Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

an der Eidgenössischen Technischen Hochschule **Zürich**

Mitteilungen Nr.



ALGOL-Programm TGREFR Modellatmosphäre und Refraktion

Niklaus Wunderlin

Copyright by Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich Alle Rechte vorbehalten Auflage 600 Exemplare Anlässlich der Beobachtungen im Höhennetz des Berner Oberlandes hatte sich Herr Wunderlin mit der Refraktion auseinanderzusetzen. Angeregt durch Herrn Prof. Kobold hat er sich in der Folge eingehend mit ihr befasst und die Theorien von Kukkamäki, Levallois u.a. weiter entwickelt. Die Berechnung des Lichtweges nach dem Fermat'schen Prinzip setzt die Kenntnis des Brechungsindexes, bezw. der Luftdichte voraus. Letztere ist abhängig von Druck und Temperatur längs des Lichtweges und insbesondere die Kenntnis von Temperatur und Temperaturgradient ist oft problematisch. Herr Wunderlin berechnet den Temperaturgradienten in Abhängigkeit vom Einstrahlungswinkel der Sonne und von meteorologischen Grössen wie Wind, Bewölkung, Dampfdruck und deren zeitlichen Veränderung und kommt damit den wahren Verhältnissen relativ nahe.

Die vorliegende Arbeit ist keineswegs nur eine Beschreibung eines Computerprogrammes für die Berechnung des Refraktionswinkels, sondern stellt eine gründliche Auseinandersetzung mit dem schwierigen Problem der Refraktion dar. Die Abschnitte 3 und 4 des ersten Teils sind deshalb von allgemeinem Interesse.

Die Theorie wird an konkreten Beispielen einer strengen Prüfung unterzogen, wobei besonders sympathisch berührt, dass Abweichungen von der Realität nicht etwa verschwiegen, sondern sogar, wie es der Autor macht, besonders hervorgehoben werden.

Herrn Wunderlin ist für diese grosse Arbeit sehr zu danken. In diesen Dank einzuschliessen sind Frau H. Neiger und Herr W. Schneibel für die sorgfältige, geduldige und kompetente Erstellung der Druckunterlagen, Zeichnungen und Tabellen.

Prof. Dr. H. Schürer

			- - -
			z.

			Inhalt	Seite				
	Résur	mé / Abs	stract	5				
ı	ALLO	SEMEINE	S UND PROBLEMBESCHREIBUNG					
1.	EINL	EITUNG						
	1.1	Allgeme	eines	6				
	1.2	Progran	nmiersprache, Computer	6				
2.	ZWEC		DEGLICHKEITEN DES PROGRAMMS	_				
	2.1	Allgeme		7				
	2.2	Ausgang		7 8				
		2.3 Berechnungsgang						
	2.4	Resulta		9 10				
	2.5		glichkeiten	11				
	2.6	ETHSCHI	ränkungen	, ,				
3.	PHYS	IKALISC	HE UND METEOROLOGISCHE GRUNDLAGEN	12				
4.	MATH	EMATISC	HE FORMULIERUNGEN					
	4.1		rie des Lichtweges	18				
	4.2	Ausdru	ck für <mark>1</mark> grad n	20				
	4.3	Temper	aturgradient grad T					
		4.3.1	Allgemeines	21				
			Das digitale Geländemodell	22				
			Der Grundwert $ au_0$ des Temperaturgradienten	25				
,			Die Funktion F(t) und ihre Komponenten	29				
			Die Dämpfungsfunktion H(h)	42				
			Die Verzögerung Δt	46				
		4.3.7	Die Richtung des Temperaturgradienten	47				
	4.4		mperaturfeld T(z,t)	48				
			Uebersicht Die Berechnung dem Tomporaturen T(z t)	49				
			Die Berechnung der Temperaturen T(z,t)	53				
		4.4.3	Die Korrekturen K _T an den Modelltemperaturen	33				

			Seite						
	4.5 Der Refraktionswinkel δ								
		4.5.1 Uebersicht über die Probleme							
		4.5.2 Die Formel für den Refraktionswinkel δ	60						
		4.5.3 Die Unterteilung einer Visur in Teilstücke	63						
		4.5.4 Die Festlegung der Geländeknickpunkte K _K	70						
		4.5.5 Druck und Temperatur für die Visurteilstücke	71						
		4.5.6 Die Berechnung der Refraktionswinkel δ	73						
H	PROG	RAMMBESCHREIBUNG							
1.	BEMERKUNGEN ZUR PROGRAMM-KONZEPTION								
	1.1	Programmteile	76						
	1.2	Steuerung des Programmablaufs	77						
	1.3	Programmierung	77						
2.	LISTE	DER WICHTIGSTEN VARIABELN UND ARRAYS							
	2.1	Steuergrössen	77						
	2.2	Unterprogramme	85						
	2.3	Konstanten	88						
	2.4	Variable	90						
3.	PROGRAMMABLAUF, BLOCKDIAGRAMM								
	3.1	Allgemeines	111						
	3.2	Generelles Blockdiagramm	112						
4.	PROGR	AMM-LISTING	117						
5.	PROGR	AMMVERSIONEN, AENDERUNGEN	141						

			Seite
111	BENÜ	ÜTZERANLEITUNG	
1.	EING	ABE DER DATEN	
	1.1	Allgemeines	142
	1.2	Das Input-Datenpaket	143
		1.2.0 Koordinatenkarte	145
		1.2.1 Steuerkarte	147
		1.2.2 Stationskarte	148
		1.2.3 Datumkarte	149
		1.2.4 Temperaturkarten	149
		1.2.5 Wetterkarten	150
		1.2.6 Zielpunktkarte	151
		1.2.7 Temperaturkarten	152
		1.2.8 Wetterkarten	152
		1.2.9 Geländekarten	152
		1.2.10 Sondenkarten	154
2.	AUS	GABE	
	2.1	Allgemeines	155
	2.2	Input-Kontrolle	156
	2.3	Fehlermeldungen	157
	2.4	Resultat-Output	
		2.4.1 Tabelle SONNE + WETTER	159
		2.4.2 Tabelle GELAENDE	160
		2.4.3 Tabelle VISUR	160
		2.4.4 Tabellen TEMPERATUR	161
		2.4.5 Bemerkungen zu den Temperaturkorrektionen	162
		2.4.6 Graphische Darstellungen des Temperaturfeldes	162
		2.4.7 Tabelle REFRAKTION	163
3.	PR <i>P</i>	KTISCHE HINWEISE ZUR PROGRAMMBENUETZUNG	
	3.1	Vorbemerkung	164
	3.2	2 Weglassen von Programmteilen	165
	3.3	3 Wahl der Koeffizienten	166
	3 /	1 Priifung der Resultate	168

			Seite						
	3.5	Programmtests	169						
	3.6	Steuerkarten, Speicherbedarf, Rechenzeiten	170						
IV	BEIS	SPIELE							
1.	ALLG	GEMEINES	171						
2.	BEIS	SPIELE							
	2.1	Vergleiche von Modelltemperaturen mit SYNOP- und							
		Sondentemperaturen							
		2.1.1 Daten	173						
		2.1.2 Berechnungen	174						
		2.1.3 Resultate und Diskussion	181						
	2.2	Vergleich von Modell-Refraktionswinkeln mit							
	beobachteten Werten: Goult								
		2.2.1 Daten	195						
		2.2.2 Bemerkungen zu den Resultaten	204						
	2.3 Vergleich von Modell-Refraktionswinkeln mit								
		beobachteten Werten: Genfersee							
		2.3.1 Allgemeines, Daten	222						
		2.3.2 Berechnungen	224						
		2.3.3 Resultate	227						
	2.4	Ein Beispiel zur Seitenrefraktion							
		2.4.1 Allgemeine Bemerkungen	236						
		2.4.2 Die Beobachtungen	237						
		2.4.3 Die berechneten Seitenrefraktionswinkel	237						
		2.4.4 Bemerkungen zum Resultat	242						

