

Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

No. 140

DIE GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER 10-MINUTEN
DATEI DER AUTOMATISCHEN STATIONEN DES ANETZ

BEISPIELE IHRER ANWENDUNG UND
THERMODYNAMISCHE BETRACHTUNGEN

Heinz Bantle
Alexandre Piaget
Jean Quiby

Februar 1987

Automatische Wetterstationen	551.508.824
Graphische Darstellung von Messwerten	551.506(084.21)
Thermodynamik	551.511.33

Zusammenfassung

Um die Gesamtheit der täglichen Daten der ANETZ-Stationen besser analysieren und Vergleiche mit andern Stationen machen zu können, wurde eine graphische Darstellung dieser Messwerte erstellt. Zusätzlich zu den Messwerten und aufgrund dieser wurden einige meteorologische Werte berechnet. Sie sind in einem Listing, welches dem Diagramm beigelegt ist, eingetragen. Nur die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur ist graphisch dargestellt.

Ein Kapitel befasst sich mit einigen Beispielen von Fehlern, welche gelegentlich bei den Messungen auftreten, und es wird gezeigt, wie es das Diagramm erlaubt, sie zu erfassen oder sie sogar zu korrigieren. Anwendungsbeispiele für besondere meteorologische Probleme erläutern die Möglichkeiten der Nutzung dieses Diagramms.

Alle mathematischen Beziehungen, die zur Berechnung der nicht beobachteten Parameter benötigt werden, sind angegeben. Diese Beziehungen wurden mit dem Erfordernis hergeleitet, genaue Resultate zu erzielen.

Résumé

Pour pouvoir mieux analyser l'ensemble des données journalières d'une station ASTA du réseau ANETZ et faire des comparaisons avec d'autres stations, une représentation graphique de ces valeurs a été mise au point. En plus des mesures faites, quelques valeurs météorologiques ont été calculées à partir d'elles. Elles sont inscrites dans le listing qui accompagne ce diagramme. Seule la température pseudopotentielle du thermomètre mouillé est représentée graphiquement.

No. 140

DIE GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER 10-MINUTEN
DATEI DER AUTOMATISCHEN STATIONEN DES ANETZ

BEISPIELE IHRER ANWENDUNG UND
THERMODYNAMISCHE BETRACHTUNGEN

Heinz Bantle
Alexandre Piaget
Jean Quiby

Februar 1987

Automatische Wetterstationen	551.508.824
Graphische Darstellung von Messwerten	551.506(084.21)
Thermodynamik	551.511.33

Zusammenfassung

Um die Gesamtheit der täglichen Daten der ANETZ-Stationen besser analysieren und Vergleiche mit anderen Stationen machen zu können, wurde eine graphische Darstellung dieser Messwerte erstellt. Zusätzlich zu den Messwerten und aufgrund dieser wurden einige meteorologische Werte berechnet. Sie sind in einem Listing, welches dem Diagramm beigelegt ist, eingetragen. Nur die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur ist graphisch dargestellt.

Ein Kapitel befasst sich mit einigen Beispielen von Fehlern, welche gelegentlich bei den Messungen auftreten, und es wird gezeigt, wie es das Diagramm erlaubt, sie zu erfassen oder sie sogar zu korrigieren. Anwendungsbeispiele für besondere meteorologische Probleme erläutern die Möglichkeiten der Nutzung dieses Diagramms.

Alle mathematischen Beziehungen, die zur Berechnung der nicht beobachteten Parameter benötigt werden, sind angegeben. Diese Beziehungen würden mit dem Erfordernis hergeleitet, genaue Resultate zu erzielen.

Résumé

Pour pouvoir mieux analyser l'ensemble des données journalières d'une station ASTA du réseau ANETZ et faire des comparaisons avec d'autres stations, une représentation graphique de ces valeurs a été mise au point. En plus des mesures faites, quelques valeurs météorologiques ont été calculées à partir d'elles. Elles sont inscrites dans le listing qui accompagne ce diagramme. Seule la température pseudopotentielle du thermomètre mouillé est représentée graphiquement.

Un chapitre donne quelques exemples des erreurs qui peuvent occasionnellement affecter les mesures et comment le diagramme permet de les saisir, voire de les corriger. Des exemples d'application à des problèmes météorologiques particuliers illustrent les possibilités d'utilisation de ce diagramme.

Toutes les relations mathématiques nécessaires au calcul des paramètres non observés sont données. Ces relations ont été dérivées avec l'exigence de conduire à des résultats précis.

Riassunto

Allo scopo di poter meglio analizzare l'insieme dei dati giornalieri delle stazioni ASTA della rete ANETZ e di eseguire dei confronti con altre stazioni, è stata allestita una rappresentazione grafica di questi dati. In aggiunta alle misure eseguite, a partire dalle stesse, sono stati calcolati alcuni valori meteorologici. Essi sono riportati in un elenco annesso al diagramma. Soltanto la temperatura pseudopotenziale del termometro umido è stata rappresentata graficamente.

Un capitolo esamina alcuni esempi di errori che possono verificarsi occasionalmente nelle misurazioni e mostra come il diagramma ne permetta l'identificazione e perfino la correzione. Esempi d'applicazione per problemi meteorologici speciali, illustrano le possibilità di utilizzazione di questo diagramma.

Tutte le funzioni matematiche necessarie per il calcolo dei parametri non osservati vengono fornite. Queste funzioni sono state derivate nell'intento di ottenere risultati precisi.

Summary

In order to be able to better analyse all the data for a period of one day yielded by a station of the Swiss automatic observing network, a graphical representation of these observations has been developed which also allows easy comparison with other stations. Next to the observed variables, some other meteorological parameters are computed from the observed values. They are printed on the listing that accompanies the diagram with the exception of the pseudo-wet-bulb potential temperature that is represented on the diagram with the observed parameters.

A chapter gives some examples of the errors which can occasionally affect the measurements and how these diagrams allow to identify them and sometimes even to correct them. Examples of applications to meteorological problems illustrate the possibilities of these diagrams.

All the mathematical relations needed for the computation of the non observed parameters are given. When devising these relations, the emphasis has been put on the accuracy of the results.

1. Einführung	1
2. Das ANETZ	1
3. Die 10-Minuten-Datei	2
4. Die Stundenwert-Datei	6
5. Die graphische Darstellung der 10-Minuten-Werte	8
6. Die Computerprogramme	11
7. Fehlende oder fehlerhafte Angaben	12
7.1 Fehlende Angaben	12
7.2 Fehlerhafte Angaben	14
8. Anwendungsbeispiele	22
8.1 Rasche Temperaturänderungen	22
8.2 Änderungen in der Lokalzirkulation	29
8.3 Variabilität der Niederschläge	29
8.4 Einbruch des Föhns	29
8.5 Mögliche Bildung eines mesoskaligen Rotors über dem westlichen Mittelland bei Nordwestwind	30
8.6 Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die "Grastemperatur"	30
8.7 Durchgang eines Gewitters	30
9. Ableitung von 6 verschiedenen Temperaturen	40
9.1 Die Einheiten	41
9.2 Liste der Symbole	41
9.3 Thermodynamische Funktionen	43
9.3.1 Berechnung des Sättigungsdampfdruckes über Wasser	43
9.3.2 Form der Ableitung der Funktion des Sättigungsdampfdruckes über Wasser	44
9.3.3 Partialdruck des Wasserdampfes	44
9.3.4 Gaskonstante feuchter Luft	44
9.3.5 Spezifische Wärme feuchter Luft bei konstantem Druck	45
9.3.6 Spezifische Wärme trockener Luft bei konstantem Druck	45
9.3.7 Spezifische Wärme des Wasserdampfes bei konstantem Druck	45
9.3.8 Latente Verdampfungswärme des Wassers	46

	Seite
9.4 Die Pseudofeuchttemperatur	46
9.5 Die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur	48
9.6 Die potentielle Pseudoäquivalenttemperatur	48
9.7 Die potentielle Temperatur	51
9.8 Die virtuelle Temperatur	52
9.9 Die Taupunkttemperatur	52
9.10 Referenzen	53
Anhang I Ableitung der Rekursivformel für die adiabatische Kompression ($dp > 0$) oder adiabatische Expansion ($dp < 0$)	55
Anhang II Ableitung der Rekursivformel für die feucht adiabatische Kompression ($dp > 0$) oder feucht adiabatische Expansion ($dp < 0$)	57
Anhang III Beispiel eines graphischen Diagramms: Chur, 10.11.1985	59

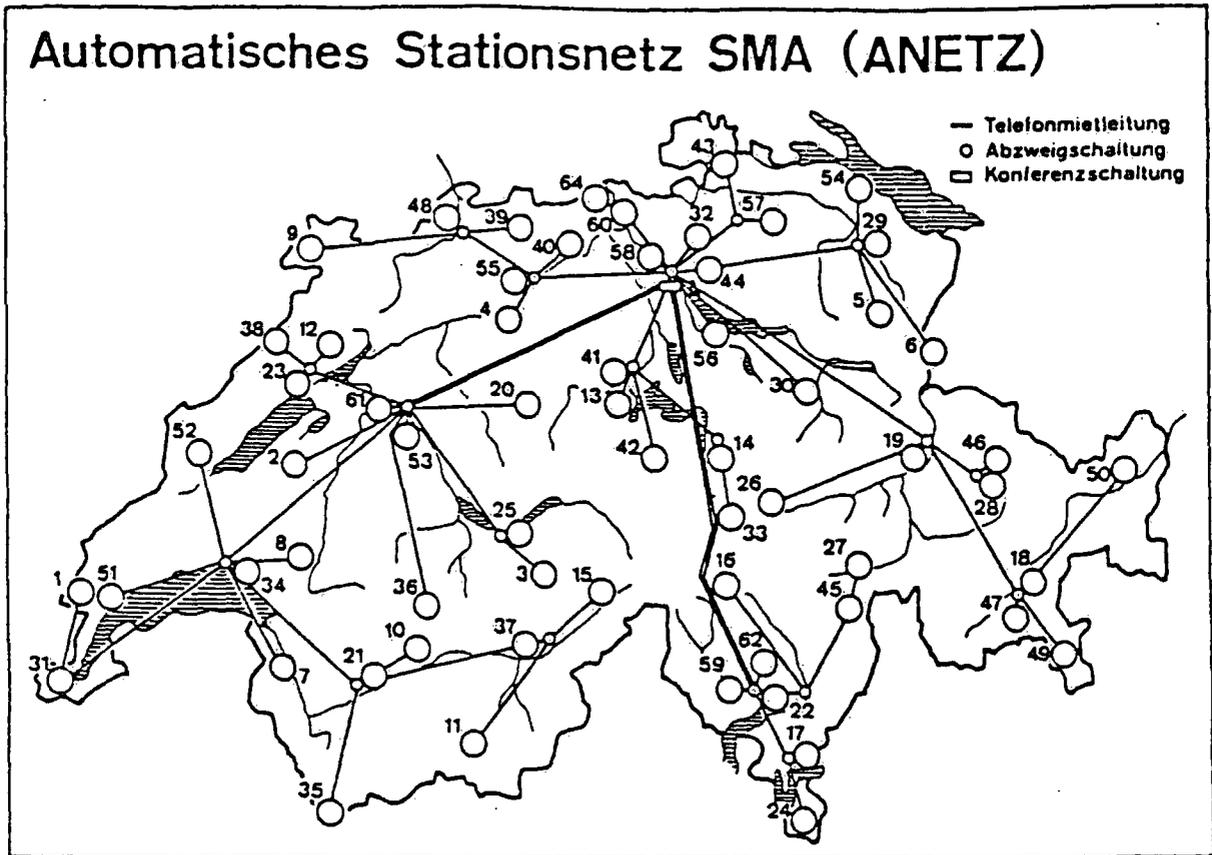


Fig. 1: Automatisches Stationsnetz SMA (ANETZ)
Stationsnamen: vgl. Tab. 1

3. Die 10-Minuten-Datei

Diese Datei beinhaltet die alle 10 Minuten erfassten Werte. Diese sind nicht korrigiert und fehlende Angaben werden nicht durch interpolierte Werte ergänzt.

Tabelle 4 zeigt die wichtigen Angaben über die erfassten meteorologischen Grössen und ihre Anordnung in der Datei. Letztere beinhaltet noch zusätzliche Informationen (siehe A10Min.DOK.).

Die Zeitangaben sind in GMT.

Tabelle 4

Kennzifferliste der AZEN-10-Minuten-Datei ALOMIN.AZD fuer SMA-Stationen

tkkk M	Bezeichnung	Format	ASTA-Parameter Apkk Einheit Typ	berechneter Parameter Bokkk Einheit Typ	Anm Pol
000	nicht benutzt				
001 K	Ost-Komponente Windgeschwindigkeit		0.1 m/s Mit10	0.1 m/s Mit10 Cw	
002 K	Nord-Komponente Windgeschwindigkeit		0.1 m/s Mit10	0.1 m/s Mit10 Cw	
003 K	Luft-Temperatur ventiliert		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
004 K	Gras-Temperatur		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
005 K	relative Luft-Feuchtigkeit		0/00 Mom10		
006 K	relativer Luftdruck Barometer (12)		0.1 mB Mom10		
007 K	Niederschlagsmenge (12)(13)		0.1 mm Sumda	0.1 mm Sum10	
008 K	Globalstrahlung mit Offset (12)		Sumda	Wh/m2 Sum10 C1	
009 K	Windspitze		0.1 m/s Max10	0.1 m/s Max10 C2	
010 K	Nanngewitter, Ferngewitter (nnff)			Sum10	
011 K	Heiligkeit			Mom10 (12)	Mom10 C1
012 K	Sonnenscheindauer (12)(13)		min Sumda	min Sum10	
013 G	Gewicht des Verdunstungsstellers		0.5 g Sumda		
014 G	Bodentemperatur -5cm		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
015 G	Bodentemperatur -10cm		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
016 G	Bodentemperatur -20cm		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
017 G	Bodentemperatur -50cm		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
018 G	Bodentemperatur -100cm		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
021 K	Heizleistung Ring Regenmesser		Mom10	W (2) Mom10 C2	
022 K	Heizleistung Trichter Regenmesser		Mom10	W (2) Mom10 C2	
023 K	Temperatur Hueette		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
024	Reserve-Temperatur		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
025 K	Temperatur Hygrometer		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
026	Reserve-Temperatur		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
027 K	Temperatur ASTA-Kasten		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
028 K	Temperatur ASTA-Raum		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	
029	Reserve-Temperatur		0.1 C Mom10	0.1 C Mom10	

tkkk Typ t und Kennziffer kkk (t wird nur angegeben, wenn Apkk und Bokkk getrennt aufgefuehrt werden).

M Meldungstyp

G Gesamtmeldung. Diese Parameter werden nur auf einen sog. Gesamtmeldungs-Aufruf hin (d.h. einmal pro Stunde im Intervall von HH+10) gemeldet.

K Kurzmeldung. Diese Parameter werden sowohl bei Gesamtmeldungs- als auch bei Kurzmeldungs-Aufrufen (d.h. immer, alle 10 Minuten) gemeldet.

4. Die Stundenwert-Datei

Die Stundenwert-Datei wurde besonders für klimatologische Zwecke konzipiert und realisiert.

Die Stundendateien können Momentwerte, Stundenmittelwerte, Stunden-summen und Stundenkennwerte sein, je nach meteorologischen Elementen. Die Messungen werden von Plausibilitätsprogrammen geprüft. Verdäch-tige Werte werden aufgelistet und erkannte Fehler korrigiert. Kleine Lücken in der Erfassung der Daten werden automatisch, grössere durch SMA-Mitarbeiter von Hand ergänzt. Hinweise auf Herkunft und Qualität

sind in einer speziellen "Qualitätsdatei" vermerkt, so dass bei späterer Bearbeitung Originalwerte jederzeit von korrigierten Werten unterschieden werden können.

Die ANETZ-Stundendaten werden auch in zwei Stufen weiter komprimiert:

- zu einer Tageswertdatei, u.a. mit Tagesmittelwerten, Tagessummen und -extremen
- zu einer Monatsdatei, u.a. mit Monatsmittelwerten, Monatssummen und Monatsextremwerten

Tabelle 5

Kennzifferliste fuer SMA-Stationen

Hp	Sym	Ap	Typ	Bedeutung	Einheit
000	DAH		Mom11	Datum (laufender Tage des Jahres)	[Tage]
001	TIH		Mom11	Termin-Index (=1...144 fuer Zeit=0000...2350)	
002	ZTH		Mom11	Zeit	[100std+min]
003	FEM	Bp001	Mit60	Stundenmittel Ost-Komponente Windweg	[0.1 m/s]
004	FNM	Bp002	Mit60	Stundenmittel Nord-Komponente Windweg	[0.1 m/s]
005	TLH	Bp003	Mom1d	momentane Lufttemperatur ventiliert	[0.1 C]
006	TLM	Bp003	Mit60	Stundenmittel Lufttemperatur ventiliert	[0.1 C]
007	TLN	Bp003	Min60	Stundenminimum Lufttemperatur ventiliert	[0.1 C]
008	TLX	Bp003	Max60	Stundenmaximum Lufttemperatur ventiliert	[0.1 C]
009	TGH	Bp004	Mom1d	momentane Grastemperatur	[0.1 C]
010	TGM	Bp004	Mit60	Stundenmittel Grastemperatur	[0.1 C]
011	TGN	Bp004	Min60	Stundenminimum Grastemperatur	[0.1 C]
012	UHH	Bp005	Mom1d	momentane rel. Feuchte, temp.korrigiert (1)	[0/00]
013	UUM	Bp005	Mit60	Stundenmittel rel. Feuchte, temp.korrigiert (1)	[0/00]
014	PPH	Bp006	Mom1d	momentaner Luftdruck auf Stationshoehe	[0.1 mB]
015	PPD	Bp006	Dif60	Stationsdruckdifferenz ueber 1 Stunde	[0.1 mB]
016	RRH	Ap007	Sumda	laufende Tagessumme Niederschlag (ASTA-Wert)	[0.1 mm]
017	RRS	Bp007	Sum60	Stundensumme Niederschlag	[0.1 mm]
018	RRX	Bp007	Max60	Stundenmaxima des Niederschlages (in 10 min)	[0.1 mm]
019	RRV	Bp007	Ver60	Verlauf des Niederschlages (13)	[0.3,1,3,10,... mm/h]
020	RRW			(Verlauf 2.Teil)	
021	GLH	Ap008	Sumda	laufende Tagessumme Globalstrahlung (ASTA-Wert)	
022	GLS	Bp008	Sum60	Stundensumme Globalstrahlung	[Wh/m2]
023	GLV	Bp008	Ver60	Verlauf der Globalstrahlung (13)(14)	[100 W/m2]
024	GLW			(Verlauf 2.Teil)	
025	FXX	Bp009	Max60	Stundenmaximum der Windspitze	[0.1 m/s]
026	FXV	Bp009	Ver60	Verlauf der Windspitze (13)	[5 m/s, gerundet]
027	FXW			(Verlauf 2.Teil)	
028	GFS	Bp010	Sum60	Stundensumme Fernblitze	
029	GFV	Bp010	Ver60	Verlauf Fernblitze (13)	
030	GFW			(Verlauf 2.Teil)	

Hp Kennziffer des Stundenparameters

Sym Symbol fuer Stundenparameter, kann bei den Zugriffsprogrammen ANDAT2, ANDAT7 und AMDAT1 verwendet werden.

Ap Herkunft: der Stundenparameter wird aus dem aufgefuehrten 10-min-Parameter berechnet

Auf noch weitergehende Komprimierungen wird vorderhand verzichtet. Ein Auszug aus dem Inhalt dieser Datei ist in Tabelle 5 angegeben. Es ist zu bedenken, dass aus meteorologischen Gründen ein Stundenintervall nicht zur vollen Stunde endet, sondern um 20 Minuten ververschoben ist. Die Stundenparameter mit dem Abschluss-Termin HH+40 wurden demnach aus 10-Minuten-Parametern bestimmt aus dem Zeitintervall HH-10 bis HH+49. Die Zeitangaben HHMM sind immer in GMT.

5. Die graphische Darstellung der 10-Minuten-Werte

Bei einer 10-minütigen Sequenz fallen pro Tag und pro Parameter $6 \times 24 = 144$ Messwerte an. Dies ergibt bei mehreren Parameter eine relativ grosse Menge von Informationen. Es wurde hier eine Darstellungsweise gesucht, die eine einfache, möglichst vollständige Interpretation erlaubt. Für diesen Zweck wurden zwei verschiedene Formen, ein tabellarische und eine graphische, gewählt.

In tabellarischer Form, Listing genannt, sind alle gewählten Messwerte eines 10-minütigen Intervalls der Reihe nach in einer Linie angegeben. Die Linien ordnen sich chronologisch. Es folgt, dass alle Werte eines Parameters sich in einer Kolonne befinden. Ein Auszug einer solchen tabellarischen Darstellung ist in Tabelle 7 angegeben.

Diese Darstellung hat den Vorteil, dass sie in einer übersichtlichen Folge die Gesamtheit der Werte vorlegt. Dafür hat sie den Nachteil, dass ein Erfassen der zeitlichen Aenderungen eines Parameters oder der Vergleich der Aenderungen zweier oder mehrerer Parameter erschwert wird. Zu diesem Zweck wurde eine graphische Darstellung entwickelt und für ein automatisches Zeichnen programmiert.

Die nachstehende Tabelle 6 zeigt die in diesen beiden Darstellungen ausgewählten Parameter und die dabei benützten Abkürzungen.

