischen Parameter besagen, daß das eine schlechte Prognose ist, so schlecht, daß die Fehler sogar größer sind als die Veränderlichkeit des Geopotentials. Aber die Schlüsse, die aus dieser schlechten Prognose gezogen werden, etwa eine Windprognose für die Luftfahrt, sind richtig.“

Solche Beispiele lassen sich beliebig vermehren.

Im ersten Beispiel könnte die Frage für den aus der Reihe fallenden Gitterpunkt lauten: Taifun oder nicht? Eine solche Prognose, eine Alternativ-Vorhersage, wäre eindeutig zu beantworten. Eine Prüfung, über eine genügend lange Zeit erstreckt, wäre einwandfrei. Aber ein Taifun ist ein seltenes Ereignis. Eine Zeitreihe von 365 fortlaufenden Prognosen wird in ihrer Güte kaum beeinflußt, wenn vielleicht der einzige darin vorkommende Taifun nicht, die 364 taifunfreien Tage dagegen „richtig“ vorhergesagt wurden. Ohne Berücksichtigung der Häufigkeit eines Ereignisses, eines Wertes, den die Klimatologie feststellt, entsteht offensichtlich bei der Beurteilung von Vorhersagen ein schiefes Bild.

Das Spektrum meteorologischer Vorhersagen ist so breit wie das Spektrum meteorologischer Aussagen überhaupt. Bevor eine Systematik der Prüfverfahren vorgenommen werden kann, ist eine Analyse meteorologischer Aus- und Voraussagen notwendig.

### Die Form der Vorhersage

#### Allgemeinvorhersagen

Im Grunde ist jede meteorologische Vorhersage eine *Wahrscheinlichkeits-Aussage*. Das geht aus der Methode hervor, mit der sie gewonnen wird (Synoptik, Statistik). Konsequenterweise müßte man den Grad der Wahrscheinlichkeit angeben. Das wird gelegentlich bei Langfristprognosen getan. Sonst begnügt man sich mit allgemeinen Ausdrücken, die mehr oder weniger ein Alibi darstellen, wenn sich der Prognostiker nicht so sicher ist wie sonst. Der Normalfall meteorologischer Aussagen ist jedoch die bestimmte Aussage. Wir wollen sie nach BRIER als *Kategorische Aussage* bezeichnen. Solche Aussagen können zahlenmäßiger Art sein, wie z. B. die Angabe eines Temperaturintervalls oder die Höhe der Null-Grad-Grenze im Gebirge. In der anglo-amerikanischen Literatur spricht man von numerischen Aussagen. Um Verwechslungen mit dem bereits eingebürgerten Begriff der Methode der numerischen Vorhersage zu vermeiden, werden wir sie als *Ziffern-Aussagen* bezeichnen. Solche Aussagen können eindeutig formuliert werden und sind einer Prüfung leicht zugänglich. Die zur Prüfung herangezogenen wirklich beobachteten Werte wollen wir als die *aktuellen* Werte bezeichnen.

Der größte Teil der Allgemeinvorhersagen besteht jedoch aus *Verbalen Aussagen* oder *Textaussagen*. Sie schildern mehr oder weniger vollständig den Komplex „Wetter“ mit allen Nachteilen einer gewollten oder ungewollten Unbestimmtheit und einer dementsprechenden Zahl von Auslegungsmöglichkeiten.

Die für die Öffentlichkeit bestimmten und durch die Kommunikationsmittel verbreiteten Vorhersagen sind eine Mischung dieser 4 Typen. Einer exakten Prüfung sind sie bisher unzugänglich. Jedes Verfahren läßt einen großen Ermessensspielraum zu, der sich entweder auf die Auslegung jeder individuellen Vorhersage oder auf die Festlegung von Prüfvorschriften beziehen kann.

#### Gezielte Vorhersagen

Vorhersagen sollen den täglichen Umgang mit dem Wetter erleichtern. Sie dienen durchweg praktischen Zwecken. Aus der Allgemeinvorhersage pickt sich jeder das heraus, was er gerade braucht und interpretiert diesen Extrakt in seinem Sinne. Weiß jedoch der Prognostiker in jedem Einzelfall, welcher praktische Zweck verfolgt wird, dann gibt er auf diesen Zweck hin gezielte Vorhersagen. Sie sind meist identisch mit

*Warnungen* vor einem bestimmten schadenbringenden Wetter-Ereignis oder

*Empfehlungen* eines wirtschaftlich ausnutzbaren günstigen Wetterereignisses.

Ihrer Natur nach sind solche gezielten Vorhersagen fast durchweg *Alternativ-Aussagen*. Ein Ereignis, z. B. ein Taifun, um beim obigen Beispiel zu bleiben, tritt entweder ein, oder er tritt nicht ein. Solche Ja — Nein — Aussagen sind eindeutig definiert und eindeutig zu prüfen. Die Prüfung besteht in der Feststellung der Zahl der „Treffer“ und der Zahl der „Nieten“ und erfolgt am besten über eine *Vierfeldertafel*, wie sie im Titelbild zu diesem Heft dargestellt ist. Diese Prüftafel erlaubt über den reinen Treffersatz hinaus auch noch Schlüsse auf den wirtschaftlichen Nutzen von Vorhersagen und damit auf eine Maßzahl, die jedermann verständlich ist, den eingangs erwähnten Geldwert. Wir werden uns später mit solchen Prüfmethode und ihren Folgerungen noch eingehend zu beschäftigen haben.

#### Der Inhalt der Vorhersage

Vorherzusagen ist oder sollte sein alles, was meß- und beobachtbar ist. Das sind alle sogenannten meteorologischen Elemente und Kombinationen daraus. Ihrem Charakter nach sind es:

*Skalare* (Temperatur, Druck, Geopotential . . .)

*Vektoren* (Wind . . .)

*Erscheinungen* besonderer Art (Nebel, Gewitter . . .)

Ihrer Häufigkeitsverteilung nach sind es *Alternativen*,

Nach *beiden Seiten* vom Mittelwert hin *unbegrenzt* (Temperatur, Druck)

Nach *einer Seite begrenzt* (Niederschlag)

Nach *beiden Seiten begrenzt* (Bewölkung).

*Punktvorhersagen*. Die genauesten und daher auch am besten zu prüfenden Aussagen beziehen sich auf einen einzelnen Punkt. Das Ideal in diesem Sinne ist die *Alternativ-Aussage* für einen Punkt.

**Flächenvorhersagen.** Vorhersagen für einen Punkt sind oft schon aus der Wetterlage gar nicht abzuleiten, das gilt insbesondere für das unstete Element der mit dem Niederschlag zusammenhängenden Erscheinungen, die besser zu charakterisieren sind, wenn man sie als

*Bereichsvorhersagen formuliert.*

Mit dem Aufkommen numerischer Methoden wurde die *Vorhersagekarte* besonders aktuell, d. h. die räumliche Verteilung streng definierter Größen, z. B. des Geopotentials einer Druckfläche. Die Vorhersageprüfung beschränkt dabei neue Wege, die jedoch kaum weniger problematisch sind als die bisher erwähnten. Es sei nur an die beiden oben genannten Beispiele von DOBRYSH-MAN erinnert.

**Terminvorhersagen.** Naturgemäß ist der Zeitfaktor ein wesentliches Element einer Vorhersage. Normalerweise wird sie für einen bestimmten Termin gegeben, der zeitlich mehr oder weniger weit vom Ausgangstermin entfernt ist. Abwandlungen sind:

*Änderungsvorhersagen*, die sich auf den zeitlichen Verlauf eines Elements zwischen dem Ausgabetermin und einem späteren Termin beziehen, und

*Mittelwertvorhersagen* für eine ganze Zeitspanne. Von dieser Art sind z. B. die derzeit ausgearbeiteten Langfristvorhersagen.

Als Ergebnis dieser Analyse im Hinblick auf die Prüfverfahren sollte festgehalten werden:

*Die präziseste Voraussage ist die Alternativ-Voraussage für einen festen Punkt und einen festen Termin.* Sie ist gewissermaßen das *Vorhersage-Element*, oder, da es sich um Informationen handelt, die *Informationseinheit*. Die Informationstheorie nennt diese Einheit 1 bit als Abkürzung von *binary digit*. Die Alternativ-Vorhersage für einen Punkt und einen Termin wollen wir daher eine

*1-bit-Vorhersage*

nennen. Mit dieser Feststellung gewinnt man festen Boden unter den Füßen und kann versuchen, auch andere Formen und andere Inhalte von Vorhersagen zu erfassen.

**Die Genauigkeit der Vorhersage**

Eine solche 1-bit-Vorhersage ist das Minimum dessen, was man an Genauigkeit verlangen kann, die Einteilung aller klimatologisch gegebenen Möglichkeiten in 2 Klassen. Bei den derzeit ausgearbeiteten Langfristvorhersagen wird dieses Minimum an Genauigkeit benutzt. Man sagt vorher, ob das Monatsmittel der Temperatur übernormal oder unternormal sein wird, ob die Niederschlagsmenge über oder unter dem langjährigen Mittelwert liegen wird. Die doppelte Genauigkeit hätte man bei einer Einteilung in 4 Klassen: Stark übernormal — leicht übernormal — leicht unternormal — stark unternormal. Der Informationswert einer solchen Aussage beträgt dann:  $J = 2$  bit usw. Die Informationstheorie lehrt, daß allgemein

Alternativ <0°C/≥0°C K f	5 Klassen Intervall 5 °C		11 Klassen Intervall 2 °C		21 Klassen Intervall 1 °C	
	K	f	K	f	K	f
-15.0	-15.0	0.6	-14.0	0.6	-13.0	0.6
			-12.1	0.0	-12.1	0.0
			-12.0	0.0	-12.0	0.0
			-11.1	0.0	-11.1	0.0
			-11.0	0.0	-11.0	0.0
			-10.1	0.0	-10.1	0.0
			-10.0	0.6	-10.0	0.6
			-9.1	0.6	-9.1	0.6
			-8.1	0.6	-8.1	0.6
			-8.0	1.3	-8.0	1.3
47.0	-10.0	7.1	-8.0	3.3	-7.1	1.3
			-7.1	2.0	-7.0	2.0
			-6.1	2.6	-6.1	2.6
			-6.0	2.6	-6.0	2.6
			-5.1	5.2	-5.1	5.2
			-5.0	5.2	-5.0	5.2
			-4.1	7.7	-4.1	7.7
			-4.0	7.7	-4.0	7.7
			-3.1	9.0	-3.1	9.0
			-2.1	9.0	-2.1	9.0
-0.1	-0.1	39.3	-2.0	9.0	-2.0	9.0
			-1.1	9.0	-1.1	9.0
			-1.0	8.4	-1.0	8.4
			-0.1	8.4	-0.1	8.4
			0.0	17.4	0.0	17.4
			0.0	17.4	0.0	17.4
			0.9	7.1	0.9	7.1
			1.0	7.1	1.0	7.1
			1.9	8.4	1.9	8.4
			2.0	8.4	2.0	8.4
53.0	0.0	47.8	2.9	8.4	2.9	8.4
			3.0	8.4	3.0	8.4
			3.9	6.5	3.9	6.5
			4.0	6.5	4.0	6.5
			4.9	3.3	4.9	3.3
			5.0	3.3	5.0	3.3
			5.9	0.6	5.9	0.6
			6.0	0.6	6.0	0.6
			6.9	0.6	6.9	0.6
			7.0	1.3	7.0	1.3
9.9	9.9	9.9	7.9	1.3	7.9	1.3
			7.9	1.3	7.9	1.3

$J =$  0.997 1.344 2.802 3.751 bit

Tab. 1.1  
Häufigkeitsverteilung der Tiefsttemperaturen von Bergen (Norwegen) Januar 1936—1940 nach (5)  
Einteilung in äquidistante Klassen und zugehöriger Informationswert  $J$   
( $K$  = Klassengrenzen,  $f$  = Häufigkeit in %) )

$$J = \sum_{i=1}^N p_i \frac{1}{\text{ld} p_i} \quad [1.1]$$

Darin ist  $N$  die Gesamtzahl aller Klassen,  $p_i$  die Wahrscheinlichkeit (klimatologische Häufigkeit), mit welcher ein beobachteter Wert in der  $i$ -ten Klasse auftritt. Das

Funktionszeichen  $\text{ld}$  ist der *Logarithmus dualis*, der Logarithmus zur Basis 2 nach folgender kurz gefaßter Tabelle:

$$y = \text{ld } x$$

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	0.00	1.00	1.58	2.00	2.32	2.58	2.81	3.00	3.17	3.32

$\text{ld}$  läßt sich leicht aus dem Briggschen  $\log$  berechnen nach

$$\text{ld } x = \text{ld } 10 \times \log_{10} x = 3.3219 \times \log_{10} x$$

Danach braucht die Klasseneinteilung nicht äquifrequent zu sein, d. h. gleiches  $p$  für jede Klasse aufzuweisen, sondern sie kann, wie es meist der Fall ist, äquidistant oder sonstwie sein. Am Beispiel der Tiefsttemperaturen von Bergen (Norwegen) (5) werden in den Tabellen 1.1 und 1.2 die Informationswerte  $J$  für verschiedene Klasseneinteilungen ausgerechnet.

2 Klassen Alternativ		4 Klassen		8 Klassen	
K	f	K	f	K	f
-15.0	50	-15.0	25	-15.0	12.5
				- 4.5	
		- 2.5	25	- 4.4	12.5
				- 2.5	
+ 0.1	25	- 2.4	12.5		
		- 1.2			
+ 0.2	25	- 1.1	12.5		
		+ 0.1			
+ 0.2	50	+ 0.2	25	+ 0.2	12.5
				+ 0.7	
		+ 2.5	25	+ 0.8	12.5
				+ 2.5	
+ 2.6	25	+ 2.6	12.5		
		+ 3.7			
+ 7.9	25	+ 3.8	12.5		
		+ 7.9			
$J = 1$		$J = 2$		$J = 3 \text{ bit}$	

Tab. 1.2  
Häufigkeitsverteilung der Tiefsttemperaturen von Bergen (Norwegen) Januar 1936—1940 nach (5)  
Einteilung in äquifrequente Klassen und zugehöriger Informationswert  $J$   
(K = Klassengrenzen,  $f$  = Häufigkeit in %) )

Die erste Spalte der Tab. 1.1 zeigt, daß es sich bei der Aussage Frost-kein Frost nahezu um eine echte Alternativaussage (1-bit-Aussage) handelt, da  $J = 0.997$ . Mit dem Maß der weiteren Unterteilung steigt auch der Informationswert der Temperatur-Aussagen bis zu fast 4 bit, wozu bei äquidistanter Klasseneinteilung 21 Klassen benötigt werden. Diese Klasseneinteilung ist die übliche. Eine Klasseneinteilung mit gleicher Häufigkeit für jede Klasse (äquifrequente Einteilung) nach Tab. 1.2 nutzt die Informationsmöglichkeit der gesamten Häufigkeitsverteilung besser aus, hat aber den Nachteil, daß die Klassengrenzen nicht mit den praktisch oft geforderten Grenzen zusammen zu fallen brauchen. So liegt bei der echten Alternative ( $f = 50/50\%$ ) die Klassengrenze

bei  $+ 0.1/0.2$  °C. Während aber bei äquidistanter Einteilung für ein  $J = 2.8$  bit 11 Klassen benötigt werden, kommt man bei äquifrequenter Einteilung für die größere Information  $J = 3$  bit schon mit 8 Klassen aus. Bei der Vorhersageprüfung wird diese Tatsache eine Rolle spielen. Besonders wichtig ist sie bei der Beurteilung von Alternativaussagen mit Klassengrenzen, die durch praktische Fragestellungen erzwungen sind. In diesen Temperaturbeispielen ist es die Frage: "Frost-kein Frost". Nicht immer liegt diese Grenze so, daß eine echte Alternativaussage (1-bit-Aussage) zustande kommt. Wenn Frost ein seltenes Ereignis ist, wie in Deutschland in den Übergangsjahreszeiten, dann liegt  $J$  unter 1, und es handelt sich um eine unechte Alternativ-Aussage. Ein Beispiel dafür bringt Tab. 1.3

Monat	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai
Frost	0.3	7.4	27.1	44.5	56.5	50.7	35.8	13.0	1.6%
$J =$	0.025	0.374	0.840	0.991	0.987	1.000	0.940	0.549	0.118 bit

Tab. 1.3  
Informationswert  $J$  der Alternativ-Aussage Frost-kein Frost für die Monate September bis Mai (1881—1930) für Trier

Für jedes klimatologische Element läßt sich durch Berechnung von  $J$  feststellen, mit welcher Genauigkeit es meßbar, bzw. beobachtbar ist, und diese Werte lassen sich unter den einzelnen Elementen vergleichen.

Der Informationswert  $J_p$  einer Vorhersage kann höchstens so groß sein wie der in den Beispielen genannte klimatologische Informationswert  $J_k$ .

$$J_p \leq J_k$$

Dieses Maximum ist bei den kategorischen Vorhersagen der Vorhersagekarten gegeben. A priori ist es offensichtlich leichter, bei einer Alternativ-Vorhersage ( $J_p = 1$  bit) einen Treffer zu erzielen als bei einer Vorhersage von höherem Informationswert (etwa  $J_p = 3$  bit = 8 äquifrequente Klassen).

Je größer der Informationswert einer Vorhersage, desto geringer ist die Chance ihres Zutreffens.

Jede Vorhersageprüfung muß eine Angabe über den Informationswert der geprüften Vorhersage enthalten. Nur Vorhersagen mit gleichem Informationswert sind untereinander vergleichbar.

### Die Rolle des Zufalls

Vorhersagen kann man auch erwürfeln. Rein durch Zufall kann man Treffer erzielen, wie man Fehlvorhersagen machen kann. Das Würfeln ist durchaus nicht wörtlich zu nehmen. Auch nachgewiesenermaßen einflußlose Parameter wie Mondphasen oder Planetenstellungen können die Rolle des blindlings arbeitenden Würfels übernehmen. Von einer wissenschaftlichen Leistung kann man erst dann sprechen, wenn man überzufällig viele Treffer erzielt.

Jede Leistung einer Serie gegebener und geprüfter Vorhersagen ist mit der Leistung von Blindlingsvorhersagen zu vergleichen.

Besitzt man keinerlei Kenntnis über die Eigenschaften vorherzusagender Elemente beim Auswürfeln oder beim einfachen Ziehen von Kugeln aus einer gut durchmischten Urne, dann spricht man von *Sinnlosen Blindlingsvorhersagen*.

Einem Wesen von einem anderen Stern, auf die Erde versetzt, würde es z. B. so ergehen. Wir Menschen dagegen haben aus eigenem täglichem Umgang mit dem Wetter oder erst recht als Klimatologen eine gewisse Kenntnis darüber, wie sich ein individuell vorher zu sagendes Element als Kollektiv verhält. Konstruiert man sich ein Urnenschema, das diese Kollektiveigenschaften darstellt und zieht dann Kugeln zur Simulation von Vorhersagen, dann spricht man von

*Sinnvollen Blindlingsvorhersagen*.

#### *Klimatologische Vorhersagen*

Eine solche kollektive Kenntnis kann auf zweierlei Art vorliegen. Die erste ist die aus der Klimatologie bekannte Häufigkeitsverteilung. Man kann sie zur Grundlage eines Urnenschemas machen oder z. B. einfach immer den arithmetischen Mittelwert oder den Medianwert vorhersagen und spricht dann von einer klimatologischen Vorhersage.

#### *Persistenzvorhersagen*

Viele Elemente zeigen eine ausgesprochene Erhaltungsneigung, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß der Zustand am Ausgabetermin einer Vorhersage (Vorhersagetermin) am 1., 2., ... Folgetermin erhalten bleibt (innerhalb der Vorhersagegenauigkeit) ist größer als die Wahrscheinlichkeit einer Änderung. Benutzt man diese kollektive Eigenschaft, dann wird man ebenfalls Treffer erzielen können, mehr als bei einer sinnlosen Blindlingsvorhersage. Man spricht von einer Persistenzvorhersage.

Ergäbe der Vergleich mit sinnvollen Blindlingsvorhersagen keine echte überzufällige Leistung, dann wäre die harte Konsequenz gegeben, den Vorhersagebetrieb oder wenigstens die benutzte Methode aufzugeben, bis eine bessere Methode gefunden ist. Die derzeit ausgegebenen Langfristvorhersagen liegen nur wenig über dieser Grenze.

#### **Mittelbildung und Redundanz**

Vorhersageprüfung ist ein statistisches Problem. Kein Prognostiker kann für eine individuelle Vorhersage garantieren, daß sie zutreffen wird. Er kann jedoch, als Ergebnis einer Prüfung vieler voneinander unabhängiger Vorhersagen garantieren, daß ein bestimmter Prozentsatz aller künftigen Vorhersagen richtig sein wird. Der Schwerpunkt dieser Feststellung liegt auf dem Begriff „unabhängig“. Im allgemeinen sind aber meteorologische Größen nicht voneinander unabhängig, sondern untereinander mehr oder weniger hoch korreliert. Die Punkte einer Vorhersagekarte z. B. des Geopotentials sind voneinander abhängig. Sagt man den Wert für einen Punkt vorher, so wird damit gleichzeitig der Wert für einen Nachbarpunkt in einem gewissen Umfang mitbestimmt. Prognostiziert man ein bestimmtes

Element, z. B. die Bewölkung, so ist meistens über ein anderes, z. B. den Niederschlag gleichzeitig eine Aussage gemacht. Es ist also bis zu einem gewissen Grade überflüssig, auch über das zweite Element eine Aussage zu machen. Die Informationstheorie hat für diese Weitschweifigkeit den Ausdruck: „*Redundanz*“ geprägt. Die Angaben: „heiter und trocken“ sind in diesem Sinne redundant. Wenn es heiter ist, dann ist es auch trocken. Ist es dagegen nicht heiter, dann kann es sowohl trocken sein als auch naß. Im ersten Fall genügt die Angabe „heiter“ im zweiten Fall sind beide Angaben notwendig. Will man Vorhersagen prüfen, dann muß man vorher die Redundanz ausschalten. Prüft man, um beim Beispiel zu bleiben, aus einer Vorhersagereihe „heiter und trocken“ — „heiter und nicht trocken“ — „nicht heiter und trocken“ — „nicht heiter und nicht trocken“ die Aussagen „heiter“ und „nicht heiter“ und die Aussagen „trocken“ und „nicht trocken“ getrennt und mittelt die Ergebnisse, so wird man einen anderen Wert erhalten, als wenn man die 4 Kombinationen zusammen prüft.

Die Redundanz ist ein gutes Mittel, um Informationen gegen Störungen zu sichern. Im synoptischen Wetterschlüssel sind einige Redundanzen enthalten. Sie stört aber bei der Prüfung von Vorhersagen und verfälscht das Bild. Ein geschickter Prognostiker ist in der Lage, in seine Vorhersagen Redundanzen einzubauen, um den Treffersatz zu erhöhen. Vergleiche in diesem Zusammenhang den „Mutfaktor“ S. 16.

*Nur redundanzfreie Vorhersagen kann man untereinander vergleichen.*

#### **Wirtschaftliche Gesichtspunkte**

Vorhersagen werden letzten Endes nicht zur Begutachtung von Theorien, numerischen Methoden oder gar von einzelnen Prognostikern gegeben, sondern zur Gewinnung eines wirtschaftlichen Vorteils oder zur Abwendung eines Schadens im weitesten Sinne, d. h. bis herunter zum „Mann auf der Straße“, der sich die Frage: „Regenschirm oder nicht“ beantworten will. Zum wissenschaftlichen Risiko einer Fehlvorhersage, das rein akademisch ist, kommt ein wirtschaftliches Risiko, das von eminenter praktischer Bedeutung sein kann. Glücklicherweise braucht es nicht vom Meteorologen allein getragen zu werden. Immerhin ist zu bedenken, daß nicht nur eine unterlassene Warnung Kosten verursacht (die Kosten des Schadens, den man hätte vermeiden können), sondern daß auch eine falsch abgegebene Warnung (blinder Alarm) mit Kosten verbunden ist, nämlich den dann nutzlosen Kosten zur Verhütung eines Schadens. Ob der Prognostiker will oder nicht, er wird sich mit diesen wirtschaftlichen Fragen auseinandersetzen müssen, denn in diesem Punkt trennen sich die „vorsichtigen“ von den „mutigen“ Prognostikern, die Pessimisten von den Optimisten. Diese Fragen werden in einem besonderen Kapitel behandelt werden müssen.