Résumé

Basé sur des idées de Kukkamäki, Levallois et autres on a déduit un système de formules constituant une atmosphère modèle (températures). La distance zénitale du soleil, la topographie, quelques paramètres météorologiques (nébulosité, teneur en vapeur, vitesse du vent, températures observées) en forment les facteurs principals. En calculant l'angle de réfraction en un point terminal d'une visée la voie de la lumière n'est pas considérée d'avoir une courbure constante. La visée est divisée en parties d'inégale longueur dans lesquelles la courbure est constante mais différente des autres sections. Le gradient de température est traité comme vecteur, permettant ainsi la détermination d'angles de réfraction verticales et latérales.

Summary

Ideas of Kukkamäki, Levallois and others are developed to a system of formulas describing a model atmosphere (temperatures) which takes into account the zenith-distance of the sun, the surface topography (inclination), and - in a simple manner - some meteorological factors (cloudiness, humidity, wind-velocity, observed temperatures). In calculating the refractive angle at the endpoint of a sight the curvature of the light-path is not regarded as being constant; instead the line of sight is divided into sections of unequal length with different curvature. The temperature gradient is taken as a vector; thus side refraction may be calculated as well as vertical refraction.

I ALLGEMEINES UND PROBLEMBESCHREIBUNG

1. EINLEITUNG

1.1 Allgemeines

Das Programm TGREFR (Temperaturgradient - Refraktion) hat bei der Abfassung dieser Beschreibung (1977) eine etwa zehnjährige Entwicklung hinter sich (die Beschäftigung des Verfassers mit dem Stoff reicht noch weiter zurück) und darf auch heute nicht als endgültig betrachtet werden. Es ist deshalb in einer Form geschrieben, die dem Benützer möglichst viel Spielraum offen hält: nicht nur die Möglichkeit der Lösung verschiedener Aufgaben (Temperaturfeld über einer "Station" als Funktion der Höhe über Meer und der Tageszeit, Höhen- oder Seitenrefraktionswinkel für eine "Visur"), sondern auch die Möglichkeit der freien Wahl vieler und wesentlicher Parameter. Sogar tiefergreifende Aenderungen am Programm selbst, z.B. andere Behandlung des digitalisierten Geländemodells, andere Formeln für den Grundwert $au_{
m O}$ des Temperaturgradienten, andere Ausdrücke für den Einfluss des "Wetters" auf den Temperaturgradienten und anderes mehr sollten ohne allzu grosse Schwierigkeiten noch möglich sein.

1.2 Programmiersprache, Computer

Das Programm ist in Algol 60 geschrieben und es wird ein Input/ Output verwendet, wie er der CDC-Implementation des "Knuth Proposals" entspricht. Externe Unterprogramme werden nicht benötigt.

Das Programm wurde benützt auf der Rechenanlage CDC 6400/6500 des Rechenzentrums der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (RZETH). Die Wortlänge dieser Maschine ist 60 Bit, d.h. die maschineninterne Rechengenauigkeit 14 Ziffern. Das Programm könnte auch auf einem anderen Computer benützt werden, sofern ein entsprechender Algol-Compiler vorhanden ist, und der Kernspeicher mindestens $120\ 000_{8}$ Worte umfasst.

ZWECK UND MOEGLICHKEITEN DES PROGRAMMS

2.1 Allgemeines

Das Programm TGREFR berechnet für eine "Visur", d.h. für den Lichtweg zwischen einem Ausgangspunkt (Zielpunkt Z) und einem Empfangspunkt (Stationspunkt S) den Refraktionswinkel δ im Stationspunkt S, d.h. den Winkel zwischen der Sehne S-Z und der Richtung des eintreffenden Lichtstrahles. Es können wahlweise Höhenrefraktionswinkel (in der Vertikalebene durch Station und Ziel) oder Seitenrefraktionswinkel (in der schiefen Ebene durch Station und Ziel, welche senkrecht zur Vertikalebene ist) berechnet werden.

Die Berechnung der Refraktionswinkel erfolgt aus der Krümmung \varkappa des Lichtweges zwischen Ziel und Station, welche eine Funktion des Temperaturgradienten und des Druckgradienten und von Temperatur und Druck selbst ist. Das Programm berechnet daher nach gewissen meteorologischen Modellvorstellungen über den Temperaturverlauf in der Atmosphäre zuerst Temperaturgradienten $(\frac{dT}{dx}, \frac{dT}{dy}, \frac{dT}{dz})$ und daraus Temperaturen T einerseits über Stations- und Zielpunkt sowie über einigen wesentlichen "Geländeknickpunkten" K_k , anderseits längs der Visur in bestimmten geeignet gewählten Intervallen Δs_i .

- Natürlich kann das Temperaturfeld T(z,t) (z = Meereshöhe, t = Tagesstunde) für einen Punkt auch berechnet werden, wenn keine "Visur" vorliegt.

2.2 <u>Ausgangsdaten</u>

Je wirklichkeitsnäher und feiner eine Modell-Atmosphäre sein soll, umso mehr und umso genauere Angaben müssen ihr zugrunde liegen. Anderseits hilft die Einführung von Parametern in ein Modell natürlich wenig oder nichts, wenn im konkreten Fall für sie keine numerischen Werte vorliegen. Wenn dies im Normalfall zu befürchten ist, verzichtet man wohl besser auf die Einführung solcher Parameter.

Im Prinzipschema Figur 1 sind diejenigen Grössen aufgeführt, deren Werte dem Programm einerseits zur Verfügung stehen <u>müssen</u> (digitales Gelände, Ort, Datum, drei Wettergrössen), anderseits, wenn vorhanden, von ihm verwendet werden <u>können</u> (beobachtete Temperaturen). Die Gründe für die Auswahl dieser Parameter und Angaben über ihre erforderliche Qualität (Masseinheiten, zeitliche/örtliche Verteilung, "Genauigkeit", Art ihrer Eingabe usw.) sind in den entsprechenden Kapiteln und in der Benützeranleitung gegeben. Durch Eingabe müssen oder können ferner festgelegt werden gewisse Steuergrössen, gewisse Grenzwerte und die numerischen Werte der Koeffizienten k_0 bis k_8 .