Tabelle 6

	<u>Graphik</u>	<u>Listing</u>
001 Ost-Komponente der Windgeschwindigkeit	1)	1)
002 Nord-Komponente der Windgeschwindigkeit	1)	1)
1) Beide werden automatisch in Polarkoordinaten umgerechnet	DDFFF	DD FF

	<u>Graphik</u>	<u>Listing</u>
003 Luft-Temperatur ventiliert	TT VENTIL.	TT V
004 Gras-Temperatur	TT GRAS	TT G
005 relative Luftfeuchtigkeit	UU GEM.	UU G
006 relativer Luftdruck	PPP	PPP
007 Niederschlagsmenge	RR	RR
008 Globalstrahlung	GLOB.STRA.	GH
009 Windspitze	BOENSPITZE	WS
011 Helligkeit	HELLIGKEIT	HEL
012 Sonnenscheindauer	SONNE	SON
013 Verdunstung	VERDUNST	VERD
014 Bodentemperatur - 5 cm	TT - 5CM	- 5
015 Bodentemperatur - 10 cm	TT -10CM	-10
023 Temperatur Hütte	TT HUETTE	TT H
025 Temperatur Hygrometer	TT HYGRO	TTHY

Das Listing enthält zusätzlich noch weitere berechnete Temperaturen und die berechnete Feuchtigkeit.

Es sind dies:

die Pseudofeuchttemperatur	TS
die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemp.	PTS
die potentielle Pseudoäquivalenttemp.	PTE
die potentielle Temperatur	PT
die virtuelle Temperatur	TV
die Taupunkttemperatur	TD
die berechnete Feuchtigkeit	UU B

Die graphische Darstellung wird nur mit dem Verlauf der feuchtpotentiellen Pseudofeuchttemperatur

TT FE.POT.

und

der berechneten Feuchtigkeit

UU BER.

ergänzt.

Ein Original einer graphischen Darstellung wird im Anhang III gezeigt.

Die berechneten potentiellen und feuchtpotentiellen Temperaturen sind konservative Parameter einer Luftmasse. Die Art, wie sie berechnet wurden, wird im Paragraphen 9 beschrieben.

Tabelle 7 Auszug eines Listings

119) CHUR-EMS			555 MUN.			10.11.1985			TAG NR. 314																				
HH	MM	DD	FFF	TT	Y	TT	G	UU	G	PPP	KR	GH	VS	HEL	SDM	VERD	-5	-10	TT	H	TTYH	UU	B	TS	PTS	PTE	PT	TV	TD
0	10	222	57	139	131	438	-145	0	0	94	-418	0	0	94	-418	0	92	93				141	441	7.8	10.3	31.9	18.6	14.7	1.8
0	20	220	68	144	135	434	-144	0	0	117	-419	0	0	117	-419	0						143	433	8.1	10.6	32.7	19.1	15.2	2.1
0	30	222	54	143	133	436	-146	0	0	101	-418	0	0	101	-418	0						141	435	8.1	10.6	32.7	19.0	15.1	2.2
0	40	221	67	144	132	437	-147	0	0	109	-419	0	0	109	-419	0						142	434	8.2	10.7	32.9	19.1	15.2	2.2
0	50	229	57	139	128	448	-146	0	0	110	-419	0	0	110	-419	0						136	447	7.9	10.4	32.3	18.6	14.7	2.1
1	0	218	66	141	132	441	-148	0	0	98	-419	0	0	98	-419	0						141	441	8.0	10.5	32.5	18.8	14.9	2.1
1	10	222	59	138	125	457	-148	0	0	98	-419	0	0	98	-419	0	0	92	93			135	493	7.9	10.4	32.3	18.5	14.6	2.3
1	20	211	60	130	121	479	-145	0	0	96	-419	0	0	96	-419	0						130	479	7.5	10.0	31.2	17.7	13.8	2.0
1	30	219	58	129	121	476	-146	0	0	96	-419	0	0	96	-419	0						132	481	7.4	10.0	31.1	17.6	13.7	2.0
1	40	223	50	136	124	469	-146	0	0	79	-419	0	0	79	-419	0						134	466	7.9	10.4	32.3	18.3	14.4	2.5
1	50	223	48	131	117	484	-146	0	0	77	-420	0	0	77	-420	0						128	479	7.7	10.2	31.6	17.8	13.9	2.5
2	0	214	30	126	114	492	-145	0	0	54	-419	0	0	54	-419	0						128	495	7.3	9.9	30.8	17.3	13.4	2.2
2	10	224	30	127	103	507	-145	0	0	65	-419	0	0	65	-419	0	0	92	93			123	500	7.6	10.1	31.4	17.4	13.6	2.7
2	20	218	33	125	108	511	-145	0	0	61	-419	0	0	61	-419	0						123	508	7.5	10.0	31.2	17.1	13.3	2.7
2	30	200	12	129	102	507	-142	0	0	44	-419	0	0	44	-419	0						124	499	7.6	10.3	31.8	17.6	13.8	2.9
2	40	200	15	121	84	531	-142	0	0	27	-420	0	0	27	-420	0						118	526	7.4	9.9	31.0	16.7	13.0	2.8
2	50	25	35	128	101	523	-141	0	0	44	-420	0	0	44	-420	0						123	514	7.9	10.4	32.2	17.5	13.7	3.3
3	0	23	15	115	84	554	-142	0	0	35	-419	0	0	35	-419	0						115	554	7.1	9.7	30.3	16.1	12.4	2.9
3	10	17	31	120	100	559	-140	0	0	55	-417	0	0	55	-417	0	0	91	93			117	550	7.6	10.1	31.3	16.6	12.9	3.4
3	20	48	42	124	131	559	-138	0	0	55	-417	0	0	55	-417	0						118	548	7.9	10.4	32.1	17.0	13.3	3.9
3	30	47	38	131	112	561	-138	0	0	66	-417	0	0	66	-417	0						128	556	8.6	11.1	33.6	17.8	14.1	4.6
3	40	27	30	127	105	607	-138	0	0	66	-417	0	0	66	-417	0						126	605	8.7	11.2	34.0	17.3	13.7	5.3
3	50	32	47	133	118	691	-139	0	0	87	-417	0	0	87	-417	0						131	687	10.1	12.5	37.8	18.0	14.5	7.8
4	0	37	48	131	113	722	-137	0	0	84	-416	0	0	84	-416	0						128	715	10.3	12.7	38.3	17.8	14.3	8.2
4	10	32	45	130	114	718	-138	0	0	76	-417	0	0	76	-417	0	0	91	93			127	711	10.2	12.6	37.8	17.7	14.2	8.0
4	20	29	35	128	114	722	-138	0	0	63	-413	0	0	63	-413	0						126	717	10.1	12.5	37.6	17.4	14.0	7.9
4	30	28	47	129	118	706	-138	0	0	87	-412	0	0	87	-412	0						129	706	10.0	12.4	37.3	17.6	14.1	7.7
4	40	35	47	125	113	730	-137	0	0	79	-413	0	0	79	-413	0						125	730	9.9	12.3	37.1	17.1	13.7	7.8
4	50	27	33	125	106	742	-140	0	0	67	-413	0	0	67	-413	0						123	737	10.0	12.4	37.3	17.1	13.7	6.0
5	0	32	31	126	103	730	-139	0	0	67	-413	0	0	67	-413	0						124	725	9.9	12.3	37.1	17.2	13.8	7.9
5	10	30	16	121	101	750	-140	0	0	33	-396	0	0	33	-396	0	0	91	93			119	745	9.7	12.1	36.6	16.7	13.3	7.8
5	20	108	3	117	89	772	-140	0	0	19	-346	0	0	19	-346	0						114	764	9.5	11.9	36.2	16.3	12.9	7.8
5	30	214	3	106	81	804	-143	0	0	13	-303	0	0	13	-303	0						106	804	8.8	11.2	34.3	15.2	11.8	7.4
5	40	225	6	104	83	825	-143	0	0	10	-241	0	0	10	-241	0						102	820	8.8	11.2	34.3	15.0	11.6	7.6
5	50	169	5	104	82	844	-148	0	0	13	-169	0	0	13	-169	0						101	856	8.6	11.4	34.5	15.0	11.6	7.9
6	0	315	1	99	74	855	-145	0	0	5	-92	0	0	5	-92	0						96	846	8.3	10.7	33.8	14.5	11.1	7.6
6	10	0	2	94	64	869	-146	0	0	7	-6	0	0	7	-6	0	0	90	92			93	866	8.2	10.6	32.8	13.8	10.6	7.3
6	20	40	3	92	70	881	-145	0	0	11	42	0	0	11	42	0						88	880	8.2	10.7	33.0	13.8	10.4	7.5
6	30	279	6	92	75	892	-143	0	0	16	62	0	0	16	62	0						90	877	8.7	11.2	34.2	14.3	10.9	6.1
6	40	45	4	97	81	898	-144	0	0	11	94	0	0	11	94	0						92	880	8.8	11.3	34.5	14.4	11.0	6.2
6	50	90	6	98	87	898	-141	0	1	12	104	0	0	12	104	0						93	889	8.8	11.1	34.0	14.2	10.8	8.0
7	0	60	8	96	88	908	-142	0	2	13	114	0	0	13	114	0						93	889	8.8	11.1	34.0	14.2	10.8	8.0
7	10	0	13	96	91	898	-140	0	2	22	111	0	0	22	111	0	0	90	92			93	889	8.8	11.1	34.0	14.2	10.8	8.0
7	20	32	19	105	98	894	-142	0	1	31	125	0	0	31	125	0						98	873	9.5	11.9	36.2	15.1	11.6	8.8
7	30	41	20	106	100	871	-143	0	4	30	138	0	0	30	138	0						103	862	9.4	11.9	36.0	15.2	11.9	8.5
7	40	29	18	105	99	870	-144	0	4	27	139	0	0	27	139	0						104	867	9.3	11.8	35.7	15.1	11.8	8.4
7	50	34	14	109	102	871	-144	0	4	30	139	0	0	30	139	0						106	862	9.7	12.1	36.7	15.5	12.2	8.6
8	0	231	13	106	100	875	-145	0	4	25	136	0	0	25	136	0						104	869	9.4	11.9	36.0	15.2	11.9	8.8
8	10	277	8	111	104	874	-147	0	4	15	151	0	0	15	151	0	0	90	92			106	860	9.9	12.3	37.2	15.7	12.4	9.1
8	20	0	2	109	105	882	-148	1	5	13	149	0	0	13	149	0						107	876	9.8	12.2	37.0	15.5	12.2	9.0
8	30	135	4	110	106	882	-149	0	5	10	147	0	0	10	147	0						109	879	9.9	12.3	37.3	15.6	12.3	9.1
8	40	198	6	110	107	882	-150	0	5	14	151	0	0	14	151	0						109	879	9.9	12.3	37.3	15.6	12.3	9.1
8	50	243	4	112	111	890	-149	0	6	14	149	0	0	14	149	0						111	867	10.2	12.6	38.0	15.8	12.6	9.5
9	0	0	2	113	111	889	-149	0	6	11	160	0	0	11	160	0						113	889	10.3	12.7	38.3	15.9	12.7	9.5
9	10	37	5	115	116	889	-152	0	8	12	167	0	0	12	167	0	0	91	92			114	886	10.5	13.0	38.9	16.3	12.9	9.7
9	20	194	4	115	115	874	-151	0	12	17	196	3	0	12	17	196	3					115	874	10.3	12.8	38.3	16.3	12.9	9.5
9	30	233	5	116	122																								

6. Die Computerprogramme

Für das automatische Zeichnen der geographischen synoptischen Darstellung und das Erstellen des Listings wurden die Computerprogramme PLOTPI entwickelt. Bei der graphischen Darstellung wurden, um eine klare Uebersicht zu gewähren, die Abstände zwischen den verschiedenen Kurven einiger Parameter durch Ueberziehen der möglichen Werte dieses Parameters, wie z.B. der Feuchtigkeit von 0 bis 150 %, festgelegt. Folgender Formalismus wurde angewendet:

1. X-Achse

- Tageszeit, Skala unten und oben
0 Uhr bis 24 Uhr = 21.6 cm; pro 10min 1.5 mm

2. Y-Achse

- Sonne, linke Skala
0 bis 20 Min. = 5 cm; pro Min. 2.5 mm
- Helligkeit, 2. Skala rechts
-500 bis 300 = 5 cm; pro 100er Einheit 6.25 mm
- Globalstrahlung, 1. Skala rechts
0 bis 200 = 5 cm; pro Einheit 0.25 mm
- Temperatur, Skala links und rechts
Normalerweise 20° C auf 20 cm Skalenlänge; pro 1° C 1 cm.
Ist die Temperaturschwankung grösser als 20° C, wird zusätzlich im dazugehörenden Printoutput der neugewählte Temperaturbereich angegeben.
- Feuchtigkeit, 2. Skala rechts
0-150 % = 7.5 cm; pro 1 % 0.5 mm
Feuchtigkeitsberechnung: TV = Temperatur ventiliert
TP = Temperatur Hygrometer
UU = rel. Feuchtigkeit gemessen
FT = rel. Feuchtigkeit berechnet
 $TH = (TV+TP)/2$
 $A = 0.06108*UU*\exp(17.393*TH/(TH+2392))$
 $B = 0.06108*UU*\exp(17.393*TV/(TV+2392))$
 $FT = UU*A/B$
- Niederschlag, linke Skala logarithmisch
0 - 20 mm Niederschlag = 6 cm

- Verdunstung, 2. Skala rechts
-150 bis 150 = 3 cm; pro Einheit 0.1 mm
- Luftdruck, 1. Skala rechts
Normalerweise 25 hPa auf 6 cm Skalenlänge; pro 1 hPa 2.4 mm.
Ist die Druckschwankung grösser als 25 hPa, wird zusätzlich im dazugehörenden Printoutput der neugewählte Druckbereich angegeben.
- Böenspitzen, Skala links und rechts
0 bis 40 m/sec = 6 cm; pro 1 m/sec 1.5 mm
- Windrichtung und -geschwindigkeit
Die Drehung des Pfeiles gibt die Windrichtung an. Bei Windgeschwindigkeiten ≤ 0.5 m/sec wird nur ein Punkt bei 0 m/sec angegeben.
Die Position des Pfeiles zeigt die Windgeschwindigkeit in der gleichen Skalierung wie die Böenspitzen.

7. Fehlende oder fehlerhafte Angaben

Wie in Paragraph 3 vermerkt ist, werden fehlende Werte in der 10-Min. Datei nicht ergänzt. Ebenfalls sind in dieser Datei die Daten nicht auf ihre Richtigkeit getestet oder kontrolliert worden. Die Art der hauptsächlich vorgesehenen Anwendungen dieser Hilfsmittel, z.B. in Untersuchungen des Einflusses der Alpen auf das Wettergeschehen, ist grundsätzlich anders als diejenige der Klimatologie. Letztere benötigt eine vollständige, richtige und lückenlose Reihe. Die graphische synoptische Darstellung erlaubt weitgehend eine Ergänzung der fehlenden Angaben oder eine Schätzung der fehlerhaften Messungen.

7.1 Fehlende Angaben

Kurze Unterbrechungen von 10 Minutendauer werden nicht selten beobachtet. Hie und da dauern sie bis zu 30-40 Minuten. Sie sind im allgemeinen belanglos, d.h. sie können leicht ergänzt werden. Sie sind meistens durch Störungen im Uebermittlungsnetz verursacht. Sie betreffen nur eine Station oder eine Gruppe von Stationen. Ein Beispiel ist in Figur 2 angegeben. Längere Unterbrüche, z.B. infolge des momentanen Aussetzens der Zentrale, berühren dagegen alle Stationen des ANETZes. Diese Unterbrüche sind in diesen Fällen auch von längerer Dauer als die vorher besprochenen. Bis zu einigen Stunden ist es

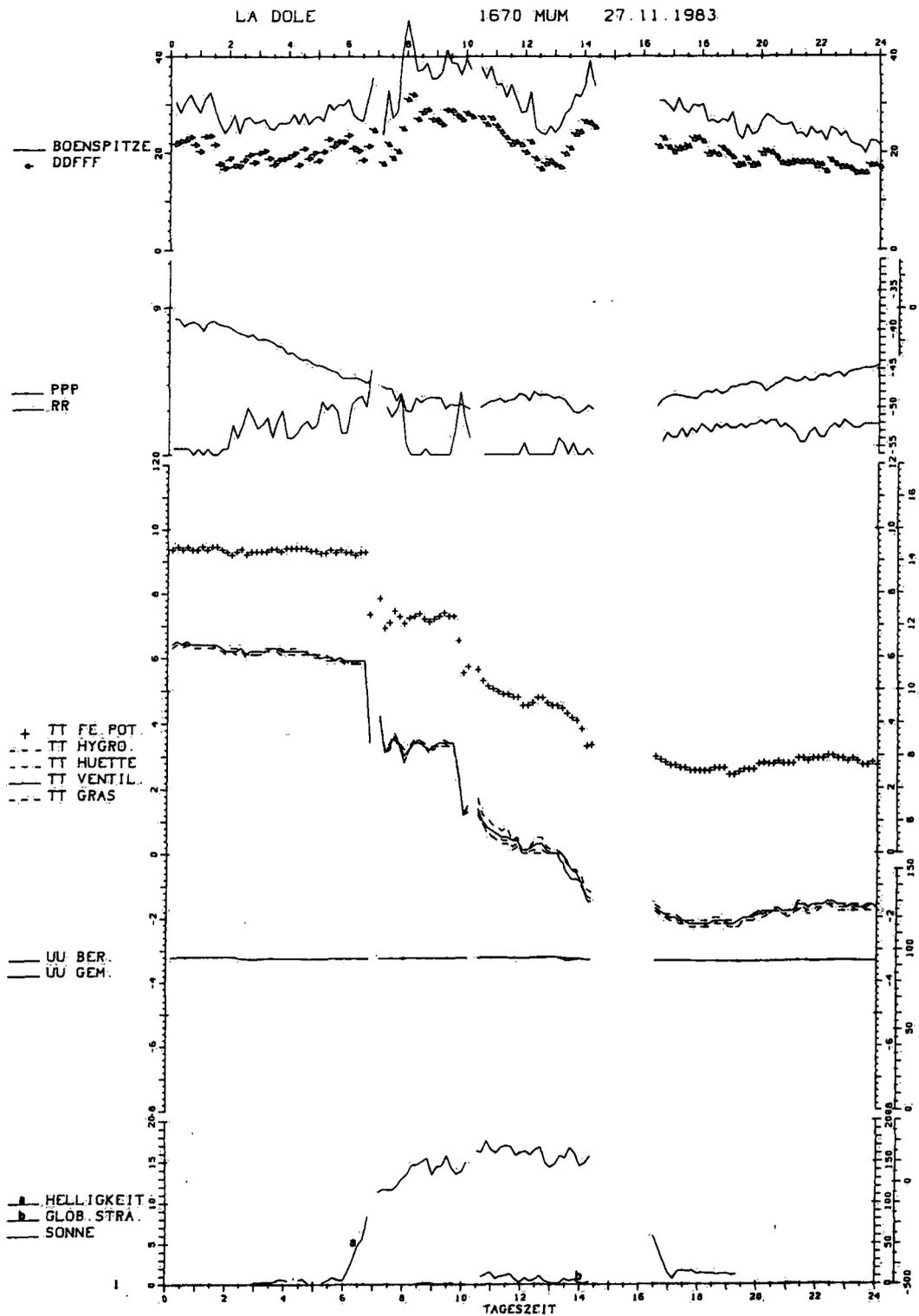


Fig. 2 Beispiele kurzer Unterbrüche (1 Messwert = 1 Intervall von 10 Minuten) um 0700 und 1020 Uhr und eines längeren Unterbruches von 1430 Uhr bis 1620 Uhr. Auf La Dôle wurde ebenfalls die Registrierung der Globalstrahlung zwischen 1920 Uhr und 2100 Uhr unterbrochen.

ebenfalls möglich, den wahrscheinlichen Verlauf der Elemente zu ergänzen. Dies ist auch möglich, wo eine Änderung der Wetterlage stattgefunden hat, wie im Beispiel der Figur 2 ersichtlich ist.

Diese Unterbrüche berühren selbstverständlich alle Messinstrumente einer Station. Eine andere Art fehlender Angaben ist eine Folge des Aussetzens eines Instrumentes. In diesen Fällen ist die Dauer des Unterbruches sehr verschieden, aber im allgemeinen von längerer Dauer. Weil in den meisten Fällen die anderen Instrumente normal funktionieren, ist dieser Ausfall nicht zu schwerwiegend.

7.2 Fehlerhafte Angaben

Hier handelt es sich fast ausschliesslich nur um ein einzelnes Instrument. Das Zeitintervall, währenddem die Fehlerangaben registriert wurden, ist sehr unterschiedlich. Es erstreckt sich mehrfach über mehrere Stunden hinaus. Bei besonderen Bedingungen kann der Verlauf der entsprechenden Kurven sogar ein meteorologisches Phänomen vortäuschen. Das Aufdecken der gestörten Periode erfolgt generell ohne Schwierigkeiten für die meisten Elemente. Ein Vergleich mit benachbarten Stationen erlaubt den Fehler zu erkennen und bis zu einem gewissen Grad auch zu korrigieren. Es ist zu bemerken, dass die automatischen Stationen sich bestens bewährt haben. Die nachfolgend besprochenen Beispiele bilden die Ausnahmen. Die Liste ist auch nicht erschöpfend.

Wind

Die beiden hier gegebenen Beispiele zeigen die Wirkung der Witterung auf das Funktionieren des Anemometers. Es ist eine vollständige (Figur 3) und eine teilweise (Figur 4) Blockierung des Anemometers während Schneefällen.

Luftdruck und Verdunstung

Das Erfassen des Luftdruckes erfolgt im allgemeinen fehlerlos. Bei starkem Wind kann oft eine gewisse leichte Unruhe der Registrierung beobachtet werden.