Im Auftrag der WMO hat DOBRYSHMAN eine Übersicht über die in den verschiedenen Diensten angewandten Prüfmethode gegeben (4) und versucht, eine gewisse Ordnung in die Vielzahl der praktizierten Verfahren zu bringen.

## Alternativ-Vorhersagen

(in Anlehnung an DOBRYSHMAN (4))

Die 1-bit-Vorhersage, das Vorhersage-Element ist am einfachsten zu prüfen. Das Hilfsmittel ist die Vierfeldertafel.  $A_1$  bezeichnet das Auftreten,  $A_2$  das Nicht-Auftreten einer Erscheinung (Frost, Regen, Gewitter, Nebel usw.),  $P_1$  bezeichnet die Vorhersage des Auftretens,  $P_2$  die Vorhersage des Nicht-Auftretens einer Erscheinung.

	$P_1$	$P_2$	
$A_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$N_1$
$A_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$N_2$

In der Tabelle sind:

$n_{11}, n_{22}$  = Zahl der erfolgreichen Vorhersagen  
 $n_{12}, n_{21}$  = Zahl der erfolglosen Vorhersagen

Die Zahlen  $N_1 = n_{11} + n_{12}$  und  $N_2 = n_{21} + n_{22}$  hängen nicht von der Vorhersagemethode ab und geben die klimatologische Häufigkeit der Erscheinungen an. Aus ihnen läßt sich der Informationswert  $J$  berechnen, der im Falle  $N_1 = N_2$  den Wert 1 besitzt und die echte Alternativ-Aussage charakterisiert, und im Falle  $N_1 \gg N_2$  oder  $N_2 \gg N_1$  einen Wert etwas über Null besitzt und eine unechte Alternativ-Aussage charakterisiert, wobei eine der beiden Erscheinungen  $A$  sehr selten auftritt.

Eine Auswertung nach  $A_1$  und  $A_2$  getrennt ergibt folgendes Bild: Wir nennen  $\alpha$  die relative Anzahl erfolgloser Vorhersagen für  $A_1$ ,  $\beta$  dasselbe für  $A_2$ . Dann ist

$$\alpha = \frac{n_{12}}{n_{11} + n_{12}} \quad \beta = \frac{n_{21}}{n_{21} + n_{22}} \quad [2.1]$$

Nehmen wir weiterhin an, daß die Prüfung zweier Methoden  $M_1$  und  $M_2$  die Fehler  $\alpha_1$  und  $\beta_1$ , bzw.  $\alpha_2$  und  $\beta_2$  ergab. Sind die beiden Ungleichungen  $\alpha_1 < \alpha_2$  und  $\beta_1 < \beta_2$  zur selben Zeit richtig, dann ist bestimmt die Methode  $M_1$  besser als die Methode  $M_2$ . Es kann indessen vorkommen, daß

$$\begin{aligned} \alpha_1 < \alpha_2 \text{ aber } \beta_1 > \beta_2 \\ \alpha_1 > \alpha_2 \text{ aber } \beta_1 < \beta_2 \end{aligned}$$

In solchen Fällen wird man keiner der beiden Methoden ohne weiteres den Vorzug geben können, und man muß eine genauere Analyse anstellen im Hinblick auf die wirtschaftliche Anwendung der Vorhersage (siehe Beitrag Nr. 6).

Betrachten wir einige Sonderfälle:  $\alpha = 0, \beta = 0$  entspricht der idealen Vorhersage. In diesem Fall sieht die Vierfeldertafel so aus:

	$F_1$	$F_2$	
$A_1$	$N_1$	0	Ideale Vorhersage
$A_2$	0	$N_2$	

Theoretisch könnte man sich einen anderen Extremfall vorstellen:

	$F_1$	$F_2$
$A_1$	0	$N_1$
$A_2$	$N_2$	0

In diesem Falle sind  $\alpha = 1$  und  $\beta = 1$ . Das ist natürlich das schlechtest mögliche Resultat. Nach einiger Erfahrung wird der Benutzer indessen merken, daß er die Qualität der Vorhersagen verbessern kann, wenn er  $F_1$  für  $F_2$  und  $F_2$  für  $F_1$  setzt, d. h. die Vorhersagen umkehrt. Untersuchen wir das Gesetz der Fehlertransformation für  $\alpha$  und  $\beta$  im allgemeinen Fall der umgekehrten Vorhersage. Die Werte, die der Methode der umgekehrten Vorhersage entsprechen, sollen durch einen ' gekennzeichnet werden. Offensichtlich ist dann  $n_{11}' = n_{12}$ ,  $n_{12}' = n_{11}$ ,  $n_{21}' = n_{22}$  und  $n_{22}' = n_{21}$ . Folglich ist  $\alpha' = 1 - \alpha$  und  $\beta' = 1 - \beta$ .

Wir werden dann eine Vorhersagemethode als Falschinformation bezeichnen, wenn die Umkehrung anfängt, besser zu werden. In diesem Fall ist  $1 - \alpha < \alpha$  und  $1 - \beta < \beta$ , woraus folgt, daß für eine Falschinformations-Vorhersage  $\alpha > 1/2; \beta > 1/2$ .

Wie werden als „regulär“ eine Vorhersagemethode bezeichnen, welche keine Falschinformation liefert, die z. B. nicht substantiell durch eine Umkehrtechnik geprüft werden kann. In der Praxis jedenfalls werden keine Falschinformations-Methoden benutzt. Sie könnten ja immer durch Umkehrung vermieden werden. Wir werden in Zukunft nur reguläre Vorhersagen betrachten. Wenn wir annehmen, daß eine Methode regulär ist, dann folgt daraus, daß mindestens eine der beiden Zahlen  $\alpha$  oder  $\beta$  kleiner ist als  $1/2$ . Es kann ferner angenommen werden, daß  $\alpha + \beta \leq 1$ , weil wir dann, wenn  $\alpha + \beta > 1$ , bei Anwendung der Umkehrvorhersage erhalten würden:  $\alpha' + \beta' = 2 - (\alpha + \beta) < 1$ .

Festzuhalten ist, daß aus der Bedingung  $\alpha + \beta \leq 1$  und aus den positiven Werten von  $\alpha$  und  $\beta$  folgt, daß mindestens eine der beiden Zahlen  $\alpha$  und  $\beta$  nicht größer als  $1/2$  ist.

Führen wir einen Wert ein:

$$Q = 1 - (\alpha + \beta) \quad [2.2]$$

Im allgemeinen wird  $Q$  ein Vorzeichen tragen, aber im Falle der Umkehrung wird sich auch das Vorzeichen umkehren. Es ist augenscheinlich, daß  $Q = 1$  dem Fall der idealen Vorhersage entspricht, weil  $\alpha$  und  $\beta$  keine negativen Werte annehmen können. Untersuchen wir den Fall  $Q = 0$ , welcher der Gleichung

$$\alpha + \beta = 1$$

entspricht. Man kann zeigen, daß in diesem Falle die Vorhersagemethode als *sinnlose Blindlingsvorhersage* (Zufallsvorhersage) angesehen werden kann, weil der Text der Vorhersage P und der Text der Erscheinung A statistisch unabhängig sind.

Der Wert  $Q = 1 - (\alpha + \beta)$  ist ein wichtiger Verbund-Index für die Güte einer Vorhersage. Wir wollen ihn, mit 100 multipliziert allgemein als *Treffersatz* bezeichnen.

Er ist ein notwendiges, aber kein hinreichendes Maß für den Wert von Alternativ-Vorhersagen.  $\alpha$  und  $\beta$  spielen bei wirtschaftlichen Anwendungen unter Umständen eine noch größere Rolle.

Bedeutet  $A_1$  ein schädliches Ereignis, z. B. Sturm und  $F_1$  eine Sturmwarnung, dann bedeutet  $\alpha$  die Zahl der unterlassenen Warnungen, der Überraschungen (Sturm aufgetreten, aber nicht vorhergesagt),  $\beta$  dagegen bedeutet die Zahl der Fälle mit blindem Alarm (Sturm vorhergesagt, aber nicht aufgetreten).

Eine völlig untergeordnete Rolle spielt der Treffersatz Q bei unechten Alternativ-Vorhersagen mit kleinem Informationswert J. Das schon mehrfach erwähnte Beispiel des Taifuns möge das veranschaulichen. Auf 100 Tage mögen 2 Tage mit einem Taifun kommen. Diese Aussage hat einen Informationswert von  $J = 0.14$  bit.

Wir wollen 4 Fälle unterscheiden:

Fall 1: Beide Taifune wurden vorhergesagt, kein blinder Alarm.

Fall 2: Nur 1 Taifun wurde vorhergesagt, der andere kam überraschend, es wurde aber einmal blinder Alarm gegeben.

Fall 3: Beide Taifune kamen überraschend.

Fall 4: Beide Taifune wurden vorhergesagt, aber es wurde auch zweimal blinder Alarm gegeben.

Die Vierfeldertafeln und die Maßzahlen sehen dann wie folgt aus:

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Treffersatz $Q =$	100%	98%	98%	98%
Überraschungen $\alpha =$	0	1	2	0
Blinder Alarm $\beta =$	0	1	0	2

Über den Fall 1 der idealen Vorhersage ist weiter nichts zu sagen: Treffersatz 100%. Die Fälle 2 bis 4 haben alle denselben hohen Treffersatz von 98%, aber jeder Fall ist anders gelagert. Im Fall 4 wurden ebenfalls alle beiden Taifune richtig erfaßt; aber es wurde in zwei Fällen blinder Alarm gegeben, zweifellos ein wertvolles Ergebnis, im Fall 2 wurde nur ein Taifun erfaßt, der andere kam überraschend, ein Mal wurde blinder Alarm ausgelöst. Diese Vorhersage ist sicherlich weniger wertvoll, im Fall 3 wurde kein Taifun vorhergesagt, beide kamen überraschend. Diese Vorhersage ist völlig wertlos trotz des Treffersatzes von 98%.

### 3 Vorhersagen hoher Information

Überarbeiteter Auszug aus DOBRYSHMAN, Review of Verification Techniques

Mit der Ausweitung der Vorhersagegenauigkeit von der 1-bit-Vorhersage auf 2 bit, 3 bit, ..., d. h. mit der Vermehrung der Zahl der Klassen, werden die Prüftabellen sehr rasch immer umfangreicher, aus der Vierfeldertafel der 1-bit-Vorhersage wird eine 16-Feldertafel der 2-bit-Vorhersage usw. Die Maßzahlen drücken dann nicht mehr nur ein Eintreffen oder Nicht-Eintreffen aus, sondern auch ein „teilweises Eintreffen“, gemessen an den Bedürfnissen, die bei der wirtschaftlichen Anwendung durch den Verbraucher von Vorhersagen auftreten. Die Werte  $\alpha$  und  $\beta$  aus der Alternativprognose werden aufgeschlüsselt. Hier muß man auf der Grundlage bestimmter Voraussetzungen eine Tafel der *Gewichtskoeffizienten* aufstellen, welche die Pläne des Verbrauchers umreißen. Beim Vergleich zweier Vorhersagemethoden für denselben Verbraucher, d. h. bei der Benutzung derselben Gewichtsmatrix werden wir diejenige als die bessere auswählen, welche die niedrigsten Werte von  $\alpha$  und  $\beta$  für die Gradation auf der Prüftabelle aufweist. Indessen wird es kein eindeutiges Kriterium für die Überlegenheit der einen über die andere Methode geben, wie das bei Alternativ-Vorhersagen der Fall war.

Eine mögliche Annäherung an eine Lösung wird im folgenden für eine Erscheinung mit 3 Klassen  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  versucht. Wir stellen die „Gewichts-Matrix“ auf:

	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$
$F_1$	1	$g_{12}$	$g_{13}$
$F_2$	$g_{21}$	1	$g_{23}$
$F_3$	$g_{31}$	$g_{32}$	1

Erstens sollte allgemein gelten:

$$g_{13} < g_{12} \text{ und } g_{31} < g_{32}$$

weil eine Vorhersage umso weniger erfolgreich ist, je weiter die beobachtete Klasse von der Vorhersage entfernt ist. Zweitens kann (und in der Regel sollte) sie unsymmetrisch sein, so daß allgemein

$$g_{12} \neq g_{21} \text{ und } g_{23} \neq g_{32}$$

$g_{31}$  und  $g_{13}$  können den Wert Null haben.

Die Asymmetrie der Gewichtsmatrix folgt aus der Vorbedingung, daß alle trivialen Anwendungen von Vorhersagen gleichwertig sind. Das heißt, eine Blindlings-

vorhersage für irgend eine Klasse erhält denselben Satz. Wenn wir weiterhin bedenken, daß es zwei Typen von Vorhersagefehlern gibt, *falschen Alarm* und *Unterlassung*, dann müssen wir zulassen, daß die Konsequenzen einer Unterlassung allgemein strenger sind. Dabei wächst die Schwere der Konsequenz mit der Abweichung des vorhergesagten Phänomens von den üblichen Bedingungen. Aus diesem Grunde nehmen wir an, daß ein Fehler von einer Klasse in einer Vorhersage mit dem Text  $F_1$  weniger ernst zu nehmen ist als ein Fehler von einer Klasse in einer Vorhersage mit dem Text  $F_2$ . Daher ist die Asymmetrie der Gewichts-Matrix nicht allein bedingt durch die Natur der Vorhersage, sondern auch durch Überlegungen (wenn auch vielleicht nur tastend und unvollständig) wirtschaftlicher Art.

Eine solche Gewichts-Matrix erlaubt dann die Vorhersageprüfung auf der Basis der Leistung des Prognostikers allein und nicht auf der Basis der Anwendung.

Sollen für die 3 Klassen Wahrscheinlichkeitsvorhersagen gemacht werden, dann wird die Vorhersage immer genau so aussehen. Sie wird immer 3 positive Zahlen enthalten:  $p_1, p_2, p_3$  (unter der Bedingung, daß ihre Summe gleich 1 bzw. 100% ist), welche als wahrscheinliches Auftreten der Klassen  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  in der Zukunft angesehen werden. Wenn  $p_1 = p_2 = p_3$ , dann entspricht diese Vorhersage einer Blindlingsvorhersage: sie enthält keine wertvolle Information. Die Vorhersage

kann nur dann nützliche Information enthalten, wenn eine Zahl  $p$  definitiv höher (oder niedriger) ist als die klimatische Persistenz der entsprechenden Klasse.

Je größer die Zahl der Klassen wird, desto unübersichtlicher wird die Prüfung durch die Mehrfeldertafel. Es werden dann *andere Maßzahlen* und *Verbund-Indices* eingeführt werden müssen. Die Allzweck-Vorhersagen werden in den meisten Fällen auf die Vorhersage der hauptsächlichsten meteorologischen Elemente gegründet: Druck, Wind, Temperatur, Feuchte. Dabei werden mehr und mehr numerische Prognosenverfahren auf der Basis mathematischer Modelle benutzt. Damit wird eine objektive Prüfung auf Grund anderer Maßzahlen möglich (siehe Beitrag Nr. 5).

Es sind das in erster Linie die Streuung (mittlerer quadratischer Fehler, engl. mean root square error) und der Korrelationskoeffizient  $r$ . Beide Größen lassen sich aus den Mehrfeldertafeln ohne weiteres berechnen.  $r$  ist die Erweiterung des Treffersatzes  $Q$  aus der Vierfeldertafel der 1-bit-Vorhersage mit allen Nachteilen, die ihm anhaften, wie die Beispiele auf Seite 7 zeigen. Bei Vorhersagen sehr hoher Information, wie es die Vorhersagekarten darstellen, wird  $r$  nicht mehr aus der Mehrfeldertafel berechnet, sondern direkt nach der Formel [5.1]. Auf die Verwendung einer Gewichts-Matrix wird dann bei solchen Vorhersagen überhaupt verzichtet.

## 4 P. HESS, Offenbach Textvorhersagen

Wie alle Vorhersageprüfungen hat auch die Prüfung von Textvorhersagen zwei Ziele:

die Leistungsfähigkeit der Vorhersagedienste zu testen und der interessierten Öffentlichkeit die mittlere Trefferquote und damit auch ein Maß für die Zuverlässigkeit der Vorhersagen zur Kenntnis zu geben;

Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Wetterlage, speziellen regionalen Gegebenheiten (z. B. Orographie) und dergleichen zu finden, die zu einer Verbesserung der Vorhersagen führen können.

### Begriffsbestimmungen

Unerlässlich für eine zuverlässige Prüfung von Textvorhersagen ist eine einheitliche Festlegung der in den Prognosen benutzten Bezeichnungen oder Begriffe des Wetterzustandes. Deshalb wurden im Deutschen Wetterdienst zunächst „*Begriffsbestimmungen für Textprognosen*“ ausgearbeitet. Für die wichtigsten Wetterelemente Bewölkung, Niederschlag, Temperatur und Wind wurden den einzelnen Begriffen eindeutige Beobachtungen zugeordnet, wobei der geltende Wetterschlüssel weit-

gehend berücksichtigt wurde, da dies für das später zu erörternde Prüfverfahren zweckmäßig ist. Die Begriffsbestimmungen lauten wie folgt:

### Bewölkung

Begriff	Erläuterung ( $N =$ Bedeckungsgrad)
wolkenlos	$N = 0$
heiter	$N > 0$ bis $< 2/8$ bei $C_L$ oder $C_M$ , bis $8/8$ bei $C_H$
leicht bewölkt	$N = 2/8$ bis $3/8$ bei $C_L$ oder $C_M$
sonnig	$N < 4/8$
wolkig	$N = 4/8$ bis $6/8$ bei $C_L$ oder $C_M$
stark bewölkt	$N = 7/8$ bei $C_L$ oder $C_M$
bedeckt (bedeckter Himmel)	$N = 8/8$ bei $C_L$ oder $C_M$
trüb	$N = 8/8$ tiefliegende $C_L$
wechselnd bewölkt	Rückseitenwetter
Bewölkungsschwankungen	Bewölkungsgrad wechselt in längeren Zeitschnitten, nicht so rasch wie bei Rückseitenwetter

## Niederschlag

### Intensität

Begriff	Erläuterung, (12stündige Niederschlagsmenge etwa):
trocken, niederschlagsfrei im wesentlichen trocken überwiegend trocken  Neigung zu Niederschlägen nur unbedeutender N. leichter Niederschlag mäßiger Niederschlag starker Niederschlag	kein meßbarer Niederschlag größtenteils trocken, örtlich meßb. Niederschlag es können einzelne geringfügige Niederschläge auftreten (bis ca. 0,3 mm) (0,3 bis 2 mm) (> 2 bis 5 mm) (> 5 mm)

### Verbreitung und Dauer

#### räumlich

vereinzelt	} Niederschlag auf kleinstem Gebiet oder in einer Großstadt nicht in allen Stadtteilen
örtlich	
strichweise	} ein etwas größerer Teil des Gebietes
gebietsweise	
vielfach	vielerorts
verbreitet	mehr als 50% aller Stationen Niederschlag

#### zeitlich

gelegentlich wiederholt	} einzelne in zeitlicher Folge in einem oder mehreren Zeitabschnitten
zeitweise	
vielfach	zeitlich häufig
länger anhaltend	Niederschlag über eine längere Zeit hinweg
(überwiegend)	(nur in Verbindung mit „niederschlagsfrei“ oder „trocken“)

## Temperatur

### Höchsttemperaturen (°C)

Begriff	Erläuterung			
	Dezember bis Februar	März und November	April und Oktober	Mai bis September
kalt	< 0	< 2	< 4	< 8
ziemlich kalt	< 2	2—6	4—6	—
sehr kühl	—	—	—	9—13
kühl	—	—	6—10	13—17
normal	um 3	6—10	10—12	20—25
mild	3—8	8—12	12—16	—
sehr mild	8—12	12—16	16—20	—
ungewöhnlich mild	> 12	—	—	—
mäßig warm	—	—	—	17—21
warm	—	> 16	> 20	> 21—25
sehr warm	—	—	—	> 25—28
heiß	—	—	—	> 28

### Tiefsttemperaturen (°C) kalte Jahreszeit

#### Lufttemperatur in 2 m bzw. für Bodenfrost in 5 cm

geringer Frost	leichter Frost	mäßiger Frost	strenger Frost	sehr strenger Frost
—0 bis —2	—2 bis —5	—5 bis —10	—10 bis —15	< —15

## Wind

### Windstärke (Geschwindigkeit)

Beaufort	Bezeichnung	Knoten	Beaufort	Bezeichnung	Knoten
0—3	windstill, schwacher Wind, umlaufender Wind	0—10	8	stürmischer Wind	34—40
4	mäßiger Wind	11—15	9	Sturm	41—47
5	frischer Wind	16—21	10	schwerer Sturm	48—55
6	starker Wind	22—27	11	orkanartiger Sturm	56—63
7	starker bis stürmischer Wind	28—33	12	Orkan	ab 64

### Windrichtung

Genauigkeit von  $\pm 45^\circ$ , deshalb nur die Richtungen N, NE, E, SE, S, SW, W, NW angeben.

„Uneinheitliche Richtung“ nur bei „schwachwindig“ (0—10 Kt).

### Das Prüfverfahren

Das Prüfverfahren hat zur Grundlage die Gegenüberstellung von vorhergesagten und eingetretenen Wettererscheinungen. Im täglichen Vorhersagedienst werden im allgemeinen nur die für die Verbraucher wichtigsten Wetterelemente erfaßt, das sind *Bewölkung*, *Niederschlag*, *Temperatur* und *Wind*, wobei bei der Bewölkung auch der *Nebel*, beim Niederschlag auch *gewittrige* Erscheinungen und beim Wind die *Böen* Berücksichtigung finden. Die genannten Wetterelemente werden jeweils in 3 bis 5 Klassen unterteilt (s. u.), um den Arbeitsaufwand in tragbaren Grenzen zu halten. Da es sich bei den vom Deutschen Wetterdienst über die allgemeinen Kommunikationsmittel (Funk, Presse) verbreiteten Wettervorhersagen fast stets um *Bereichsvorhersagen* für größere Gebiete handelt, muß die Prüfung räumlich durch Vergleich an mehreren repräsentativen Beobachtungsstationen durchgeführt werden. Jede Vorhersage ausgebende und prüfende Stelle sollte deshalb — je nach Größe und orographischer Beschaffenheit des Vorhersagegebietes — 2 bis 4, gegebenenfalls auch mehr Beobachtungsstationen in einer für den Vorhersagebereich möglichst repräsentativen Verteilung als Teststationen auswählen.

Das vorliegende Prüfverfahren beruht auf einem Punktesystem. Für jede Vorhersage können maximal 100 Punkte vergeben werden, was dann einer Eintreffquote von 100 % entspricht. Diese 100 möglichen Punkte verteilen sich auf die einzelnen vorhergesagten Wetterelemente entsprechend ihrer Bedeutung für den „Durchschnittsverbraucher“ wie folgt:

Niederschlag	bis 40 Punkte
Temperatur	bis 30 Punkte
Bewölkungsmenge	bis 20 Punkte
Wind	bis 10 Punkte

Die Summe aller erreichten Punkte ist gleichzeitig der Trefferprozentsatz. Wenn die Vorhersagen an mehreren Teststationen geprüft werden, bestimmt sich die Trefferquote der Gesamtvorhersage als Mittelwert der Trefferpunkte der einzelnen Stationen.

### Bewertungsschema

Im folgenden sind jeweils mehrere gebräuchliche Bezeichnungen für ähnliche Wettererscheinungen zu Aus sagegruppen zusammengefaßt, die mit Buchstaben (a, b, c . . .) gekennzeichnet sind.