2.3 Berechnungsgang

Aus den in 2.2 genannten Ausgangswerten werden als Zwischenresultate die folgenden Grössen berechnet (vgl. Prinzipschema Figur 1):

- aus Datum D und geographischer Breite φ : der Grundwert τ_0 des Temperaturgradienten, d.h. der Temperaturgradient, der ohne den Einfluss von momentaner Einstrahlung oder Abstrahlung vorhanden ist (eine Funktion der Meereshöhe z, aber <u>nicht</u> der Höhe h über Boden),
- aus dem in digitaler Form vorliegenden Gelände und den Angaben über die Visur:
 - l) Unterteilung der Visur in Intervalle Δs_i , für welche der Temperaturgradient (und damit die Lichtstrahlkrümmung \varkappa) als konstant angenommen werden dürfen
 - 2) Festlegung der wesentlichen Knickpunkte K_k im Geländeprofil der Visur
 - 3) Meereshöhe \overline{z} und Neigung ν des "mittleren" Geländes der Umgebung der Bodenpunkte S, K_k ,Z oder für ein Visurintervall Δs_i ; der Radius (genauer die Seitenlänge b eines Quadrates) dieser Umgebung ist eine Funktion der Höhe h des Punktes oder des Visurintervalles über dem "mittleren" Gelände und ausserdem der Winkstärke V,

- aus Datum und geographischer Länge und Breite: die Zenitdistanz ζ der Sonne (für jede Tagesstunde t),
- aus der Neigung ν des "mittleren" Geländes und der Zenitdistanz ζ der Sonne: der Winkel σ zwischen der Geländenormalen und der Richtung zur Sonne (für jede Tagesstunde t, aber auch für jede der Standardhöhen h = 2, 4, ... 1024, 2048 m über Station S, Geländeknicken K_k und Zielpunkt Z, bzw. für die Höhen h_i jedes Visurintervalles Δs_i),
- aus den meteorologischen Angaben Bewölkung B, Dampfdruck E und Windstärke V: den "Wetterfaktor" W (für jede Tagesstunde t, eventuell getrennt für jedes Drittel der Visur), als Mass für die Intensität von Einstrahlung (Erwärmung) bzw. Abstrahlung (Abkühlung),
- aus Wetterfaktor W, Einstrahlungswinkel σ und "Abstrahlungsgrösse" a: die "Einstrahlungsfunktion" F und ihre Ableitung $\frac{dF}{dt}$ (für jede Tagesstunde t + die zugehörige Verzögerung Δt und für jede der Standardhöhen h über S, K_k , Z und für jede Höhe h der Visurintervalle Δs_i).

2.4 Resultate

Aus den im vorangehenden Abschnitt aufgeführten Zwischenresultaten τ_0 . h, W, F, $\frac{\mathrm{dF}}{\mathrm{dt}}$, Δt werden die folgenden Resultate berechnet:

- die Komponenten $(\frac{dT}{dx}, \frac{dT}{dy}, \frac{dT}{dz})$ des Temperaturgradienten (für jede Tagesstunde t von o^h bis 24^h MEZ und für die Standardhöhen h = 2, 4, ... 1024, 2048 m über dem mittleren Gelände der Meereshöhe \overline{z} sowohl für den Stationspunkt S, die Geländeknickpunkte K_k und den Zielpunkt Z wie für die Intervalle Δs_i der Visur),
- aus den Komponenten $\frac{dT}{dz}(h,t)$ des Temperaturgradienten durch numerische Integration, ausgehend von einem Standartwert T_0 der Temperatur für z=7000 m ü.M. das Temperaturfeld T(z,t) (für jede Tagesstunde t von o h bis 24^h und für die Meereshöhen $z_i=\overline{z}_i+h_i$, wobei $h_i=1.5, 3, 6, \ldots$ 1536, 3072 m; dies für den Stationspunkt S der Visur, die Geländeknickpunkte K_k und

für den Zielpunkt Z *; ferner wird T(t) berechnet für jedes Teilstück Δs_i der Visur durch Interpolation zwischen die entsprechenden Werte T(h_i ,t) der Punkte S, K_k , Z),

- sofern beobachtete Bodentemperaturen und/oder Sondentemperaturen vorliegen, kann das Temperaturfeld des Stationspunktes S** durch Temperaturkorrektionen K_T den Beobachtungswerten angepasst werden, wobei 4 verschiedene Möglichkeiten bestehen: K_T = konst., K_T = f(t), K_T = f(z), K_T = f(z,t); die zwei letzten Ansätze haben natürlich auch eine Aenderung der Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}$ zur Folge,
- aus den erhaltenen Temperaturgradienten und Temperaturen für die einzelnen Teilstücke Δs_i der Visur werden die zugehörigen Lichtstrahlkrümmungen $\varkappa(i,t)$ bestimmt und daraus für jede Tagesstunde t der Refraktionswinkel δ im Stationspunkt S der Visur berechnet.

2.5 Wahlmöglichkeiten

Wenn nur Temperaturgradienten und das daraus abgeleitete Temperaturfeld T(z,t) einer einzelnen <u>Station</u> (ohne "Visur") bestimmt werden sollen, so können drei grössere Partien des Programms TGREFR weggelassen werden: Programm TGR (Temperaturgradient).

Wenn für das <u>gleiche Datum</u> (d.h. am gleichen Tag und auf der gleichen geographischen Breite) verschiedene Stationen oder Visuren zu bearbeiten sind, so kann die Anpassung an Boden- und/oder Sondentemperaturen, d.h. die Temperaturkorrektionen $K_{\overline{I}}$ mit den entsprechenden Korrektionen am Temperaturgradienten, von der zuerst behandelten Station auf alle folgenden übernommen werden.

^{*} Wobei aber das Tableau dieses Temperaturfeldes T(z,t) nur für die Punkte S und Z ausgedruckt wird, nicht auch für die Punkte K_k .

^{**}Mit den für den Stationspunkt S abgeleiteten Temperaturkorrektionen $K_{\overline{I}}$ werden auch die Temperaturfelder T(z,t) der übrigen Punkte ($K_{\overline{k}}$ und Z) versehen.

Wenn die gleiche Visur zu verschiedenen Daten, d.h. an verschiedenen Tagen bearbeitet werden soll, so muss die Eingabe des digitalisierten Geländes nur einmal erfolgen; die Unterteilung der Visur mit der zugehörigen Bestimmung der Höhen h_i der Teilstücke Δs_i über dem "mittleren Gelände" und dessen Neigung ν_i werden jedoch stets neu berechnet, da sie wetter-, d.h. windabhängig sind.

Ausser den als Output immer gegebenen Tableaux für die Temperaturfelder T(z,t) des Stations- und des Zielpunktes und für die Refraktion: Länge Δs_i , mittlere Höhe h_i über Boden und Krümmung $\varkappa(i,t)$ der Visurintervalle und Refraktionswinkel $\delta(t)$, können auf Wunsch ausgedruckt werden:

- eine Tabelle der Geländehöhen \bar{z} (eingegebene und interpolierte Werte)
- Tabellen (je für alle auftretenden Windstärken in Beaufort) der Intervalleinteilung der Visur mit Höhen h $_{\rm i}$ und Neigungen $\nu_{\rm i}$ des "mittleren" Geländes.
- eine primitive graphische Darstellung der Temperaturfelder T(z,t) über Stations- und Zielpunkt.

2.6 Einschränkungen

Temperaturen und Temperaturgradienten oberhalb 7000 m ü.M. werden nicht berechnet (Standardwerte liessen sich leicht erhalten). Höhenrefraktion und Seitenrefraktion derselben Visur können nicht in <u>einem</u> Durchlauf berechnet werden (liesse sich durch einfache Programmänderung leicht erreichen).

Berechnung des Refraktionswinkels am <u>Ziel</u>punkt einer Visur (gleichzeitig mit demjenigen am Stationspunkt) ist nicht möglich (Unterteilung der Visur in Intervalle ist für die beiden Aufgaben nicht die gleiche).

Alle Resultate - Temperaturen, Temperaturgradienten, Krümmungen, Refraktionswinkel - werden nur von Stunde zu Stunde und - in <u>einem</u> Durchlauf - nur zwischen o^h und 24^h <u>eines</u> Tages berechnet.