Die vorkommenden Fehler der Verdunstungsmessung lassen sich leicht korrigieren.

Niederschläge

Fehlerhafte Niederschlagsmessungen sind ihrer Natur nach schwer zu erfassen. Sie können leider leicht unentdeckt bleiben.

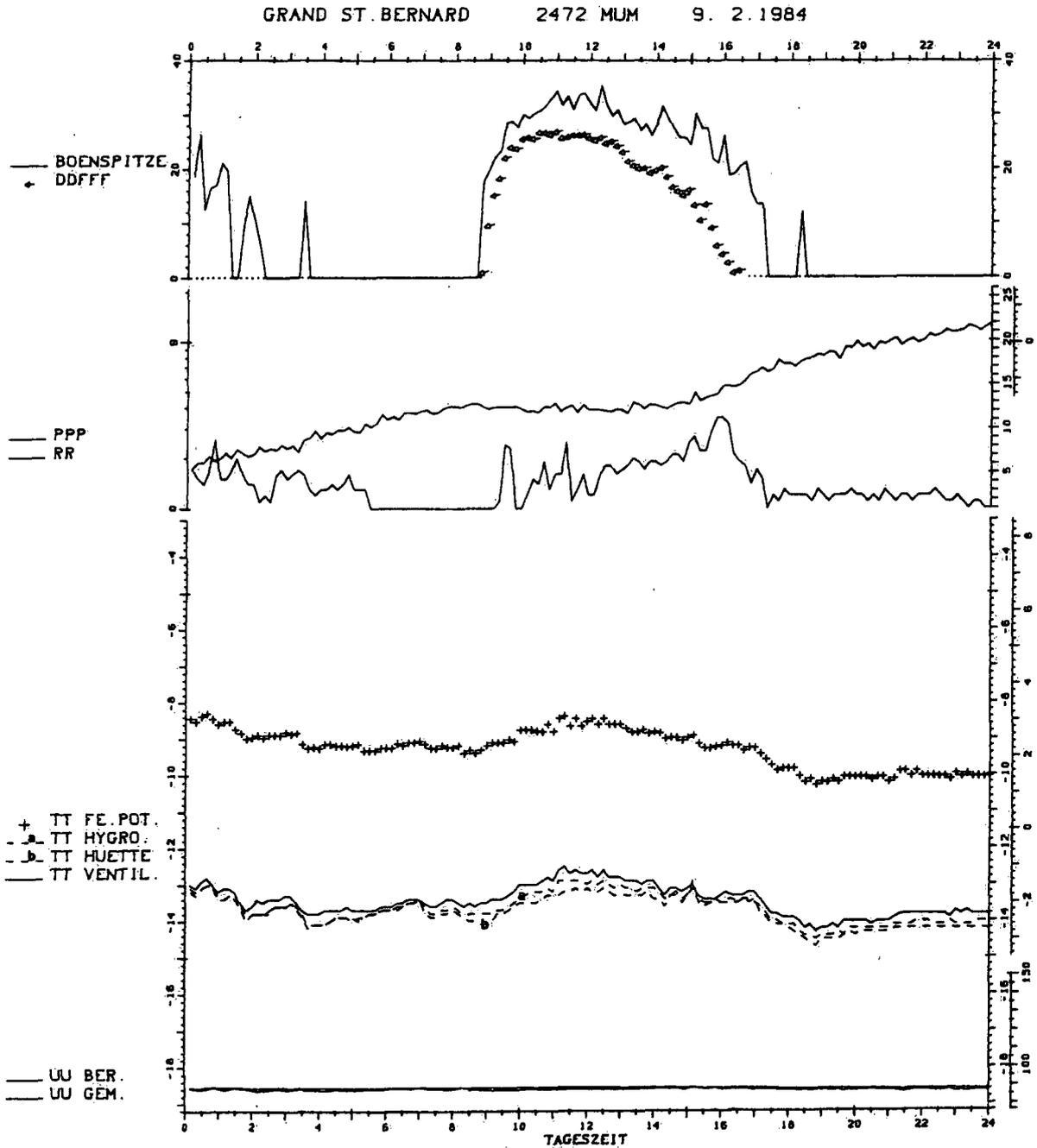


Fig. 3 Vollständige Blockierung des Anemometers infolge starken Schneefalls vor 09 Uhr und nach 17 Uhr. Bereits nach 13 Uhr setzt die progressive Abbremsung des Anemometers ein. An diesem Tag zeigen die Windmessungen fast aller Bergstationen in irgend einer Form (siehe auch Figur 5), aber nicht gleichzeitig, solche Unregelmässigkeiten.

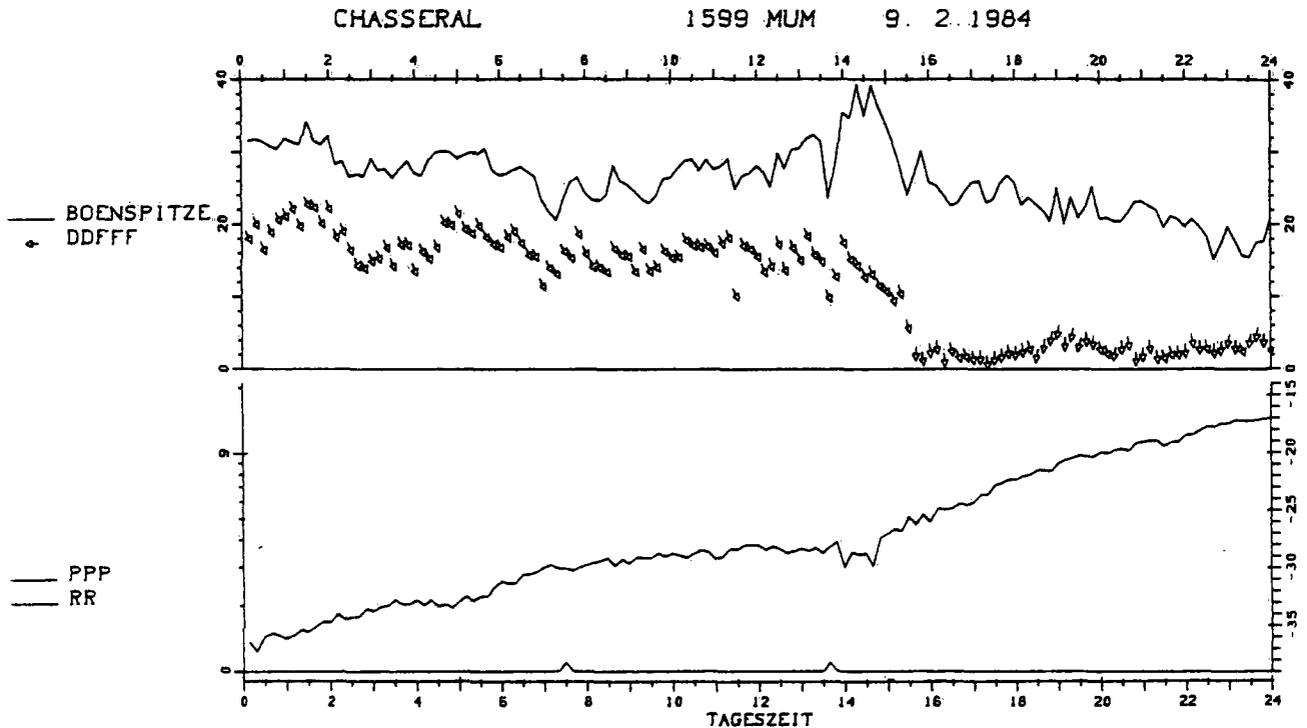


Fig. 4 Die auffallende Geschwindigkeitsabnahme nach 14 Uhr bei beinahe gleichbleibenden Windspitzen ist mit grösster Wahrscheinlichkeit eine Folge der Teilblockierung des Anemometers (siehe Figur 3). Das Windregime an diesem Tag widerspricht einer solchen Aenderung. Es herrschte damals eine ausgeprägte Nordostströmung. Es muss ebenfalls angenommen werden, dass auch die Windrichtung nicht repräsentativ ist. Die Windmessung der Sonde von Payerne von 12 Uhr gibt auf der Höhe des Chasseral $040^{\circ}/25 \text{ msec}^{-1}$.

Temperatur

In der Mehrheit der Fälle sind fehlerhafte Temperaturmessungen erkennbar und entsprechend korrigierbar. Sie führen sofort zu Unstimmigkeiten im Verlauf der potentiellen Feuchttemperatur. Systematische Abweichungen können durch Vergleiche mit Temperaturen der Nachbarstationen oder mit anderen am Ort gemessenen Temperaturen festgestellt werden (Figur 5).

Die am häufigsten vorkommenden fehlerhaften Messungen sind durch rasche, meist nur über ein Zeitintervall sich erstreckende Sprünge der Temperaturen charakterisiert (Figur 6). Sie wiederholen sich mehrmals. Es entsteht dabei eine unnatürliche Unruhe im Verlauf des Elementes. Bei gewissen meteorologischen Situationen, wie z.B. kurz vor dem Eintreten des Föhns an einer Talstation, kann auch eine solche, in diesem Fall aber reelle Unruhe beobachtet werden.

JUNGFRAUJOCH 3580 MUM 28.11.1983 TAG NR. 332

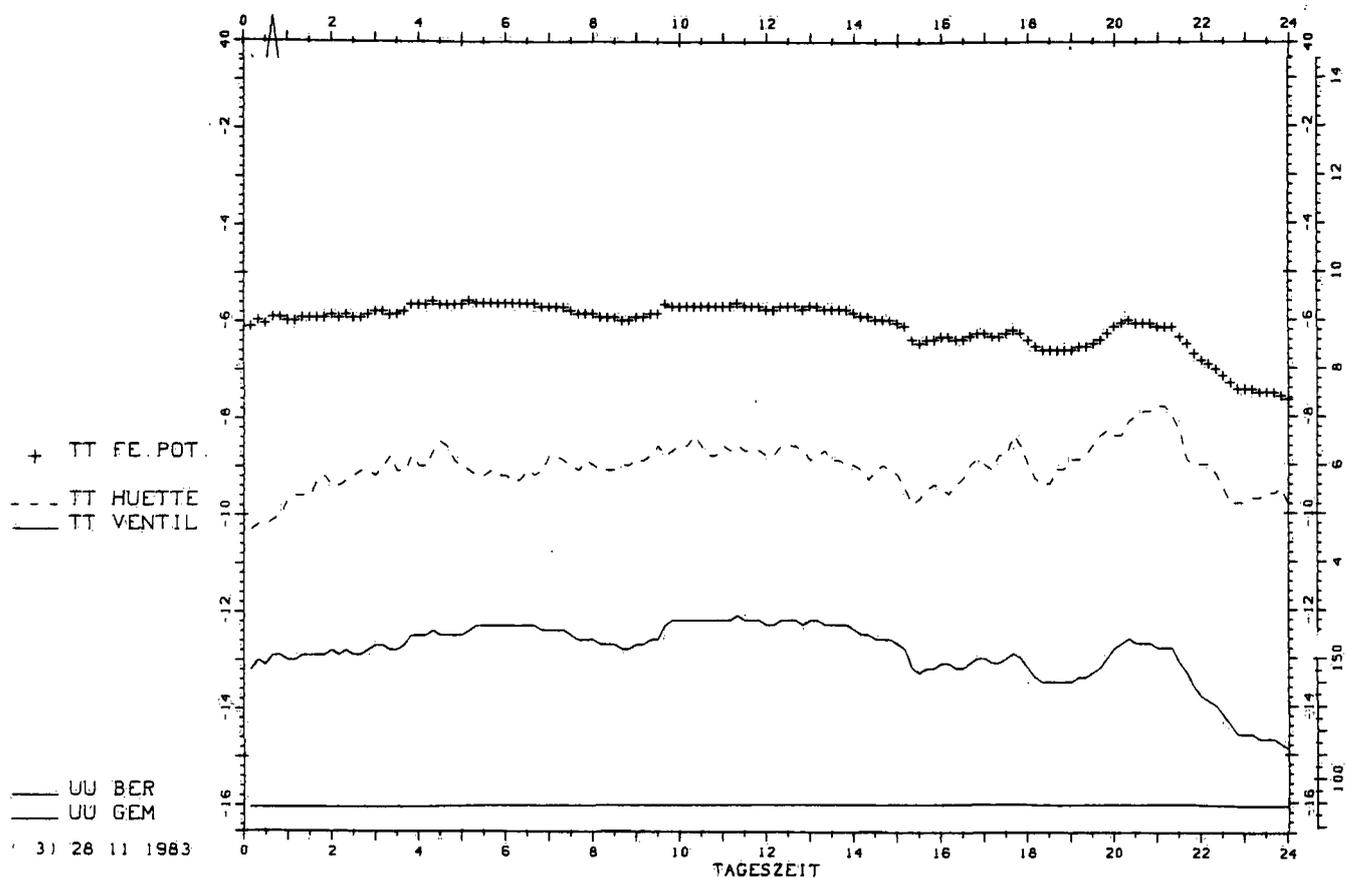


Fig. 5 Systematische Abweichungen der TT HUETTE gegenüber TT VENTIL. Die Werte der potentiellen Feuchttemperatur zeigen, dass die Werte von TT VENTIL richtig sind. Entsprechende Werte der TT HUETTE führen zu zu hohen TT FEU.POT.

Wenn solche Abweichungen über ein Zeitintervall andauern, ist daraus nicht unbedingt zu folgen, dass hier Fehlmessungen vorliegen. Es kann sich auch um reelle Änderungen handeln (Figur 7). Ein Vergleich mit benachbarten Stationen kann oft den Zweifel beheben.

Es ist zu bemerken, dass ein genaueres Erfassen der relativen Feuchtigkeit das Erkennen fehlerhafter Messungen der Temperatur wesentlich erleichtern würde (Figur 9).

Einige der Probleme der Temperaturmessung wurden im Arbeitsbericht Nr. 119 der SMA (G. Müller: Vergleich der Temperaturen verschiedener Wetterhütten an einigen Stationen des ANETZes, Februar 1984) besprochen.

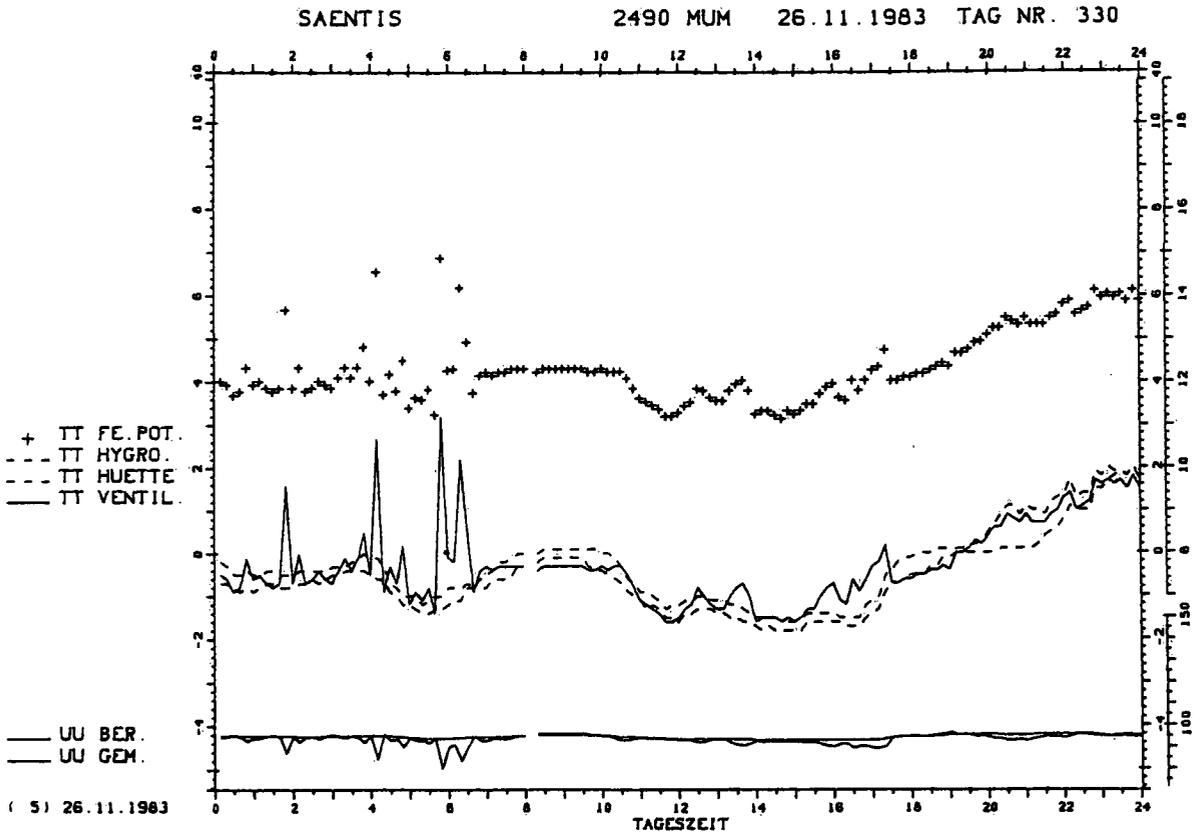
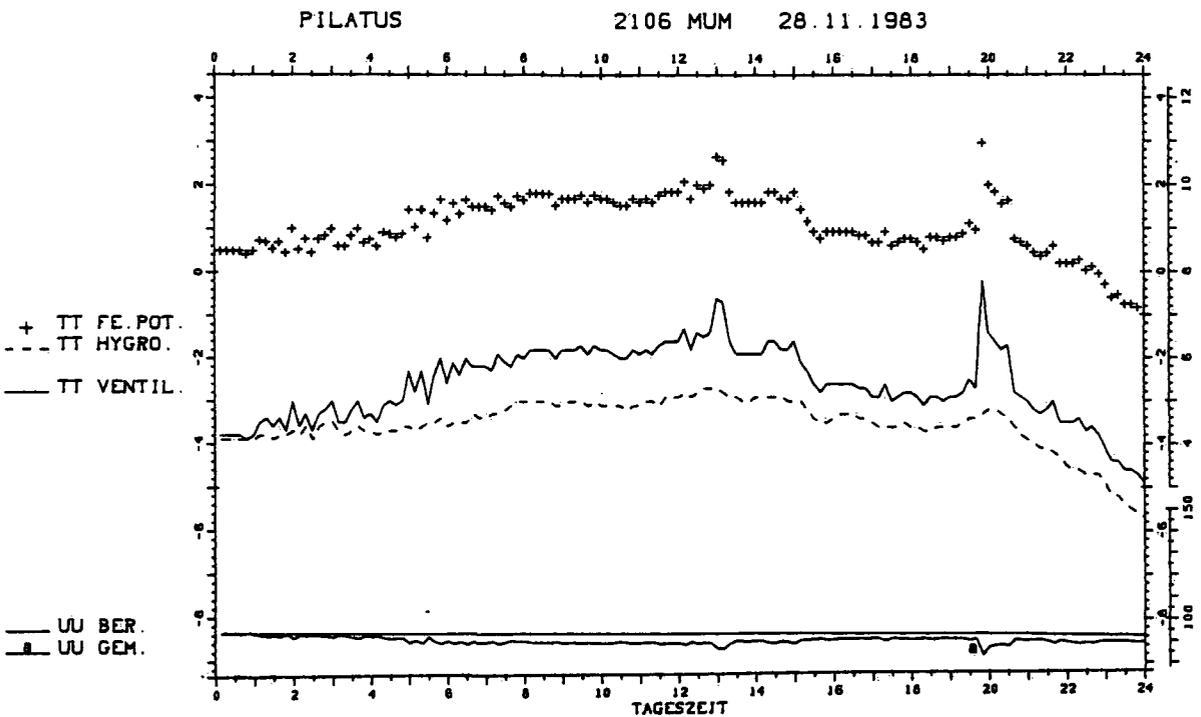


Fig. 6 Beispiel ausgeprägter Schwankungen der TT VENTIL zwischen 0000 Uhr und 0700 Uhr. Die Fehlmessungen betreffen nur ein Zeitintervall von 10 Minuten, wiederholen sich aber mehrmals während einer gewissen Zeitspanne.