In Einzelfällen kann es sicher zu Unklarheiten kommen, wie die Bewertung vorzunehmen ist, wenn das betreffende Ereignis nicht in der Bewertungstabelle unmittelbar angesprochen ist. In diesen Fällen wird im allgemeinen das nächstverwandte der angegebenen Wettererscheinungen gewählt; gegebenenfalls kann auch das Mittel aus zwei benachbarten Angaben gebildet werden. Für einige Fälle werden in der Anweisung auch besondere Hinweise unter den „Bemerkungen“ gegeben. Werden zum Beispiel keine Hinweise auf die Bewölkungsmenge, die Temperatur oder den Wind gegeben, so wird — wie bei einer Fehlprognose — die Punktzahl 0 für das betreffende Element gegeben. Wurde keine Niederschlagsprognose gegeben, so gilt dies als Aussage „trocken“.

*Bedeckungsgrad* — maximal 20 Punkte  
Bezeichnungen (Beispiele):

- |  |                     |
|--|---------------------|
| (a) wolkenlos                          | Maßzahl für         |
| heiter bis wolkenlos                   | N = Gesamtbedeckung |
| heiter                                 | 0—3/8               |
| leicht bewölkt                         |                     |
| geringe Bewölkung                      |                     |
| nur hohe Bewölkung (unabhängig von N!) |                     |
| (b) wolzig                             | 4/8—6/8             |
| wechselnd wolzig                       |                     |
| wolzig, zeitweise heiter               |                     |
| heiter bis wolzig                      |                     |
| (c) wechselnd, vielfach stark bewölkt  | 7/8—8/8             |
| stark bewölkt                          |                     |
| wolzig bis bedeckt                     |                     |
| bedeckt                                |                     |
| neblig-trüb (Schlüsselziffer 9)        |                     |

Punktverteilung:

vorherg. \ eingetr.	a	b	c
a	20	10	0
b	10	20	10
c	0	10	20

Tab. 4.1  
(Gewichtsmatrix nach Seite 7)

Bemerkungen:

1. Treten nur hohe Wolken (Cirren) auf, dann wird unabhängig von deren Bedeckungsgrad der Buchstabe a gewählt. In diesen Fällen wird in den Vordruck Prog/Prüf 1 unter Beobachtungen bei N die Bezeichnung Ci angefügt.
2. Wurde Nebel vorhergesagt, der aber nicht eintrat oder umgekehrt, so erfolgt ein Abzug von 5 Punkten, sofern die Punktzahl nicht bereits 0 beträgt.
3. Kombinationen zweier Klassen (z. B. a/b, b/c) sind in Ausnahmefällen möglich. Die Punkte werden dann gemittelt. Beispiel: vorhergesagt a/b, eingetreten b. Die Kombination a—b ergäbe 10 Punkte, b—b 20 Punkte, Mittel also  $P = 15$  Punkte.

Niederschlag — maximal 40 Punkte

Bezeichnung:	Maßzahl für RR <sub>06</sub> bzw. RR <sub>18</sub> Uhr
(a) trocken kein nennenswerter Niederschlag unbedeutender Niederschlag	0 bis 0.3 mm
(b) leichter Niederschlag zeitweise leichter Niederschlag strichweise Niederschlag örtlich leichter Niederschlag	> 0.3 bis 2 mm kein Schauercharakter
(c) mäßiger bis starker Niederschlag länger anhaltender Niederschlag verbreitet Niederschlag	> 2 mm kein Schauercharakter
(d) einzelne Schauer (schauerartige Niederschläge) örtlich leichte Schauer	> 0.3 bis 5 mm
(e) verbreitet Schauer kräftige Schauer Schauer, teils größerer Ergiebigkeit gewittrige Schauer Gewitter	> 5 mm

Die Bestimmung der Klassen (Buchstaben) der eingetretenen Niederschläge (e) erfolgt nach Tab. 4.4. Dabei dienen die 12stdg. Niederschlagsmengen nur als Anhaltspunkte für die Zuordnungen.

Punktverteilung:

vorherg. \ eingetr.	a	b	c	d	e
a	40	10	0	10	0
b	10	40	20	30	10
c	0	20	40	20	30
d	10	30	20	40	30
e	0	10	30	30	40

Tab. 4.2  
(Gewichtsmatrix nach Seite 7)

Bemerkungen:

1. Wurden gewittrige Schauer oder Gewitter vorhergesagt, traten im gesamten Bereich jedoch kein Niederschlag überhaupt oder nur Schauer ohne Gewitter, aber keine gewittrigen Erscheinungen ein und umgekehrt, so werden 5 Punkte in Abzug gebracht.
2. Für Fehler beim vorhergesagten Aggregatzustand (Schnee, Regen), erfolgt ein Abzug von 10 Punkten.
3. Die Prognose „anfangs Regen, später in Schauer übergehend“ oder ähnlich, soll dadurch erfaßt werden, daß zu den verschiedenen Terminen unter „v“ die entsprechenden Buchstaben eingesetzt werden, z. B. um 06 GMT „c“, um 18 GMT „e“.
4. Bezüglich der Intensität unbestimmter Aussagen, wie z. B. „aufkommender, nachlassender Niederschlag“, werden die Niederschläge unter „v“ je nach der erwarteten Niederschlagsmenge als Gruppe b oder c bzw. d oder e gewertet. Das gleiche gilt für die Einordnung unter „e“. Der Gebrauch unbestimmter Aussagen sollte aber tunlichst vermieden werden. Der in der Prognose angenommene Zeitpunkt des Einsatzes bzw. Endes des Niederschlages (z. B. „nachmittags“) soll unter „v“ bei den Terminen 06 und 18 Uhr (im vorliegenden Beispiel 18 Uhr) berücksichtigt werden.

Temperatur — maximal 30 Punkte

Abweichungen der eingetretenen Temperaturen von den vorhergesagten Werten werden wie folgt bewertet:

a) 0 bis 2.0 °C	30 Punkte
b) zwischen 2.1 und 4.0 °C	20 Punkte
c) zwischen 4.1 und 6.0 °C	10 Punkte
d) > 6.0 °C	0 Punkte.

Bemerkungen:

1. Im allgemeinen werden die vorhergesagten Höchst- und Tiefsttemperaturen geprüft. Enthielt die Vorhersage anstelle der Höchsttemperatur nur Angaben für die „Tagestemperatur“, so wird für die Bewertung das Mittel  $(TT_{12} + TT_{18}) / 2$  herangezogen.
2. Die Anzahl der Punkte wird zunächst getrennt für Höchst- und Tiefsttemperaturen bzw. für die „Tagestemperaturen“ festgestellt und dann gegebenenfalls gemittelt.

3. Wird in der Vorhersage eine Temperaturspanne für die Höchst-, Tiefst- bzw. Tagestemperatur angegeben, so wird der Mittelwert für die Prüfung gewählt. Die Spanne soll 3 °C nicht überschreiten. Liegt die eingetretene Temperatur jedoch innerhalb der vorhergesagten Spanne, so gilt sie als richtig vorhergesagt (30 Punkte).
4. Wurde ein wesentliches Überschreiten ( $> + 1.0$  °C) oder Unterschreiten ( $< - 1.0$  °C) des Gefrierpunktes nicht vorhergesagt, so erfolgt ein Abzug von 10 Punkten.

Wind — maximal 10 Punkte

Bezeichnung:		mittlere Windgeschwindigkeit
a) windstill umlaufender Wind schwacher Wind	} Wind	0—10 Kt
b) mäßiger frischer mäßiger, zeit- weise starker in Böen stärker auffrischender		11—21 Kt
c) starker starker, zeitweise stürmischer zeitweise stark böiger Sturm orkanartiger Wind	} Wind	$\geq 22$ Kt

Punktverteilung:

	eingetr.	a	b	c
vorherg.				
a		10	5	0
b		5	10	5
c		0	5	10

Tab. 4.3  
(Gewichtsmatrix nach Seite 7)

Bemerkungen:

1. Tritt bei Windgeschwindigkeiten  $> 5$  Kt ein Fehler der Windrichtung von 90° und mehr auf, so werden 5 Punkte in Abzug gebracht, sofern die Punktwertung nicht bereits 0 ergibt.
2. Wurden ausgeprägte Böen nicht vorhergesagt oder sind vorhergesagte stärkere Böen nicht eingetroffen, so werden ebenfalls 5 Punkte in Abzug gebracht, sofern die Punktwertung nicht bereits 0 ergibt.

### Anleitung für die Durchführung der täglichen Prüfung

Für die Prüfung der Vorhersagen werden — um den Arbeitsaufwand in vertretbaren Grenzen zu halten — nur die synoptischen Beobachtungen der Teststationen von 00, 06, 12, 18 GMT des Folgetages herangezogen.

Zur Erleichterung des Prüfverfahrens dient das Formblatt „Prog/Prüf 1“ (Abb. 4.1). Für jeden Tag soll ein derartiges Formblatt angelegt werden. Im linken Teil werden die Beobachtungen eingetragen, der rechte Teil dient dem Vergleich zwischen den vorhergesagten (v) und den im gleichen Zeitraum eingetretenen (e) Wettererscheinungen. Die Eintragungen erfolgen hier (mit Ausnahme der Temperatur) nur in den unter 2. angegebenen Buchstaben (der Klassen) für jedes Wetterelement. Anschließend werden die aus den betreffenden Tabellen entnommenen Punktzahlen eingetragen. Das Formblatt hat Platz für vier Stationen. Notfalls müssen mehrere Formblätter pro Tag angelegt werden.

### Bedeckungsgrad (Bewölkungsmenge)

Der Bedeckungsgrad eines jeden Termins wird dem Wert von N entnommen und der betreffende Buchstabe unter e eingetragen. Wurde die Bewölkungsvorhersage zeitlich unterteilt, so ist dies in Spalte v (vorhergesagt) zu berücksichtigen; anderenfalls ist für alle Termine unter v stets der gleiche Buchstabe einzusetzen. Gemittelt werden nur die Punkte der einzelnen Termine, die der Tab. 4.1 entnommen wurden. Treten nur hohe Wolken (Cirren) auf, dann wird unabhängig vom Gesamtbedeckungsgrad N der Buchstabe a gewählt.

### Niederschlag

Unter RR<sub>12</sub> werden im Beobachtungsteil (links) jeweils die 12stdg. Niederschlagsmengen in mm (also nicht als Schlüsselzahlen) eingetragen und zwar

um 06 GMT : RR des 06-Uhr-Termins (f. d. Z. 18-06 Uhr)  
um 18 GMT : RR des 18-Uhr-Termins (f. d. Z. 06-18 Uhr).

Die Feststellung der Bezeichnung des eingetretenen Niederschlags durch Buchstaben zur Bestimmung der Punkte aus Tab. 4.2 erfolgt aufgrund der Beobachtungen RR<sub>06</sub> und RR<sub>18</sub> nach Tab. 4.4.

	RR <sub>06</sub> bzw. RR <sub>18</sub> in mm	ww	W
a	00 bis 0.3	00—13, 17—19, 28, 30—49 (51)	0—4(5)
b	> 0.3 bis 2 (kein Schauer- charakter)	14—17, 20—24, 50—53, 60—61, 70—71, 76—79	5—7
c	> 2 (kein Schauer- charakter)	14—17, 20—24, 54—59, 62—69, 72—79	5—7
d	> 0.3 bis 5 (Schauer- charakter)	14—17, 25—27, 80, 83, 85, 87, 91	8
e	> 5 (Schauer- charakter)	14—17, 25—27, 81, 82, 84, 86, 88—99	8

Tab. 4.4

Dabei dienen die Schlüsselzahlen für ww und W zur Feststellung des Charakters und des zeitlichen Ablaufs der Niederschläge.

Teststation	Termin (GMT)	Beobachtungen im Vorhersagezeitraum							Bedeckungsgrad			Niederschlag			Temperatur			Windgeschw.			Summe der Punktmittel aller Elemente			
		N	dd	ff	ww	W	TT	RR <sub>12</sub>	TeTe (min)	TeTe (max)	v	e	P	v	e	P	v	e	P	v		e	P	
xxx	00	5	07	01	10	2	17	+	+	+	a	b	10				+	+	+	a	a	10	+	
	06	7	14	01	10	2	16	.	16	+	b	c	10	a	a	40	14	16	30	a	a	10	+	
	12	6	21	03	01	8	23	+	+	+	b	b	20							a	a	10	+	
	18	2	34	06	01	1	21	.	2	+	a	a	20	e	d(-5)	25	26	24	30	a	a	10	+	
	Summe																							
	Mittel																							
xxx	00	1	27	02	01	1	17	+	+	+	a	a	20				+	+	+	a	a	10	+	
	06	5	17	01	00	1	15	.	13	+	b	b	20	a	a	40	14	13	30	a	a	10	+	
	12	6	29	08	03	1	24	+	+	+	b	b	20							a	a	10	+	
	18	3	34	07	02	1	24	.	+	+	a	a	20	a	a	40	26	26	30	a	a	10	+	
	Summe																							
	Mittel																							
xxx	00	5	10	01	03	1	16	+	+	+	a	b	10				+	+	+	a	a	10	+	
	06	6	36	01	10	1	16	.	15	+	b	b	20	a	a	40	14	15	30	a	a	10	+	
	12	7	28	05	03	1	27	+	+	+	b	c	10							a	a	10	+	
	18	5	36	06	02	2	25	.	+	+	a	b	10	a	a	40	26	28	30	a	a	10	+	
	Summe																							
	Mittel																							
		Summe aller Punktmittel							+	+														
		Mittel aller Punktmittel							+	+	47.5	+	+	112.5	+	+	90							280.0
									+	+	15.8	+	+	37.5	+	+	30							93.3

Gesamtprüfungsergebnis (Trefferquote) 93.3 %

Abb. 4.1

Formblatt für die tägliche Prognosenprüfung im Deutschen Wetterdienst. Als Beispiel ist die Prüfung einer Abendvorhersage eingetragen.

Temperatur

Im linken Teil des Formblattes werden unter TT die Temperaturen (in ganzen Grad C) des jeweiligen Beobachtungstermins, unter TeTe (min.) die um 06 GMT gemeldete Tiefsttemperatur, unter TeTe (max.) die um 18 GMT gemeldete Höchsttemperatur eingetragen. Im rechten Teil des Formblattes werden in der Zeile 06 GMT unter v die vorhergesagte, unter e die beobachtete Tiefsttemperatur der Folgenacht sowie unter P die Punktzahl, in der Zeile 18 GMT die entsprechenden Angaben für die Höchsttemperatur des 1. Folgetages eingetragen. Wurden sonst keine Temperaturen vorhergesagt, so bleiben die übrigen Zeilen der Temperaturspalten (rechts) frei, es werden nur die Punkte für die Tiefst- und Höchsttemperaturen summiert und gemittelt. Wurden „Tagestemperaturen“ vorhergesagt, so sind im linken Teil des Formblattes die Temperaturbeobachtungen des 12- und 18-GMT-Termines zu summieren und zu mitteln. Das Ergebnis wird dann im rechten Teil unter Temperatur in der Zeile 12 GMT mit dem vorhergesagten Wert verglichen und die Punktzahl festgestellt. Summe und Mittel aller Punkte für die Temperatur stehen dann in den entsprechenden Zeilen „Summe“ und „Mittel“.

Windgeschwindigkeit

Im linken Teil des Formblattes werden unter dd und ff die Schlüsselzahlen eingetragen. Im rechten Teil werden unter Spalte v je nach Vorhersage entweder stets die

gleichen oder gegebenenfalls die verschiedenen Buchstaben eingesetzt. Unter e werden die für die Beobachtungen zutreffenden Buchstaben eingetragen. Die Punkte für die einzelnen Termine werden ebenfalls eingetragen und gemittelt.

Zum Abschluß werden in der letzten Spalte des Formblattes für jede Station die Mittelwerte der Punkte der vier Wetterelemente summiert. Diese Summe gibt für jede Station direkt den Trefferprozentsatz an. Die Eintreffquote für den gesamten Vorhersagebereich ergibt sich rechts unten als Mittel aus den Trefferprozentsätzen der einzelnen Stationen.

In der vorletzten Zeile wird für jedes Wetterelement die Summe der Punktmittel der einzelnen Stationen und durch Mittelung dieser Summe die mittlere Punktzahl für jedes einzelne Wetterelement berechnet.

Abb. 4.1 zeigt ein ausgefülltes Formblatt aus der täglichen Praxis, es enthält die Prüfung der Rundfunkvorhersage eines Wetteramtes; die Prognose lautete für den nächsten Tag:

„Zeitweise heiter, sonst wolzig. Nur örtlich z. T. gewittiger Niederschlag. Tiefsttemperaturen um 14 Grad und Höchsttemperaturen um 26 Grad. Schwacher, zeitweise auflebender und in Gewittern böiger Wind aus westlichen Richtungen.“

Örtlicher Niederschlag ist an der obersten Teststation zwischen 6 und 12 GMT aufgetreten (W = 8); da aber

keine gewittrigen Erscheinungen beobachtet wurden, kamen 5 Punkte zum Abzug (4. Zeile von oben unter Niederschlag).

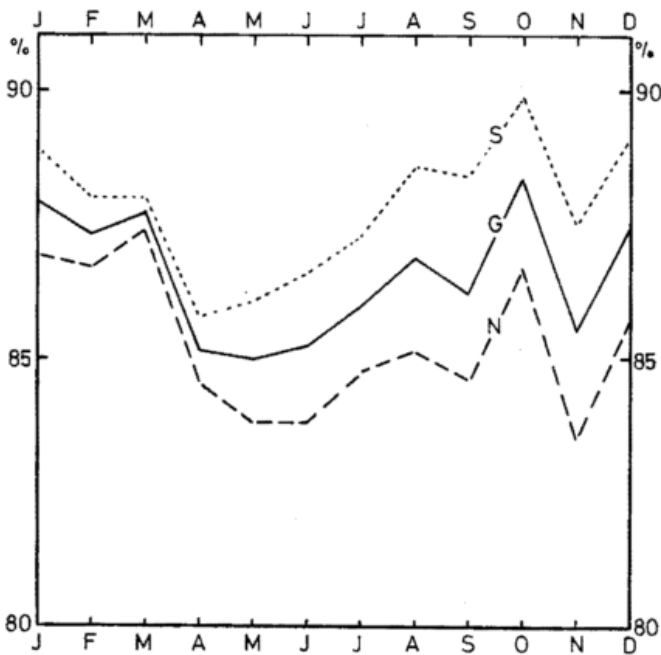


Abb. 4.2

Monatsmittel der Trefferprozente von 24stündigen Textvorhersagen im Zeitraum 1971—1974 im Bereich des Deutschen Wetterdienstes.

G = Gesamtbereich = alle Wetterämter ———

N = Nordhälfte (Berlin, Bremen, Essen, Hamburg, Hannover, Schleswig) - - - - -

S = Südhälfte (Frankfurt, Freiburg, München, Nürnberg, Stuttgart, Trier) ·····

Sicher hat das vorliegende Prüfverfahren Schwächen, aber es stellt einen Kompromiß dar zwischen objektiver Prüfung möglichst vieler Aussagen und der Notwendigkeit einer Beschränkung der Bearbeitungszeit im täglichen Dienst. Die Erfahrung mit diesem Prüfschema wird mit der Zeit sicher noch die eine oder andere Verbesserung bringen.

Grundsätzlich kann man natürlich die Prüfung auch durch eine EDV-Anlage in Erwägung ziehen, die Programmierung dürfte allerdings recht kompliziert werden, wenn man Grenzfälle, die immer wieder zu Härten führen können, berücksichtigen will. Alle Prognosen müßten verschlüsselt an die EDV-Anlage geliefert werden. Überlegungen dieser Art sind im Gange.

Das vorliegende Prüfverfahren wird im Deutschen Wetterdienst seit April 1971 täglich an allen Wetterämtern auf die 24stgde Abendvorhersage für den kommenden Tag angewandt. In Abb. 4.2 sind die Monatsmittelwerte der Trefferprozente dieser 24stgden Vorhersagen für den Zeitraum von April 1971 bis August 1974 dargestellt, und zwar für den Gesamtbereich der Bundesrepublik Deutschland (G ———), für alle Wetterämter des Nordbereichs (N - - - -) (Berlin, Bremen, Essen, Hamburg,

Hannover, Schleswig) und des Südbereichs (S ·····) (Frankfurt, Freiburg, München, Nürnberg, Stuttgart, Trier). Außer den regionalen Unterschieden (s. u.) erkennt man einen Jahresgang der Trefferprozente. Im Herbst und im Winter (Ausnahme November) zeigen die Kurven ein breites Maximum, im Spätfrühling und Frühsommer ein deutliches Minimum. Eine spezielle statistische Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Großwetterlage und Prognosengüte hat u. a. ergeben, daß Wetterlagen mit Nord- oder Ostkomponente der Grundströmung, wie sie im Spätfrühling und im Frühsommer besonders häufig sind, prognostisch schwerer zu erfassen sind als Hochdrucklagen oder Lagen mit westlicher bis südlicher Grundströmung.

Im Norden der Bundesrepublik Deutschland macht sich der wechselhaftere maritime Witterungscharakter erschwerend bemerkbar, während der bereits etwas kontinentalere Witterungscharakter des Südens die Prognosengüte durch größere Erhaltungsneigung zu begünstigen scheint.

Als Gesamtmittel aller Monate von April 1971 bis August 1974 ergeben sich folgende Trefferprozente:

Gesamtgebiet	86.4%
Nordhälfte	85.2%
Südhälfte	87.6%

Ob eine nennenswerte Steigerung dieser Zahlen erreichbar ist, ist recht fraglich, da auf kleinstem Raum Wettererscheinungen auftreten können, die prognostisch kaum erfaßt werden können.

Ein Vergleich mit Zufallsvorhersagen ist bei dieser Art der Prüfung und bei Textvorhersagen überhaupt nicht ohne weiteres möglich. Man kann hier nicht sagen, der Treffersatz einer sinnlosen Blindlingsvorhersage sei 50%, die Leistungen im Mittel von April 1971 bis August 1974 lägen also 36,4% über der Blindlingsleistung.

Beim Vergleich mit sinnvollen Blindlingsvorhersagen ist es ähnlich. Klimatologische Vorhersagen entfallen, denn die Klimawerte aus den Vorhersagegebieten stecken in den Prüfvorschriften. Daraus folgt u. a., daß diese Vorschriften nur im Bereich des Deutschen Wetterdienstes angewendet und nicht auf andere Klimagebiete übertragen werden dürfen.

Die Erhaltungsneigung ist von Element zu Element sehr verschieden, so daß ein Vergleich mit Persistenzvorhersagen von vornherein nicht durchgeführt werden kann. Ein solcher Vergleich wird nur dann möglich sein, wenn auf der Basis: „Wetter morgen so wie heute“ Parallelvorhersagen formuliert und mit dem beschriebenen Verfahren genau so geprüft werden wie die amtlichen Prognosen.

Besondere Schwierigkeiten entstehen, wenn Vorhersagen von sogenannten „Außenseitern“ geprüft und mit amtlichen Prognosen verglichen werden sollen. Wegen der dort vielfach vorhandenen Ungenauigkeit und Weitschweifigkeit in der Ausdrucksweise ist das Prüfschema oft nicht ohne Zwang anzuwenden.

Die Vorhersagekarten des Deutschen Wetterdienstes basieren im wesentlichen auf 3 Modellen, dem baroklinen 6-Flächen-Modell (BKL), dem barotropen Modell der homogenen Atmosphäre (BTP) und einem auf dem barotropen Modell aufbauenden synoptisch-numerischen 2-Flächen-Advektionsmodell (SYN). Eine Kombination der beiden ersten (BKL und BTP) ermöglicht ein Überschreiten der 48-Stunden-Grenze des baroklinen Modells um weitere 48 auf 96 Stunden (MIX).

Die Vorhersagen werden für ein Gebiet berechnet, das den größten Teil der nördlichen Hemisphäre in Form eines Achteckes überdeckt. Der Gitterabstand beträgt in 60° Breite 381 km und ist in einer stereographischen Projektion äquidistant, d. h. daß in niederen Breiten die Gitterpunktabstände auf der Erde tatsächlich wesentlich kürzer, nördlich 60° Breite dagegen ein wenig länger als 381 km sind.