Zu diesen eher programmtechnischen und unwesentlichen oder behebbaren Einschränkungen kommen jedoch manche, zum Teil recht schwerwiegende Mängel physikalisch-meteorologischer Art (Modellfehler), die schon aus den Ausführungen in den beiden folgenden Kapiteln hervorgehen und die sich besonders bei der praktischen Anwendung zeigen.

3. PHYSIKALISCHE UND METEOROLOGISCHE GRUNDLAGEN

Die folgenden Ausführungen sollen nicht eine neue Refraktionstheorie geben, sie sollen im Gegenteil die bis jetzt gefundenen Erkenntnisse kurz in Erinnerung rufen und deutlich machen, wie sie im Aufbau des Programmsystems TGREFR Verwendung fanden, oder – in andern Worten – die physikalischen Grundlagen und den gedanklichen Hintergrund der mathematischen Formulierungen aufzeigen, die im nächsten Abschnitt beschrieben werden. Die Literaturzitate erfassen natürlich nur einen kleinen Ausschnitt der tatsächlich vorhandenen Arbeiten und sollen nur dazu dienen, erste Hinweise zu geben auf Publikationen, die ihrerseits weiterführen mögen (z.B. etwa /Past/, /Stahl/ u.a.).

Aus dem Fermat'schen Prinzip des "schnellsten" Weges des Lichtes lässt sich <u>in vektorieller Form</u> (z.B. nach /Moritz/) die Differentialgleichung des Strahlenweges ableiten als Funktion der Dichte und des Dichtegradienten im durchlaufenen Medium. Unter Verwendung klassischer Gesetzt über ideale Gase (Biot/Arago, Mariot-te/Gay-Lussac, Barometerformel) lässt sie sich – immer noch vektoriell – mit völlig genügender Genauigkeit umformen in einen Ausdruck für die Lichtstrahlkrümmung, enthaltend P (Druck), T (Temperatur) und grad T (vgl. etwa /Jordan*Eggert-Kneissl/, /Tardi/, /Bomford/, /Levallois/). Während in dieser Formel normalerweise Druck und Druckgradient problemlos sind, bietet das Einführen genügend genauer Werte für Temperatur und besonders Temperaturgradient in vielen Fällen Schwierigkeiten.

^{*} siehe folgende Seite

Die Modellvorstellungen über diese Grössen T und grad T, die im folgenden skizziert werden, mögen stets vor dem Hintergrund der Anschauungen über den allgemeinen Wärmehaushalt der untern Atmosphäre (einige Kilometer über Boden) gesehen werden, wie sie allgemein mehr oder weniger bekannt oder in entsprechenden Lehr- und Handbüchern (z.B. etwa: /Fischer-Lexikon Geophysik/, /Levallois/, /Bomford/ u.a.) zu finden sind und deshalb hier nicht dargelegt werden sollen.

Es sind für den in den Refraktionsformeln auftretenden Temperaturgradienten viele Ansätze denkbar und auch manche schon verwendet worden; im Folgenden seien einige erwähnt:

- Meistens wird von grad T nur die in die Lotrichtung fallende Komponente $\frac{dT}{dz}$ betrachtet, während die in die Horizontalebene fallenden Komponenten als Null angenommen werden.
- $-\frac{dT}{dz} = konst. \; (auch \; \frac{dT}{dz} = 0 \; geh\"{o}rt \; hierher) \colon \; die \; Kr\"{u}mmung \; des$ Lichtweges ist konstant, d.h. der Strahl folgt einem Kreisbogen; dessen Radius wird durch Einführung des sog. Refraktionskoeffizienten k = $\frac{Erdradius}{Lichtkurvenradius} \; \; festgelegt** \; Es \; ergeben \; sich \; -gen\"{a}hert! \; \; etwa \; die \; folgenden \; Wertepaare \; \frac{dT}{dz}, \; k \; :$

^{*} Als erster scheint Jordan etwa 1876 den glücklichen Gedanken gehabt zu haben, den <u>Temperaturgradienten nicht wie den Druckgradienten durch Einsetzen irgend eines physikalischen Gesetzes zu eliminieren, wie es vor ihm üblich war, sondern offen zu lassen: $k = 0.2325 \, \frac{B}{760} \, \frac{1}{(1+at)^2} \, (1-29.39 \, \text{n})$ </u>

^{**}Dieser "Kunstgriff" der Verknüpfung zweier physikalisch auf keine Weise zusammenhängender Grösser hatte wohl rein praktische Gründe: bei der trigonometrischen Höhenberechnung konnten so die beiden Terme Erdkrümmung E und Refraktion R in einem einzigen Glied zusammengefasst werden: $(E-R) = \frac{1-k}{2r} d^2$.

dt dz	k	Bemerkungen
O/km		
< -30	neg.	Strahl gegen Erde gekrümmt
-30	0	Strahl geradlinig
-12	+0.13	Standardwert von k_
-6.6	+0.16	Standardwert von dT
0	+0.20	Isothermie
+130	+1.00	Strahlkrümmung = Erdkrümmung

 $-\frac{dT}{dz} = (T_{obere Stat.} - T_{untere Stat.}) / H\"{o}hendifferenz$ (Bauernfeind, s. / Levallois/ und /Jordan-Eggert-Kneissl/).

- T = a + b·h^C
$$\frac{dT}{dz} = \frac{dT}{dh} = cb·h^{C-1}$$

(Johnson, Best+/Kukkamäki/, /Brocks/)

Dabei sind die Grössen a, b, c <u>keine</u> Konstanten, sondern von Datum, Ort, Tageszeit, Wetter, Bodenbeschaffenheit, usw. abhängig. Sie können durch Temperaturmessungen in verschiedenen Bodenabständen h bestimmt /Kukkamäki/ oder müssen als irgendwelchen Gesetzen folgend eingesetzt werden /Brocks/.

- Nach einem klugen Vorschlag von /Levallois/ lässt sich das Temperaturfeld über einer Station als Funktion der dort beobachteten Bodentemperaturen beschreiben:

$$T(z,t) = T_0 + \tau_0(z-z_0) + \varphi(t) + e^{-k^2(z-z_0)}f(t-\frac{z-z_0}{V})$$

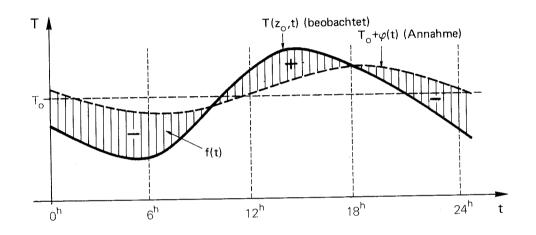
Die Funktion f in dieser Formel, welche, gedämpft mit dem Dämpfungsfaktor k^2 und verzögert um $(z-z_0)/v$, das Temperaturfeld T(z,t) im wesentlichen bestimmt, wird aus den beobachteten Bodentemperaturen $T(z_0,t)$ abgeleitet:

$$f(t) = T(z_0,t) - T_0 - \varphi(t)$$

wobei T und φ (t) durch Annahmen festzulegen sind. Der Temperaturgradient $\frac{dT}{dz}$ wird nach diesem Ansatz:

$$\frac{dT}{dz} = \tau_0 - e^{-k^2(z-z_0)} \left(k^2 \cdot f + \frac{1}{v} \cdot \frac{df}{dt}\right) \left| t - \frac{z-z_0}{v} \right|$$

 au_{O} wird bei Levallois als Konstante angenommen.