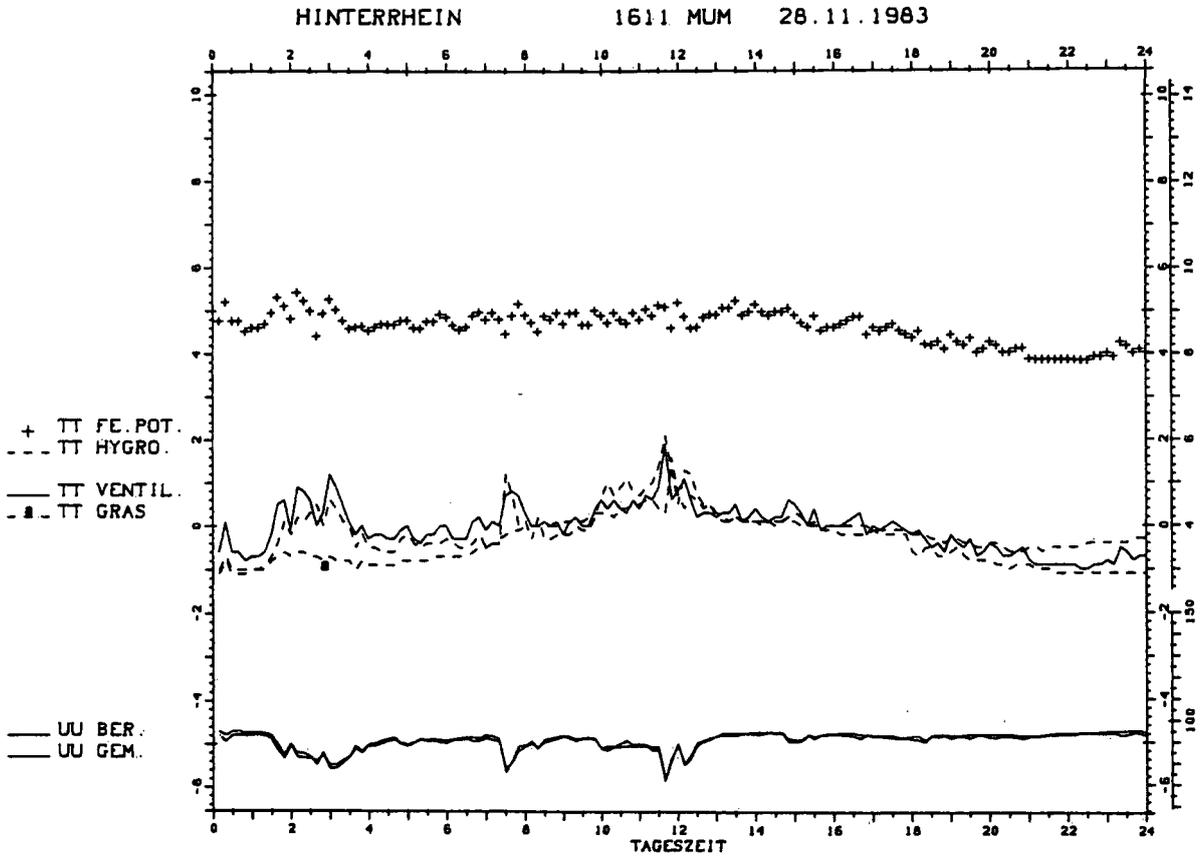


Fig. 8 Beispiel kurzfristiger Variationen der Lokalzirkulation. Entgegen den Beispielen der Figur 6 und möglicherweise der Figur 7 widerspiegelt sich hier die Schwankungen von TT VENTIL in denjenigen der Feuchtigkeit. Der Verlauf von TT FEU POT. zeigt, dass die Amplitude der Schwankungen der relativen Feuchtigkeit durch die Trägheit des Instruments gedämpft wurde. Um 0200 Uhr überlagern sich zu den reellen Schwankungen noch zusätzlich instrumentell bedingte Aenderungen.

Fig. 7 Die Schwankungen von TT VENTIL zwischen 0100 Uhr und 0800 Uhr sind instrumentell bedingt. Diejenigen von 1300 Uhr und 2000 Uhr können reell sein, weil solche Temperatursprünge oft beobachtet wurden. Solche Aenderungen sind auch von Aenderungen der relativen Feuchtigkeit begleitet. Hier ist dies nicht der Fall, so dass ein gewisser Zweifel besteht.

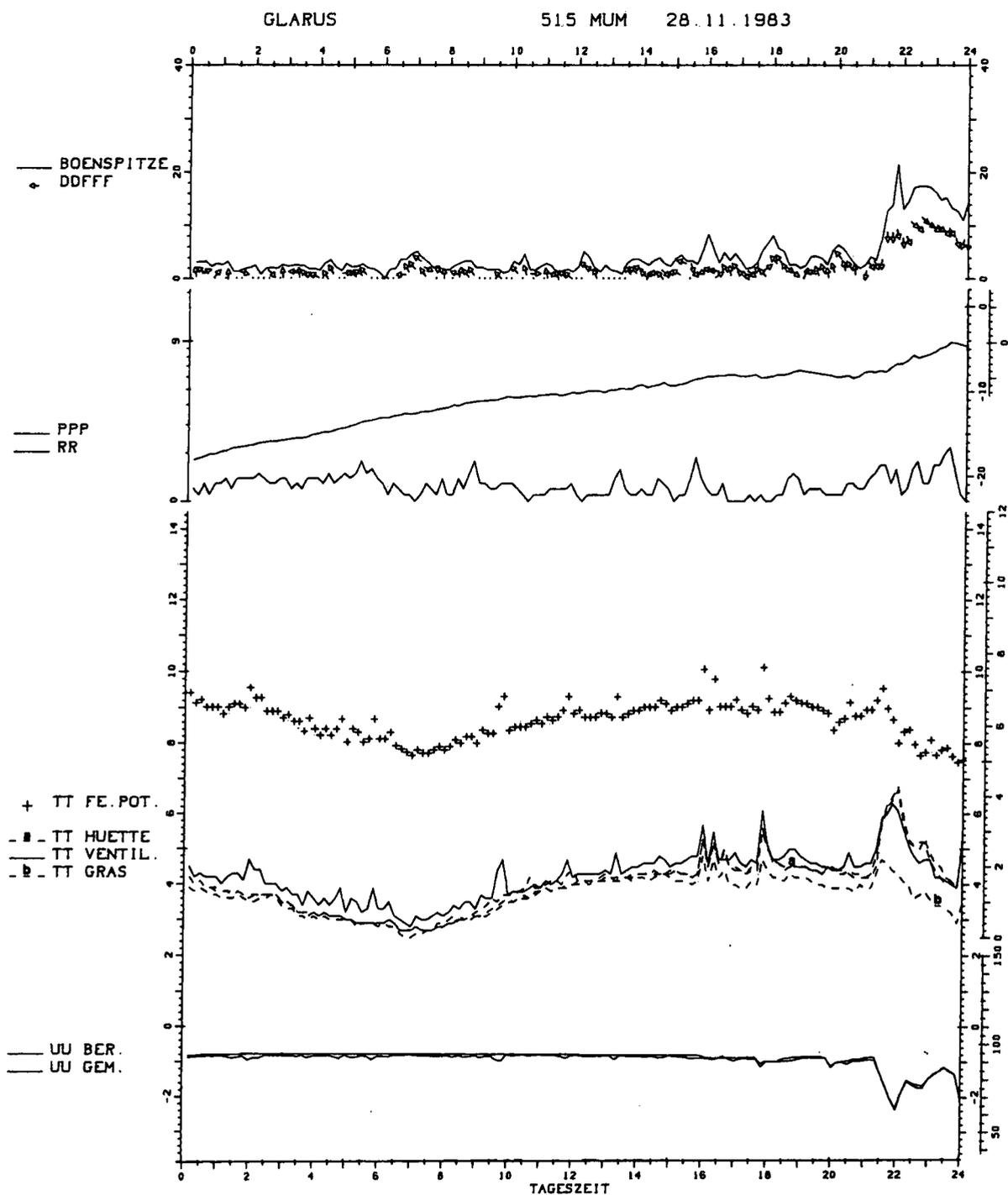


Fig. 9 Das Beispiel zeigt eine Mischung von reellen und instrumentell bedingten Schwankungen von TT VENTIL. Zwischen 04 Uhr und 06 Uhr ist der sägenähnliche Verlauf instrumentell bedingt. Nur beim Frontdurchgang gegen 21 Uhr folgt die relative Feuchtigkeit der Zirkulationsänderung. Der begleitete "Nordföhn" ist ein oft beobachtetes Phänomen von Glarus (siehe auch Figur 14 und 25). Trotz Regen nimmt die relative Feuchtigkeit stark ab.

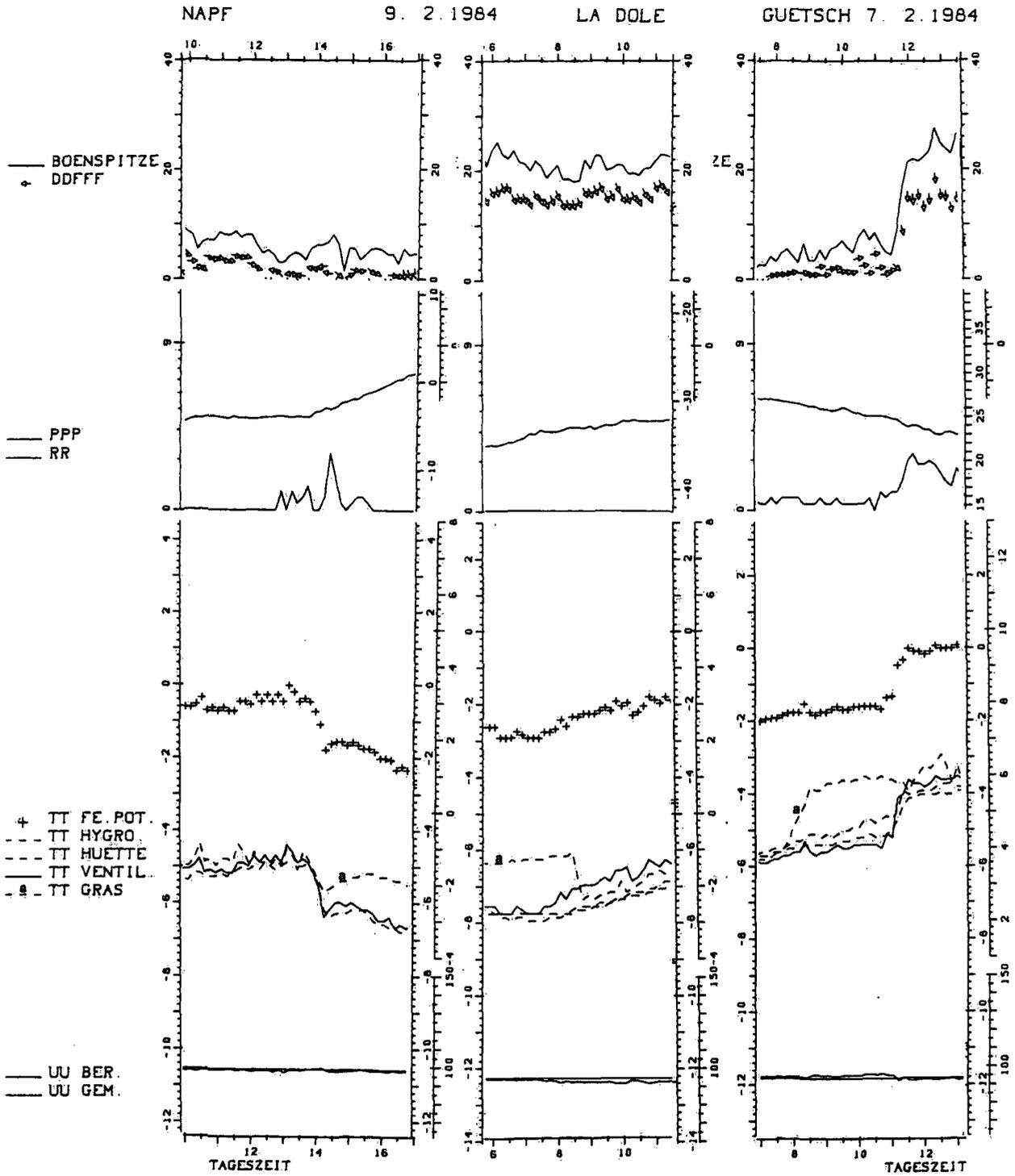


Fig. 10 Das linke Diagramm zeigt das Einschneien des Grastemperaturfühlers nach dem Frontdurchgang um 14 Uhr. Nach Befreiung des Fühlers (Mitte) von der Schneedecke, gehen die Messungen auf Repräsentativwerte zurück. Das rechte Diagramm zeigt ein Beispiel einer kurzen Bedeckung des Fühlers durch Schnee.

Im Winter kann es vorkommen, dass der Fühler der Grastemperaturanlage durch Schnee überdeckt wird (Figur 10). In diesem Fall wird die Temperatur nicht fehlerhaft gemessen, aber sie verliert ihre Repräsentativität.

Relative Feuchtigkeit

Bis heute ist die Bestimmung des Wasserdampfes der Luft noch nicht voll befriedigend. Es ist auch nicht erstaunlich, dass die Messung der relativen Feuchtigkeit das schwache Glied des ANETZes ist. Anstrengungen sind im Gange mit dem Programm THYGAN der SMA um eine Verbesserung der Messungen zu erreichen.

Was am meisten störend wirkt, ist die Trägheit des Instrumentes. Die Variationen werden nicht registriert und folglich bleibt die relative Feuchtigkeit über mehrere Stunden konstant.

Nicht selten reagiert der Fühler mit einer gewissen Verzögerung zur eingetretenen Änderung, um nachher im allgemeinen normal zu verlaufen (Figur 11).

Helligkeit, Globalstrahlung und Sonnenscheindauer

Das Erfassen dieser Grössen erfolgt generell korrekt. Eine Beurteilung der Repräsentativität der Messwerte kann aus dem Arbeitsbericht Nr. 134 (Alain Heimo: Quality Control of the Swiss network radiation data, December 1985) abgeleitet werden.

8. Anwendungsbeispiele

8.1 Rasche Temperaturänderungen

Luftmassenwechsel erfolgen oft schlagartig, innerhalb weniger Minuten. Dabei werden Temperatursprünge von mehreren Graden registriert. Bei diesen Entwicklungen treten auch deutliche Unterschiede zwischen den Temperaturverläufen der Bergstationen und denjenigen des Mittellandes und besonders der Täler ein.

Am 27. November 1983 überquerte ein Kaltluftvorstoss die Schweiz in drei Wellen. Er war durch stürmische Winde gekennzeichnet. Auf den Jurahöhen erreichte die Geschwindigkeit die Grenze von 200 km/Std. Bei den ersten beiden, sich in kurzem Abstand folgenden Wellen fielen die Temperaturen der Bergstationen jedesmal um 3° bis 4° C (Figur 12).

SION

27.11.1983

INTERLAKEN

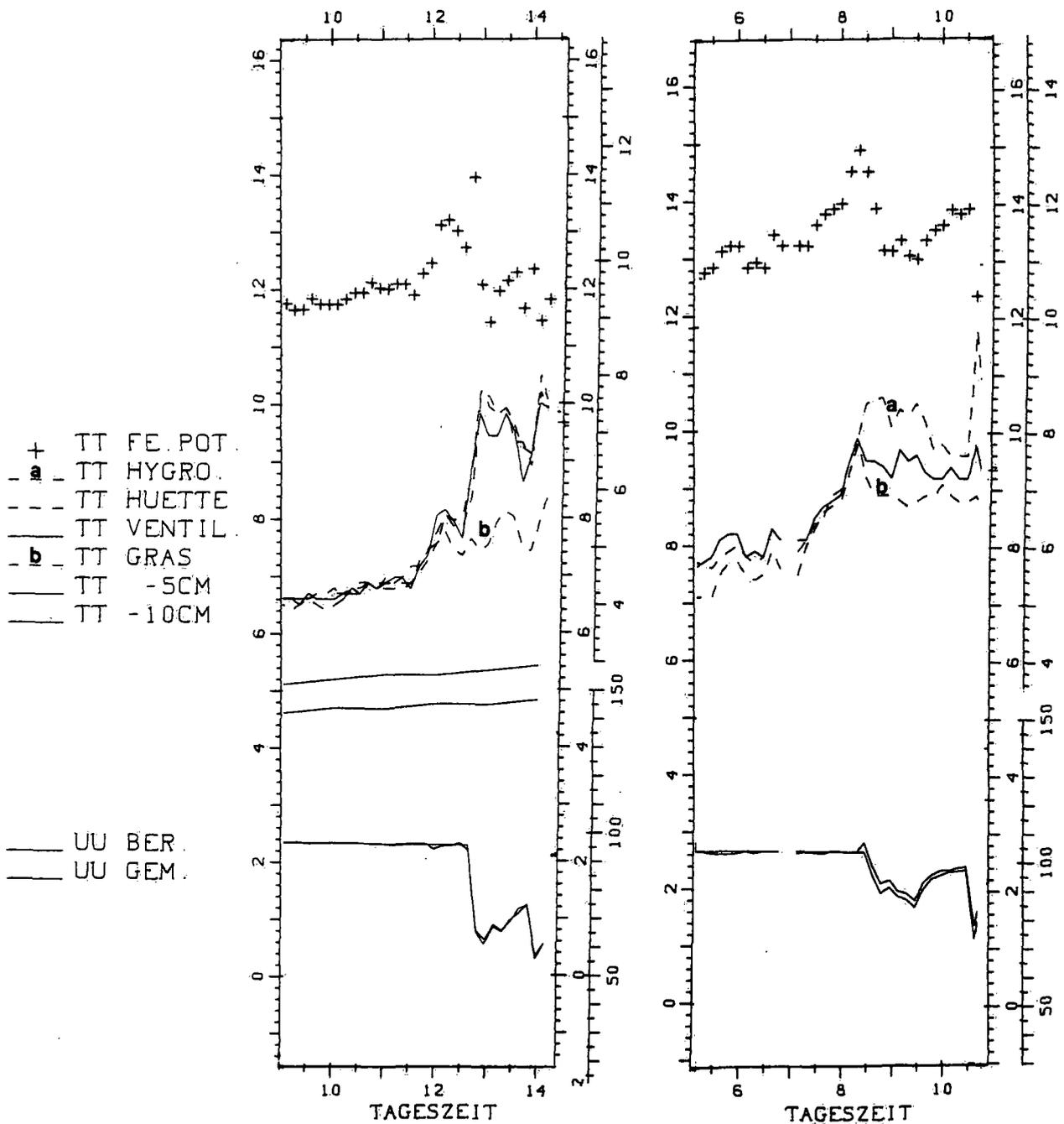


Fig. 11 Die beiden hier gezeigten Beispiele sind charakteristisch für eine zeitverzögerte Anpassung des Fühlers an die neuen Bedingungen. Nachher folgt ein normaler Verlauf der Messungen. Die Verzögerungszeit beträgt in beiden Fällen ca. 70 Minuten.

LA DOLE

27.11.1983

NAPF

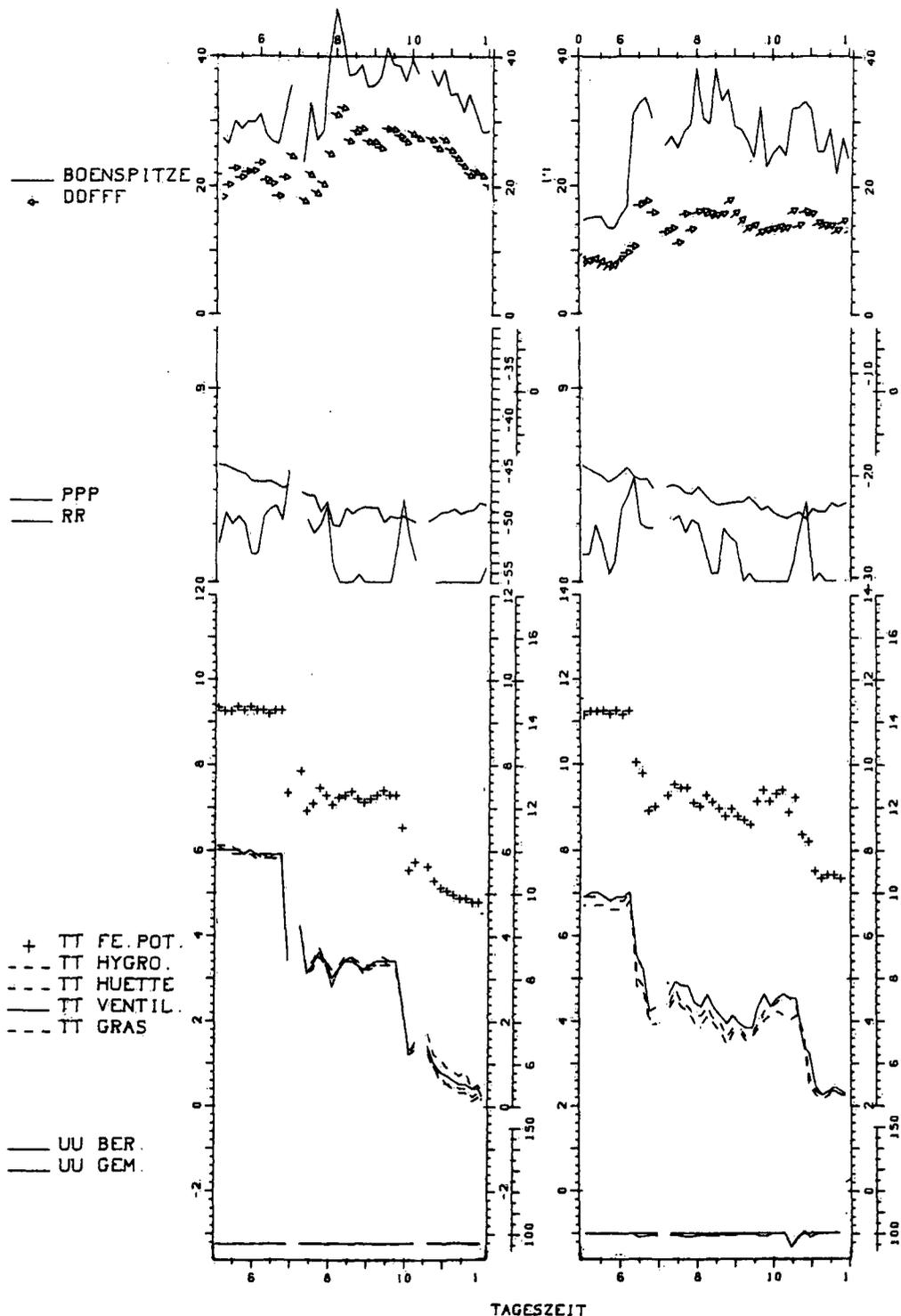


Fig. 12 Verlauf einiger meteorologischen Elemente während der Durchgänge der beiden ersten Wellen des Kaltluftvorstosses vom 27. November 1983 auf La Dôle und auf dem Napf. Die Zunahme der Windgeschwindigkeit beim Durchgang der ersten Welle ist mit einer abrupten Temperaturabnahme gekoppelt. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass die erste Welle den Napf ca. eine halbe Stunde früher als La Dôle erreichte. Dafür überquerte die zweite Welle La Dôle ca. eine dreiviertel Stunde früher als den Napf. Alle Bergstationen zeigen einen ähnlichen Verlauf der Temperatur.