Die Gitterpunktwerte für die meteorologischen Elemente wie Bodenluftdruck, Temperatur und Geopotential werden sowohl von den hemisphärischen Analysen 00 Z und 12 Z als auch von jedem der oben angeführten Vorhersagetypen auf getrennten Magnetbändern archiviert. Während die Analysen-Archivbänder unbegrenzt zur Verfügung stehen, werden die Vorhersage-Archivbänder bis zu einem Jahr aufbewahrt.

Damit besteht die Möglichkeit, bestimmte Gütemaße mit Hilfe der elektronischen Rechanlage des DWD für verschiedene Gebiete und Zeiträume zu berechnen.

### Korrelationskoeffizient

Das klassische Gütemaß ist der Korrelationskoeffizient, der eine Beziehung zwischen den vorhergesagten und eingetretenen Luftdruck- bzw. Geopotentialänderungen herstellt. Er ist definiert als

$$R = \frac{(\xi_i - \bar{\xi}) \cdot (\eta_i - \bar{\eta})}{\sqrt{(\xi_i - \bar{\xi})^2 \cdot (\eta_i - \bar{\eta})^2}} \quad [5.1]$$

wobei

$\xi_i$  = vorhergesagte Änderungen der Werte  
 $\eta_i$  = eingetretene Änderungen der Werte  
 $\bar{\quad}$  = Mittelwerte über alle Punkte einer Fläche  
 bedeuten.

Da jeweils Differenzen zum Mittelwert  $\bar{\xi}$ ,  $\bar{\eta}$  aller Änderungen gebildet werden, können mit den Korrelationskoeffizienten Niveauunterschiede und Amplitudenfehler zwischen vorhergesagten und eingetretenen Werten nicht erfaßt werden.

Würden statt der Geopotentialänderungen die Luftdruck bzw. Geopotentialwerte selbst miteinander korreliert, so kämen zwar Niveaufehler durch Absinken des Korrelationskoeffizienten zum Ausdruck. Diese

Methode hätte aber den Nachteil, daß wegen der Persistenz der großen die Karte beherrschenden Druckgebilde die Korrelationskoeffizienten weitgehend von diesen bestimmt würden, die kleinen wandernden Hoch- und Tiefdruckgebiete aber, deren richtige Lage und Intensität gerade den Hauptwert der Vorhersage ausmachen, in den Hintergrund träten.

Bei der vom DWD verwendeten Methode der Korrelation von Änderungen hingegen ergibt eine Persistenzvorhersage, bei der also keine Änderungen vorhergesagt werden, den Korrelationskoeffizienten  $R = 0$ . Diese Betrachtung zeigt, daß die Korrelation von Änderungen mehr dem wissenschaftlichen Wert der Vorhersage Rechnung trägt.

Die Verwendung von Änderungen zur Korrelation zwischen vorhergesagten und eingetretenen Werten bringt aber auch den Nachteil mit sich, daß zu Zeiten geringer Änderungen in den gemäßigten Breiten, also im Sommer, in allen Flächen die niedrigsten Korrelationskoeffizienten angetroffen werden (Abb. 5.1). Denn bei einer gradientschwachen Wetterlage können sehr leicht kleine Druckänderungen von wenigen Millibar, die dem Vorzeichen nach nicht richtig erfaßt und für die Vorhersage zuweilen ohne großen Einfluß sind, an mehreren Gitterpunkten negative Korrelationen ergeben, weil die vorhergesagte Null-Isallobare nicht mit der eingetretenen übereinstimmt.

### Mittlerer Fehler

Ein besonders im angelsächsischen Sprachbereich gern verwendetes Gütemaß ist der „root mean square error“, kurz RMS genannt. Wir wollen ihn den mittleren quadratischen Fehler nennen, der nach der Formel

$$Q = \sqrt{((\xi_i - \bar{\xi})^2 - (\eta_i - \bar{\eta}))^2} \quad [5.2]$$

berechnet wird.

Eine kleine Abwandlung der Formel in der Weise, daß statt der Wurzel über die Mittel der Quadrate der Fehler die Mittel der Absolutbeträge der Fehler genommen werden, gibt den sog. durchschnittlichen Fehler

$$F = \left| (\xi_i - \bar{\xi}) - (\eta_i - \bar{\eta}) \right| \quad [5.3]$$

Beide mittleren Fehler,  $Q$  und auch  $F$ , sind nicht in der Lage, Niveaufehler im Geopotential oder beim Luftdruck zu erfassen, da auch hier wie bei  $R$  die vorhergesagten und eingetretenen Änderungen auf ihren jeweiligen arithmetischen Mittelwert bezogen sind. Amplitudenfehler hingegen wirken sich im Gegensatz zum Korrelationskoeffizienten deutlich aus; beim mittleren quadratischen Fehler  $Q$  kommt noch hinzu, daß

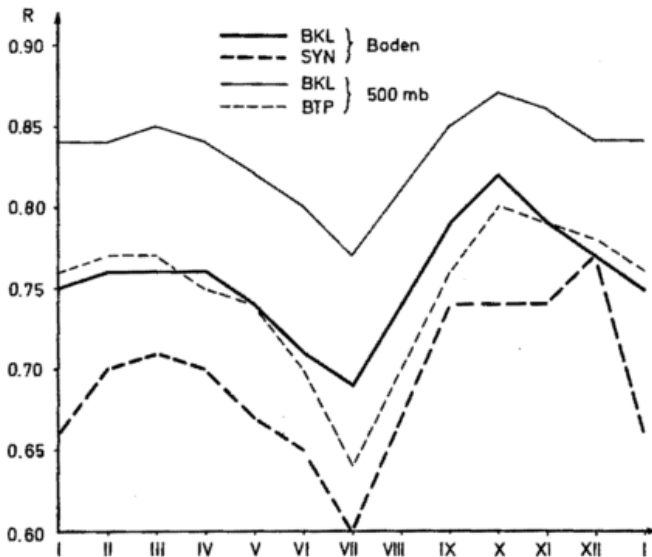


Abb. 5.1  
 Monatliche Fluktuation der Korrelationskoeffizienten Atlantik — Europa — Faksimile-Kartenausschnitt 1971—1973 (SYN: 10/73 — 9/74)

große Abweichungen infolge der Quadrierung stärkeres Gewicht erhalten als kleinere Fehler. Dadurch kommt es auch, daß der RMS fast stets höher liegt als der durchschnittliche Fehler F.

Wegen der internationalen Bedeutung des RMS wird der mittlere quadratische Fehler Q berechnet, der durchschnittliche Fehler F zum Vergleich mit früheren manuellen Berechnungen im synoptischen Dienst benötigt. Abb. 5.2, in der die Abhängigkeit einiger Gütefaktoren vom Höhengiveau dargestellt ist, zeigt eine Zunahme der beiden mittleren Fehler F und Q von 850 mb an mit der Höhe, da ja auch die interdiurnen Veränderungen des Geopotentials mit zunehmender Höhe wachsen. Am Boden sind gegenüber 850 mb etwas größere Fehler zu beobachten, obwohl zur besseren Vergleichbarkeit die Werte bereits von der Einheit  $1/10$  mb auf gpm reduziert wurden. Wegen der wesentlich größeren Stationsdichte ist das Bodenfeld in der Analyse feiner strukturiert als jede der analysierten Höhenflächen. Diese Feinheiten sind aber mit einem Vorhersagemodell, wie dem baroklinen des DWD, in dem bis Dezember 1973 nicht einmal die Orographie eingearbeitet war, kaum zu erreichen, so daß notgedrungen die absoluten Fehler zum Boden hin etwas zunehmen müssen.

**„Mutfaktor“**

Setzt man die vorhergesagten Änderungen in Beziehung zu den eingetretenen, so erhält man ein Maß für die Verstärkung bzw. Dämpfung von Druckänderungsgebieten in den verschiedenen Modellen. Der „Mutfaktor“ MQ ist die Wurzel aus dem Verhältnis der mittleren vorhergesagten zur mittleren eingetretenen Änderung nach der Gleichung

$$MQ = \sqrt{\frac{(\xi_i - \bar{\xi})^2}{(\eta_i - \bar{\eta})^2}} \quad [5.4]$$

Wie beim Korrelationskoeffizienten ist  $MQ = 1$  der Idealfall, denn dann sind die Summen der (quadratischen) vorhergesagten und eingetretenen Änderungen gleich.

Im Gegensatz zum Korrelationskoeffizienten sind aber auch Werte über 1 möglich und kommen im Einzelfall gar nicht so selten vor. So besitzt z. B. auch das seit Sommer 1973 im DWD berechnete 2-Flächen-Modell SYN, das im wesentlichen auf geostrophischer Vorticity-Advektion und thermischer Advektion beruht und zur Bodenvorhersage bis 30 Stunden Verwendung findet, einen verhältnismäßig hohen „Mutfaktor“, der bisher in jedem der betrachteten Monate über dem der baroklinen Bodenvorhersage lag und im Jahresdurchschnitt den beachtlichen Wert von 0.98 erreicht.

Die Veränderlichkeit von MQ mit der Höhe ist relativ gering (Abb. 5.2), während der „Mutfaktor“ MQ mit zunehmender Prognosendauer bei BKL bis 48 Stunden, bei BTP ab 36 bis 72 Stunden anwächst (Abb. 5.3). Diese interessante Beobachtung könnte damit erklärt werden, daß die Größenordnung der Reibung, die die Amplituden der Änderungen wesentlich beeinflusst, für längerfristige Vorhersagen besser erfaßt ist als bei Kurzfristprognosen.

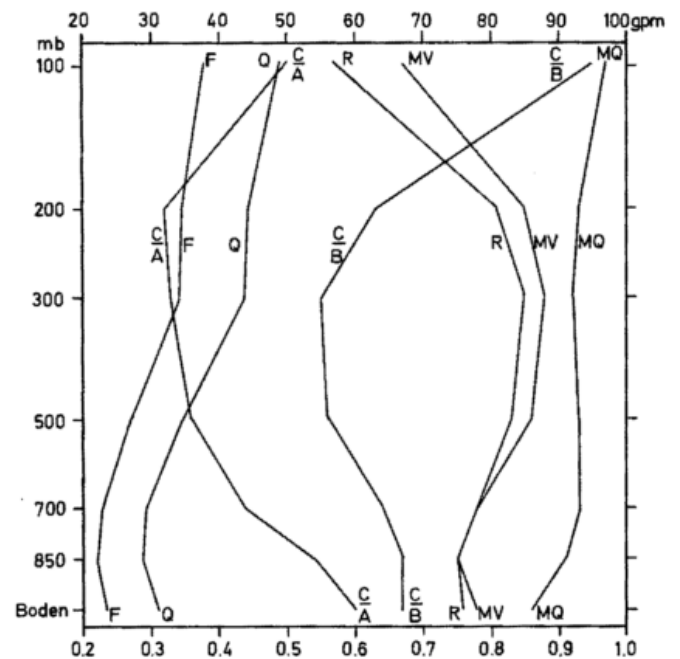


Abb. 5.2  
 Höhenabhängigkeit einiger Gütefaktoren von 24stündigen baroklinen Vorhersagen  
 Atlantik — Europa — Faksimile-Karte 1971—1973  
 Obere Skala gilt für F und Q  
 Untere Skala gilt für C/A, C/B, R, MV und MQ

**Glättungsfaktor**

Bildet man die 2. Ableitung einer Größe, z. B. des Geopotentials sowohl nach x als auch nach y und summiert diese, so erhält man den sog. Laplace

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2}, \quad [5.5]$$

der als Maß für die Krümmung bzw. Unruhe des Geopotentialfeldes dienen kann.

Wenn  $x_i$  die vorhergesagten Luftdruck- bzw. Geopotentialwerte und  $y_i$  die eingetretenen Einzelwerte darstellen, so gibt das Glättungsmaß

$$MV = \sqrt{\frac{(\nabla^2 x_i)^2}{(\nabla^2 y_i)^2}} \quad [5.6]$$

die Wurzel aus dem Verhältnis des quadratisch gemittelten Laplace des vorhergesagten zu dem des eingetretenen Feldes.

Wir sehen, daß im Gegensatz zu den bisher untersuchten Fehlermaßen hier nicht die Änderungen der Felder, sondern die Felder selbst ohne Bezug auf das Ausgangsfeld miteinander verglichen werden. Ein Glättungsfaktor  $MV = 1$  besagt also nur, daß der Grad der Unruhe durch kurzperiodische Wellen richtig erfaßt ist, ohne zu berücksichtigen, ob die einzelnen Glieder dieser Unruhe auch reell sind. Je stärker ein Vorhersagefeld geglättet ist, je stärker also die kurzen Wellen gedämpft sind, desto mehr entfernt sich der Glättungsfaktor vom Wert 1 und verringert sich.

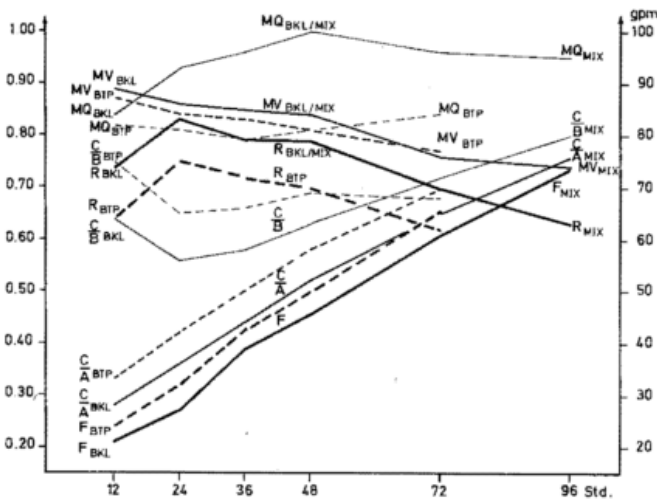


Abb. 5.3 Laufzeitabhängigkeit einiger Gütefaktoren von 500-mb-Vorhersagen des baroklinen (BKL), gemischten (MIX) und des barotropen (BTP) Modells.

Atlantik-Europa-Karte 1971—1973 (Rechte Skala gilt nur für F)

Der Glättungsfaktor  $MV$  besitzt eine Höhenabhängigkeit, die weitgehend der des Korrelationskoeffizienten entspricht (Abb. 5.2), d. h. daß im baroklinen Modell die besten Vorhersagen mit der geringsten Glättung in 300 mb berechnet werden. Während der „Mutfaktor“  $MQ$  mit der Prognosendauer wächst, nimmt der Glättungs- oder besser Krümmungsfaktor  $MV$  allmählich leicht ab (Abb. 5.3). Die mit zunehmender Vorhersagezeit zu erwartende Glättung der Vorhersagen tritt also zwar

ein, bleibt aber — wie man an der sehr geringen Abnahme von  $MV$  in allen Modellen feststellen kann — für die Wettervorhersage in erträglichen Grenzen.

### Temperaturvorhersage-Prüfung

Die vorangegangenen Betrachtungen bezogen sich ausschließlich auf Luftdruck- bzw. Geopotentialvorhersagen. Die Temperaturvorhersagen des baroklinen Modells von 850 mb bis 100 mb werden vom DWD in derselben Weise monatlich geprüft. Hierbei ergeben sich die gleichen Zusammenhänge in Bezug auf Jahreszeiten-Veränderlichkeit und eine ähnliche Abhängigkeit der Gütemaße mit der Höhe und der Laufzeit der Prognosen wie bei den Geopotentialvorhersagen mit einigen Unterschieden:

Während die mittleren Fehler  $F$  und  $Q$  und der „Mutfaktor“  $MQ$  mit der Dauer der Prognose — wie beim Geopotential — zunehmen, steigt bei der Temperatur der Korrelationskoeffizient  $R$  in 850 mb und 100 mb zunächst sehr stark, dann bis 48 Stunden allmählich an, in 300 und 200 mb nur bis 36 Stunden, und in 700 und 500 mb gestaltet sich der prognosenzeitabhängige Verlauf von  $R$  wie beim Geopotential (Abb. 5.3) mit einer Zunahme nur bis 24 Stunden und anschließender leichter Abnahme (Abb. 5.4).

Die Tatsache, daß die Analysen sowohl des Geopotentials als vor allem auch der Temperatur eine gewisse Unsicherheit aufweisen, dagegen die 12stündigen wahren Änderungen dieser Elemente noch verhältnismäßig gering sind, bedingt beim Korrelationskoeffizienten, der auf den Änderungen basiert, einen sehr niedrigen Wert für die 12-Stunden-Vorhersage. In 24 Stunden sind dann

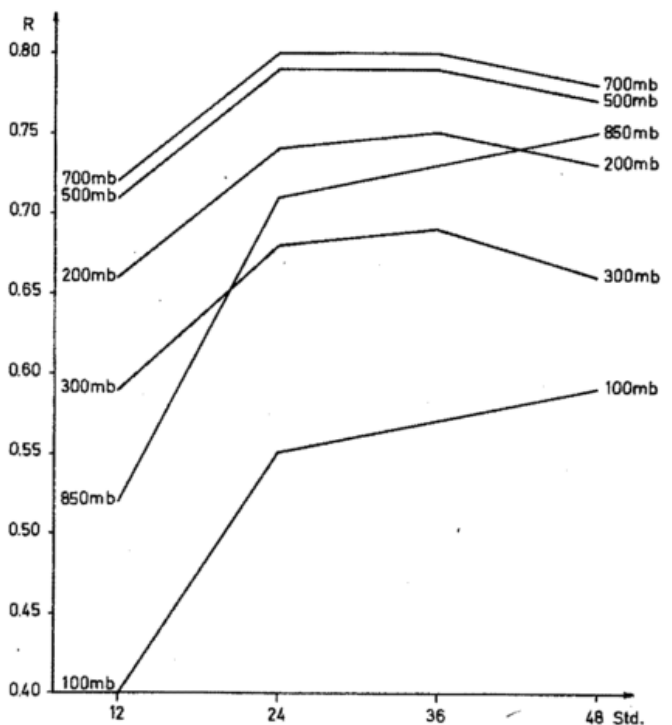


Abb. 5.4

Abhängigkeit des Korrelationskoeffizienten barokliner Temperaturvorhersagen von der Prognosendauer 1971—1973. Atlantik-Europa-Kartenausschnitt.

die reellen Änderungen beim Geopotential so stark angewachsen, daß die Unsicherheiten in der Ausgangsanalyse dagegen zurücktreten.

Bei der Temperatur spielt der Tagesgang eine bedeutende Rolle: Hier dürften die tatsächlichen Änderungen in den unteren Schichten in 36 Stunden größer sein als in 24 Stunden, so daß das Anwachsen von  $R$  über 24 Stunden hinaus in 850 mb erklärt werden kann.

In der 100-mb-Fläche sind sowohl beim Geopotential wie bei der Temperatur die Analysen am unsichersten, die echten Änderungen dazu noch am geringsten, wodurch erst nach 48 Stunden die echten Änderungen gegenüber den Pseudoänderungen wegen der Analysefehler überwiegen.

Der anomale Verlauf im Temperatur-Korrelationskoeffizienten der 300- und der 200-mb-Fläche ist mit der Lage der Tropopause zu erklären (Abb. 5.4). Daß zudem noch die Korrelationskoeffizienten der Temperatur in 300 mb kleiner ausfallen als in 200 mb (Abb. 5.5), hängt mit der sehr geringen Temperaturveränderlichkeit der 300-mb-Fläche zusammen. Die Schwankungen sind dort etwa halb so groß wie in der 200-mb-Fläche, wo über dem größten Teil der Atlantik-Europa-Karte volle Temperaturkompensation — Hochdruckgebiete und -rücken kalt, Tiefdruckgebiete und Tröge warm — herrscht.

Der Glättungsfaktor  $MV$ , der eigentlich für den Grad der Unruhe maßgeblich ist, verläuft auch bei der Temperatur mit der Laufzeit recht gut parallel zu  $R$ . Nur in der Höhenabhängigkeit (Abb. 5.5) ergeben sich Unterschiede:  $MV$  nimmt bis 500 mb zu, um dann — wie  $R$  — auf 300 mb abzunehmen. In 200 mb findet man aber — im Gegensatz zu  $R$  — eine unbedeutende Abnahme. Dagegen werden in 100 mb, wo die geringsten Werte von  $R$  sind, die höchsten Werte von  $MV$  angetroffen.

Hier muß angenommen werden, daß die Temperaturverteilung in der Stratosphäre wesentlich ausgeglichener ist, als es die barokline Modellrechnung vermuten läßt. Der Glättungsfaktor  $MV$  und auch der „Mutfaktor“  $MQ$  nehmen in 100 mb Größen von weit über 1 an, d. h. sowohl zeitlich als auch räumlich verhält sich die Temperatur der Stratosphäre ausgeglichener als im Modell vorhergesagt.

### Prüfung des geostrophischen Windes

Auf den Vorhersage-Archivbändern des DWD werden, wie anfangs geschildert, nur die Gitterpunktwerte der Elemente Luftdruck, Geopotential und Temperatur aufgenommen. Zur Prüfung der Windvorhersage kann daher nur auf die Druck- und Geopotentialfelder zurückgegriffen werden. Bei der Prüfung handelt es sich also immer um geostrophische Winde, die mit Ausnahme des Bodens ja auch für die Vorhersage insbesondere im Flugwetterdienst Verwendung finden.

Dem mittleren quadratischen Fehler  $Q$  des Geopotentials bzw. der Temperatur entspricht beim geostrophischen Wind die Beziehung

$$C = \sqrt{(\mathbf{v}_g(x_i) - \mathbf{v}_g(y_i))^2} \quad [5.7]$$



Abb. 5.5

Höhenabhängigkeit von Gütefaktoren 24stündiger barokliner Temperaturvorhersagen 1971—1973. Atlantik-Europa-Faksimile-Karten.

Im Gegensatz zu  $Q$  werden keine Beziehungen zum Ausgangsfeld hergestellt, denn  $\mathbf{v}_g(x_i)$  ist der vorhergesagte und  $\mathbf{v}_g(y_i)$  der jeweils eingetretene geostrophische Wind am betreffenden Gitterpunkt  $i$ .

Tatsächlich werden im einzelnen für jeden Punkt die Differenzen der beiden Vektorkomponenten zwischen vorhergesagtem und eingetretene Wind berechnet und daraus der sog. Fehlervektor gebildet. Die Beträge der jeweiligen Fehlervektoren werden dann quadratisch gemittelt und ergeben den Radius eines Fehlerkreises, der um die Spitze des vorhergesagten mittleren (quadratischen) Windvektors geschlagen wird.

Ähnlich wie bei den skalaren, also ungerichteten Feldern Luftdruck, Geopotential und Temperatur läßt sich zu dem mittleren quadratischen Fehlervektor  $C$  auch ein Mittelwert aus den Absolutbeträgen der Fehlervektoren nach der Beziehung

$$D = \sqrt{|\mathbf{v}_g(x_i) - \mathbf{v}_g(y_i)|} \quad [5.8]$$

berechnen. Da dieses Fehlermaß aber gegenüber  $C$  keine neuen Erkenntnisse liefert, sondern lediglich im Betrag — wie  $F$  zu  $Q$  — um etwa 20% geringer als  $C$  ausfällt, soll diese Größe in unserer Darstellung außer Betracht bleiben.

Interessanter wird dagegen das Verhältnis aus mittlerem quadratischen Windfehler  $C$  und mittlerem beobachteten Wind  $A = \sqrt{v_g^2(y_i)}$ , also

$$\frac{C}{A} = \sqrt{\frac{(\mathbf{v}_g(x_i) - \mathbf{v}_g(y_i))^2}{v_g^2(y_i)}} \quad [5.9]$$

Dieser relative Windfehler, bezogen auf den eingetretenen Wind, kann theoretisch alle Werte zwischen 0 und  $\infty$  annehmen. Er wird besonders groß, wenn die beobachteten Winde, wie im Sommer, recht schwach ausfallen. Im Idealfall ist er 0, nämlich dann, wenn der vorhergesagte mit dem eingetretenen Wind übereinstimmt.

Den kritischen Wert 1 nimmt er an, wenn der Fehler so groß ist wie der Wind selbst.