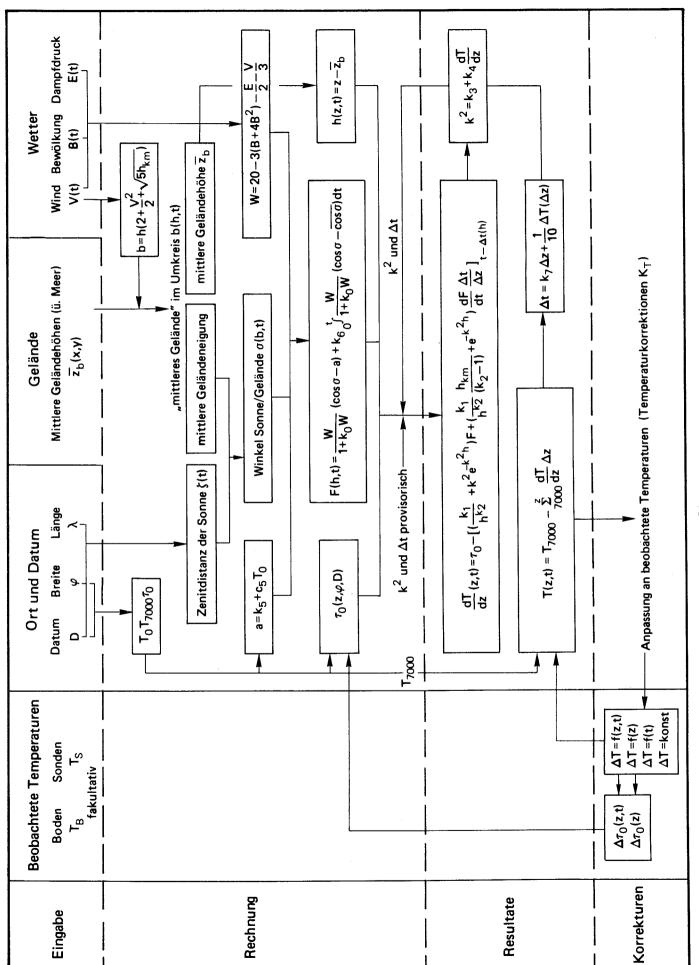


- Die Temperaturformel, die Kukkamäki benutzt hat, und der Levallois'sche Ansatz haben beide gegenüber den üblicherweise verwendeten Annahmen über den Temperaturverlauf den Vorteil, dass sie nicht mit irgendwelchen meteorologischen Mittelwerten arbeiten, sondern die wesentlichen Grössen aus vorliegenden, aktuellen Verhältnissen abgeleitet werden, bei Kukkamäki aus Temperaturmessungen in verschiedenen Höhen, bei Levallois durch Benutzung einer Reihe beobachteter Bodentemperaturen. Hier liegt jedoch auch ein – praktischer – Mangel: Die notwendigen Temperaturbeobachtungen fehlen unter Umständen, sei es, dass sie versäumt wurden, sei es, dass sie nicht möglich (längs einer ganzen Visur) oder nicht repräsentativ (an den Endpunkten einer Visur) oder nicht genau genug sind. Ein zweiter Mangel – prinzipieller Art – liegt in der Tatsache, dass beide Formeln nicht im ganzen

Höhenbereich vom Boden bis etwa 3000 m Höhe angewendet werden können, wenigstens nicht mit konstanten Werten für die Parameter: beim Ansatz T = a + b·h^C klingt die Amplitude des täglichen Temperaturganges bei Verwendung von Koeffizienten b, c, die in Bodennähe zu richtigen Temperaturen führen, in grösseren Höhen zu rasch ab; der Levallois'sche Ansatz dagegen kann mit den für den Dämpfungsfaktor k² vorgeschlagenen Werten in Bodennähe nicht die dort feststellbaren sehr grossen Temperaturgradienten von bis zu $\frac{1}{2}$ 10/m liefern. Das dem Programm TGREFR zugrunde liegende Formelsystem, wie es im nächsten Abschnitt genauer beschrieben wird und in der Uebersicht Figur 1 vereinfacht dargestellt ist, stellt einen Versuch dar, die Mängel der beiden von Kukkamäki und Levallois vorgeschlagenen Refraktionsberechnungen zu umgehen und beider Vorteile gegenüber älteren Theorien zu vereinigen.

Neu sind dabei nicht die Annahmen über den Aufbau des Temperaturfeldes in der Atmosphäre, sondern die Ersetzung von Temperaturbeobachtungen durch Angaben über meteorologische Grössen (Bewölkung, Wind, Luftfeuchtigkeit) und Einführung des Sonnenstandes (Winkel zwischen Geländenormaler und Richtung zur Sonne). Gegenüber Temperaturmessungen hat die Benützung von Wetterangaben den Vorteil, dass sie sich aus meteorologischen Annalen, aus Feldbüchern usw. eventuell noch nachträglich erfassen lassen und oft repräsentativer sind für ein Gebiet grösserer Ausdehnung als die punktweise Messung von "Randwerten". Die Einführung des Sonnenstandes aber ermöglicht die schärfere Erfassung der Wirkung der Topographie der Erdoberfläche auf das Temperaturfeld über ihr.

Allerdings ist hier davor zu warnen, die im nächsten Abschnitt gegebenen Formeln als physikalische Naturgesetze anzusehen: es sind Formulierungen, die, physikalisch mehr oder weniger sinnlos, ein einigermassen naturnahes Modell der Temperatur der Atmosphäre gleichsam "simulieren" sollen.



Figur 1

4. MATHEMATISCHE FORMULIERUNGEN

4.1 Geometrie des Lichtweges

Nach /Moritz/ folgt aus dem Fermat'schen Prinzip

$$\int_{A}^{B} dt = \int_{A}^{B} \frac{ds}{c} = \int_{A}^{B} \frac{ds}{c o/n} = \frac{1}{c} \int_{O}^{B} n \cdot ds = Min$$
 (1)

c = Lichtgeschwindigkeit (c_o im Vakuum)

n = Brechungsindex

für die räumliche Lichtkurve mit dem Ortsvektor $\vec{x} = (x,y,z)$ die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2\vec{x}}{ds^2} + \frac{d \cdot \ln(n)}{ds} \cdot \frac{d\vec{x}}{ds} - \text{grad } \ln(n) = 0$$
 (2a)

oder
$$\varkappa n + \frac{1}{n} \frac{dn}{ds} \vec{t} - \frac{1}{n} \operatorname{grad} n = 0$$
 (2b)

mit $d\vec{x} = (dx, dy, dz)$

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

$$\frac{d\vec{x}}{ds} = (\frac{dx}{ds}, \frac{dy}{ds}, \frac{dz}{ds}) = \vec{t} \operatorname{Einheitsvektor} \operatorname{der} \operatorname{Tangente}$$

$$\frac{d^2\vec{x}}{ds^2} = (\frac{d^2x}{ds^2}, \frac{d^2y}{ds^2}, \frac{d^2z}{ds^2}) = \varkappa n$$