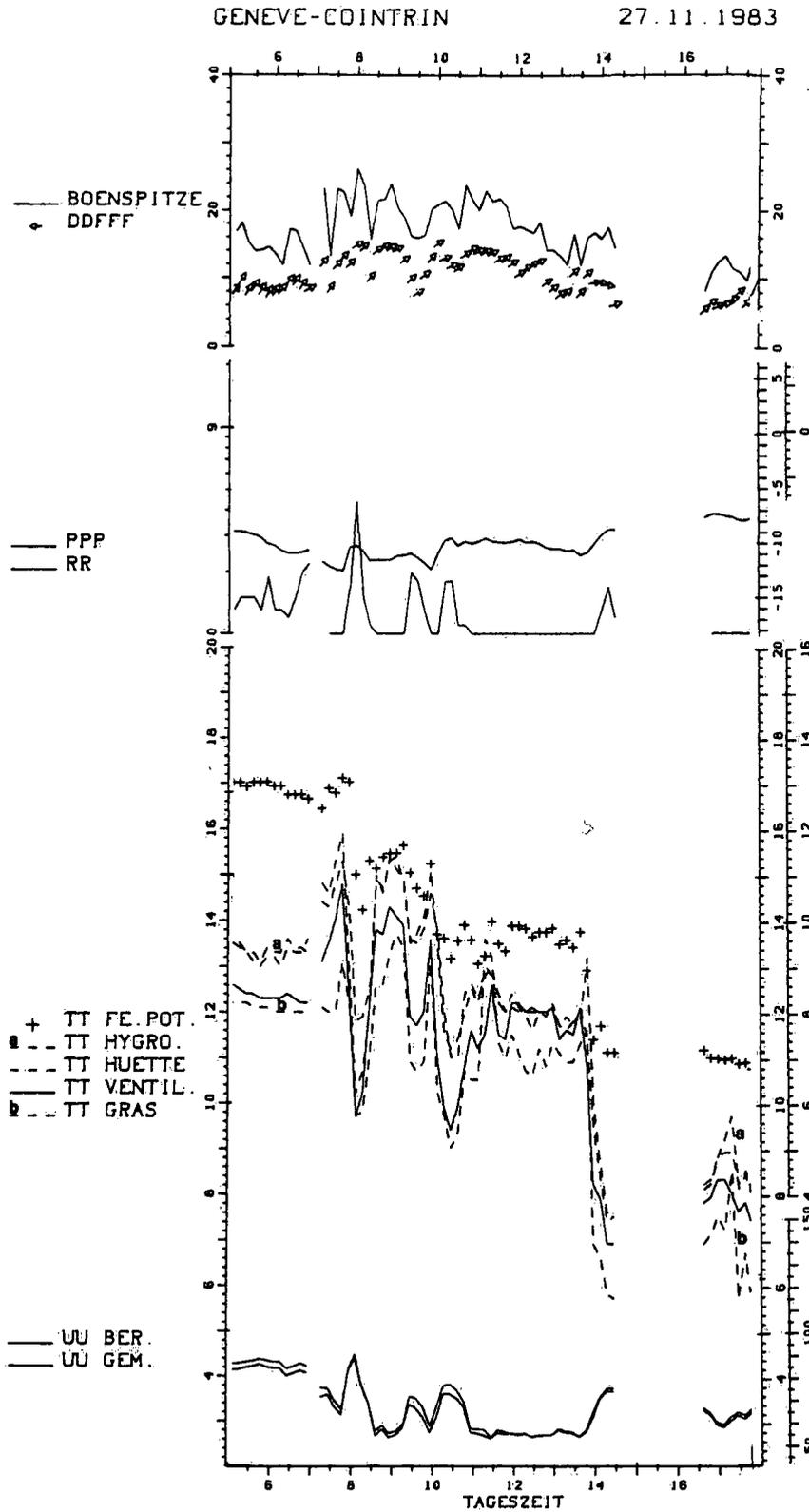


Fig. 13 Die ausgeprägten Schwankungen der Temperatur zwischen 07 Uhr und 11 Uhr wurden durch die Niederschläge verursacht. Ein ähnlicher Verlauf der Temperatur wurde an allen Stationen des Mittellandes beobachtet. Bemerkenswert ist auch der Luftdrucksprung nach dem Durchgang der beiden Wellen.

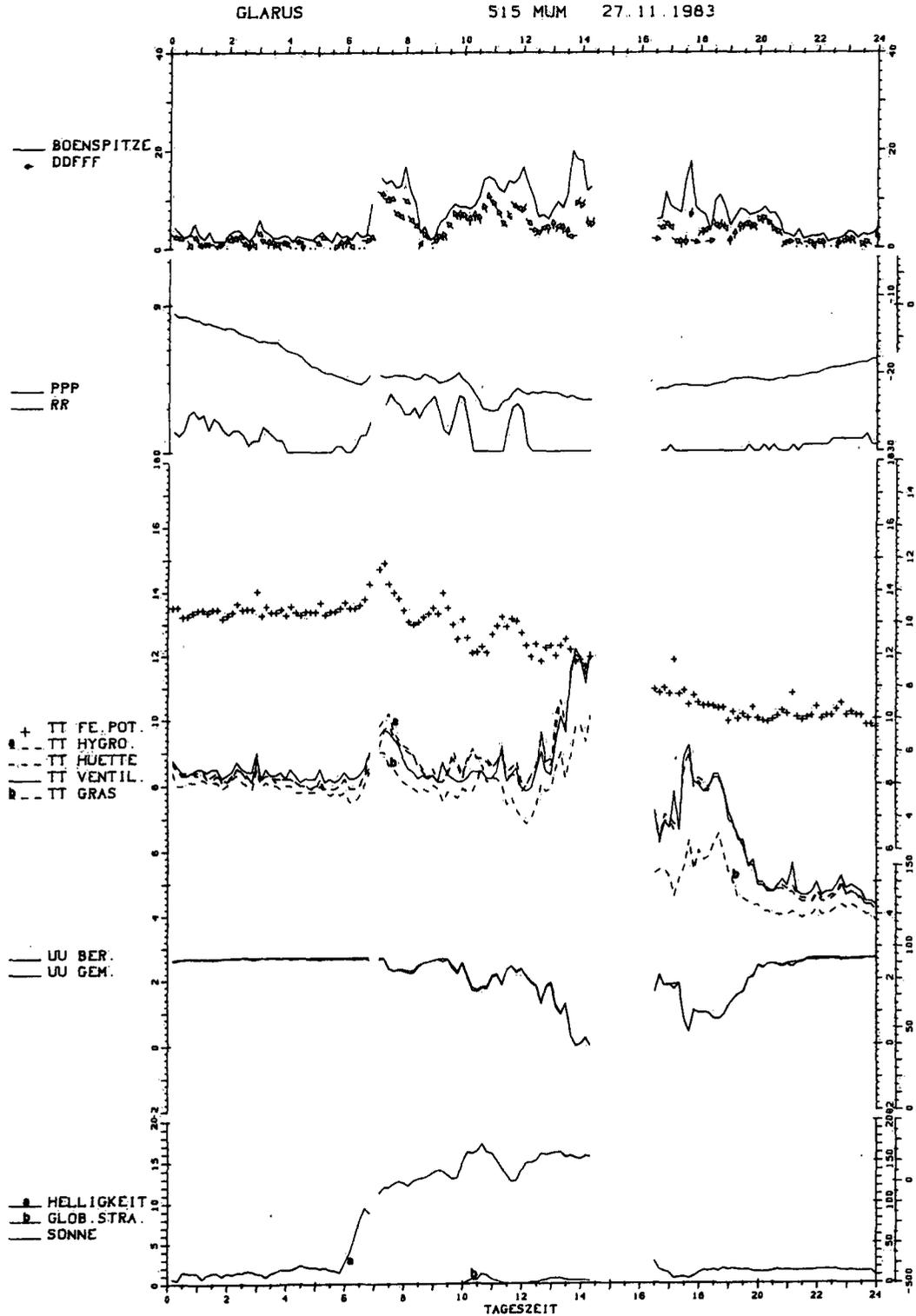


Fig. 14 Das Ueberfliessen der Kaltluft über die Station ist jedesmal von einer kurzen Nordföhnphase begleitet. Auf die beiden Wellen hat die relative Feuchtigkeit mit Verzögerung reagiert. Dies hat zu grossen Abweichungen der potentiellen Feuchttemperatur geführt.

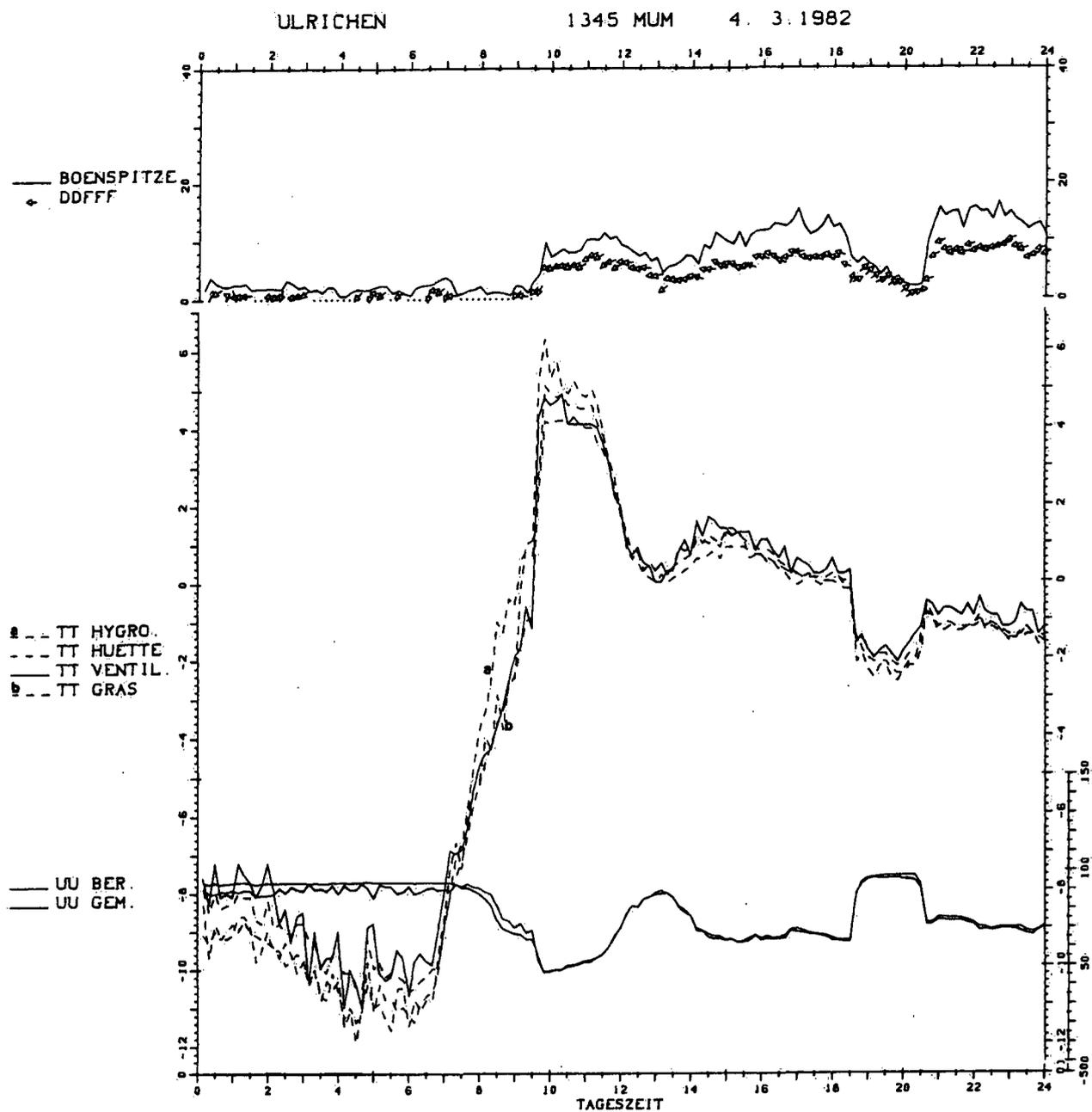


Fig. 15 Die Kaltluft ist föhnartig über die Station eingeflossen. Der Temperatursprung beim Eintreten des Föhns um 0930 Uhr hat 6°C erreicht. Der frühere Temperaturanstieg ist eine Folge des Tagesganges (siehe auch Figur 18). Bemerkenswert ist der kurzfristige Wechsel der Luftzirkulation zwischen 1830 Uhr und 2000 Uhr. Während dieser Periode steigt die untere feuchte Talluft wieder bis zur Stationshöhe an.

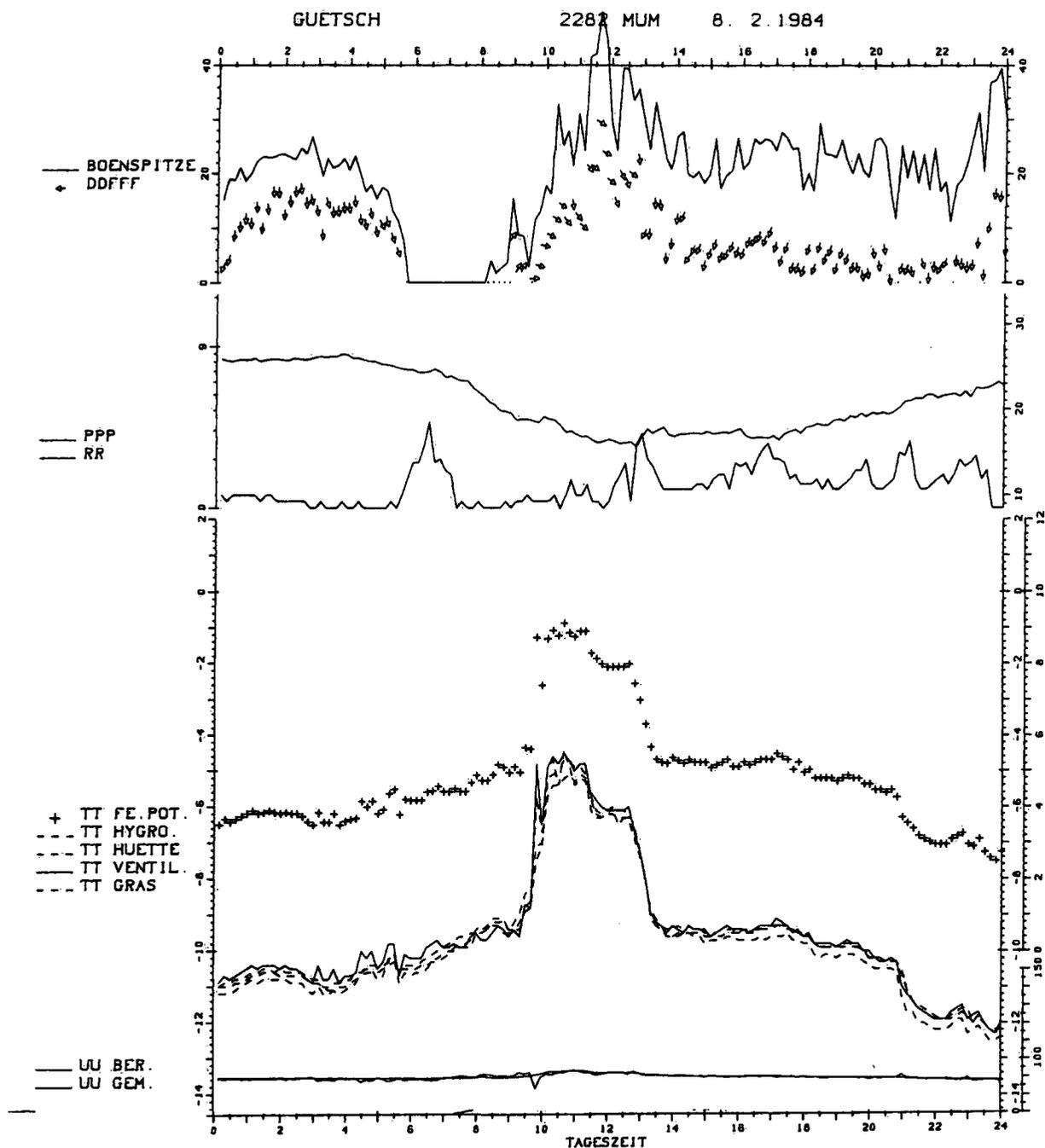


Fig. 16 Zwischen zwei Kaltluftmassen hat eine potentiell wärmere Luftmasse die Alpen überquert. An diesem Tag wurden Geschwindigkeiten in der Höhe bis über 300 km/Std. gemessen. Solche Wechsel werden oft beobachtet. Die Windgeschwindigkeit an der Station ist durch vollständige oder teilweise Blockierung des Anemometers verfälscht.

Die Stationen des Mittellandes zeigen ein ganz anderes Profil mit Schwankungen, die durch Regenfälle verursacht wurden. Dagegen ist auch dort die Temperaturabnahme der feuchtpotentiellen Pseudofeuchttemperatur deutlich erkennbar und von derselben Grössenordnung wie die Temperaturrückgänge der Bergstationen (Figur 13). Die Stationen der Alpentäler zeigen einen anderen Verlauf der Temperaturmessungen.

Im Innern der Alpen blieben die Temperaturen konstant, d.h. die beiden ersten Wellen fliessen, weil potentiell wärmer, über die Grundschicht. Nur die dritte Welle vermochte die dort stagnierende Luft auszuräumen und es folgte anschliessend eine leichte Temperaturabnahme. Der Verlauf an den Stationen der Quertäler der Alpennordseite wird durch das Diagramm von Glarus (Figur 14) illustriert. Das Ausräumen der stagnierenden Luft in den Alpentälern kann zu kräftiger Temperaturerhöhung führen, wie das Beispiel der Figur 15 zeigt. Grundsätzlich fliesst die Kaltluft ungehindert über die Alpen, aber ihr Eindringen in die Täler ist oft verzögert.

Es kommt vor, dass vor dem Einbruch einer Kaltluftmasse eine kurzfristige Temperaturerhöhung stattfindet. Sie ist bedingt durch die entlang der Frontfläche fliessende Luftmasse, die potentiell wärmer ist. Die Temperaturkurve nimmt an dieser Stelle die Form eines Zahnes an (Figur 16).

8.2 Aenderungen in der Lokalzirkulation

Die Aenderungen der Lokalzirkulation sind mannigfaltig und können überall beobachtet werden. Sie hinterlassen auch eine eindeutige Spur im Verlauf der gemessenen Elemente (siehe auch Figuren 14 und 15). Diese Aenderungen der momentanen Zirkulation sind z.B. die Folge des Durchganges einer kräftigen Wolkenmasse (Figur 17) oder die mögliche Folge einer Aufhellung (Figur 18).

8.3 Variabilität der Niederschläge

Die Variabilität der Niederschläge ist durch die Registrierung des ANETZes gut illustriert, wie das Beispiel von Figur 19 zeigt.

8.4 Einbruch des Föhns

Seiner Natur nach bewirkt der Föhn im allgemeinen eine markante Aenderung im Verlauf der Temperatur- und der relativen Feuchtigkeitskur-

ven. Er erscheint oft früher talabwärts als talaufwärts, wo die stagnierende Luft länger liegen bleibt (Figur 20).

8.5 Mögliche Bildung eines mesoskaligen Rotors über dem westlichen Mittelland bei Nordwestwind

In den bis jetzt durch die Autoren untersuchten Fällen dreht der Wind an den Stationen des Mittellandes westlich von Yverdon auf Süd, wenn der Wind über den Jurahöhen auf Nordwest dreht (Figur 21). Dieser Effekt führt wahrscheinlich zu einem Aufsteigen der Luft längs der südlichen Jurahänge bis unter den Kamm. Die Zirkulation wäre ähnlich derjenigen, die auf der Leeseite der Berggipfel oft entsteht. Dieses Windregime dauert an, solange der Nordwestwind herrscht. Dreht dieser auf Nord oder Nordost, dann setzt die Bise ein (Figur 22).

8.6 Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die "Grastemperatur"

Das Wort "Gras" bedingt nicht, dass der Boden dort wo die Grastemperatur (5 cm über Boden) gemessen wird, eine Grasfläche aufweisen muss. Die Bodenbeschaffenheit widerspiegelt sich in den gemessenen Werten, wie es extrem im Beispiel der Figur 23 zum Ausdruck kommt.

8.7 Durchgang eines Gewitters

Der Durchgang eines Gewitters hinterlässt seine Spur im Verlauf aller gemessenen Grössen (Figur 24 und 25). Der Grad der Verdunkelung ist nicht eine eindeutige Funktion seiner Intensität auf der Station, wie das Beispiel der Figur 24 zeigt.