Eine andere Möglichkeit der Fehlerbetrachtung ist die Bildung des Verhältnisses aus dem mittleren quadratischen Windfehler  $C$  zur mittleren Änderung des geostrophischen Windes  $B = \sqrt{(\mathbf{v}_g(z_i) - \mathbf{v}_g(y_i))^2}$ , also

$$\frac{C}{B} \sqrt{\frac{(\mathbf{v}_g(x_i) - \mathbf{v}_g(y_i))^2}{(\mathbf{v}_g(z_i) - \mathbf{v}_g(y_i))^2}}, \quad [5.10]$$

wobei  $z_i$  die Ausgangswerte darstellen.

Der auf die Änderungen bezogene relative Windfehler

$\frac{C}{B}$  ist im allgemeinen größer als der relative Windfehler  $\frac{C}{A}$ , bezogen auf den Wind selbst, da die eingetretenen Windänderungen  $B$  auch meist kleiner sind als die tatsächlichen Winde  $A$ .

Die beiden relativen Windfehler zeigen einen völlig anderen Verlauf mit der Höhe als die absoluten (Abb. 5.2). Mit zunehmenden Winden nehmen sie vom Boden bis in die Starkwindzone unterhalb der Tropopause ab, weil die absoluten Fehler langsamer wachsen als die Winde selbst, um dann zur Stratosphäre hin wieder zuzunehmen. Dort sind nicht nur die Winde selbst wesentlich schwächer, sondern auch die interdiurnen Änderungen. Somit erklärt sich die kräftige Zunahme beider

Windfehler vom Minimum in der Starkwindzone zur 100-mb-Fläche, in der  $\frac{C}{B}$  sogar sein Maximum hat.

Bei der Abhängigkeit von der Laufzeit zeigen die beiden relativen Windfehler dagegen ein recht unterschiedliches Verhalten:

Der relative Windfehler  $\frac{C}{A}$  steigt ähnlich wie der absolute Fehler  $F$  stetig und annähernd linear bei allen Modellen mit der Prognosedauer an (Abb. 5.3).

Der relative Windfehler  $\frac{C}{B}$  hingegen, der auf den Windänderungen basiert, nimmt sowohl bei der baroklin/gemischten (BKL/MIX) als auch bei der rein barotropen (BTP) Vorhersage zunächst von 12- auf 24-Stunden-Vorhersagen ab, um erst anschließend wieder zuzunehmen.

Hier finden wir dieselbe Eigenschaft wie beim schon zuvor besprochenen und in Abb. 5.3 ebenfalls dargestellten Korrelationskoeffizienten  $R$ . Die Prognosegüte steigt von 12 auf 24 Stunden an, da in den ersten 12 Stunden die wirklichen Änderungen noch recht klein, die Analysen-Unsicherheiten aber im Verhältnis dazu groß sind. In 24 Stunden kann man genügend große Geopotential- und auch Windänderungen annehmen (Guilbert-Grossmann-Regel), die von den Modellen gut erfaßt werden und gegenüber den Analysenfehlern an Bedeutung gewinnen.

Die Prognosegüte steigt von 12 auf 24 Stunden an, da in den ersten 12 Stunden die wirklichen Änderungen noch recht klein, die Analysen-Unsicherheiten aber im Verhältnis dazu groß sind. In 24 Stunden kann man genügend große Geopotential- und auch Windänderungen annehmen (Guilbert-Grossmann-Regel), die von den Modellen gut erfaßt werden und gegenüber den Analysenfehlern an Bedeutung gewinnen.

## 6

H. C. BIJVOET, W. BLEEKER †, De Bilt, Holland

### Der wirtschaftliche Nutzen von Wettervorhersagen

(Übersetzung aus „Weather“, 1951 (1))

In dem Augenblick, als Meteorologen anfangen, regelmäßig Vorhersagen auszugeben, versuchten sie durch Prüfwerte den Wert ihres Wetterdienstes festzustellen. Obwohl jeder weiß, daß Wettervorhersagen immer größeren praktischen Wert für die menschliche Gemeinschaft haben und in Zukunft haben werden, sehen sich die Leiter meteorologischer Dienste oft genug gezwungen, Abwehrschlachten gegen die Kürzung von Haushaltsmitteln auszutragen. Zu wiederholten Malen ging es bei diesen Kämpfen um Prüfwerte, welche zeigen sollten, daß die Technik der Wettervorhersage langsam verbessert wurde, und daß die amtlichen Vorhersagen nicht so schlecht sind, wie es manchmal durch die öffentliche Meinung unterstellt wird. Wie langsam das Vertrauen in unsere Vorhersagen gewachsen ist, wird aus der Tatsache klar, daß es vor noch nicht sehr langer Zeit Mr. GOLD für notwendig hielt, am Anfang seiner „Symons Memorial Lecture“ (1947) zu sagen: „Im Hinblick auf die jüngste Kritik an den Vorhersagen mache ich, bevor ich mit einer Vorlesung beginne, den folgenden Vorschlag:

„(a) Wenn Regen vorhergesagt wurde in der Rundfunkvorhersage (BBC) für Südost-England um 17.55 Uhr, und es gibt keinen Regen in London vor 18 Uhr des nächsten Tages oder (b), wenn kein Regen vorhergesagt ist, und es gibt Regen bis 18 Uhr des nächsten Tages, werde ich jeder Person 1 Guinee (21 Schilling) zahlen, wenn diese Person sich ihrerseits verpflichtet, mir 1/2 Guinee zu zahlen bei den Gelegenheiten, wenn Regen vorhergesagt ist, und es gibt Regen, oder wenn kein Regen vorhergesagt ist, und es gibt keinen Regen. Vertrag gültig für ein Jahr mit monatlicher Abrechnung.“

Da man sich nicht vorstellen kann, daß Mr. GOLD seine Finanzen ruinieren wollte, kann der Leser unmittelbar daraus schließen, daß er Prüfwerte zur Verfügung hatte, welche zeigten, daß der vorgeschlagene Vertrag günstig war für einen pensionierten Meteorologen. Die weiteren Ausführungen in seiner Vorlesung zeigten, daß dies in der Tat der Fall war. Mr. GOLDs Angebot brachte einmal mehr das Problem des Werts von Wettervorhersagen zum Bewußtsein, nicht nur vom Standpunkt der Prüfwerte, sondern auch vom Standpunkt des „Geldverdienens“.

Es gibt da einige interessante Gesichtspunkte, welche eine Diskussion verdienen. Man kann z. B. zeigen, daß es für den Prognostiker durchaus nicht immer gerechtfertigt ist, seine Dienste der Allgemeinheit anzubieten, ohne wichtige Überlegungen angestellt zu haben. Ungeachtet der Tatsache, daß das Problem der Vorhersageprüfung noch längst nicht gelöst ist, wollen wir voraussetzen, daß es tatsächlich möglich ist, zuverlässige Prüfwerte zu berechnen; man kann dann leicht zeigen, daß eine Anzahl anderer Faktoren berücksichtigt werden müssen, bevor man sagen kann, ob Vorhersagen einen praktischen Wert haben, z. B. für bestimmte Wirtschaftszweige. Es ist notwendig, wie es Mr. GOLD zweifellos tat, die *Gewinnfaktoren* bei erfolgreichen Vorhersagen und die *Verlustfaktoren* bei erfolglosen Vorhersagen in Rechnung zu stellen. Wir wollen das an einem einfachen Beispiel demonstrieren.

Manche Gewerbezweige erfahren Verluste durch Schäden, die durch ungünstiges Wetter entstehen, die allerdings durch vorbeugende Maßnahmen vermieden werden könnten. Ein konservativer Leiter eines solchen Gewerbezweiges glaubt nicht an Wettervorhersagen, und vorbeugende Maßnahmen gegen mögliches schlechtes Wetter werden daher immer getroffen. Sein junger, eben erst eingestellter Direktionsassistent hält es indessen für notwendig, die Lage zu untersuchen; er will ausfindig machen, ob der Totalschaden, der entstehen könnte, wenn meteorologische Beratungen einbezogen werden, kleiner sein würde als die Gesamtkosten aller vorbeugenden Maßnahmen.

Der Direktionsassistent nimmt sich eine „Standard-Periode“ von 100 Tagen vor, in welcher das ungünstige Wetter an  $n$  Tagen beobachtet wurde. Er weiß, daß ohne vorbeugende Maßnahmen der durchschnittliche tägliche Verlust  $L$  sein würde; es ist ihm weiterhin bekannt, daß für vorbeugende Maßnahmen täglich ein Betrag  $P$  aufgewandt werden muß.

Jetzt sind zwei Fälle möglich, nämlich:

- (1) Der totale Verlust an den  $n$  ungünstigen Tagen ohne vorbeugende Maßnahmen ist kleiner als die totalen Kosten der vorbeugenden Maßnahmen, die an 100 Tagen aufgewendet werden müssen:

$$nL < 100P \text{ oder } \frac{P}{L} > \frac{n}{100}$$

- (2) Der totale Verlust an den  $n$  ungünstigen Tagen ohne vorbeugende Maßnahmen ist größer als die totalen Kosten der vorbeugenden Maßnahmen, die an 100 Tagen aufgewendet werden müssen

$$nL > 100P \text{ oder } \frac{P}{L} < \frac{n}{100}$$

Fall 1: Der totale Verlust ohne vorbeugende Maßnahmen ist kleiner als die totalen Kosten der vorbeugenden Maßnahmen, und es ist daher vorteilhafter, überhaupt keine vorbeugenden Maßnahmen zu ergreifen. Es ist indessen wichtig zu untersuchen, ob die Verluste durch den Gebrauch von Wettervorhersagen verringert werden können. Betrachtet man die Ergebnisse der Vorher-

sage über die Standardperiode von 100 Tagen, so findet man:

- (a) Es gibt  $a$  Tage, an welchen das ungünstige Wetter vorhergesagt wurde und tatsächlich auch eintrat. Kosten der vorbeugenden Maßnahmen  $aP$ .
- (b) Es gab  $b$  Tage, an welchen die Meteorologen eine Warnung vor den ungünstigen Umständen unterließen. Aufgetretener Schaden  $bL$ .
- (c) Es gab  $c$  Tage, für welche ungünstiges Wetter vorhergesagt wurde, aber nicht eintrat. Kosten für die umsonst veranlaßten vorbeugenden Maßnahmen  $cP$ .
- (d) Es gab  $[100 - (a + b + c)]$  Tage, an welchen — zutreffend — keine Warnung vor ungünstigem Wetter ausgegeben wurde. Keine vorbeugenden Maßnahmen, keine Schäden.

Jetzt kann der wirtschaftliche Nutzen (Benefit)  $B$  der Vorhersagen durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$B = nL - (aP + bL + cP) \text{ oder}$$

$$\frac{B}{L} = n - \left( \frac{aP}{L} + b + \frac{cP}{L} \right)$$

Da  $(a + b) = n$  oder  $a = n - b$ , können wir auch schreiben:

$$\frac{B}{L} = n - (n - b + c) \frac{P}{L} - b$$

Jetzt ist es möglich, Schaubilder für verschiedene Werte von  $a$ ,  $b$  und  $c$  zu zeichnen (Sie sind bekannt aus den Vierfeldertafeln der Alternativ-Vorhersagen) als Parameter für die Beziehung zwischen  $\frac{B}{L}$  und  $\frac{P}{L}$ . Abb. 6.1

zeigt eine solche Darstellung für  $n = 10$ , und man kann sehen, wie stark der Nutzfaktor  $\frac{B}{L}$  vom spezifischen Gewerbefaktor  $\frac{P}{L}$  abhängt. Es wird weiterhin klar, daß

*Wettervorhersagen, welche teilweise nicht eintreffen, bedeutenden wirtschaftlichen Nutzen ergeben können, daß aber andererseits sogar gute Vorhersagen nicht notwendigerweise einen wirtschaftlichen Nutzen zur Folge haben.*

Für den Prognostiker ist es von besonderem Interesse, sich über die Kurven Gedanken zu machen, wenn  $b$  und  $c$  verschiedene Werte haben, die Summe  $(b + c)$  jedoch konstant ist. Vom rein meteorologischen Standpunkt aus könnten zwei Prognostiker als gleich gut (oder gleich schlecht) angesehen werden, wenn sie beide dieselbe Ziffer  $(b + c)$  erreichen. Ein Blick auf Abb. 6.1 zeigt indessen, daß z. B. die Kurven für  $b = 2$ ,  $c = 4$  und für  $b = 4$ ,  $c = 2$  verschieden sind. Für alle Werte  $\frac{P}{L} < 0.5$

werden die Vorhersagen eines *Pessimisten* (hoher Wert von  $c$ , niedriger Wert von  $b$ ) einen größeren wirtschaftlichen Nutzen haben als die Vorhersagen eines *Optimisten* (kleiner Wert von  $c$ , hoher Wert von  $b$ ). Für alle Werte  $\frac{P}{L} > 0.5$  ist das Gegenteil der Fall.

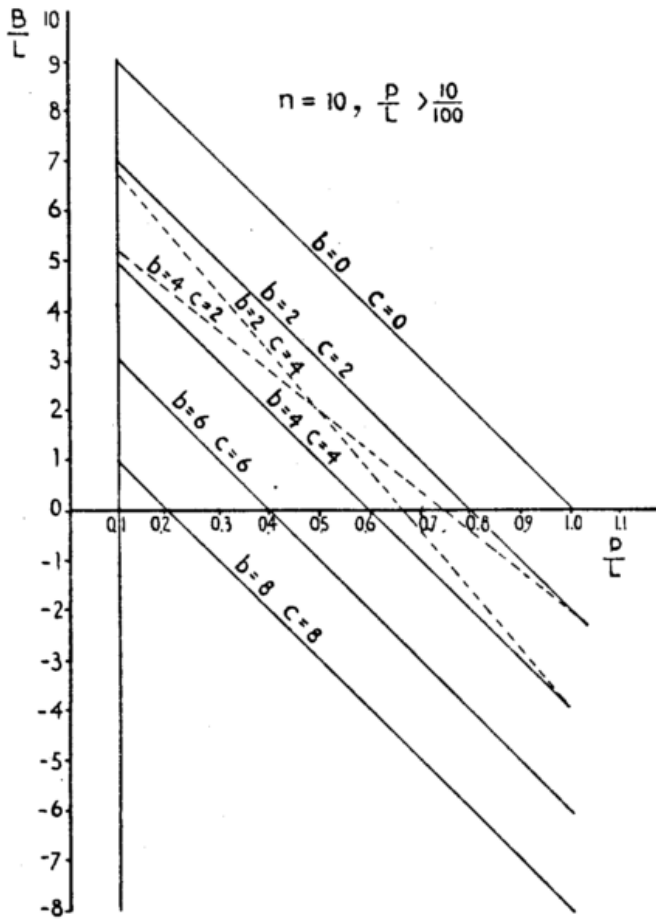


Abb. 6.1  
Die Beziehung zwischen dem spezifischen Gewerbefaktor  $\frac{P}{L}$  und dem wirtschaftlichen Nutzfaktor  $\frac{B}{L}$  für 10 ungünstige Tage aus 100 Tagen. Totaler Verlust kleiner als die totalen Kosten für vorbeugende Maßnahmen.

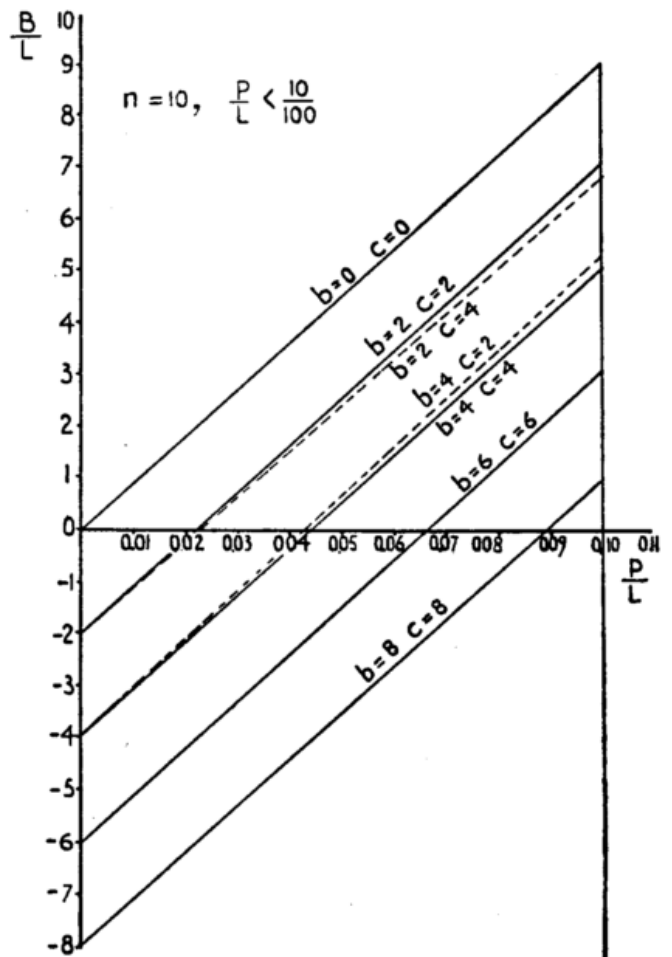


Abb. 6.2  
Die Beziehung zwischen dem spezifischen Gewerbefaktor  $\frac{P}{L}$  und dem wirtschaftlichen Nutzfaktor  $\frac{B}{L}$  für 10 ungünstige Tage aus 100 Tagen. Totaler Verlust größer als die totalen Kosten für vorbeugende Maßnahmen.

Fall 2: Der totale Verlust an den  $n$  ungünstigen Tagen ohne vorbeugende Maßnahmen ist größer als die totalen Kosten der vorbeugenden Maßnahmen. Es versteht sich von selbst, daß es in diesem Fall immer vorteilhaft ist, vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen. Immerhin ist es wichtig, zu untersuchen, ob die totalen Kosten durch Benutzung von Wettervorhersagen vermindert werden können.

Stellen wir dieselben Überlegungen an wie im Fall 1, dann kommen wir zu dem Schluß, daß der Nutzfaktor  $\frac{B}{L}$  ausgedrückt werden kann durch:

$$\frac{B}{L} = 100 \frac{P}{L} - \left( a \frac{P}{L} + b + \frac{cP}{L} \right) \text{ oder}$$

$$\frac{B}{L} = (100 - n + b - c) \frac{P}{L} - b$$

Abb. 6.2 gibt, wiederum für  $n = 10$ , die Beziehung zwi-

schen  $\frac{B}{L}$  und  $\frac{P}{L}$  für verschiedene Werte von  $b$  und  $c$ .

Dann können ähnliche Schlüsse gezogen werden wie im Fall 1.

Es ist von Interesse, daß in diesem Fall die Vorhersagen des Pessimisten von größerem wirtschaftlichem Nutzen sind als die seines „in gleicher Weise guten“ Kollegen.

Für diese sehr einfachen Beispiele zeigt es sich, daß der wirtschaftliche Nutzen von Vorhersagen von verschiedenen Größen abhängt, in welchen sogar der Charakter des Prognostikers eine Rolle spielt; kompliziertere Beispiele könnten leicht gegeben werden.

Der Meteorologe sollte daher nicht allzu bereitwillig jeden Vorschlag zur Abgabe von Vorhersagen an bestimmte Gewerbe annehmen. Neben diesem „mathematischen“ Grund sollte man sich vergegenwärtigen, daß es auch viele Zweige des Handels und Gewerbes gibt, welche Wettervorhersagen aus „psychologischen“ Gründen nicht in ihre Überlegungen einbeziehen, sogar dann, wenn die theoretischen Nutzfaktoren hoch sind.

- (1) BIJVOET, H. C.; BLEEKER, W.: The value of weather forecasts. *Weather* 6 (1951) S. 36—39.
- (2) BUSCHNER, W.; OECKEL, H.; SCHWIRNER, J.-U.; WEGNER, K. O.: Über den Leistungsstand des baroklinen Modells des Deutschen Wetterdienstes. Ergebnisse der Prüfung numerischer Vorhersagekarten 1970—1972. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 132 (1973).
- (3) BRIER, G. W.; ALLEN, R. A.: Verification of weather forecast. In: *Compendium of Meteorology*, Amer. Meteor. Soc.
- (4) DOBRYSHMAN, E. M.: Review of forecast verification techniques. WMO No. 303, Technical Note No. 120, Genf 1972.
- (5) GODSKE, C. L.: Methods of statistics and some applications to climatology. In: *Statistical analysis and prognosis in meteorology*. WMO No. 178. TP. 88, Technical Note No. 71, Genf 1966, S. 16 u. 17.
- (6) ZEMANEK, H.: *Elementare Informationstheorie*. Wien und München: R. Oldenbourg 1959.

---

## Blick nach Draußen

---

### Reise nach Moskau und Leningrad

#### *Allgemeines*

Die Aufenthalte in Moskau und Leningrad dienten informativen Besuchen bei Dienststellen und Instituten, die sich u. a. mit Fernmeß- und Fernerkundungsproblemen beschäftigen. Solche Besuche sind in der UdSSR jedoch nicht ohne Schwierigkeiten, da die angesprochenen Wissenschaftler in den meisten Fällen über die Genehmigung des Besuchs nicht selbst entscheiden können. Aus diesem Grund sind Empfehlungsschreiben an die jeweiligen Dienstleitungen unerlässlich. Trotz dieser Schwierigkeiten gelang es dem Berichterstatter, in Moskau das Institut für Atmosphärische Physik der Akademie der Wissenschaften und — gemeinsam mit H.-J. BOLLE — die Abteilung für Satellitenmeteorologie des Hydrometeorologischen Forschungszentrums der UdSSR zu besuchen.

Weitere Schwierigkeiten bestehen, solche Stellen zu erreichen. So war der Berichterstatter z. B. eine volle Stunde mit einem Taxi unterwegs, um zum Institut für Atmosphärische Physik zu gelangen, obwohl er dem Taxifahrer die genaue Anschrift schriftlich vorwies. Auch nach einem Telefonanruf bei dem Institut dauerte es noch geraume Zeit, bis der Fahrer die ihm beschriebene Straße gefunden hatte. Man muß bei Aufenthalt in der UdSSR sehr viel Zeit für organisatorische Dinge verwenden. Angelegenheiten, die in westlichen Ländern in 2 bis 3 Stunden zu erledigen sind, nehmen hier nicht selten einen vollen Tag in Anspruch.

In Leningrad waren die Voraussetzungen günstiger. Professor KONDRATYEV hatte allen Tagungsteilnehmern, die anschließend von Baku nach Leningrad kamen, je einen seiner Mitarbeiter als Betreuer zugeordnet (die meisten von ihnen waren einem schon von Baku her bekannt) und die Besuche gut vorbereitet. So waren ausführliche Unterredungen im Department für Atmosphärische Physik der Universität, das von Prof. KONDRATYEV geleitet wird, und beim Department für Optik des P. P. Shirshov Institut für Ozeanographie der Akademie der Wissenschaften (Leiter: Prof. Dr. K. SHIFRIN) möglich. Fast alle Besucher wurden gebeten, in eigens veranstalteten Seminaren über ihre Arbeiten zu sprechen. Der Berichterstatter gab in der Dienststelle von Prof. SHIFRIN auf dessen Wunsch einen Überblick über die Methodik der radiometrischen Wasseroberflächentemperaturmessung.

Die Unterbringung der meisten Institute ist gemessen an unseren Verhältnissen sehr einfach. Es ist aber auf der anderen Seite erstaunlich, was unter diesen ungünstigen äußeren Gegebenheiten gearbeitet und auch publiziert wird. Da die Veröffentlichungen zum größten Teil in Russisch erfolgen, werden sie in der Bundesrepublik viel zu wenig beachtet. Hier wäre ein Übersetzungsprogramm von allergrößtem Interesse.

#### *Abteilung Satellitenmeteorologie des Hydrometeorologischen Forschungszentrums*

Die Unterredung fand bei Dr. VETLOV, dem stellvertretenden Direktor statt. Er und Dr. BOLDYREV waren die Hauptgesprächspartner (letzterer erzählte, daß er vor einiger Zeit mit dem GARP-Komitee das Observatorium Hohenpeißenberg besucht hätte). Außerdem waren Dr. BELOV, Frau POPOVA, ein Direktionsassistent und ein Dolmetscher anwesend.