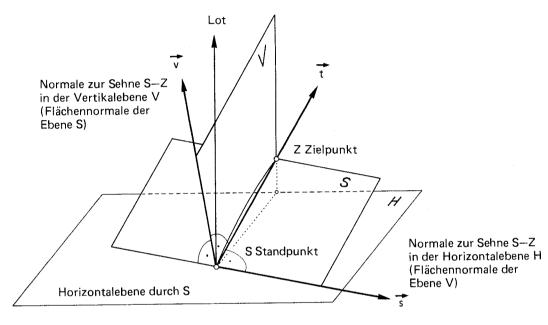
$$\vec{n} = \operatorname{Einheitsvektor} \operatorname{der}$$
Hauptnormale
$$\varkappa \operatorname{Krümmung}$$

$$\operatorname{grad} n = (\frac{dn}{dx}, \frac{dn}{dy}, \frac{dn}{dz})$$

Die Integration dieser Gleichung für den Ortsvektor \vec{x} der Lichtkurve ist nicht einfach, wenn der Brechungsindex n eine beliebige Ortsfunktion ist. Jedoch interessiert hier auch nicht die vollständige Lösung, sondern gesucht sind im Stationspunkt S die beiden Winkel zwischen der geradlinigen Verbindung Stationspunkt S – Zielpunkt Z (Sehne Z-S) und den Projektionen des Lichtstrahls einer-

seits in die Vertikalebene V durch Sehne und Lotrichtung (von S), anderseits in die auf ihr senkrecht stehende, ebenfalls durch Stations- und Zielpunkt führende "schiefe" Ebene S (Fig. 2). Diese Winkel sind im folgenden als Refraktionswinkel δ bezeichnet:

$$\delta_{v}$$
 = "Höhenrefraktion" δ_{s} = "Seitenrefraktion"



Figur 2

Wegen der sehr schwachen Krümmung der Lichtkurve bei Visuren in der Erdatmosphäre (Krümmungsradien in der Grösse des Erdradius) ist der Tangentenvektor \vec{t} praktisch überall parallel zur Sehne Standpunkt – Zielpunkt. Projiziert man die Lichtkurve auf die durch die Sehne S-Z gelegten Ebenen V oder S – durch skalare Multiplikation der Gleichung (2a) mit \vec{v} oder \vec{s} – so verschwinden daher die Glieder $\frac{1}{n} \frac{dn}{ds} \cdot \vec{t} \cdot \vec{v}$ bzw. $\frac{1}{n} \frac{dn}{ds} \cdot \vec{t} \cdot \vec{s}$, weil \vec{t} sowohl auf \vec{v} wie auf \vec{s} senkrecht steht. Für die ebene Krümmung \varkappa_{V} der Projektion der Lichtkurve auf die Ebene V (Vertikalkrümmung), bzw. für die Krümmung \varkappa_{S} der Projektionskurve in der Ebene S (Seitenkrümmung) erhält man aus (2b) also:

Die eigentlich gesuchten Refraktionswinkel $\delta_{\rm V}$, $\delta_{\rm S}$ müssten durch Integration der Vektor-Differentialgleichungen (3) gefunden werden. Da aber für die Ortsfunktionen grad n und n keine geschlossenen und integrierbaren Ausdrücke angegeben werden können, müssen $\delta_{\rm V}$, $\delta_{\rm S}$ durch <u>numerische</u> Integration von $\varkappa_{\rm V}$ bzw. $\varkappa_{\rm S}$ längs des Lichtweges berechnet werden.

4.2 Ausdruck für $\frac{1}{n}$ grad n

Die folgende Zusammenstellung folgt der Literatur, z.B. /Bomford/, /Jordan-Eggert-Kneissl/, /Levallois-Masson d'Autume/, /Tardi/ u.a.

aus
$$(n-1) = k \cdot \rho$$
 ρ = Dichte des Mediums und $\rho = c \frac{P}{T}$ $P = Druck$ folgt $(n-1) = q \frac{P}{T}$ (4) $T = Temperatur (absolut) mit $q = (n_0 - 1) \frac{T_0}{P_0} = 0.000293 \frac{273}{760} = 0.000105^0 / mm$$

Aus (4) erhält man für grad n:

$$\frac{\delta n}{\delta x} = (n_0 - 1) \frac{T}{P} \left(\frac{1}{T} \frac{\delta P}{\delta x} - \frac{P}{T^2 \delta x} \right) = (n - 1) \left(\frac{\frac{\delta P}{\delta x}}{P} - \frac{\frac{\delta T}{\delta x}}{T} \right)$$
 (5)

und analog für $\frac{\delta n}{\delta y}$ und $\frac{\delta n}{\delta z}$

Lässt man nun die z-Achse mit der Lotrichtung zusammenfallen, so darf mit meist genügender Genauigkeit noch die folgende Annahme getroffen werden:

$$\frac{\delta P}{\delta x} = \frac{\delta P}{\delta y} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{\delta P}{\delta z} = -g \cdot \rho_{\text{Luft}} = -0.03415^{\text{O}} / \text{m} \, \frac{P_{\text{mm}}}{T_{\text{abs}}}. \tag{6}$$

Aus (4), (5) und (6) ergibt sich:

$$\frac{1}{n} \operatorname{grad} n = -3.58 \ 10^{-6} \frac{P_{mm}}{T_{abs}^{2}} + 29.3 \frac{\delta T}{\delta x} \text{ o/m} + 29.3 \frac{\delta T}{\delta y} \text{ o/m}$$

$$1 + 29.3 \frac{\delta T}{\delta z} \text{ o/m}$$

$$1 + 29.3 \frac{\delta T}{\delta z} \text{ o/m}$$

$$\frac{1}{n} \text{ grad } n \Big|_{\text{cc/km}} = -2280 \frac{P_{\text{mm}}}{T_{\text{abs}}^2} + 0.029 \frac{\delta T}{\delta x} \text{ o/km} + 0.029 \frac{\delta T}{\delta y} \text{ o/km}$$

$$1 + 0.029 \frac{\delta T}{\delta z} \text{ o/km}$$

$$1 + 0.029 \frac{\delta T}{\delta z} \text{ o/km}$$

Die Formel (7b) wird im Programm TGREFR verwendet. Sie ist nur unter Voraussetzung der Annahmen (6) $\frac{\delta P}{\delta z} = -0.03415 \frac{P}{T}$ und $\frac{\delta P}{\delta x} = \frac{\delta P}{\delta y} = 0$ richtig. Wenn diese Bedingungen als nicht erfüllt anzunehmen sind, ist nach den strengeren Formeln (5) zu rechnen:

$$\frac{1}{n} \operatorname{grad} n \Big|_{\operatorname{arc/m}} = 1.05 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{P_{mm}}{T_{abs}} \left| \begin{array}{c} \frac{1}{P} \cdot \frac{\delta P}{\delta x} - \frac{1}{T} \cdot \frac{\delta T}{\delta x} \\ \frac{1}{P} \cdot \frac{\delta P}{\delta y} - \frac{1}{T} \cdot \frac{\delta T}{\delta y} \\ \frac{1}{P} \cdot \frac{\delta P}{\delta z} - \frac{1}{T} \cdot \frac{\delta T}{\delta z} \end{array} \right|$$
(8)

4.3 Temperaturgradient grad T

4.3.1 Allgemeines

Den in Abschnitt 3 dargelegten Gedanken entsprechend wurde für den in den Formeln (7) auftretenden Temperaturgradienten der Atmosphäre ein Ausdruck gesucht, der folgende hauptächlichste Bedingungen zu erfüllen sucht:

- a) Ein "Grundwert" au_0 sei vorhanden, auch wenn keine Erwärmung oder Abkühlung der Luft durch die momentanen meteorologischen Verhältnisse anzunehmen ist; au_0 stellt also das Resultat der vorausgegangenen meteorologischen Einflüsse dar.
- b) Die tägliche Erwärmung und Abkühlung der Atmosphäre sei eine Funktion des Sonnenstandes, wobei auch die Neigung des Geländes eine Rolle spiele.