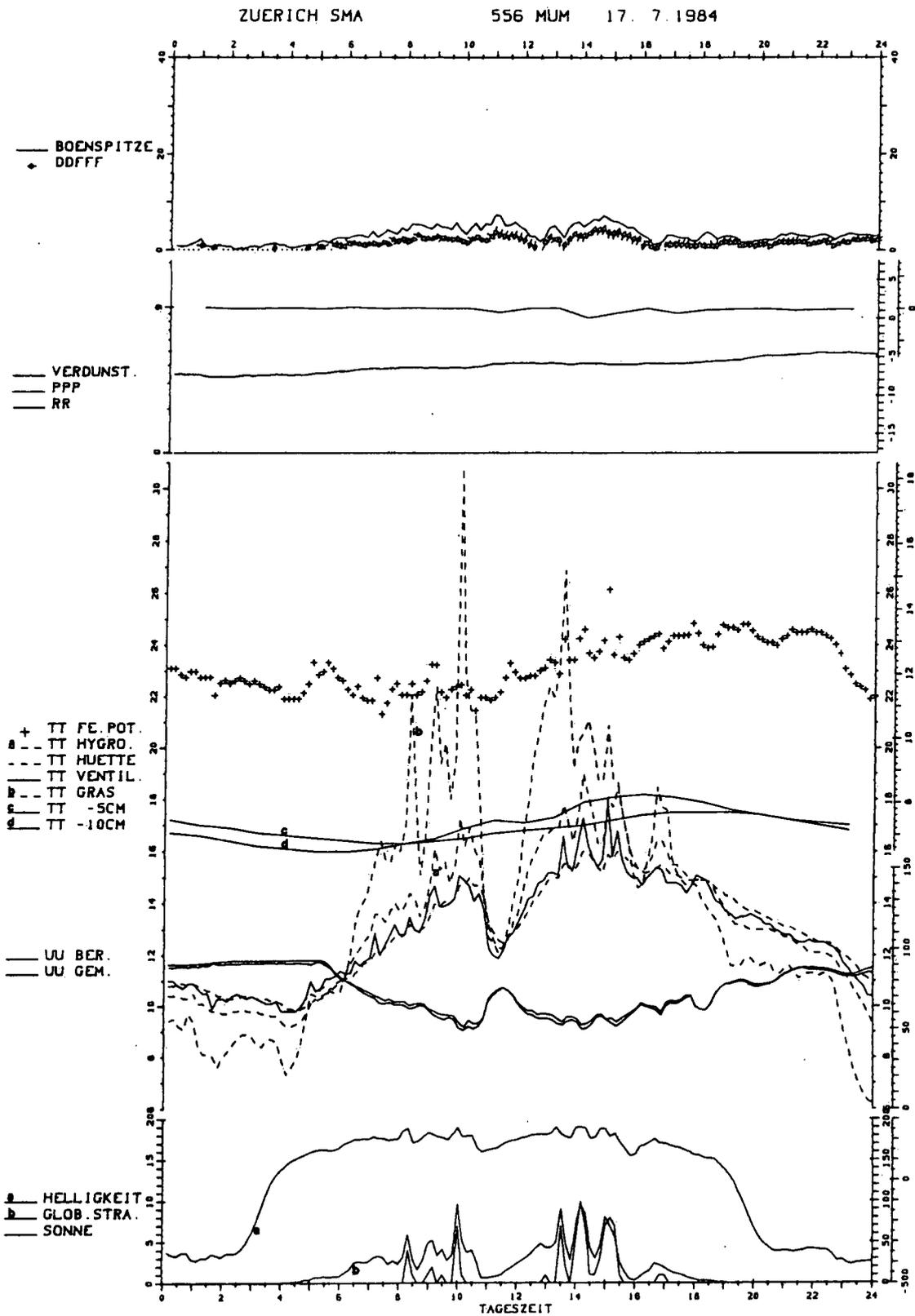


Fig. 17 Ein kompaktes Wolkensystem, vermutlich ein Cumulonimbus, zog um 11 Uhr über die Station. Es bewirkte eine empfindliche Abnahme nicht nur der Temperatur, sondern auch der Globalstrahlung und der Helligkeit. Der Wind drehte auf Nordost während dieser Periode. Der Durchgang eines zweiten Systems um 16 Uhr führte zu ähnlichen Veränderungen. Danach blieb die Bise bestehen.

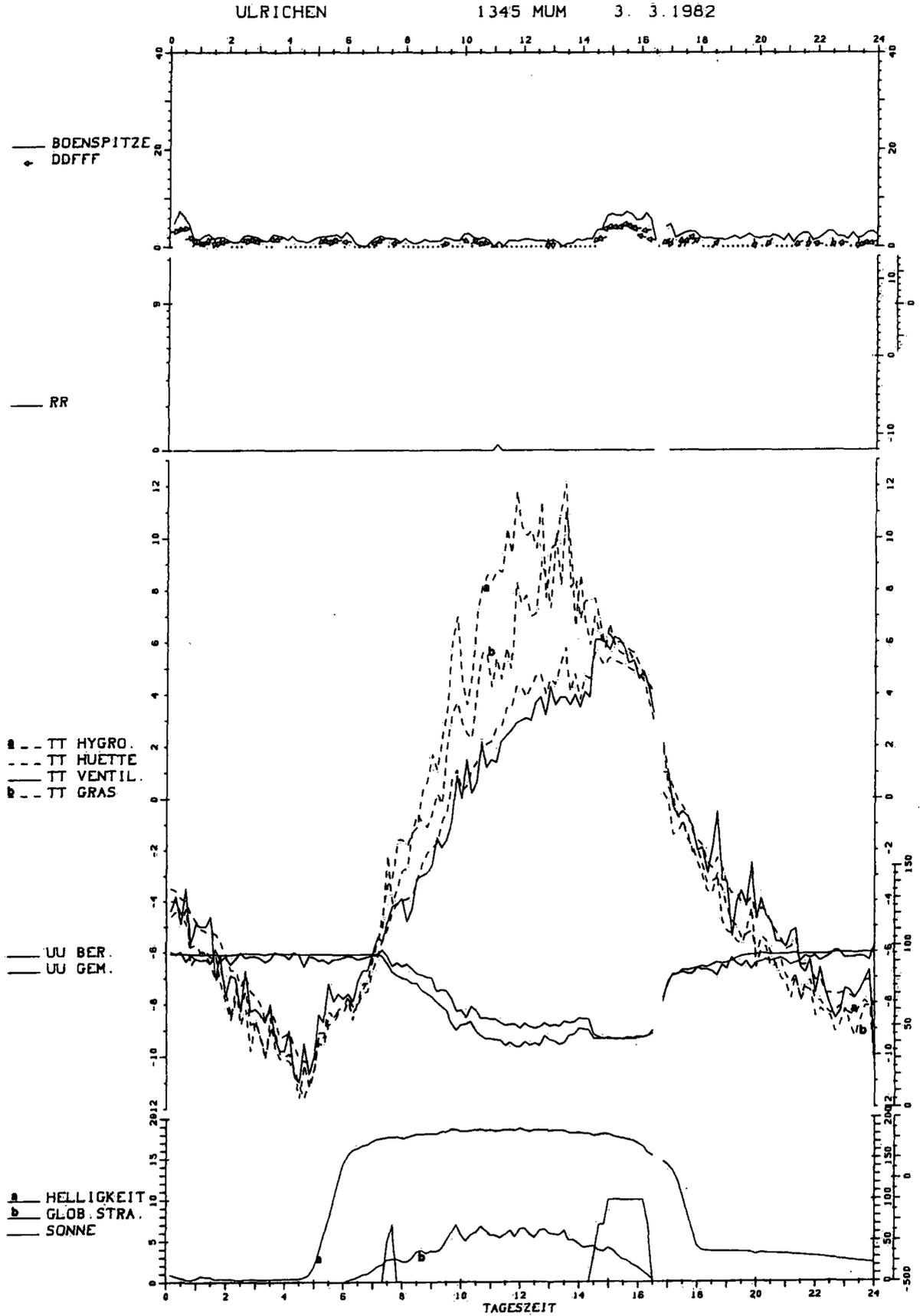


Fig. 18 Zwischen 1420 Uhr und 1630 Uhr, bei sonnigem Wetter, drang der Föhn bis zur Station vor. Vorher und nachher wehte er darüber.

LA DOLE 1670 MUM 28.11.1983

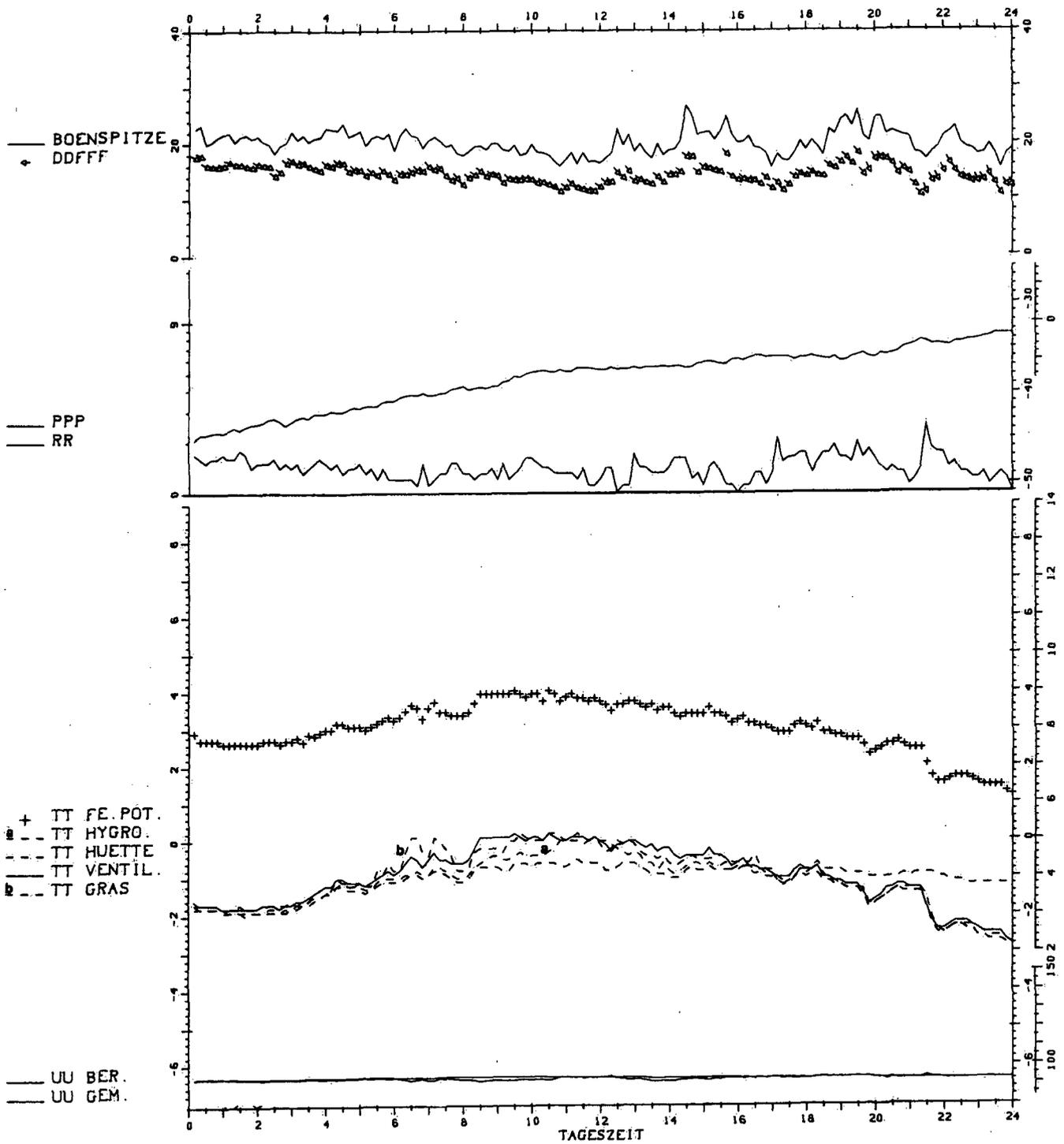


Fig. 19 An diesem Tag zeigen alle Stationen der Alpennordseite einen ähnlichen, stark veränderlichen Verlauf der Niederschläge (siehe auch Figur 9). Es regnete beinahe kontinuierlich den ganzen Tag.

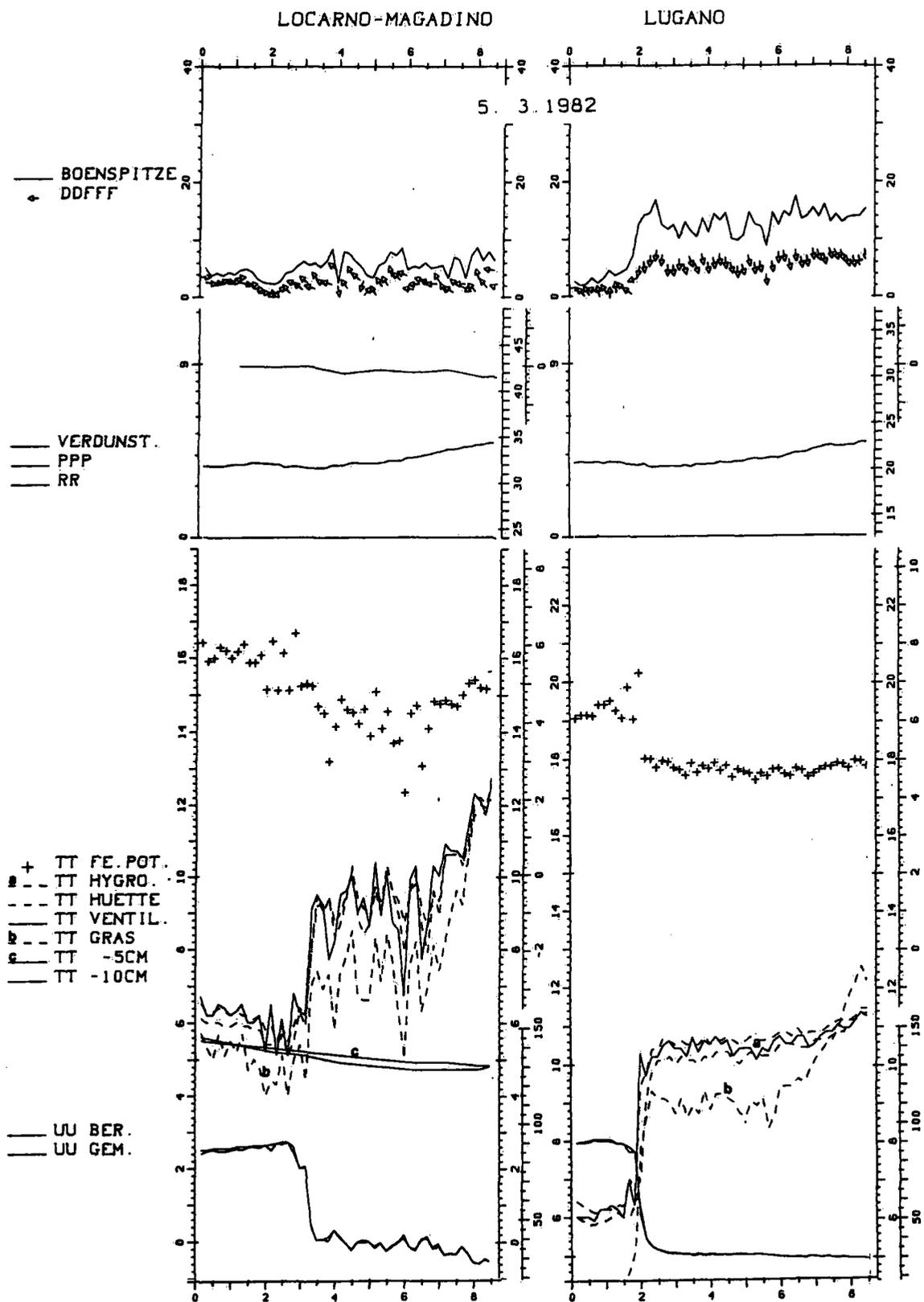


Fig. 20 Der Einbruch des Föhns in Lugano erfolgte etwas früher als in Locarno-Magadino. Dort erschien der Föhn als "Moscendrin", Lokalname des Föhns nach seiner "Reflexion" entlang der Hänge des Monte Ceneri, die ihn zu seiner südöstlichen Richtung führt.

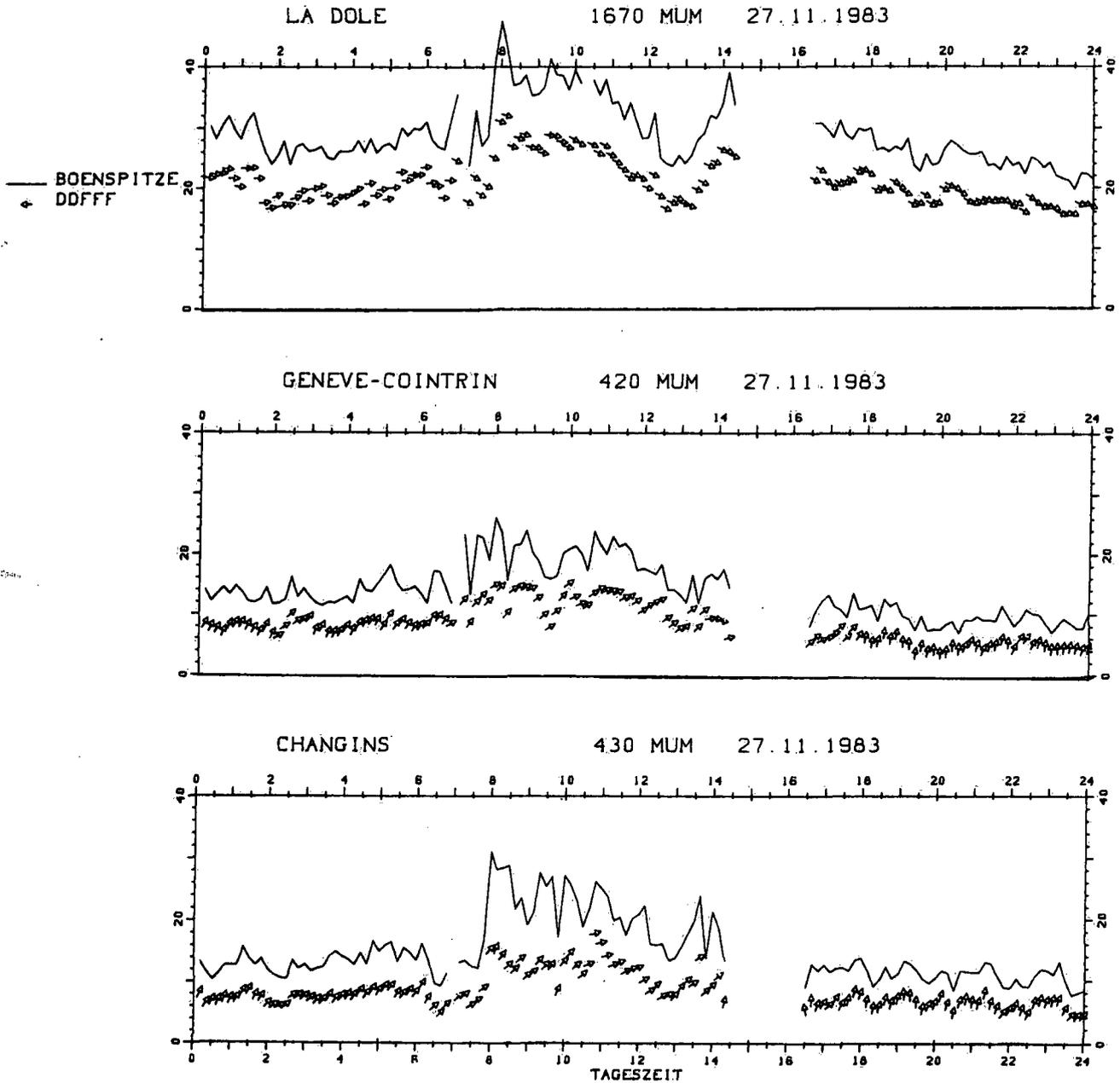


Fig. 21 Obwohl der Wind auf La Dôle bereits auf Nordwest gedreht hat, herrscht noch nach dem Durchgang der ersten Welle eine ausgeprägte Westlage nördlich der Alpen. Die Winde drehen erst nach dem Durchgang der dritten Welle in allen Höhen auf Nordwest. Von diesem Moment an drehen die Winde in Genève-Cointrin und in Changins auf Süd.