Das Forschungszentrum befaßt sich ausschließlich mit angewandter Forschung und Routineaufgaben, zu denen numerische und synoptische, aber auch hydrologische und agrarmeteorologische Vorhersagen zählen. Es wurde betont, daß die Wettersatelliten der UdSSR eine höhere Auflösung als die NOAA-Satelliten der USA besitzen. Ein Grund dafür ist ihre geringere Flughöhe. Sie sind mit TV-Kameras für den sichtbaren Bereich und Infrarot-Scannern (8 bis 12  $\mu\text{m}$  Wellenlänge) ausgerüstet. Es sind drei Aufnahmestationen für polar umlaufende Satelliten vorhanden; eine davon befindet sich in Moskau (Antennenanlage außerhalb der Stadt). Via APT werden auch amerikanische Wettersatelliten benutzt; die eigenen Satelliten besitzen keine APT-Einrichtungen. An einem geostationären Satelliten für GARP wird gearbeitet. Derzeit ist jedoch noch keiner verfügbar. Zur Erprobung von Satellitenverfahren und zur Unterfliegung von Satelliten werden zusätzliche Flugzeugmeßprogramme durchgeführt.

Neben der Aufnahme von Wolkenbildern wird aus den Scanner-Aufnahmen die Höhe der obersten Wolken und im wolkenfreien Raum die Ozeantemperatur bestimmt. Temperaturprofile der Atmosphäre werden im Routinedienst

noch nicht ermittelt. Die TV-Aufnahmen werden zu Mosaiken zusammengestellt und per Bildfunk an die Außenstellen weitergegeben. Da hierbei die Bildqualität leidet, werden Begrenzungen von Wolkenfeldern zusätzlich markiert und Einzelheiten durch Symbole gekennzeichnet.

#### *Institut für Atmosphärische Physik der Akademie der Wissenschaften*

Hier informierte sich der Berichterstatter über die Arbeiten von Dr. MALKEVICH und Frau Dr. FEIGELSON. Dr. MALKEVICH befaßt sich mit der Auswertung von Meßergebnissen der Kosmos-Satelliten und zwar sowohl im kurzwelligen als auch im thermischen Infrarot (8 bis 12  $\mu\text{m}$ ). Es geht ihm dabei in erster Linie um die Bestimmung atmosphärischer Parameter in den sog. Fensterbereichen. Deshalb benutzt er fast ausschließlich Messungen über See (gleichmäßiger Untergrund mit bekannter Temperatur). Auch hier werden die Satellitenuntersuchungen durch Flugzeugmeßprogramme ergänzt.

Frau FEIGELSONs Arbeitsgebiet ist die Energieübertragung in Wolken. Nachdem sie sich bisher vor allem mit Schichtwolken (Stratus) beschäftigte, bezieht sie nun auch die Verhältnisse bei Haufenwolken mit ein. Die theoretischen Untersuchungen werden dabei durch Messungen ergänzt.

#### *Department für Atmosphärische Physik, Universität Leningrad*

Das Department für Atmosphärische Physik gehört zum Physikalischen Institut der Universität. Hier wird Forschung im Bereich der Physik der Atmosphäre im weitesten Rahmen betrieben. Fernerkundungsverfahren spielen eine besondere Rolle und werden auch zur Erderkundung auf geographischem und geologischem Gebiet angewandt. Mit diesen speziellen Arbeiten befaßte sich vor allem A. A. GRIGORIEV.

YU. M. TIMOFEEV und Mitarbeiter bearbeiten seit bereits 10 Jahren ein umfangreiches Programm im Bereich des atmosphärischen Remote Sensing, vor allem von Satelliten aus. Es geht dabei sowohl um theoretische als auch um experimentelle Untersuchungen. Unter den behandelten Themen befinden sich z. B. die Optimierung der Satelliten-Kanäle für die thermische Sondierung, optische Sondierung von Wasserdampf und Ozon, Infrarot-Spektroskopie in Absorptions- und Fensterbereichen der Atmosphäre mit hochauflösenden Spektrographen und at-

mosphärische Parameter von anderen Planeten (Venus, Saturn). Andere Mitarbeiter und Mitarbeitergruppen befaßen sich z. B. mit theoretischen Arbeiten zur atmosphärischen Streuung unter Berücksichtigung der Aerosolverteilung (eigenes Aerosolmodell) und mit Flugzeugmessungen zur Bestimmung der Strahlungsdivergenzen in der Atmosphäre. An dem Department sind offenbar häufig auch Gastforscher tätig. Zur Zeit des Besuches war ein Angehöriger des Meteorologischen Dienstes der DDR anwesend, der bei Prof. TIMOFEEV an einer Dissertation arbeitete.

#### *Optik-Abteilung des Shirshov-Instituts für Ozeanographie*

Die Optik-Abteilung des P. P. Shirshov-Instituts für Ozeanographie befindet sich zum Teil in Moskau und zum Teil in Leningrad. Leiter beider Teile ist Prof. Dr. K. SHIFRIN in Leningrad, der dort 12 wissenschaftliche Mitarbeiter

hat; in Moskau dürften es noch einige mehr sein. Zur Zeit des Besuches war gerade eine viermonatige Expedition zur Optik des Meerwassers und der Atmosphäre abgeschlossen worden, die von Wladiwostok aus in den Indischen Ozean geführt hatte. Unter anderem hatte sie sich auch mit Auftriebswasserproblemen beschäftigt.

Zu den Arbeiten des Instituts gehören u. a. Untersuchungen über die Benutzung der Streufunktionen des Lichts zur Bestimmung von im Meerwasser suspendiertem Material, Zusammenhänge zwischen Wasseroberflächentemperatur und Plankton-Gehalt, über den Einfluß des Seegangs auf den Wärmeaustausch (Effekt der Oberflächenvergrößerung), Albedobestimmungen aus Satellitenmessungen und die Ermittlung der Albedo ausgedehnter Gebiete auf Grund der Winkelverteilung der Leuchtdichte von Wolken.

D. LORENZ, Hohenpeißenberg

---

## GARP

---

### Eröffnung des GARP Atlantik Tropical Experiment (GATE)

Das Tropische Atlantische Experiment von GARP dauerte vom 17. Juni bis 23. September 1974, d. h. 100 Tage. Das Beobachtungsnetz erstreckt sich über ein Gebiet von 20°N bis 10°S und 95°W bis 55°E, also vom tropischen Pazifik bis zum Indischen Ozean. Der Schwerpunkt des Netzes liegt mit einer Konzentration von schwimmenden Meßträgern in Form eines äußeren und inneren Hexagons im tropischen Atlantik zwischen 5° und 12°N und 20° bis 27°W und einem Mittelpunkt etwa 550 Sm südwestlich Dakar. Deswegen ist Dakar der Sitz der Kommando-Zentrale des GATE Operational Control Center (GOCC) und zugleich Hauptliegehafen der Forschungsschiffe und Einsatzhafen der Forschungsflugzeuge.

Die Pläne für das Tropische Experiment gehen bis in das Jahr 1966 zurück (es sollte ursprünglich im Pazifik stattfinden). Es war von vornherein klar, daß es nicht von einer, sondern von mehreren Nationen gemeinsam getragen werden mußte. Zeitweise gab es jedoch Zweifel, ob die „kritische Masse“ für ein sinnvolles Experiment dieser Größenordnung erreicht würde. Doch war die Reaktion aus Ländern innerhalb

und außerhalb der GATE Area so umfassend, daß die notwendigen Meßträger und Landstationen verfügbar wurden. Etwa 70 Länder sind insgesamt beteiligt, 40 Schiffe und 13 Meßflugzeuge stehen im Einsatz (11 Flugzeuge bewältigen die geforderte Strecke von 4000 km und mehr). Die notwendige Verdreifachung der Höhenaufstiege in der GATE Area wurde durch eine Beschleunigung und Vergrößerung der Aktivitäten der Welt-Wetter-Wacht in Zusammenarbeit mit der WMO und den Nationen erreicht, die das Freiwillige Hilfsprogramm der WMO (VAP) unterstützen. Das Globale Fernmeldesystem der WMO wurde auf höhere Leistungen gebracht (vermag jedoch nicht alle Höhendatensätze in real-time zu übertragen).

Um ein komplexes Feldexperiment wie GATE zu entwerfen, ist es wesentlich, seine allgemeinen wissenschaftlichen Absichten in spezifische Ziele zusammenzudrängen und diese in ein ausführliches Beobachtungsprogramm umzusetzen. Dabei besteht die Gefahr, daß zu viele Probleme auf einmal gelöst werden sollen. Sie verstärkte sich mit der steigenden Zahl von Teilnehmern,

die das Bestreben hatten, zusätzliche Experimente zu machen, um nationale Vorteile aus den einmaligen Forschungsmöglichkeiten zu ziehen. Das ist verständlich, darf aber nicht auf Kosten der vordringlichen Ziele gehen.

Aus diesem Grund hatten der Direktor der International Scientific and Management Group (ISMG) der WMO, Dr. KUTTNER, und seine Mitarbeiter ein „Zentralprogramm“ aufgestellt, das von „unterstützenden Programmen“ und „anderen Programmen“ flankiert wird (mit Prioritäten in dieser Reihenfolge). Die Größe des wissenschaftlichen Programmes machte es erforderlich, es in Unterprogramme aufzuteilen: das

Synoptic-Scale Subprogram  
Convection Subprogram  
Boundary Layer Subprogram  
Radiation Subprogram  
Oceanographic Subprogram

In der allgemeinen Formulierung ist es das Ziel von GATE, den Mechanismus zu entdecken, durch den die Sonnenenergie, die in den tropischen Ozeanen gespeichert ist, die globale Zirkulation der Atmosphäre antreibt, und diesen Mechanismus in numerische Modelle umzusetzen. Das Zentralprogramm nennt als Hauptziele:

1. die Wirkungen von kleiner-skalaren tropischen Wettersystemen auf großskalare Zirkulationen abzuschätzen;
2. die Entwicklung numerischer Modellierungs- und Vorhersagemethoden vorwärts zu treiben.

Das erste Ziel schließt Studien der Wechselwirkung der Scales und der Parameterisierung ein, das zweite wird erreicht werden durch die Lieferung einer guten Sammlung tropischer Daten.

Bei den Messungen werden 4 Skalen berücksichtigt:

A-Skala (wave scale), von 1000 bis 10000 km

B-Skala (cloud-cluster scale) von 100 bis 1000 km

C-Skala (mesoscale) von 10 bis 100 km

D-Skala (cumulus scale) von 1 bis 10 km

Unterstützt werden die Boden-, Schiffs- und Flugzeugbeobachtungen durch die Beobachtungsdaten von Wettersatelliten (USA: ATS — 3, geostat., SMS-A, geostat., wegen späten Starts nicht während der ganzen Periode verfügbar; NOAA — 2 und 3, NIMBUS — 5, möglicherweise DMSP, alle polarumlaufend. USSR: METEOR, polarumlaufend). Weitere Meßträger sind Fessel-

ballone von den Schiffen aus (Ekman-Schicht, der französische Fesselballon „ESSOR“ bis 20 km Höhe und Bojen aller Art und für verschiedene Zwecke.

Die Beteiligung der Bundesrepublik an diesem bisher größten naturwissenschaftlichen Experiment (an dem insg. 4000 Menschen beteiligt sein und durch das 100 Mio \$ Kosten verursacht werden sollen) findet auf mehreren Ebenen statt. Seit 2 1/2 Jahren sind Dr. KRAUS, München, und Dr. HÖBER, Hamburg, unter Beurlaubung von ihren Universitäten und finanziell unterhalten von der DFG, Mitglieder der ISMG in Bracknell, denen die Vorbereitung (und jetzt die Betreuung in Dakar) der Unterprogramme „Strahlung“ und „Grenzschicht“ oblag. Auf den deutschen Forschungsschiffen „Meteor“ und „Planet“ arbeiten bzw. sind an den einzelnen Programmen zahlreiche Mitarbeiter zuständiger Hochschulinstitute in Berlin, Bonn, Hamburg, Kiel, Köln, Mainz, München und des Instituts für Physik der Atmosphäre der DFVLR beteiligt. Als Meßschiff eingesetzt ist auch das Fischerei-Forschungsschiff „Anton Dohrn“, auf dem der DWD den Fahrtleiter stellt und über die Bordwetterwarte hinaus zusätzliches Personal unterhält. Auf „Meteor“ ist das Personal für die Bordwetterwarte eingeschifft, das zusätzliche Aufgaben hat (u. a. stündl. Beobachtungen).

Zum Kontrollzentrum in Dakar gehört auch eine Gruppe von Synoptikern, die im Schichtdienst die Wetterlage im GATE-Gebiet überwachen und mit Analysen und Vorhersagen die Operationsleitung unterstützen. In dieser Gruppe, die von einem Amerikaner geleitet wird, arbeitet zusammen mit mehreren französischen Meteorologen der zu dieser Dienstleistung nach Dakar beurlaubte Dezernent für den Wirtschaftswetterdienst beim Wetteramt Freiburg, Ernst IBE, der über langjährige meteorologische Erfahrungen in den Tropen verfügt. Offensichtlich ist er ein sehr beliebter und angesehener Kollege, und seine Arbeit wird von den GATE-Leuten sehr geschätzt.

Der Plan für die Behandlung der GATE-Daten sieht vor, daß fünf internationale Unterprogramm-Datenzentren die Daten überprüfen und in anerkannten Formaten an die Welt-Datenzentren Asheville/USA und Moskau zur Archivierung und Verteilung an die Benutzer weitergeben. Das Datenzentrum für das Grenzschicht-Unterprogramm wurde beim Seewetteramt in Hamburg eingerichtet.

Wenn man sich die vorstehend erwähnten Fakten über die Dimensionen von

GATE vor Augen hält, kann man verstehen, daß der Generalsekretär der WMO die beteiligten Länder aufforderte, Repräsentanten zu der feierlichen Eröffnung des Experiments durch den Präsidenten von Senegal nach Dakar zu entsenden. Im Auftrag des BMV habe ich mich zu diesem Zweck vom 21. bis 27. Juli in Dakar aufgehalten.

Der Aufenthalt, der in die heißeste Jahreszeit kurz vor Beginn der Regenzeit fiel, bot über die formelle Teilnahme an der Eröffnungszeremonie hinaus Gelegenheit, die Mitarbeiter aus dem DWD und die deutschen Hochschulleute zu besuchen, die Funktionen der Befehls- und Kontrollzentrale kennen zu lernen, Informationen über modernste meteorologische Beobachtungstechniken zu erhalten, Forschungsschiffe zu besichtigen und Kontakt und Aussprache mit bedeutenden Vertretern der Meteorologie aus dem wissenschaftlichen und staatlichen Bereich zu pflegen. Längere Unterhaltungen mit dem Botschafter der BRD in Dakar Dr. TOROK eröffneten interessante Einblicke in die politischen und wirtschaftlichen Probleme von Senegal und seiner Hauptstadt Dakar, das seine Geschichte als französische Kolonie nicht verleugnen kann und auch weiterhin sehr stark von Frankreich abhängig ist.

#### Besondere Eindrücke

Die feierliche Eröffnung von GATE fand am Nachmittag des 23. Juli in dem eigens für das Kontrollzentrum errichteten 2stöckigen Gebäude auf dem Flughafen YOFF statt. In der Vorhalle begrüßte der Präsident der Republik Senegal Leopold Sedar SENGHOR, dessen Auftreten von starken Sicherheitsmaßnahmen begleitet war (Leibwache mit gezogenen Schwertern und schwer bewaffnete Polizei, beide in malerischen roten und blauen Uniformen), die Vertreter der teilnehmenden Länder, zu denen auch das diplomatische Corps gehörte (das einschl. des Staatspräsidenten und des sowjetischen Botschafters fast ausschließlich in Mercedes-Limousinen vorfuhr). Durch ihre Wetterdienstleiter waren vertreten: Frankreich (GOSSET als Vertreter von BESSEMOULIN), BRD, UK (Dr. MASON), USA (Dr. WHITE), USSR (Vertreter von Dr. IZRAEL, Nigeria (ABAYOMI, auch als Präsident der Region Afrika), Peru (PICCONE-OCAMPO, auch als Präsident der Region Südamerika), Senegal (Dr. SECK) und Mexiko. Generalsekretär WALDHEIM hatte den örtlichen UN-Repräsentanten mit seiner Vertretung beauftragt. Entsprechend ihrem

enormen Beitrag zu GATE hatten die USA eine starke Delegation entsandt, der außer dem Administrator von NOAA der Präsident der National Science Foundation (die ähnlich wie die DFG die Teilnahme der Hochschulinstitute finanziert) und naturwissenschaftliche Berater des Präsidenten Mr. STEVER, der stellvertr. Leiter der NASA Mr. Dr. LOW, der Präsident des National Center for Atmospheric Research (NCAR) Mr. BRETHERTON, und der Sekretär der Amerikanischen Meteorologischen Gesellschaft Mr. SPENGLER sowie ein Vertreter von NACOA (National Advisory Committee on Oceans and Atmosphere) angehörten.

Für die BRD nahmen der deutsche Botschafter, Dr. KRAUS, Prof. HASSE (Fahrtleiter auf „Meteor“) und der Berichterstatter teil.

Generalsekretär DAVIES begrüßte die Teilnehmer im überfüllten Vortragsaal, in dem sich auch zahlreiche weltliche und geistliche (mohammedanische) Würdenträger von Sénégäl eingefunden hatten und umriß Wesen und Ziele von GATE. In einer weitausgehenden Rede in klassischem Französisch stellte Präsident SENGHOR das Experiment dar als einen Beitrag zur friedlichen Bewältigung schwieriger Probleme der Menschheit, die in atmosphärischen Ereignissen ihren Ursprung haben und durch deren bessere Kenntnis manche Fragen gelöst werden könnten. Dabei fehlten selbstverständlich nicht Hinweise auf die Tragödie in der Sahel und in Athiopien und auf die Hoffnung, daß die Wissenschaft helfen wird, solche Ereignisse später in den Griff zu bekommen. Auch sprach er die Zukunftsaussichten der Menschheit für das Jahr 2000 nach den Untersuchungen des Club von Rom und des Massachusetts Institute of Technology an. Er bedankte sich nachdrücklich für die finanziellen Beiträge der WMO, Frankreichs, des Vereinigten Königreichs, der BR Deutschland und der USA für die Errichtung des GATE-Gebäudes. Zum Schluß sprach er die Hoffnung aus, daß die Untersuchungen zu neuen Gesetzen und Methoden für die Wettervorhersage und zu einem besseren Verständnis atmosphärischer Prozesse führen würden als einen Beitrag zu Frieden, Glück und Wohlstand der Menschen und erklärte GATE für eröffnet. Ein Empfang des für den Wetterdienst zuständigen Ministers für öffentliche Arbeiten, Städtebau und Verkehr am Abend in der Résidence de Médina (Altstadt) schloß das denkwürdige Ereignis ab.

Am folgenden Tag wurden die Einrichtungen des Kontrollzentrums von GATE den Gästen vorgeführt. Insgesamt arbeiten hier 350 Amerikaner, 40 Russen, 25 Engländer, 20 Franzosen und 4 Deutsche. Dr. KÜTTNER und sein Vertreter Dr. TARBEEV/USSR gaben die Erläuterungen. Daraus ging hervor, daß man mit den Ergebnissen der I. Beobachtungsphase vom 26. 6. bis 16. 7. zufrieden war. (Da die Schiffe nicht 100 Tage lang ununterbrochen arbeiten können, ist die GATE-Periode in 3 Phasen aufgeteilt mit Ruhepausen dazwischen, die die Schiffe in den Häfen verbringen; in der Pause zwischen der I. und II. Phase fand die Eröffnung statt.) Doch gab es naturgemäß auch Ausfälle. Die Ergebnisse der Höhenwindmessungen nach dem Omega-System, das auf den meisten Schiffen angewandt wird (auch auf „Anton Dohrn“ durch DWD-Personal) wurden als unterschiedlich, im allgemeinen als befriedigend angesehen. Die Fehler sind systematisch hinsichtlich der Schiffe und ihres Standorts. Da das System wegen der Position der Omega-Sender nicht am Äquator und südlich davon benutzt werden kann, sind dort Schiffe mit stabilisierten Radar-Plattformen aufgestellt worden. Ein weiteres Problem gilt den Beobachtungen der Landstationen aus der GATE-Area, die bisher nur sehr dürftig eingehen. Auch gibt es Fernmeldeprobleme, was verständlich ist, wenn man berücksichtigt, daß der Datentransport und der allgemeine Funkverkehr mit einer Flotte von Schiffen und Flugzeugen laufend unterhalten werden muß. So werden z. B. zum sinnvollen Einsatz der Flugzeuge von einigen Schiffen die Schirmbilder des Wetterradars durch Faksimile zur Zentrale übermittelt. Von 2 Konsolen aus werden Schiffe und Flugzeuge von je einem Operateur überwacht. Die Satellitenaufnahmen werden aktuell ausgenutzt und laufend gespeichert. Die NASA hat neben der GATE-Zentrale verlastbare Aufnahmestationen (Container) mit eigenen Kraftstationen stehen, die die Satellitenbilder aufnehmen. Der Bildwandler (Westinghouse), der das Bild des geost. Satelliten SMS-A auf einer Filmgröße von 22 x 22 cm liefert, erhält die Impulse aktuell über Fernmeldesatelliten aus Wallops Island, wo der SMS-A aufgenommen wird.

Während die Schiffe zur Ergänzung und Ruhe in den Operationspausen im Hafen liegen, sind die Flugzeuge zur Wartung in Europa. So konnte ich erst gegen Ende meines Aufenthalts, als die Schiffe den Hafen von Dakar bereits wieder verlassen hatten, um ins Ope-

rationsgebiet zu marschieren, Dr. H. WEICKMANN sprechen, der den Einsatz der US-Flugzeugflotte leitet und an den Meßflügen teilnimmt. Die zwischen der Wasseroberfläche und 35 000 ft Höhe stattfindenden Flüge dauern 8 Stunden und mehr. Von den Besatzungen werden offenbar erhebliche Leistungen verlangt. Sie liefern außer den Daten der klassischen Elemente Angaben über Böigkeit, Strahlung, wolkenphysikalische Zusammenhänge und die vertikalen Verhältnisse mittels Dropsonden mit Windauswertung nach dem Omega-System. Geeicht wurden die Meßanlagen durch Vorbeiflug an stationären Meßinstrumenten auf einem eigens hierzu in geeignetem Gelände bei Dakar errichteten Mast von 50 m Höhe (!). Dr. WEICKMANN machte auf die z. Z. über Tausende von km ausgedehnte Verfrachtung des Saharastaubs nach Westen über den Atlantik hinaus aufmerksam, der in den Satellitenbildern deutlich sichtbar ist (und in späteren hochentwickelten Zirkulationsmodellen wegen seines Einflusses auf die Strahlungsbilanz der Atmosphäre nicht vernachlässigt werden dürfte; W. stellte auf dem Flug von Europa nach Dakar über dem Saharastaub eine Albedo von 40% fest).

Bei zwei Besuchen auf „Meteor“ gemeinsam mit Herrn IBE, davon einmal mit Dr. KÜTTNER auf Einladung von Prof. HASSE und Kapitän FIETZ, wurde der vorzügliche Eindruck bestätigt, der dieses Schiff seit seiner Indienstellung auszeichnet. Ein Besuch unmittelbar vor dem Auslaufen zur Phase II war ganz den Mitarbeitern des DWD, Herrn KRESSLING und Herrn FUGMANN gewidmet. Sie sind während des gesamten GATE, also fast 4 Monate an Bord. Ganz ihrer Aufgabe verbunden, die weniger dem Vorhersagedienst als vielmehr der Beobachtung und Mitarbeit bei anderen wissenschaftlichen Arbeiten gewidmet ist, zeigten sie sich in bester Verfassung und offensichtlich an Bord wohl angesehen.