- c) Der Wirkungsfaktor der Ein- und Abstrahlung sei eine Funktion meteorologischer Grössen (Bewölkungsgrad, Wind, Wasserdampfgehalt), eventuell auch der Beschaffenheit des Bodens.
- d) Der Einfluss der genannten Faktoren auf die Atmosphärentemperatur verringere und verzögere sich mit zunehmender Höhe über Boden.
- e) Für eine bestimmte Tagesstunde soll der Einfluss der davor liegenden Zeitspanne mindestens ab o $^{\rm h}$ des betr. Tages auf den aktuellen Temperaturgradienten berücksichtigt werden.
- f) Beobachtete Temperaturen (Boden- und/oder Sondentemperaturen) sollen zur Verbesserung der rechnerisch bestimmten Modellatmosphäre beigezogen werden können.

Der aus diesen Bedingungen abgeleitete Ausdruck für den Betrag des Temperaturgradienten - die Richtung dieses Vektors wird als in die Richtung der Geländenormalen fallend angenommen - lautet, in stark vereinfachter Form:

$$\frac{dT}{dh} = \tau_0 + \left\{ \frac{dH(h)}{dh} F(t) + H(h) \frac{dF(t)}{dt} \frac{\Delta t(h)}{dh} \right\}_{t-\Delta t}$$
(9)

Nähere Angaben zu den einzelnen Grössen des Ausdrucks (9) folgen in den nächsten Abschnitten. Ein – ebenfalls vereinfachtes – Schema des Berechnungsablaufes für $\frac{dT}{dh}$ und T(z,t) ist in Figur 1 gegeben.

4.3.2 Das digitale Geländemodell

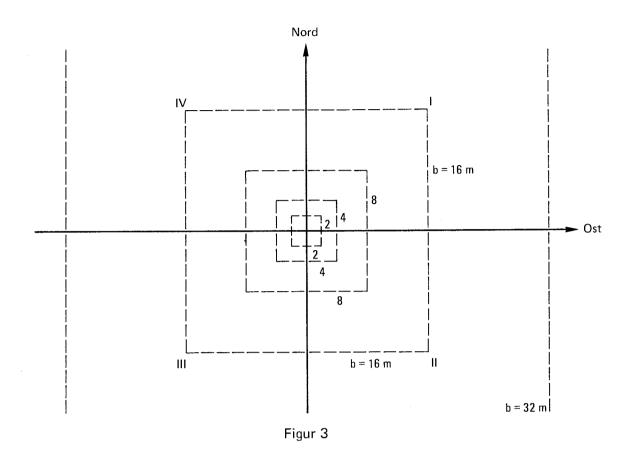
Nach den oben (4.3.1) genannten Forderungen an die Struktur des Ausdrucks (9) für den Temperaturgradienten müssen die Höhen h "über Grund" eines beliebigen Punktes, für den $\frac{dT}{dh}$ zu berechnen ist, sowie die Lage dieses "Grundes", d.h. Geländes bezüglich der Einfallsrichtung der Sonnenstrahlung gegeben sein. Hier soll kurz die Wahl der digitalen Form der dem Programm TGREFR durch Eingabe zuzuführenden Geländeinformation erläutert werden, während die eigentliche Berechnung der Höhe h über Grund und der Geländeneigung ν des "mittleren Geländes" weiter unten (Abschnitte 4.3.5.2 bzw. 4.3.4.2) beschrieben sind.

Digitale Geländeinformation steht meist in einem Raster mit bestimmten Maschenweiten zur Verfügung. Dies war bei Erstellung des Programms TGREFR auch in der Schweiz der Fall, indem für Quadrate von 500 x 500 m in der Ebene des schweizerischen Projektionssystems mittlere Geländehöhen vorlagen. Trotzdem wurde bei der Programmierung das Vorliegen eines in einem starren Raster gegebenen Geländemodells nicht vorausgesetzt, und zwar aus hauptsächlich den folgenden zwei Gründen:

Erstens würde die Voraussetzung eines festen Rasters wegen dessen Bindung an ein Koordinatensystem eventuelle weitere Benützer des Programms wohl in den meisten Fällen zu Aenderungen am Programm zwingen, denn es lassen sich unter digitalen Geländemodellen wohl nicht leicht zwei identisch definierte finden.

Zweitens verlangt nach Abschnitt 4.3.5.2 die Berechnung von $\frac{dT}{dh}$ ein digitalisiertes Gelände von umso kleinerem Raster, je kleiner die Höhe h über Grund ist (in der Grössenordnung von 2h nach Formel (21)). Ein so feines Geländemodell liegt wohl nur in Ausnahmefällen schon vor, und es muss praktisch immer zusätzliche Geländeinformation noch beschafft werden. Dies kann bei der im folgenden beschriebenen Form des digitalen Geländemodells flexibel und "gezielt", d.h. mit kleinem Aufwand geschehen.

Der Raster wird gebildet durch zwei Achsen Süd-Nord und West-Ost, welche das Gelände in vier Sektoren I, II, III, IV einteilen. Die Abmessungen b der Quadranten-Quadrate sind 2, 4, 8, 16, 32, 64, 125, 250, ... 8000, 16000 Meter, d.h. genähert 2^k m. Mit Hilfe dieses Rasters werden bei einer zu behandelnden "Visur" für <u>ausgewählte Punkte</u>: den Stationspunkt, zweckmässig gelegte Zwischenpunkte längs der Visur und den Zielpunkt die mittleren Meereshöhen \overline{z}_b^I des Geländes aus Plänen und Karten geeigneten Massstabes erhoben.



Natürlich stehen normalerweise nicht alle mittleren Geländehöhen $\overline{z_b}$, $\overline{z_b}$, $\overline{z_b}$, $\overline{z_b}$, $\overline{z_b}$ für alle b von 2, 4, ... 16000 m durch Eingabe zur Verfügung, indem einerseits die nötigen Grundlagen (topographische Pläne und Karten in genügend grossem Massstab) fehlen, dies hauptsächlich für kleine Gebiets-Seitenlängen b, anderseits die mittleren Meereshöhen \overline{z} bei grossen b für benachbarte Punkte P wenig verschieden oder sogar identisch sind. Das Programm ermöglicht daher die Interpolation der fehlenden Werte $\overline{z_b}$ auf folgende Weise, die anhand eines Beispiels erläutert werde: Es seien die mittleren Meereshöhen \overline{z} , \overline{z} , \overline{z} , \overline{z} für die Punkte einer Visur mit den Abszissen o (Stationspunkt), 0.5 km, 1 km, 2 km, 3 km, 5 km (Zielpunkt) aus topographischen Karten bestimmt worden, jedoch nur für Quadranten der Seitenlänge b>64 m und bei grossen Seitenlängen nicht für sämtliche Zwischenpunkte der Visur, so dass sich folgende Tabelle der durch Eingabe bestimmten $\overline{z_b}$ ergibt:

Absz.	Seit 0 2 4 8 16 32	tenl 264	äng 125	en b 250	d e r 500	Q u a 1000	drant ,2000	e n 4000	8000	16000
0.0	X ~	- X	Х	Х	Х	Х	X	X	X	X
0.5	×	Х	Х	Х	Х	Х	Ì	† Inter	† polation	
1.0	X	Х	Χ	Х	Χ	Х	X			
2.0	Interpolation X	Х	Х	Х	Х	Х	Х	X	×	
3.0	х	Х	Х	Х	Χ	X	Х	Х		Į.
5.0	x •	- X	Х	Х	Х	X	Х	X	×	×
	Meereshöhen der Punkte <u>mittlere</u> Höhen der Quadranten								ranten	

Die fehlenden Werte <u>rechts</u> (nicht bestimmt, weil zu wenig verschieden von denen der benachbarten Profilpunkte) werden linear entsprechend ihrer Abszisse zwischen die vorhandenen Werte interpoliert. Die fehlenden Werte <u>links</u> (nicht bestimmt weil kein genügend grossmassstäbliches Kartenmaterial vorhanden) werden für jeden Profilpunkt zwischen die Meereshöhe des Profilpunktes und den niedrigsten eingegebenen Wert, entsprechend der Seitenlänge b, linear interpoliert.