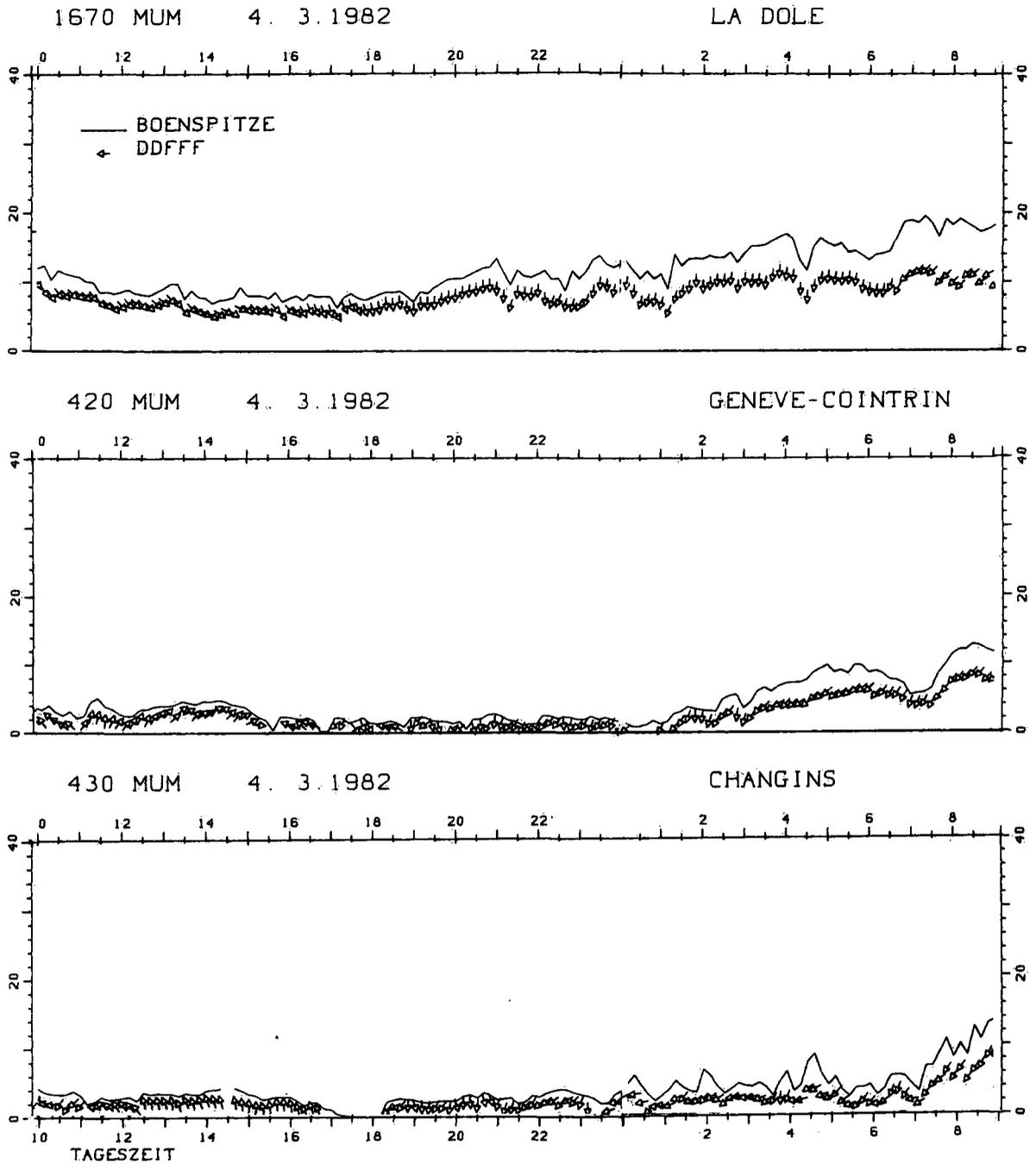


Fig. 22 Sobald der Wind über den Jurahöhen auf Nord dreht, löst sich der Rotor. Eine kräftige Bise folgt nachher, besonders mit der Drehung des Windes auf Nordost auf La Dôle.

LUGANO

3. 3. 1982

LOCARNO-MAGADINO

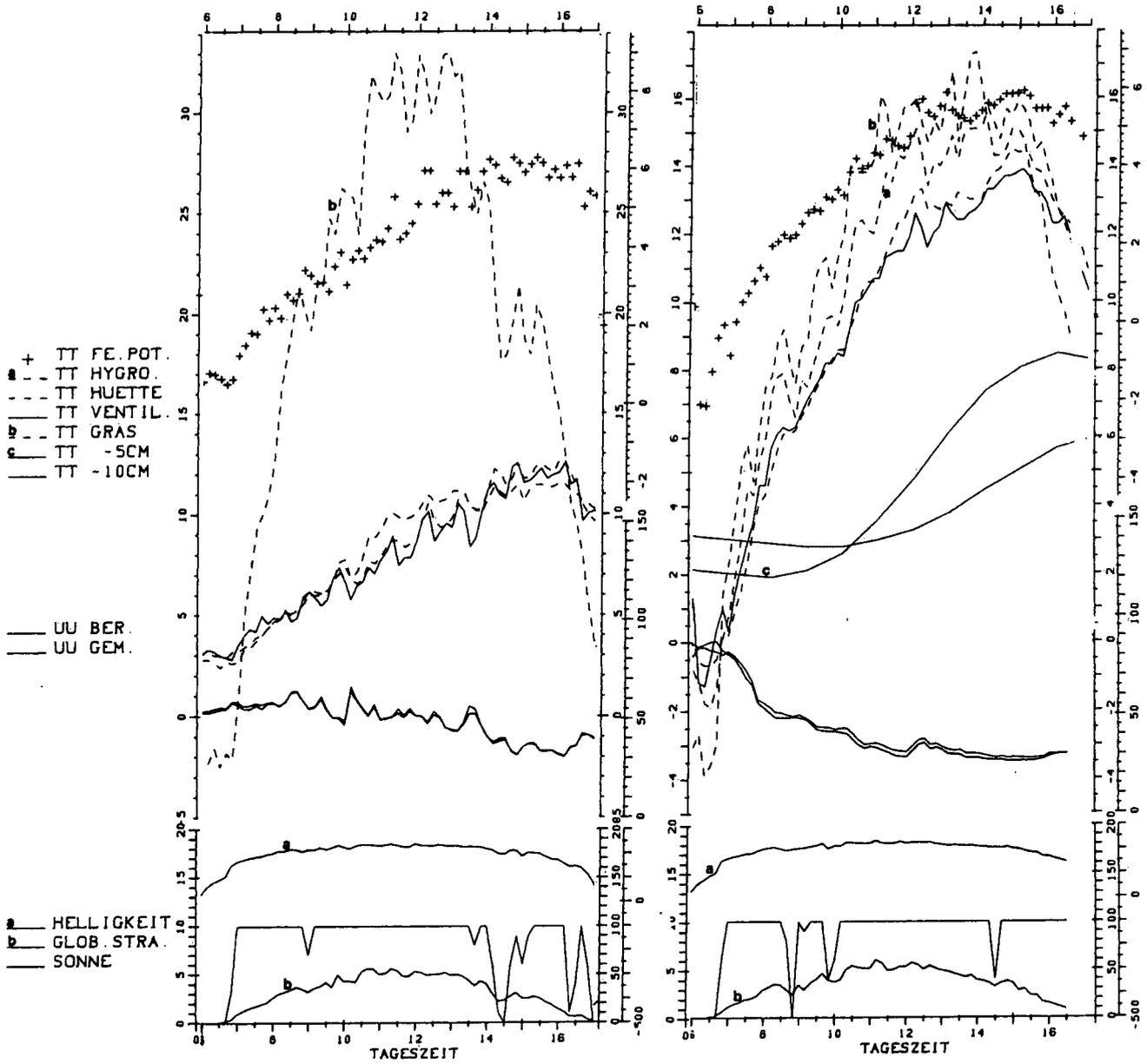


Fig. 23 Die Bodenbeschaffenheit spielt eine bedeutende Rolle für die Grastemperatur, wie das hier angegebene Beispiel zeigt. Bei sonnigem Wetter steigt die Temperatur über einer Betonfläche (Lugano) auf 33°C, während sie nur 17°C über Gras erreicht (Locarno-Magadino).

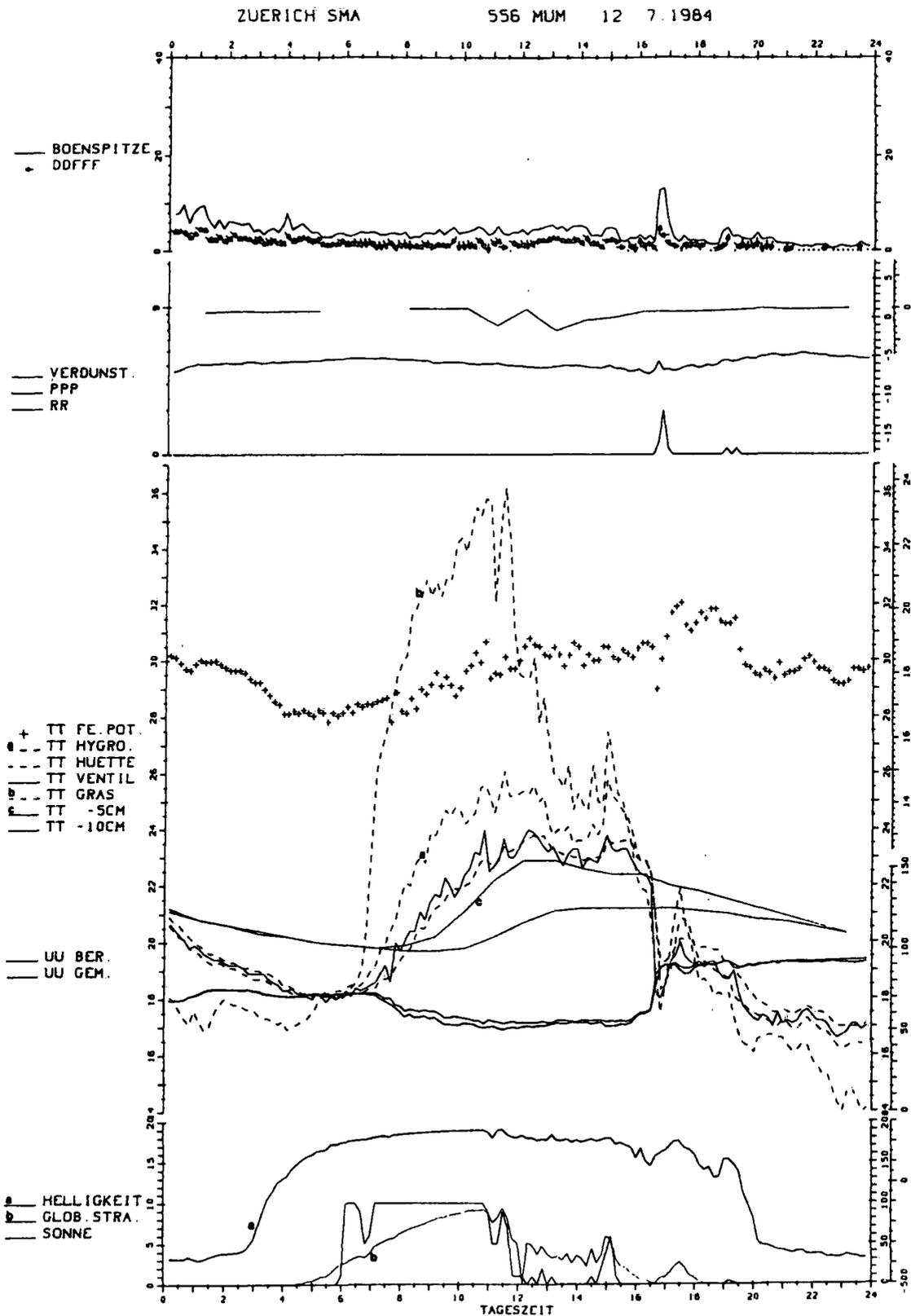


Fig. 24 In diesem Fall haben die beiden Gewitter um 1630 Uhr und um 1830 Uhr die Station nur gestreift. Mit dem ersten Gewitter ist die Temperatur um 3°C gefallen. Zwischen den beiden Gewittern war die Luft potentiell etwas wärmer, was der Wetterentwicklung an diesem Tag entspricht.

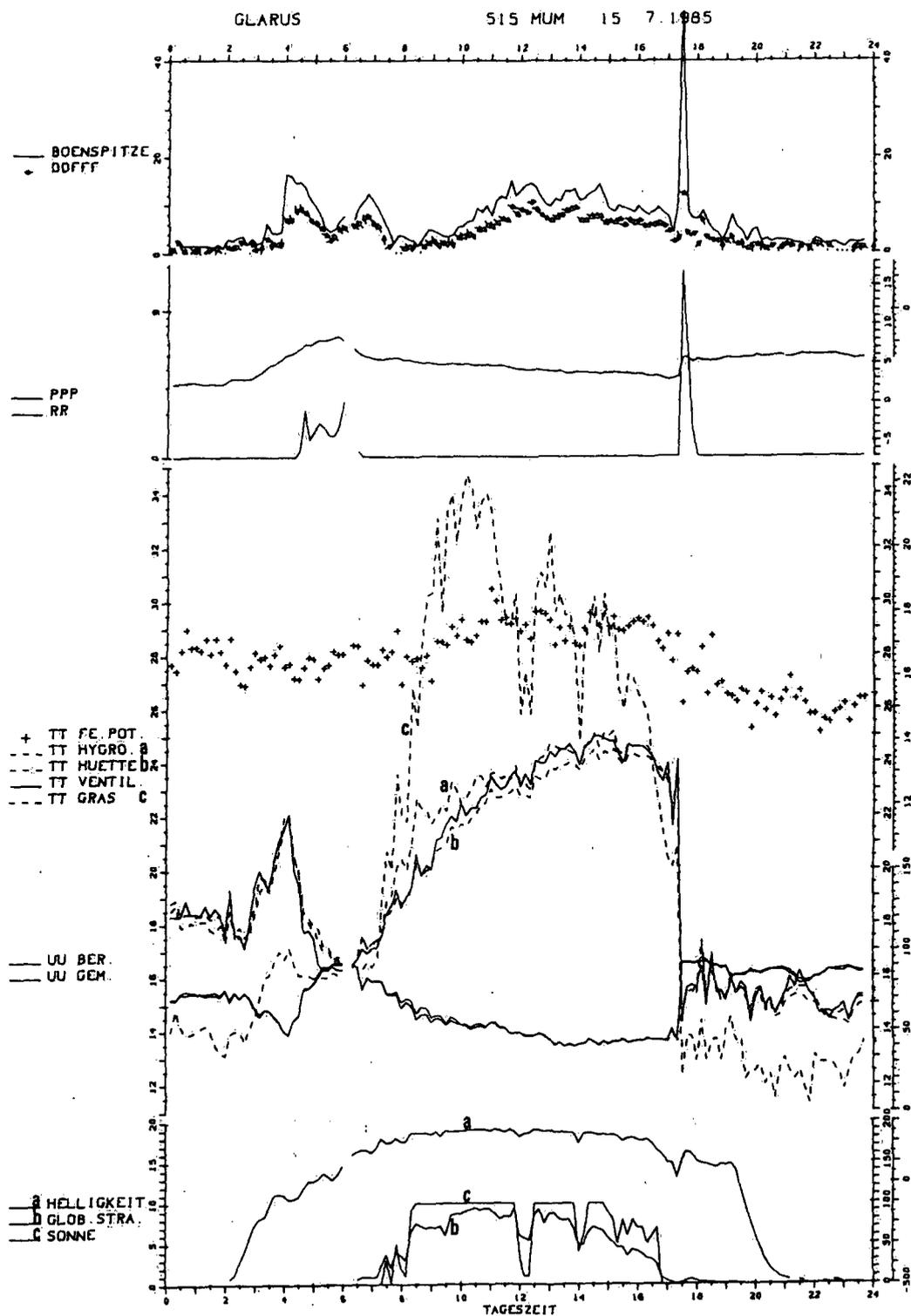


Fig. 25 Der Durchgang des Gewitters über Glarus am 15. Juli 1985 um 1730 Uhr war kurz, aber ausserordentlich heftig. Es wurde von starkem Hagelschlag begleitet. Sonst war die Gewittertätigkeit auf der Alpennordseite an diesem Tag nicht besonders stark. Interessant ist auch die kurze Nordföhnphase zwischen 0400 Uhr und 0600 Uhr ebenso wie in den Beispielen der Figuren 9 und 14 bei gleichzeitigen Regenfällen.

9. Ableitung von 6 verschiedenen Temperaturen

In diesem Abschnitt werden die Ableitungsverfahren, ausgehend vom Luftdruck, der Temperatur des Trockenthermometers und der relativen Feuchtigkeit, für die folgenden 6 Temperaturen entwickelt:

- die Pseudofeuchttemperatur T_{pw}
- die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur e_{pw}
- die potentielle Pseudoäquivalenttemperatur e_{pe}
- die potentielle Temperatur e
- die virtuelle Temperatur T_{vir}
- die Taupunkttemperatur τ

Was die relative Feuchtigkeit betrifft, so gilt für diesen Abschnitt die Konvention der OMM: diese legt fest, dass für die Berechnung der relativen Feuchtigkeit immer der Sättigungsdruck über Wasser zu verwenden ist. Daraus folgt, dass bei Sättigung in bezug auf Eis die relative Feuchtigkeit stets unter 100% bleibt (OMM, 1973 a).

Diese Temperaturen, ausgenommen die virtuelle Temperatur, lassen sich leicht auf einem thermodynamischen Diagramm darstellen (Fig. 26).

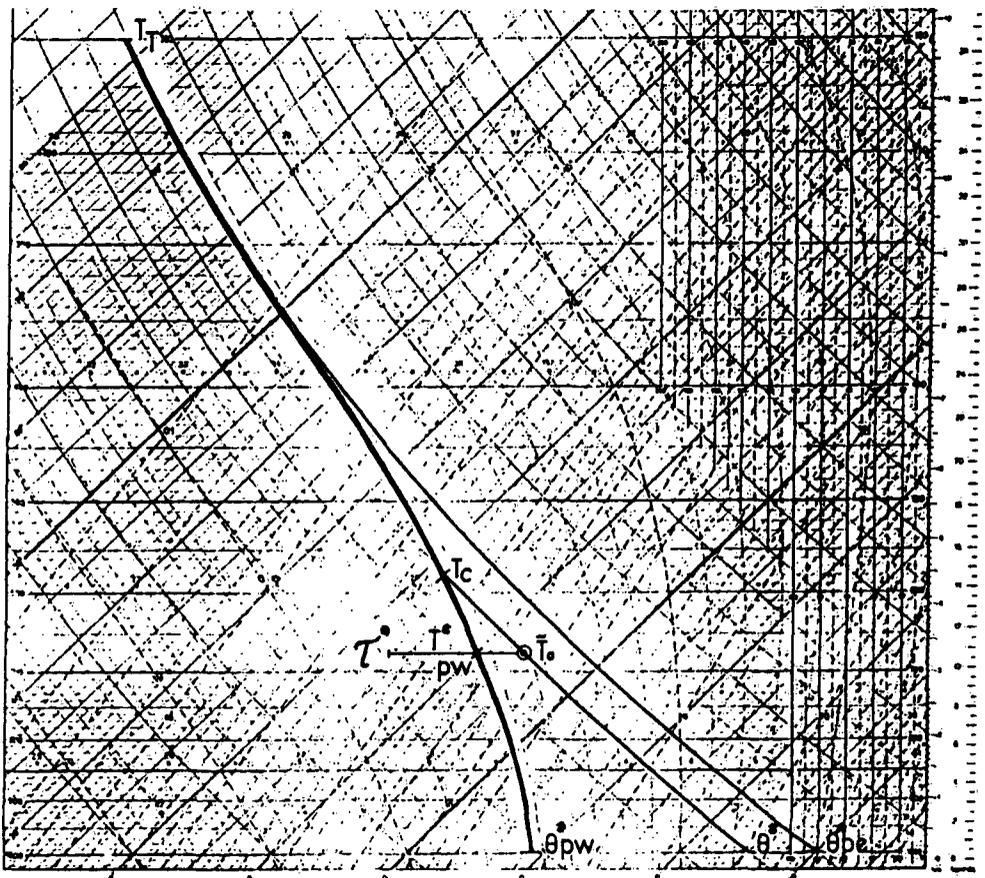


Fig. 26 Graphische Darstellung der verschiedenen Temperaturen auf einem Tephigramm

9.1 Die Einheiten

In diesem Abschnitt werden die internationalen Einheiten kg, m, s und ihre abgeleiteten Einheiten Pa und J verwendet.

Die Temperaturen werden in K ausgedrückt. Ausgenommen hiervon sind nur die Anfangs- und Endwerte, die in C angegeben werden.

9.2 Liste der Symbole

Die Symbole werden mit ihrer Bedeutung, ihren Einheiten und, wenn es sich um thermodynamische Konstanten handelt, auch mit ihrem Wert aufgelistet.

c_p = Spezifische Wärme der feuchten Luft bei konstantem Druck
($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

c_{pd} = Spezifische Wärme der trockenen Luft bei konstantem Druck
($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

c_{pv} = Spezifische Wärme des Wasserdampfes bei konstantem Druck
($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

e = Partialdruck des Wasserdampfes (Pa)

e_s = Sättigungsdampfdruck über Wasser (Pa)

e_0 = Anfangswert des Partialdruckes des Wasserdampfes in hPa

\tilde{e}_0 = -"- in hPa

L_w = Latente Verdampfungswärme des Wassers (Jkg^{-1})

p = Druck der feuchten Luft (Pa)

p_c = Druck des Kondensationsniveaus (Pa)

p_d = Partialdruck der trockenen Luft (Pa)

p_{do} = Anfangswert des Partialdruckes der trockenen Luft in Pa

p_0 = Anfangswert des Druckes der feuchten Luft in Pa

\tilde{p}_0 = -"- in hPa

R = Gaskonstante feuchter Luft ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

R_d = Gaskonstante trockener Luft ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$); $R_d = 287.05$

R_v = Gaskonstante des Wasserdampfes ($\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$); $R_v = 461.51$

9.3 Thermodynamische Funktionen

Die für die Berechnungen der Temperaturen benützten Funktionen werden hier beschrieben. Für die spezifische Wärme der trockenen Luft und des Wasserdampfes bei konstantem Druck sowie für die latente Verdampfungswärme, wurden die in der SMA-Veröffentlichung Nr. 38 (Primault et Quiby, 1977) abgeleiteten Werte verwendet. Diese Werte weisen für die normalen meteorologischen Bereiche von Druck und Temperatur eine Änderung kleiner als 1 % auf.