Durch die Einladung zu einem Empfang des Chefs der GATE-Expedition der USSR Dr. PETROSSIANTS (der sich als Nachfolger von Prof. BUGAEV für die Unterstützung des DWD in der Wahl einer EDV-Anlage für die Welt-Wetter-Zentrale Moskau bedankte) auf dem Flaggschiff der sowjetischen Forschungsflotte „Professor Zubov“, hatte ich Gelegenheit, die Einrichtungen dieses Schiffes zu besichtigen, dessen Typ auch als Wetterschiff verwendet werden soll. Es imponiert durch seine Größe von 7500 t (Fachleute sehen darin auch Nachteile für die Handhabung der

wissenschaftlichen Geräte) und hat z. B. eine große Bibliothek, die zugleich Konferenzraum ist. Dementsprechend stark ist die Besetzung mit 160 Mitgliedern, davon 40 Frauen. In Einzelheiten gezeigt wurde die Aerologische Ausrüstung (stabilisiertes Windradar) mit vollautomatischer digitaler Aufnahme, der synoptische Arbeitsraum mit Fernmelde- einschl. Faksimilegerät sowie ozeanographische Laboratorien. Das Gerät und die erläuternden Fachkräfte hinterließen einen ausgezeichneten Eindruck. Der Kapitän leitete selbst die Führung. In der anschließenden „Unterhaltung“ in der großen Messe boten eine Bordkapelle und Sängerinnen und Sänger aus der Besetzung Musikstücke und folkloristische Gesänge. Bei weiteren Empfängen durch den Generalsekretär der WMO, den Administrator von NOAA und den britischen Botschafter (aus Anlaß der Anwesenheit von Dr. MASON) sowie einem Dinner durch die Amerikanische Me-

teorologische Gesellschaft bot sich in vielfältiger Weise Gelegenheit, mit Kollegen und Persönlichkeiten der Wissenschaft und der Wissenschaftsverwaltung Gespräche zu führen bzw. Kontakte herzustellen (der deutsche Empfang wird in der 2. Ruhepause Ende August auf „Meteor“ stattfinden, zu dem der Vorsitzende des nationalen GARP-Ausschusses und Fahrtleiter auf „Planet“ Prof. HINZPETER und der deutsche Botschafter gemeinsam einladen werden).

Wegen der zahlreichen Verpflichtungen, aber auch wegen der Erschwernisse durch das tropische Klima konnte kein Einblick in das Land genommen werden. Einen starken Eindruck hinterließ jedoch ein kurzer Ausflug mit einer Barkasse der sénégalessischen Marine auf Einladung von Dr. SECK für seine ausländischen Kollegen und die Amtspersonen aus USA zu der dem Hafen von Dakar vorgelagerten und von Portugiesen, Holländern und Franzosen als

Küstenfort unterhaltenen Insel Gorée. Hier wurden ein in seinem ursprünglichen Zustand belassenes Sklavenhaus (wo die gefangenen Sklaven bis zur Verladung nach Amerika in Verliesen eingepfercht und an Händler verkauft wurden) und ein Museum über die Geschichte von Westafrika besichtigt.

Um viele Eindrücke reicher und in dem Bewußtsein, daß die Bundesrepublik Deutschland einen im großen und ganzen angemessenen und sicher vorzüglichen Beitrag zu GATE leisten wird, wurde am 27. Juli in aller Frühe die Rückreise wieder angetreten.

E. SUSSENERGER, Offenbach

PS. Eine vorzügliche umfangreiche Darstellung der endgültigen internationalen wissenschaftlichen Pläne von GATE durch die ISMG (mit Beiträgen von KUTTNER, HOBER, KRAUS u. a.) enthält Nr. 7 (Juli) des Bulletin of the American Meteorological Society.

## Aufbau des Systems der Geostationären Meteorologischen Satelliten

In den vergangenen Monaten sind zwei bedeutsame Schritte zum Aufbau des Satellitensystems, das zur Unterstützung des 1. Globalen GARP-Experiments dienen soll, getan worden: Im Mai haben die Amerikaner den Satelliten GOES-I (Geostationary Operational Environmental Satellite) gestartet und damit das erste Glied in der Kette der 5 geostationären Satelliten geschaffen, die bis 1977 in Abständen von ca. 70 Längengraden über dem Äquator postiert sein sollen. Im Juni hat die ESRO (European Space Research Organisation) dem Cosmos-Konsortium den Auftrag zum Bau des Ingenieurmodells für den ersten Europäischen Geostationären Meteorologischen Satelliten (METEOSAT) erteilt. Damit ist dieses Projekt, das von der Bundesrepublik gemeinsam mit 7 europäischen Ländern getragen wird, von der Planungs- in die Bau-phase übergegangen.

Sowohl GOES-I wie METEOSAT sollen fortlaufend in halbständigen Abständen Bilder der Wolkenverteilung über dem von ihnen eingesehenen Gebiet liefern und zwar mit Sensoren für Infrarot-Strahlung (10,5—12,5  $\mu$ ) und für sichtbares Licht (0,5—0,9  $\mu$ ). Die hier wiedergegebene Aufnahme, die von einer Position nahe 75° Westlänge über dem Äquator gemacht

wurde, illustriert die Möglichkeiten, die dem Synoptiker mit den Aufnahmen der geostationären Satelliten in die Hand gegeben werden. Von dieser Position bei 75° West kann der gesamte Westatlantik von den Azoren im Osten bis nach Grönland im Norden und bis zum Golf von Mexiko eingesehen werden. Das ist jenes Gebiet, in dem sich die meisten Nordatlantikzyklonen entwickeln, wofür die Abbildung zwei eindrucksvolle Beispiele liefert (oben rechts ist die südliche Hälfte von Grönland, oben links die noch zum größten Teil von Eis bedeckte Hudsonbay zu erkennen).

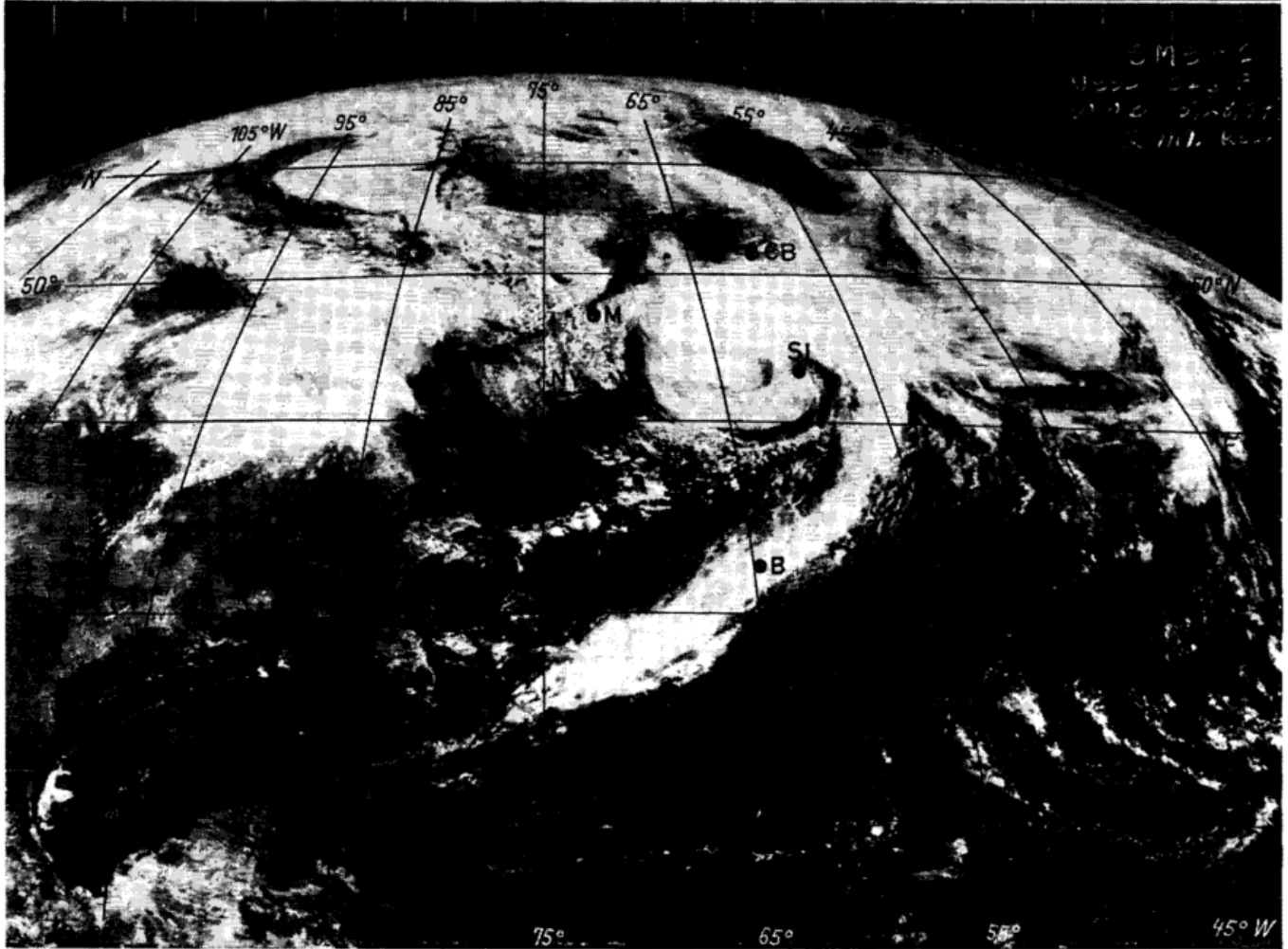
Nach den gemeinsam von den Satelliten-Agenturen der USA, Japans, der Sowjetunion und Europas (ESRO) aufgestellten Betriebsplänen für die 5 geostationären Satelliten sollen Ausschnitte der Aufnahmen von GOES-I, die etwa dieser Abbildung entsprechen, von Washington über den Satelliten ausgestrahlt und in Lannion (Nähe Brest) aufgenommen werden. Von dort aus werden die Bilder über METEOSAT weiter verbreitet. Entsprechend ausgerüstete APT-Stationen in Europa, Afrika und dem Vorderen Orient werden dann in der Lage sein, alle 3 Stunden eine Infrarot-Aufnahme (Auflösung 7 km) zu empfangen.

Der Leser kann sich mit Hilfe dieser Abbildung bereits eine Vorstellung von der Verwendbarkeit der künftigen METEOSAT-Aufnahmen machen, wenn er bedenkt, daß die Position von Berlin ungefähr der von Goose-Bay entsprechen würde. Paris würde etwas nördlich der Position von Montreal, Rom südöstlich von Sable Island und Leningrad bei der Südspitze von Grönland liegen. Stockholm bzw. Oslo wären auf demselben Breitengrad, jedoch entsprechend weiter zur Mittellinie (Greenwich-Meridian) zu suchen.

Gewiß ist die Verzerrung der Bildelemente über Europa schon beträchtlich, jedoch dürfte dieser Nachteil durch die dichte Bildfolge gemildert werden, die es erlauben wird, besondere Wolkengruppierungen zu verfolgen und sie bestimmten Gebilden in den synoptischen Karten zuzuordnen. Bei der Suche nach solchen Zuordnungen werden die weniger verzerrten Bilder der polarumlaufenden Satelliten gute Hilfestellung leisten. Mit etwas Optimismus wird man sogar erwarten dürfen, daß die Entstehung von Wellenstörungen, deren Ansätze in nur wenig markanten Konturen von Schichtwolkenfeldern zum Ausdruck kommen, dank der kontinuierlichen Bildfolge faßbarer werden. Fortschritte gerade in dieser Richtung werden von jedem Synoptiker dankbar begrüßt werden.

H. REGULA, Offenbach

17:00 148:74 00-A-2 0001 1911 SMS A PIC 52



Aufnahme\*) des amerikanischen Wettersatelliten GOES-I (SMS-1) am 28. Mai 1974 um 17.00 GMT. Teilausschnitt von der Nordhalbkugel; Auflösung = 3.5 km

NY: New York      M: Montreal      GB: Goose Bay  
SI: Sable Island      B: Bermuda      F: Flores

\*) Dieses Bild wurde — ohne das geographische Netz — von Herrn D. Johnson, Direktor des National Environmental Satellite Service, freundlicherweise für eine Veröffentlichung im „Promet“ zur Verfügung gestellt.

## Problem- und Diskussionsecke

### Nach einer Frostnacht

Erklärung gesucht für die Erscheinung, die im nebenstehenden Foto festgehalten ist: In einem Gartenschwimmbecken mit schrägen Wänden (eine Wand ist links im Bild zu sehen) steht eine aus Stahlrohren zusammengeschweißte Leiter. Wassertiefe etwa 1 Meter. Eine etwa 10 cm starke feste Eisdecke war an einem Spätnachmittag im Winter aufgehackt worden, so daß eine freie Wasserfläche von etwa einem Quadratmeter entstand. Der Rand der stehengebliebenen Eisdecke ist am oberen Bildrand noch zu sehen.

Das Wasserloch im Eis wurde anschließend mehrmals von den Badegästen



einer dicht dabei liegenden Sauna zum Untertauchen und Abkühlen benutzt. Während der dann folgenden winterlichen Strahlungsnacht herrschte Windstille, und das Wasserloch blieb sich selbst überlassen.

Am nächsten Morgen bot sich das beige Bild: Während der Nacht hatte sich eine dünne Neuisdecke gebildet. Darin war der im Wasser befindliche Teil der Leiter — als Projektion auf die Horizontale — mit ganz scharfen Konturen abgebildet. Die Konturen bestanden aus winzigen in die Neuisdecke eingeschlossenen Luftbläschen.

Sicherlich war das Wasser durch den Badevorgang am Tag vorher mit Luft angereichert. Aufsteigende Bläschen konnten also während der Eisbildung einfrieren. Aber warum waren solche Luftbläschen nur an den Rändern des Rohres vorhanden, warum nicht auch über dem Rohr und über den Zwischenräumen zwischen den Rohren.

Wer erklärt diese Erscheinung?

A. HOFMANN, Bad Homburg

# Neue Instrumente und Methoden

## Der Lithiumchlorid-Taupunktgeber

Für die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit sind im Deutschen Wetterdienst neben Psychrometern und Haarhygrometern auch LiCl-Taupunktfühler im Einsatz. Diese Fühler führen nach einem relativ einfachen Prinzip die Feuchtigkeitsmessung auf eine Temperaturmessung zurück. Eine Reihe von Faktoren kann bei diesem Verfahren die Messungen verfälschen. Es ist daher erforderlich, LiCl-Meßfühler durch Vergleichsmessungen (beispielsweise, wie in der Meteorologie üblich, mit einem Psychrometer) zu kontrollieren und im Abstand von ein bis drei Monaten gewisse Wartungsmaßnahmen durchzuführen.

Meßprinzip, hauptsächliche Fehlerquellen und Abhilfemaßnahmen sollen im folgenden beschrieben werden.

### Das Meßprinzip

Liegt Sättigungskonzentration einer Lösung vor, so stellt sich bei vorgegebener Temperatur ein Gleichgewicht zwischen dem nicht mehr gelösten Stoff (dem Bodenkörper) und dem gelösten Anteil ein. Eine gesättigte Salzlösung hat bei gleicher Temperatur einen erheblich niedrigeren Dampfdruck als reines Wasser (Abb. 1). Für verdünnte Lösungen wird dieser Effekt durch das Raoult'sche Gesetz beschrieben. Das Gesetz sagt aus, daß die relative Dampfdruckerniedrigung einer Lösung gleich dem „Molenbruch“ (Verhältnis der Mole des gelösten Stoffes zur Gesamtzahl der Mole) ist.

In der Abb. 1 erkennt man außerdem, daß die Dampfdruckkurve der LiCl-Lösung in einem weiten Bereich der Wasserdampfdruckkurve von Luft bei einer relativen Feuchtigkeit von etwa 10% entspricht. Ist die Luft feuchter, so nimmt die Lösung Wasserdampf aus ihr auf. Ist die Luft trockener, so gibt die Lösung Wasser an sie ab. Gleichgewicht zwischen dem Dampfdruck einer LiCl-Lösung und dem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft kann man durch Verändern der Temperatur der Salzlösung erreichen. Bei höheren Temperaturen der Lösung steigt auch ihr Dampfdruck, mit tieferen Temperaturen fällt er. Die Temperatur, bei welcher der Dampfdruck der LiCl-Lösung gleich dem Wasserdampfdruck der umgebenden Luft ist, gibt ein Maß für die Luftfeuchtigkeit.

Um diese Gleichgewichtstemperaturen der gesättigten LiCl-Lösung einzustellen, benutzt man die Wärmewirkung des elektrischen Stromes beim Durchgang durch elektrolytische Flüssigkeiten. Übersteigt der Dampfdruck einer so erwärmten LiCl-Lösung den Wasserdampfdruck der Luft, so gibt sie Wasser ab. Da es sich um eine gesättigte LiCl-Lösung handelt, steigt der elektrische Widerstand dieses Salz-Lösungs-Gemisches mit fortschreitender Wasserabgabe. Entsprechend sinkt bei einer angelegten konstanten Spannung die elektrische Leistungsaufnahme. Dadurch fällt die Temperatur der Lösung oder steigt zumindest langsamer. Ein Gleichgewicht dieser Vorgänge stellt sich an dem Punkt ein, an dem der Dampfdruck der Lösung gleich dem Wasserdampf-

druck der umgebenden Luft ist. Die Temperatur der LiCl-Lösung wird mit einem Thermometer gemessen. Nach geringen relativen Feuchten zu besteht für das Meßverfahren eine Grenze. Der LiCl-Taupunkt kann nicht unter den Wasserdampf-Taupunkt sinken.

### Der Aufbau des Meßfühlers

Der in Abb. 2 dargestellte Meßfühler F besteht aus einem Platin-Widerstandsthermometer Pt-100, über das ein Strumpf aus Glasfasergewebe zur Aufnahme der LiCl-Lösung gezogen ist. Der Strumpf ist über seine wirksame Oberfläche mit zwei parallelen Silberdrähten umwickelt, den Elektroden, die sich nicht metallisch berühren. Am unteren Ende hat der Fühler einen Stecker ST, über den er mit der Meßapparatur verbunden ist. Der Meßfühler wird mit einer Wechselspannung von 50 Hz und 24 V betrieben.

Bei Exposition des Meßfühlers in einer normalen Wetterhütte wird er lediglich mit einem zusätzlichen Schutz-

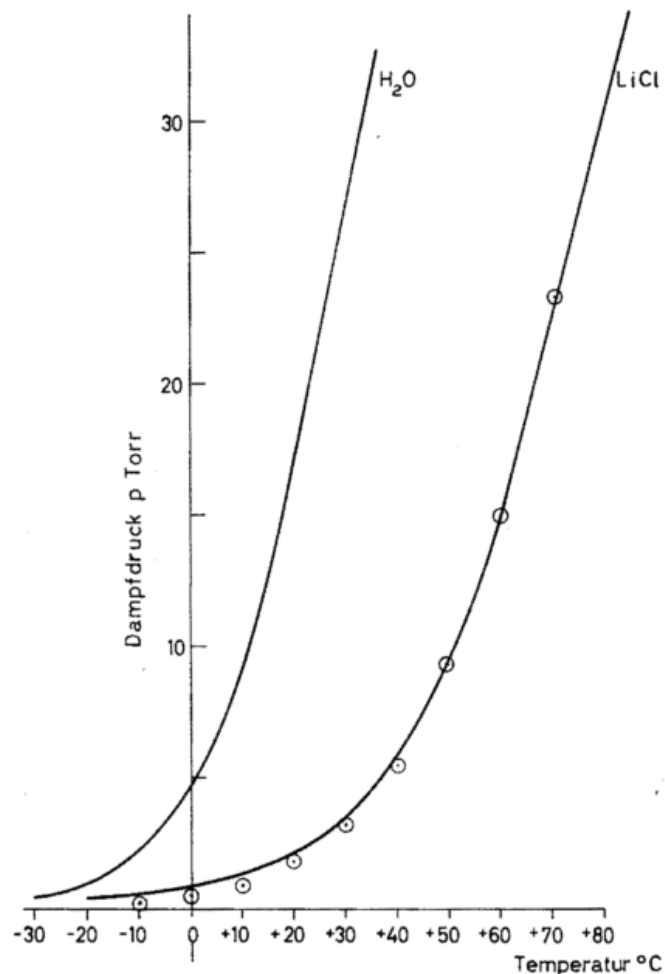


Abb. 1  
Dampfdruck  $p$  von gesättigter LiCl-Lösung und von Wasser.  
= Dampfdruck von Wasserdampf in Luft bei 10% relativer Feuchte

rohr versehen. Wird der Taupunktmesser dagegen außerhalb einer Wetherütte aufgestellt, so schützt man ihn durch eine spezielle kleine Hütte (Labyrinth-Hütte nach S. BAUMBACH), deren Konstruktion und Wirkung bei der Diskussion der Fehler weiter unten behandelt werden soll.

### Fehlermöglichkeiten

#### a. Physikalisch-chemische Vorgänge

Der Meßfühler wird zwar zur Vermeidung von Elektrolyse mit einer Wechselspannung von 50 Hz betrieben (nicht Gleichstrom), jedoch ist

eine chemische Zersetzung nicht völlig zu vermeiden. Auch das Elektrodenmaterial wird hiervon betroffen. An den Silberelektroden bilden sich dünne Schichten von Silberchlorid aus, die — wünschenswerterweise — einer weiteren Zersetzung entgegenwirken. Diese Schichten können durch erhöhten Heizstrom, durch thermische Belastungen oder mechanische Erschütterungen beschädigt werden. Allgemein wird jedoch der Mechanismus an den Elektroden auf die Dauer zu unerwünschten Ablagerungen führen, die die Eigenschaften der Fühler nachteilig beeinflussen.

Ein weiterer wesentlicher Punkt für Fehler betrifft einen Langzeit-Effekt. Der Fühler kann nur schwer über seine ganze Länge homogen geheizt werden. Diese Tatsache löst einen Transport des Salzgehaltes auf dem Fühler derart aus, daß sich im Laufe der Zeit LiCl an den wärmsten Stellen konzentriert. Manchmal können andere Stellen der Fühleroberfläche völlig an LiCl verarmen. An diesen Stellen ist dann der Meßfühler nicht mehr wirksam. Das unvermeidbare Eingehen dieser Stellen in die Temperaturmessung über den räumlich ausgedehnten Fühler, (Platin-Widerstandsthermometer Pt-100) führt zu Temperaturwerten, die zu tief liegen. Dieser Fehler tritt zunächst schleichend auf und verstärkt sich im Laufe der Zeit. Eine erhebliche Funktionsstörung ergibt sich, wenn am Meßfühler die Heizspannung zeitweise ausfällt. Im Extremfall tropft die LiCl-Lösung herunter. Es kann sich aber auch eine sehr inhomogene Verteilung des Lithiumchlorids auf dem Fühler ausbilden, die sich nicht von selbst regeneriert.

In den geschilderten Fällen muß der Meßfühler gewartet werden, das heißt, man muß ihn auswaschen und mit frischer LiCl-Lösung beschichten. Bei stark angegriffenen Elektroden ist der ganze Meßfühler zu ersetzen. Abweichende Meßergebnisse unterhalb  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  können darauf zurückzuführen sein, daß die Dampfdruckkurve des LiCl einige Umwandlungspunkte des Kristallisationszustandes aufweist (Monohydrat bzw. Dihydrat).

#### b. Umwelt-Einflüsse

Die oben angeführten Erscheinungen verändern die Charakteristik des Meßfühlers unsystematisch. Ein anderes Problem stellt die Forderung dar, daß sich der Meßfühler mit seiner gesamten Wärmekapazität möglichst genau auf die Gleichgewichtstemperatur einstellt, und diese Temperatur zuverlässig gemessen wird.

Unterschiedliche Umweltbedingungen gehen in den Prozeß der Wärmeabgabe des Fühlers ein. Insbesondere kann durch die am Meßfühler vorbeistreichende Luft die Temperatureinstellung verfälscht werden. Um das zu verhindern, ist der Meßfühler in einer kleinen Hütte geschützt untergebracht. Die in Abb. 2 gezeigte Labyrinth-Hütte wurde so konstruiert, daß — unabhängig von der äußeren Windgeschwindigkeit — eine bestimmte Temperatureinstellung verfälscht werden. Um das zu verhindern, ist der Meßfühler in einer kleinen Hütte geschützt untergebracht. Die in Abb. 2 gezeigte Labyrinth-Hütte wurde so konstruiert, daß — unabhängig von der äußeren Windgeschwindigkeit — eine bestimmte

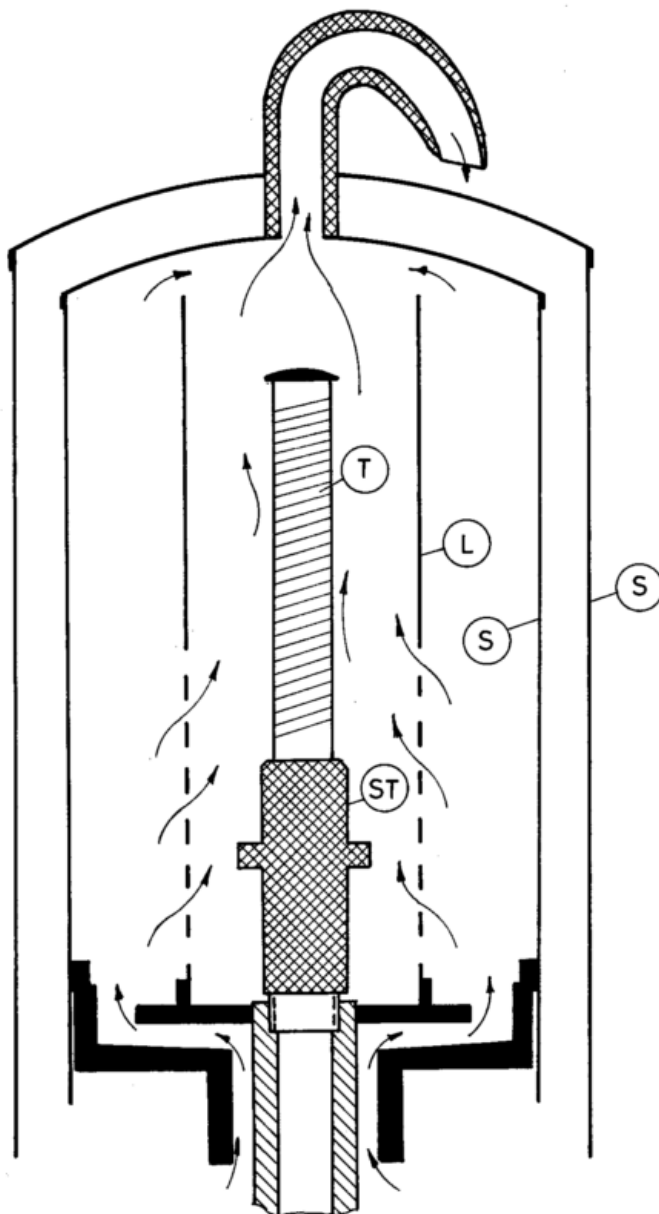


Abb. 2  
LiCl-Taupunktfühler in der Labyrinth-Hütte nach S. BAUMBACH  
T = Meßfühler, ST = Stecker zum raschen Auswechseln der Fühler, L = teilweise durchbohrtes Leitrohr, S = doppelter Strahlungsschutz

lungsschutz S der Hütte sorgt zusammen mit dem teilweise durchbohrten Leitrohr L dafür, daß die Wärmeabgabe des Fühlers im wesentlichen durch die thermisch erzeugte Eigenkonvektion bestimmt wird. Die Pfeile zeigen schematisch den Gang der Wärmeabgabe.

Große Temperaturunterschiede zwischen Fühler und Wandung verursachen Wärmeabgabe auch infolge Ausstrahlung. Solche Temperaturunterschiede sollen deshalb möglichst klein gehalten werden.

Bei Vorhandensein von Wassertröpfchen in der umgebenden Luft, vor allem bei Nebel, kann durch Verdampfung der Tröpfchen am wärmeren LiCl-Fühler der Dampfdruck erhöht werden. In diesem Fall wird gegenüber dem psychrometrischen Meßprinzip eine zu hohe Taupunkttemperatur angezeigt.

### Schlußbemerkungen

Probleme der inneren Wärmeleitung des Fühlers und des Wärmeübergangs zur umgebenden Luft, der Aufbau der Meßfühler, der Elektrodenabstand und die Spannungsversorgung sind Parameter, die mit in die Charakteristik der Meßfühler eingehen. Man muß daher das gesamte System eichen, wenn man die durch den Fühler selbst vorgegebene Meßgenauigkeit voll ausnutzen will. Eichkurven, die lediglich von „der“ LiCl-Dampfdruckkurve ausgehen, würden zu unbefriedigenden Ergebnissen führen.

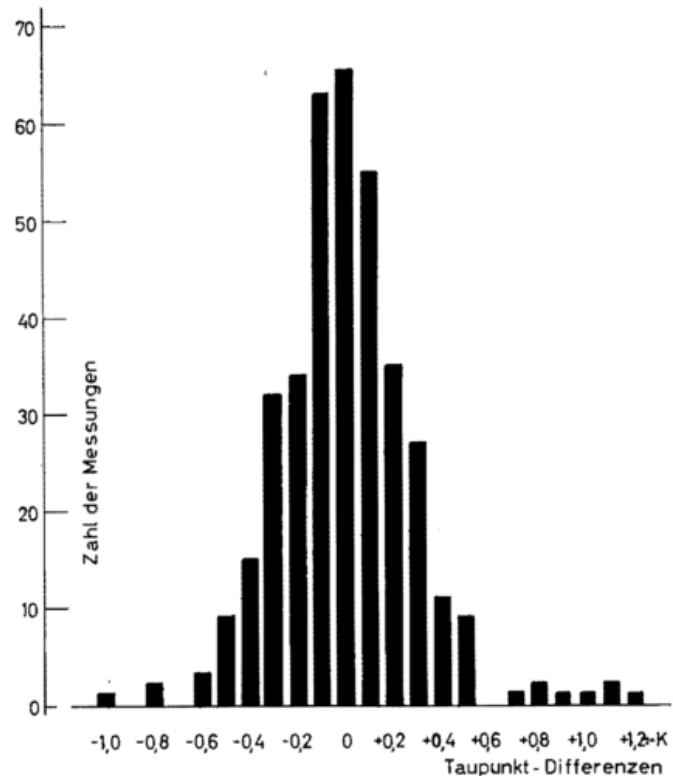


Abb. 3  
Verteilung der Taupunktdifferenzen LiCl-Fühler minus Psychrometerdaten. 370 Meßwerte an Bord des FFS „Anton Dohrn“, 12. März bis 6. April 1964

Zwischen dem 12. März und 6. April 1964 wurden im Bordeinsatz auf dem Fischereischutz- und Forschungsschiff „Anton Dohrn“ zu 370 Terminen Vergleichsmessungen zwischen einem LiCl-Taupunktmesser und dem Psychrometer durchgeführt. Abb. 3 zeigt als Ergebnis die Verteilung der Dif-

ferenzen. Es spricht für die Reproduzierbarkeit der LiCl-Methode, daß die Differenzen in guter Näherung einer Gauß-Verteilung folgen. 96% aller Werte lagen innerhalb  $\pm 0,5$  K, 84% entsprechend innerhalb  $\pm 0,3$  K.

P. LINDNER, Hamburg

## Tagungen

**Fachsymposium über Satellitenmeteorologie und Atmosphärische Strahlung** in Verbindung mit einem Festkolloquium des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin und der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Extraterrestrische Physik.

**Berlin, 3.—8. März 1975**

Am 3. März 1975 veranstaltet das Institut für Meteorologie der FU Berlin ein Festkolloquium anlässlich seines 25-jährigen Bestehens.

Im Anschluß daran wird im Rahmen der jährlichen Frühjahrstagungen der Arbeitsgemeinschaft für Extraterrestrische Physik und der von der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft e.V. wie vormals vom VDMG durchgeführten

Fachsymposien eine gemeinsame Tagung der DMG und der AEP durchgeführt, auf der neben aktuellen Themen der Weltraumkunde die Gewinnung meteorologischer Informationen mit Hilfe von Weltraumtechniken einschließlich Spacelab-Nutzung im Vordergrund stehen soll. Dabei spielt die Strahlungsübertragung in der Atmosphäre eine entscheidende Rolle. Ihr sollen deshalb eigene Sitzungen gewidmet werden.

Es ist vorgesehen, mit den meteorologisch orientierten Vorträgen im Anschluß an das Festkolloquium zu beginnen. Die Themen der extraterrestrischen Weltraumkunde stehen am 6. und 7. März auf dem Programm, während am 5. März gemeinsame Sitzungen

hauptsächlich über die Erforschung von Troposphäre, Stratosphäre und Mesosphäre mit Hilfe von Weltraumtechniken geplant sind, an die sich ein Abendvortrag anschließen soll.

Am Sonnabend, den 8. März, findet ein Lehrerfortbildungsprogramm statt.

Vortragsanmeldungen auf dem Gebiete der Satellitenmeteorologie und der Atmosphärischen Strahlung sind bis zum 31. Dezember 1974 zu richten an: Prof. H.-J. Bolle, 8 München 2, Theresienstr. 37. Dafür sind ausschließlich die von der DPG vorgesehenen Original-Formulare zu verwenden. Sie werden zusammen mit weiteren Informationen nur an solche Interessenten versandt, die das beiliegende Anmeldeformular an die angegebene Adresse bis zum 30. September 1974 zurückgesandt haben.

Ein Rahmenprogramm ist vorgesehen.

## Bericht über die XIII. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Saint Vincent (Aosta), 17.–19. September 1974

Zum dritten Mal war Italien das gastgebende Land einer Internationalen Tagung für Alpine Meteorologie, die dreizehnte seit Einführung dieser Tagungen durch Prof. BOSSOLASCO (Genua) im Jahre 1950. Sie finden in einem 2jährigen Turnus statt, an dem sich die Alpenländer in der Reihenfolge: Italien, Österreich, Schweiz, Frankreich, Jugoslawien und die Bundesrepublik Deutschland beteiligen.

Die Tagungen erfreuten sich bisher stets eines regen Interesses nicht nur von seiten der „Alpinmeteorologen“, da ihre Anziehungskraft auch im gesellschaftlichen Bereich und im Erlebnis der alpinen Bergwelt bei gemeinsamen Exkursionen zu suchen ist.

Diesmal wählte man als Tagungsort Saint Vincent im romantischen Aostatal, das von Deutschland aus per Auto leicht über den Mont Blanc- oder St. Bernhard-Tunnel zu erreichen ist, während eine Bahnfahrt dorthin schon mit einigen Umständlichkeiten verbunden ist. Die Tagung fand im prunkvollen, von einem schönen Park umgebenen Grand Hotel Billia statt. Sie wurde getragen von der Associazione Geofisica Italiana (AGI), der Presidenza del Consiglio dei Ministri, dem Consiglio Nazionale della Ricerca (CNR) und der Ente Nazionale Energia Elettrica (ENEL). Dem Organisationskomitee unter der Leitung von Prof. BOSSOLASCO (Präsident der AGI) gehörten u. a. der Chef des Servizio Meteorologico, Aeronautica Militare (Roma), Prof. F. CENA, und der Direktor des CNR, Istituto di Fisica dell'Atmosfera (Roma), Prof. G. FEA, an.

Der Einladung zur Teilnahme an der Tagung waren annähernd 200 Meteorologen aus 12 verschiedenen Ländern gefolgt. Das unglückliche und nach Ansicht der Veranstalter unvermeidbare zeitliche Zusammentreffen dieser Veranstaltung mit der Tagung des Regionalverbandes Europa der WMO in Bukarest hatte zur Folge, daß einige langjährige Besucher dieser Tagungen nicht anwesend sein konnten. Die Bundesrepublik Deutschland stellte mit über 90 Gästen das weitaus stärkste Kontingent. Umso auffallender war, daß im Gegensatz zu früheren alpinmeteorologischen Tagungen von insgesamt 43 Vorträgen nur einer von deutscher Seite stammte.

Das wissenschaftliche Tagungsprogramm wurde von BOSSOLASCO mit

einem Übersichtsreferat über den *Stand und die Probleme der alpinen Meteorologie* (in italienischer Sprache mit einer Zusammenfassung in Englisch) eingeleitet. Unter den folgenden Vorträgen, die an 3 Tagen ohne Unterbrechungen — etwa durch eine gemeinsame Exkursion wie z. B. in Oberstdorf bei der XII. Tagung — zügig abgewickelt wurden, standen Fragen der *synoptischen Klimatologie* des Alpenraums, der vertikalen und horizontalen *Niederschlagsverteilung*, der *Niederschlagsmessung*, der *orographischen Beeinflussung des Wind- und Temperaturfeldes* sowie der Ausbreitung des *atmosphärischen Aerosols* im Vordergrund. Vorwiegend theoretischen Charakter hatten nur wenige Vorträge. M. CADEŽ (Belgrad) sprach über die *Dynamik der thermodynamischen Antizyklonen*, die sich nach Kaltluftinbrüchen oft im Bereich der Alpen bilden. Die numerische Simulation von Strömungen im Alpengebiet (im Meso-Scale-Bereich) behandelte J. VERGEINER (Innsbruck), wobei die *Dynamik der Föhnströmung* im Hintergrund stand. Nach seiner Ansicht ist für das Problem des Hinabsteigens des Föhns in die Täler eine thermodynamische und dynamische Lösung denkbar. Mit den energetischen Bedingungen des Zustandekommens einer *Mittelmeerzyklone* beschäftigte sich Frau M. MAKEI CSÁSZÁR (Budapest). Wenn davon ausgegangen wird, daß die sich in stationären Kraftfeldern abspielenden Prozesse zu Irreversibilität führen, so ist es durch Bestimmung und Analyse der Entropiewerte der Schichten zwischen 1000 und 100 mb möglich, die von der Mitwirkung orographischer Effekte stammenden Beiträge im Untersuchungsgebiet abzuschätzen. Von den übrigen Vorträgen seien — ohne Wertungsabsicht — einige genannt, die besonders die Tätigkeit der im Vorhersage- und Klimadienst tätigen Meteorologen berühren. F. LAUSCHER (Wien) berichtete über die bisherigen und laufenden österreichischen Arbeiten zur *Unwetter-Synoptik* und *-Klimatologie* der Alpenländer. Einen neuen Versuch zur objektiven *Wettervorhersage mit statistischen Mitteln* im Alpengebiet unternahm M. SCHUEPP (Zürich) und Mitarbeiter. Grundlage für eine statistische Vorhersage des Wettercharakters bestimmter Wassertypen (die nach den numerischen

Vorhersagekarten aufgestellt wurden) bildeten eine Datenbank des klimatologischen Materials mit Meldungen der Bodenstationen auf beiden Seiten der Alpenkette, Höhenströmung und Höhe der 500 mbar-Fläche sowie Bodendruckverhältnisse im weiteren Umkreis des Gebirges. Das Ziel der noch weiter auszubauenden Methode ist ein vermehrter Erfahrungsschatz des Meteorologen und der Übergang von subjektiver zu objektiver Prognose. S. MAKSIMOV (Belgrad) sprach über die Verwendung von *Radarbildern* für das Studium des *Entwicklungsprozesses konvektiver Wolken* und ihrer Verlagerung über ein größeres Gebiet. Eine Methode zur Erfassung der möglichen Änderungen des *Lokalklimas* durch einen *Stausee* stellten H. DOBESCH und F. NEUWIRTH (Wien) vor. Sie schätzten die Ströme der fühlbaren und latenten Wärme der Oberfläche eines projizierten Stausees ab und unterzogen die sich daraus ergebenden Felder der Lufttemperatur und der absoluten Feuchte unter modellmäßigen Annahmen Diffusionsüberlegungen. Nur in unmittelbarer Nähe des Stausees waren geringfügige Änderungen des Lokalklimas erkennbar. Ohne die Behandlung der komplexen Zusammenhänge zwischen der Massenbilanz eines Gletschers und den Klimatelementen wäre eine alpinmeteorologische Tagung wohl kaum denkbar. H. HOINKES (Innsbruck) sprach diesmal über die *Parametrisierung der Beziehung Klima-Gletscher*. Er zeigte, daß am Beispiel des Hintereisferners die Parametrisierung der Massenbilanz mit der Summe der positiven, reduzierten Tagesmittel der Temperatur während der Ablationsperiode Mai-September erheblich verbessert werden kann, wenn man die zur Schmelzung von sommerlichem Neuschnee erforderliche Energie durch geeignete Abzugsbeträge von der positiven Temperatursumme berücksichtigt. Von der Niederschlagsmenge wird somit nur der Teil berücksichtigt, der am Gletscher als Schnee fällt, wodurch die Albedo erhöht und die Ablation reduziert wird. In 2 Vorträgen sprach B. SEVRUK (Zürich) zunächst über methodische Untersuchungen über die *Höhenabhängigkeit der Regenmenge* im Gebirge und dann über die Frage der *systematischen Fehler langjähriger Niederschlagsmengen*. Im oberen Teil des Einzugsgebietes der Baye de Montreux nimmt die mittlere gemessene Regenmenge der Monate Juni-September mit zunehmender Meereshöhe unterhalb der Waldgrenze zunächst unbedeutend zu, geht aber über der Waldgrenze plötzlich zurück. Die Fehlerprü-

fung bei 40jährigen experimentellen Niederschlagsmessungen in einem vor-alpinen Niederschlagsgebiet ergab, daß die zwischen verschiedenen Apparaten festgestellten Fehler einen Jahresgang aufweisen, welcher am stärksten bei den Totalisatoren zum Ausdruck kommt. Diese Geräte fangen an steilen, offenen Luvhängen nur die Hälfte von der mit einer hangparallelen Auffangfläche gemessenen Niederschlagsmenge auf. Die monatlichen Haftwasserverluste betragen z. B. beim Hellmann-Regenmesser 3,1% und sind dem mittleren monatlichen Tagesniederschlag umgekehrt proportional. Die Verdunstungsverluste machen nur 0,7% aus. Die mittlere Korrektur der Monatssummen beim Hellmann-Gerät bezüglich aller Verluste im Sommer beträgt 0,82 mm bzw. 7,2% pro Niederschlagstag. D. HAVLIK (Freiburg/Brg.) lieferte einen Beitrag zum *Jahresgang der vertikalen Niederschlagsverteilung* in den Alpen. Der Betrag der vertikalen Niederschlagszunahme ist im Winterhalbjahr größer als im Sommer. Die größeren Winterniederschläge auf den Hochstationen resultieren zum großen Teil aus ergiebigen Tagesniederschlägen mit bedeutendem Wassertransport in der Höhe. Im Sommer sind Gewitterniederschläge im tiefer gelegenen Gebirgsvorland in der Regel ergiebiger als an den Hochstationen, tragen also insgesamt zur Verringerung der vertikalen Niederschlagsdifferenz bei. Beim Vortrag von A. MACHALEK (Wien) über *vertikale Temperaturuntersuchungen* im Zusammenhang mit der Ausbreitung von Schwefeldioxyd in einem Alpental galt das besondere Interesse der *Struktur der Inversionen* sowie deren Auf- und Abbau. Es konnte u. a. gezeigt werden, daß die von den Hängen abgleitenden kalten Luftmassen den Beginn und die Intensität der Inversionen mitbestimmen.

Die von italienischen Meteorologen meist in der Landessprache gehaltenen Vorträge widmeten sich lokalklimatischen Fragen, den Niederschlags- und Schneedeckenverhältnissen im italienischen Alpengebiet und in den ligurischen Apenninen sowie strahlungs- und wolkenphysikalischen Problemen im Gebirge. Es liegt auf der Hand, daß für viele Zuhörer die Vortragsinhalte vorwiegend nur aus den gezeigten Schaubildern zu entnehmen waren. Im Zusammenhang damit muß auch gesagt werden, daß bei dieser Tagung wie bei anderen die für Vortragszwecke vorhandenen technischen Einrichtungen und die Qualität der Bildvorlagen selbst für die Projektion in den Vor-

tragssaal sich z. T. als unbefriedigend erwiesen haben.

Während der gesamten Tagung zeigte sich das Wetter im Aostatal nicht gerade von seiner freundlichsten Seite. So mußte besonders im Damenprogramm die Improvisation manchmal die Organisation ersetzen. Bei Schloßbesichtigungen in der näheren Umgebung und bei einer Fahrt nach Cogne in das Gebiet des italienischen Nationalparks Gran Paradiso wurden interessante Einblicke in die Kulturgeschichte des Aostales und in die imposante Gebirgswelt seiner Seitentäler vermittelt. Gelegenheiten zu gemeinsamen Gesprächen aller Tagungsteilnehmer fan-

den sich bei einer Erfrischung in den Thermen von Saint Vincent und bei dem festlichen Abendbankett im Grand Hotel Billia als Abschluß der Tagung. Prof. HOINKES (Innsbruck) dankte hierbei im Namen aller ausländischen Teilnehmer den Veranstaltern für die erfolgreiche Durchführung der Tagung.

Die XIV. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie wird — nach einer Mitteilung von Prof. LAUSCHER — auf Einladung Österreichs im September 1976 in Rauris anlässlich des 90jährigen Bestehens des Sonnblick-Observatoriums stattfinden.

M. SCHLEGEL, Offenbach

## Wichtige Neuerscheinungen

BAINBRIDGE, J. W.; STOCKDALE, R. W.

Weather study, an approach to scientific inquiry.

London: Methuen Educational Ltd. 1972. XI, 83 S.

WILLIAMS, J.; HIGGINSON, J.;

ROHRBOUGH, J. D.

Sea and air. The marine environment. 2nd. ed.

Annapolis/Maryland: Naval Institute Press (1973). XX, 341 S.

SCORER, S.

Pollution in the air. Problems, policies and priorities.

London, Boston: Routledge and Kegan Paul 1973. VIII, 148 S.

FRISKEN, W. R.

The atmospheric environment.

Baltimore, London: The Johns Hopkins University Press (1973). 70 S.

FORSDYKE, A. G.

Das Wetter. Illustr. v. Angus McBride. Dt. Bearb. von Peter Rauh.

Stuttgart, Zürich: Delphin Verl. 1973. 158 S.

LOCKWOOD, J. G.

World climatology. An environmental approach.

London: Edward Arnold 1974. XIV, 330 S.

SCHWARZBACH, M.

Das Klima der Vorzeit. Eine Einführung in die Paläoklimatologie.

3., neubearb. Aufl.

Stuttgart: Ferdinand Enke 1974, VIII, 380 S.

BARRETT, E. C.

Climatology from satellites.

London: Methuen 1974. XII, 418 S. 17 S. Bildtaf.

REGULA, H.

Meteorologie und Luftverkehr. Moderne Entwicklungen der Flugmeteorologie.

Steinebach/Wörthsee: Luftfahrt-Verl. Walter Zürl 1974. 146 S.

MATHER, J. R.

Climatology: Fundamentals and applications.

New York u. a.: McGraw-Hill Book Company (1974). XIII, 412 S.

ARLERY, R.; GRISOLLET, H.;

GUILMET, B.

Climatologie. Méthode et pratiques. 2. ed.

Paris: Gauthiers-Villars Editeur 1973. XVII, 434 S.

HESS, W. N. (Ed)

Weather and climate modification.

New York: John Wiley & Sons 1974. XIII, 842 S.

MARCHUK, G. I.

Numerical methods in weather prediction.

New York, London: Academic Press 1974. X, 277 S.

(Transl. from Russ. "Chislennyye metody v prognoze pogody.")

Leningrad: Gidrometeor. Izdat. (1967).

## Die Glosse

### The forecaster's lament

Many critics, no defenders —

Weathermen have two regrets,

When they hit, no one remembers,

When they miss, no one forgets.

### **Anschriften der Autoren**

Dr. P. Hess  
Deutscher Wetterdienst, Zentralamt  
605 Offenbach (Main), Frankfurter Straße 135

Dipl.Met. H. Oeckel  
Deutscher Wetterdienst, Zentralamt  
605 Offenbach (Main), Frankfurter Straße 135

---

### **Manuskriptsendungen werden erbeten an**

Hauptschriftleitung „promet“  
Herrn Dipl.-Ing. A. Hofmann  
6380 Bad Homburg  
Theodor-Storm-Str. 35  
oder  
Deutscher Wetterdienst  
— Zentralamt —  
6050 Offenbach (Main)  
Frankfurter Straße 135