9.3.1 Berechnung des Sättigungsdampfdruckes über Wasser

Die folgende Formel gibt genau die Werte, welche in den "Tables météorologiques internationales" der OMM (OMM, 1966) angegeben sind. Die in der Einführung 4.6/7-1 der "Tables" gegebene Beziehung wurde einfach in eine bequemere Form umgeschrieben:

$$e_s(T) = e^{\phi(T)} \quad [e_s] = \text{Pa} \quad [T] = \text{K}$$

wo:

$$\phi(T) = a - bT^{-1} - c \log_e T - d10^{-eT} + f10^{-\frac{g}{T}}$$

$$a = 59.480164$$

$$b = 6.7902414 \cdot 10^3$$

$$c = 5.0280000$$

$$d = 6.8640438 \cdot 10^4$$

$$e = 3.0373774 \cdot 10^{-2}$$

$$f = 58.069698$$

$$g = 1.3028503 \cdot 10^3$$

9.3.2 Form der Ableitung der Funktion des Sättigungsdampfdruckes über Wasser

$$\frac{d}{dT} e_s(T) = e^{\phi(T)} \cdot \frac{d}{dT} \phi(T)$$

kann auch so formuliert werden:

$$\underline{e'_s(T) = e_s(T)\phi'(T)}$$

wo:

$$\phi'(T) = bT^{-2} - cT^{-1} + h10^{-eT} + i10^{-\frac{g}{T}} T^{-2}$$

$$h = 4.8005886 \cdot 10^3$$

$$i = 1.7420466 \cdot 10^5$$

9.3.3 Partialdruck des Wasserdampfes

$$e = Ue_s(T) \quad \text{wo} \quad 0 < U < 1$$

$$[e] = \text{Pa} \quad [e_s(T)] = \text{Pa}$$

9.3.4 Gaskonstante feuchter Luft

$$R = \frac{\rho_d R_d + \rho_v R_v}{\rho_d + \rho_v}$$

wo:

$$\rho_d = \frac{p_d}{R_d T}, \quad p_d = p - e$$

$$\rho_v = \frac{e}{R_v T}$$

9.3.5 Spezifische Wärme feuchter Luft bei konstantem Druck

$$c_p = \frac{1}{\rho} (\rho_d c_{pd} + \rho_v c_{pv})$$

wo:

$$\rho = \rho_d + \rho_v$$

9.3.6 Spezifische Wärme trockener Luft bei konstantem Druck

Die Aenderungen von c_{pd} im Bereich 300 hPa < p < 1000 hPa und -40C < T < +40C sind sehr klein.

Die Differenz zwischen dem grössten und dem kleinsten Wert im oben definierten Bereich beträgt nur 0.3 % des kleinsten Wertes.

Als Folge wird c_{pd} als Konstante mit einem Wert von

$$c_{pd} = 1005 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

angenommen.

9.3.7 Spezifische Wärme des Wasserdampfes bei konstantem Druck

Die Werte von c_{pv} im Bereich -40C < T < +40C im Falle von Sättigung zeigen zwischen dem grössten Wert (+40C) und dem kleinsten Wert (-40C, Sättigung in bezug auf unterkühltes Wasser) eine Differenz von 51.08 Jkg⁻¹K⁻¹. Dieser Unterschied stellt 2.8 % des kleinsten Wertes dar.

Die Werte von c_{pv} wurden mittels einer durch die 3 Punkte (T_i, e_{s_i}, c_{pv_i}), i = 1, 2, 3 mit T₁ = -20C, T₂ = +10C und T₃ = +30C definierten Ebene angenähert. Die Gleichung dieser Ebene lautet:

$$c_{pv} = \alpha T + \beta e + \gamma$$

$$[c_{pv}] = \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}, [T] = \text{K}, [e] = \text{Pa}$$

wo

$$\alpha = 0,39600, \beta = 0,0040378, \gamma = 1759,44$$

9.3.8 Latente Verdampfungswärme des Wassers

Die Werte von L_w im Bereich des grössten (-100C) und des kleinsten Wertes (+40C) zeigen einen Unterschied von 4.9 % des kleinsten Wertes. Die Abnahme von L_w in diesem Intervall ist quasi-linear. Infolgedessen wurde L_w durch eine durch die Punkte (T_1, L_{w1}) und (T_2, L_{w2}) für $T_1 = -10C$ und $T_2 = +40C$ definierte Gerade angenähert.

$$L_w(T) = \nu T + \mu$$

$$[L_w] = \text{Jkg}^{-1}, [T] = \text{K}$$

wo

$$\nu = -2370.0, \mu = 3,14837 \cdot 10^6$$

9.4 Die Pseudofeuchttemperatur

Gegeben sind $\tilde{p}_0, \tilde{T}_0, \tilde{U}_0$.

$$[\tilde{p}_0] = \text{hPa}, [\tilde{T}_0] = \text{C}, \tilde{U}_0 \text{ so dass } 0 < \tilde{U}_0 < 100$$

$$p_0 = 100 \tilde{p}_0, T_0 = \tilde{T}_0 + 273, U_0 = \tilde{U}_0 / 100$$

$$p_{d0} = p_0 - e_0 \text{ wo } e_0 = U_0 e_s(T_0)$$

Wenn die Mischung in bezug auf Wasser nicht gesättigt ($\tilde{U}_0 < 100$) ist, wird sie zuerst zur Sättigung durch adiabatische Expansion gebracht. Rekurrenz von p_0 zu p_c mit einem Zuwachs Δp .

$$\Delta T_i = \frac{T_i}{\frac{p_{d_i}}{R_d} c_{pd} + \frac{e_i}{R_v} c_{pv_i}} \Delta p, \Delta p < 0$$

$$T_{i+1} = T_i + \Delta T_i$$

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p$$

$$e_{i+1} = \frac{e_0}{p_0} \cdot p_{i+1}$$

$$p_{d_{i+1}} = p_{i+1} - e_{i+1}$$

$$c_{pv_{i+1}} = \alpha T_{i+1} + \beta e_{i+1} + \gamma$$

stop wenn:

$$e_{i+1} > e_s(T_{i+1})$$

denn:

$$p_{i+1} = p_c, T_{i+1} = T_c$$

(Die Ableitung der Rekursivformel ist im Anhang I angegeben)

Von dort aus geht es abwärts entlang der durch T_c laufenden Feuchtadiabate von p_c bis p_0 (siehe Fig. 26).

Angenommen wurde, dass:

- das pseudoadiabatische Prozedere immer in bezug auf die Sättigung über Wasser, auch für negative Temperaturen, gilt;
- der für die Erhaltung der Sättigung notwendige Wasserdampf auf die aktuelle Temperatur der Mischung fortlaufend beigefügt wird.

Rekurrenz von p_e zu p_0 mit einem Zuwachs Δp .

$$(\Delta T)_i = A_i \cdot \Delta p, \Delta p > 0$$

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p$$

$$T_{i+1} = T_i + (\Delta T)_i$$

$$p_{d_{i+1}} = p_{i+1} - e_{s_{i+1}}$$

$$\rho_{d_{i+1}} = \frac{p_{d_{i+1}}}{R_d T_{i+1}}$$

$$\rho_{v_{i+1}} = \frac{e_{s_{i+1}}}{R_v T_{i+1}}$$

$$\rho_{i+1} = \rho_{d_{i+1}} + \rho_{v_{i+1}}$$

$$c_{pv_{i+1}} = \alpha T_{i+1} + \beta e^{s_{i+1}} + \gamma$$

$$c_{p_{i+1}} = \frac{1}{\rho_{i+1}} (\rho_{d_{i+1}} c_{pd} + \rho_{v_{i+1}} c_{pv_{i+1}})$$

$$L_{w_{i+1}} = v T_{i+1} + \mu$$

stop wenn:

$$p_{i+1} > p_0$$

$$T_{pw} = T_{i+1}$$

$$T_{pw}^* = T_{pw} - \Pi$$

Der Ausdruck A_i ist im Anhang II gegeben.

9.5 Die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur

Sie wird auf die gleiche Weise wie die Pseudofeuchttemperatur berechnet. Die Luft wird aber bis $p = 10^5$ Pa weiter komprimiert. Die feuchtpotentielle Pseudofeuchttemperatur ist für eine gegebene Luftmasse eine konstante Temperatur, nicht nur bei adiabatischen Zustandsänderungen, sondern auch wenn Kondensation stattfindet.

9.6 Die potentielle Pseudoäquivalenttemperatur

Die potentielle Pseudoäquivalenttemperatur ist für eine gegebene Luftmasse eine konstante Temperatur, nicht nur bei adiabatischen Zustandsänderungen, sondern auch wenn Kondensation stattfindet.

Gegeben sind:

$$\tilde{p}_0, \tilde{T}_0 \text{ und } \tilde{U}_0$$

Wenn die Mischung in bezug auf Wasser nicht gesättigt ist ($\tilde{U}_0 < 100$), wird sie zuerst durch adiabatische Expansion zur Sättigung gebracht.

Rekurrenz von p_0 zu p_c mit einem Zuwachs von Δp

$$\Delta T_i = \frac{T_i}{\frac{p_{d_i}}{R_d} c_{pd} + \frac{e_i}{R_v} c_{pv_i}} \Delta p, \Delta p < 0$$

$$T_{i+1} = T_i + \Delta T_i$$

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p$$

$$e_{i+1} = \frac{e_0}{p_0} \cdot p_{i+1}$$

$$p_{d_{i+1}} = p_{i+1} - e_{i+1}$$

$$c_{pv_{i+1}} = \alpha T_{i+1} + \beta e_{i+1} + \gamma$$

stop wenn:

$$e_{i+1} > e_s(T_{i+1})$$

denn:

$$p_{i+1} = p_c, T_{i+1} = T_c$$

Das Verfahren geht weiter aufwärts entlang der durch T_c von p_c aus führenden Feuchtadiabate, bis der ganze Wasserdampf kondensiert wird (siehe Fig. 26).

Normal wird das Verfahren beendet wo Bedingungen erreicht sind, die diejenigen der Tropopause ähnlich sind. Ebenso wird auch hier immer die Sättigung über Wasser berücksichtigt.

Rekurrenz von p_c zu $p_t = 20000$ Pa mit einem Zuwachs von Δp

$$(\Delta T)_i = A_i \cdot \Delta p, \Delta p < 0$$

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p$$

$$T_{i+1} = T_i + (\Delta T)_i$$

$$p_{d,i+1} = p_{i+1} \cdot e^{-s_{i+1}}$$

$$\rho_{d,i+1} = \frac{p_{d,i+1}}{R_d T_{i+1}}$$

$$\rho_{v,i+1} = \frac{e_{s,i+1}}{R_v T_{i+1}}$$

$$\rho_{i+1} = \rho_{d,i+1} + \rho_{v,i+1}$$

$$c_{pv,i+1} = \alpha T_{i+1} + \beta e_{s,i+1} + \gamma$$

$$c_{p,i+1} = \frac{1}{\rho_{i+1}} (\rho_{d,i+1} c_{pd} + \rho_{v,i+1} c_{pv,i+1})$$

$$L_{w,i+1} = v T_{i+1} + \mu$$

stop wenn:

$$p_{i+1} < p_T$$

$$T_T = T_{i+1}$$

dann folgt eine adiabatische Kompression von p_T bis $p = 10^5 \text{ Pa}$:

$$\theta_{pe} = T_T \left(\frac{10^5}{p_T} \right)^{\frac{R_d}{c_{pd}}}$$

$$\theta_{pe}^* = \theta_{pe}^{-\Pi}$$

9.7 Die potentielle Temperatur

Die potentielle Temperatur ist konservativ für eine Luftmasse, die nur adiabatischen Zustandsänderungen unterworfen ist.

Gegeben:

$$\tilde{p}_0, \tilde{T}_0, \tilde{U}_0$$

Rekursivschritte von p_0 zu $p = 10^5$ mit einem Zuwachs Δp :

$$\Delta T_i = \frac{T_i}{\frac{p_{d_i}}{R_d} c_{pd} + \frac{e_i}{R_v} c_{pv_i}} \Delta p, \Delta p > 0$$

$$T_{i+1} = T_i + \Delta T_i$$

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p$$

$$e_{i+1} = \frac{e_0}{p_0} p_{i+1}$$

$$p_{d_{i+1}} = p_{i+1} - e_{i+1}$$

$$c_{pv_{i+1}} = aT_{i+1} + be_{i+1} + \gamma$$

stop wenn:

$$p_{i+1} > 10^5$$

$$\theta = T_{i+1}, \theta^* = \theta - \pi$$

9.8 Die virtuelle Temperatur

Gegeben sind:

\tilde{p}_0 , \tilde{T}_0 und \tilde{U}_0

$$T_{\text{vir}} = T_0 \left(\frac{1 + \frac{\rho_v}{\rho_d} \cdot \frac{R_v}{R_d}}{1 + \frac{\rho_v}{\rho_d}} \right)$$

$$T^*_{\text{vir}} = T_{\text{vir}} - \Pi$$

9.9 Die Taupunkttemperatur

Für Luftmassen bei gleichem Druck ist die Taupunkttemperatur nur eine Funktion des Mischungsverhältnisses.

Wie im Falle der relativen Feuchtigkeit, muss auch hier nur die Sättigung in bezug auf Wasser für die Bestimmung der Taupunkttemperatur berücksichtigt werden (OMM, 1973 b).

Es folgt daraus, dass, im Falle einer Luftmasse mit negativer Temperatur und mit Sättigung bezüglich Eis, die Taupunkttemperatur nicht gleich, sondern tiefer als die Temperatur des trockenen Thermometers ist.

Ausgehend von \tilde{p}_0 , \tilde{T}_0 , \tilde{U}_0

werden p_0 , T_0 , U_0 , e_0 berechnet.

Eine Funktion f wird wie folgt definiert:

$$f(T') = e_s(T') - e_0$$

Die Taupunkttemperatur ist gleich dem Wert τ von T' , der die Bedingung $f(\tau) = 0$ erfüllt.

Die Gleichung $f(T') = 0$ wird durch die Näherungsmethode von Newton, die ein Rekursivverfahren verwendet, gelöst.

Es wird von T_0 ausgegangen:

$$T'_{n+1} = T'_n - \frac{f(T'_n)}{f'(T'_n)}$$

entspricht

$$T'_{n+1} = T'_n - \frac{e_s(T'_n) - e_0}{e_s(T'_n) \phi'(T'_n)}$$

stop wenn:

$$T'_n - T'_{n+1} < 10^{-2}$$

$$\tau = T'_{n+1}, \tau^* = \tau - \Pi$$

9.10 Referenzen

Organisation météorologique mondiale, 1966
Tables météorologiques internationales
OMM-No 188.TP.94, 1966

Introduction 4.6/7-1

Organisation météorologique mondiale, 1973a
Guide des instruments et des observations météorologiques.
OMM-No 8, 4ième édition

Page V.27, Point 17

Organisation météorologique mondiale, 1973b
Guide des instruments et des observations météorologiques
OMM-No 8, 4ième édition

Page V.26, Point 12

Primault, B. et Quiby, J., 1977
Diagrammes psychrométriques différenciés en altitude
Publications de l'Institut suisse de météorologie No 38

Autoren-Adressen:

Heinz Bantle

Alexandre Piaget

Jean Quiby

Schweizerische Meteorologische Anstalt

Krähbühlstrasse 58

CH - 8044 Z ü r i c h

Anhang I

Ableitung der Rekursivformel für die adiabatische Kompression ($dp > 0$)
oder adiabatische Expansion ($dp < 0$)

Die Ableitung stützt sich auf den ersten thermodynamischen Satz:

$$c_p \cdot dT - \frac{1}{\rho} \cdot dp = 0$$

$$dT = \frac{RT}{c_p p} \cdot dp$$

Aus den Punkten 9.3.4 und 9.3.5 folgt:

$$dT = \frac{T}{\frac{p_d}{R_d} c_{pd} + \frac{e}{R_v} c_{pv}} \cdot dp$$

Anhang II

Ableitung der Rekursivformel für die feucht adiabatische Kompression (dp > 0) oder feucht adiabatische Expansion (dp < 0)

Die Ableitung stützt sich auf den ersten thermodynamischen Satz:

$$c_p dT - \frac{1}{\rho} dp = -L_w dq$$

q = spezifische Feuchtigkeit

dq > 0 für dp > 0

dq < 0 für dp < 0

$$q = \frac{\rho_{vs}}{\rho} = \frac{\frac{e_s}{R_v T}}{\frac{p_d}{R_d T} + \frac{e_s}{R_v T}} = \frac{e_s}{np_d + e_s}$$

wo:

$$n = \frac{R_v}{R_d}$$

$$dq = \frac{(np_d + e_s) de_s - e_s (ndp_d + de_s)}{(np_d + e_s)^2}$$

$$= \frac{(np_d + e_s) e'_s dT - e_s n dp_d - e_s e'_s dT}{(np_d + e_s)^2}$$

Es gilt:

$$dp_d = dp - de_s = dp - e'_s dT$$

$$dq = \frac{1}{(np_d + e_s)^2} \{ (np_d e'_s + e_s n e'_s) dT - e_s n dp \}$$

und es folgt:

$$dT \left\{ c_p + \frac{L_w}{(np_d + e_s)^2} (np_d e'_s + ne_s e'_s) \right\} = dp \left\{ \frac{1}{p} + L_w \frac{e_s^n}{(np_d + e_s)^2} \right\}$$

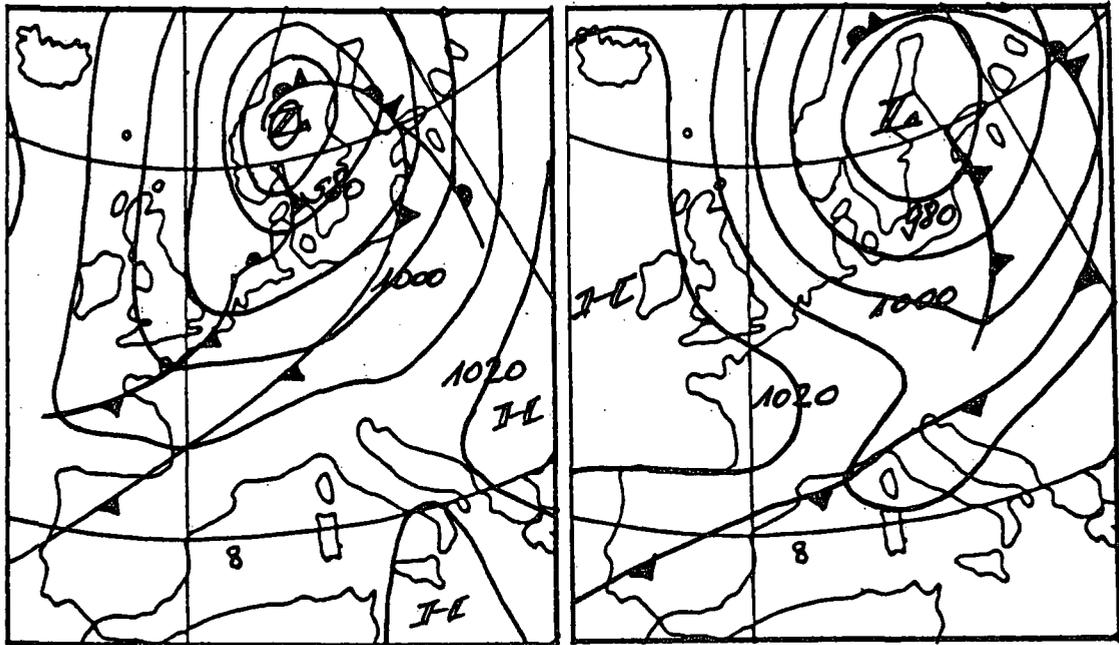
$$(\Delta T)_i = \frac{TR_V (np_{d_i} + e_{s_i}) + L_{w_i} \cdot e_{s_i} \cdot n}{c_{p_i} (np_{d_i} + e_{s_i})^2 + L_{w_i} np_i e'_{s_i}} \cdot \Delta p$$

was geschrieben wird:

$$(\Delta T)_i = A_i \cdot \Delta p$$

Anhang III Beispiel eines graphischen Diagramms: Chur, 10.11.1985

Am 10. November 1985 haben mehrere Staffeln von Kaltluftmassen die Alpen überquert. Die arktische Luft, die als letzte eintraf, bewirkte einen markanten Rückgang der potentiellen Feuchttemperatur. In den ersten Stunden des 10. November herrschte noch eine Föhnlage in den östlichen Tälern der Alpennordseite. Die zugehörige Wetterlage wird durch die beiden Bodenkarten vom 10.11.1985, 00 UTC und vom 11.11.1985, 00 UTC dargestellt.



10.11.1985.00 tuc

11.11.1985.00 tuc

1. Vor dem Durchgang der ersten Staffel herrscht noch ein schwacher Südföhn in Chur. Er hört um 0230 auf und wird durch eine nordöstliche Strömung ersetzt. Die erste Kaltluftstaffel ist potentiell wärmer als die ursprüngliche Luft.

Während der Uebergangsphase von 0230 bis 0330 findet eine gewisse Verschiebung zwischen den Verläufen der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Windes statt; dies charakterisiert den Luftmassenwechsel.

2. Von 0440 bis 1000 folgen die Elemente, begleitet von einem schwachen Wind, dem normalen Tagesgang: Absinken der Temperatur bis Son-

nenaufrgang, darauffolgend Temperaturanstieg. Um 0930 scheint in Chur sogar für kurze Zeit die Sonne.

Das schwache nordöstliche Windregime zwischen 0710 und 0810 ist von einer vorübergehenden Bewölkungszunahme begleitet. Diese Phase wird mit einem kurzen, schwachen Regen um 0820 beendet.

3. Von 1000 bis 1050 findet erneut ein Luftmassenwechsel statt. Frischere Polarluft erreicht Chur. Diesem Wechsel folgt einige Zeit später eine regnerische Periode. Diese hört um 1800, noch vor der Ankunft der arktischen Luft, auf.
4. Kurz vor Ankunft der arktischen Luft, zwischen 1740 und 1850, herrscht ein schwacher Südwind. Er wird ohne Uebergang durch eine ebenfalls schwache Nordströmung ersetzt.
5. Der Uebergang von der Polar- zur Arktikluft erfolgt innerhalb einer halben Stunde, zwischen 1940 und 2020. Der Luftmassenwechsel ist wegen der geringen Feuchtigkeit der Arktikluft markanter beim Verlauf der potentiellen Feuchttemperatur als beim Verlauf der Temperatur selbst. Der Anstieg des Barometers erfolgt mit dem Beginn dieses Luftmassenwechsels.