Um die fehlenden Werte "rechts" (grosse Seitenlängen b) interpolieren zu können müssen für Stations- und Zielpunkt die eingegebenen Werte lückenlos bis b = 16000 m vorhanden sein.

4.3.3 Der Grundwert $au_{_{ m O}}$ des Temperaturgradienten

Wie erwähnt stellt τ_0 denjenigen Wert des Temperaturgradienten dar, der auch bei Nichtvorhandensein von Ein- oder Abstrahlung existiert, oder denjenigen Wert, dem sich die <u>täglichen</u> Schwankungen überlagern. τ_0 ist eine zwar nicht völlig konstante, aber nur weiträumig und jahreszeitlich variable Grösse. τ_0 ist auch – im Gegensatz zu dem von der Höhe h <u>über Grund</u> abhängigen $\frac{\mathrm{d}\mathrm{T}}{\mathrm{d}\mathrm{h}}$ – als Funktion der Meereshöhe z (genauer: einer "regionalen" Höhe z-z_Region, wobei aber für z_Region auch Null gewählt werden kann) angenommen worden:

 τ_{0} = f(Datum, geogr. Breite φ , Meereshöhe z oder z-z_{Reg})

 au_0 stellt also eine Verfeinerung der üblichen Annahme eines konstanten Standard-Temperaturgradienten dar, wie ihn z.B. auch /Levallois/ verwendete ($\gamma_0^{~\approx}$ -6 0 /km).

Der Ausdruck für τ_0 wurde auf folgende Weise gefunden: Es wurde eine Formel gesucht für eine Standardtemperatur $T_0 = T_0(D, \varphi, z)$ so, dass T_0 möglichst gut die aus Sondenaufstiegen in Payerne (Schweiz, $\varphi = 46.8^0$, z = 491 m.ü.M.) für die Standardniveaus

gefundenen Monatsmittel T_S der Temperatur (Mittel der beiden Sondenaufstiege 11^h und 23^h)* annähere. Es wurde gefunden:

$$T_{o} = +9.0 + 1.0 \sin(2D) - (7.3 + z_{Reg}) \sqrt{6.5 + (z - z_{Reg})^{2}} + 24(1 + \frac{e^{-/z - z_{Reg}}}{4}) \cos(\varphi - \delta)$$
(10)

mit
$$\delta = \delta_{\odot} |_{D^{\circ} - 30^{\circ} - 2^{\circ} z} = 23.4 \sin(D^{\circ} - 110^{\circ} - 2^{\circ} z)$$
 z in km

Die mit dieser Formel erhaltenen T_0 stimmen gut mit den beobachteten Sondentemperaturen T_S überein und liegen für alle Monate und alle Niveaus meist innerhalb des Bandes von deren mittleren Streuungen. (Figur 4). Das physikalisch ziemlich unverständliche Glied $\sin(2D)$ kann in unserem Falle gleichgültig sein, weil es auf den aus T_0 abzuleitenden Grundgradienten $\tau_0 = \frac{dT_0}{dz}$ keinen Einfluss hat. Aus T_0 erhält man durch Ableitung nach z:

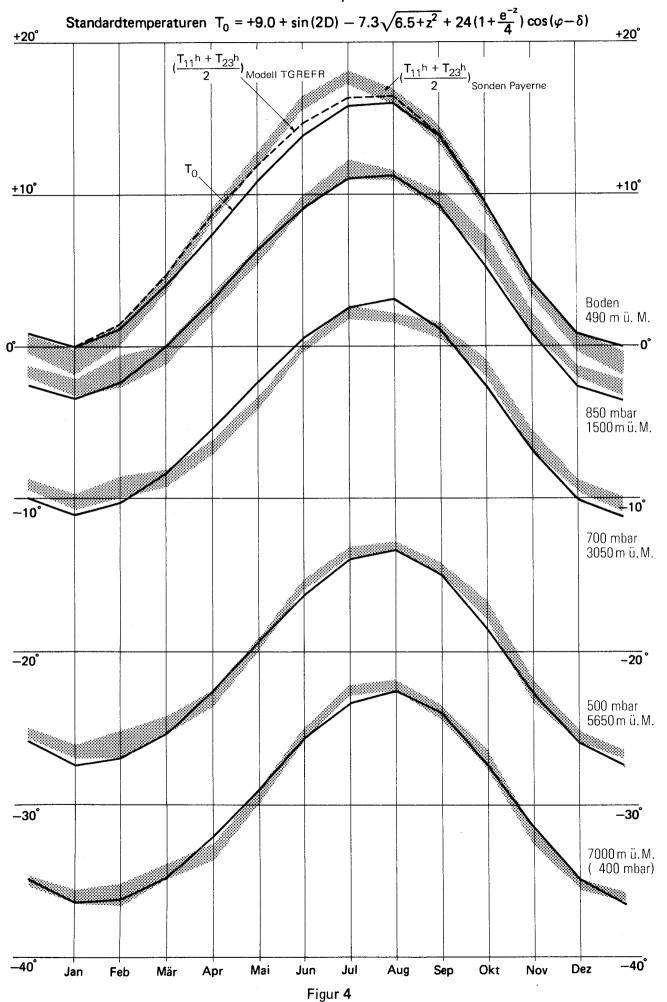
$$\tau_{o} = \frac{dT_{o}}{dz} = \frac{-(7.3 + z_{Reg}) \cdot z}{\sqrt{6.5 + z^{2}}} - 6 e^{-/z/} \cos(\varphi - \delta)$$

$$- 0.34(1 + \frac{e^{-/z/}}{4}) \sin(\varphi - \delta) \cos(D - 110 - 2z)$$
mit $z = z_{Pkt}^{-z} - z_{Reg}$ und $\delta = 23.4 \sin(D^{0} - 110 - 2z)$

^{*} Durchschnitt der Jahre 1959 - 1968

Sondentemperaturen Payerne (Mittel 11^h/23^h MEZ)

 $\lambda = -6.94$ $\varphi = +46.82$



Für das Datum D^d wurde übrigens zur einfacheren Programmierung die folgende Näherungsformel benützt:

$$D^{d} \cong \text{Entier} \left\{ 30.4(\text{MONAT-1}) + (\text{TAG-1}) \right\}$$
 (12)

mit MONAT: 1 für Januar ... 12 für Dezember

TAG : bürgerliche Tageszählung innerhalb des Monats $D^0 = D^d \cdot \frac{360}{365}$

Auch hier sei wieder darauf hingewiesen, dass die Formeln (10) und (11) natürlich keine Naturgesetze sind und dass z.B. die Abhängigkeit von T $_0$ und τ_0 von der geographischen Breite φ und der Deklination der Sonne δ rein spekulativ ist und nicht an in andern Breiten beobachteten Sondentemperaturen überprüft wurde.

4.3.4 Die Funktion F(t) und ihre Komponenten

4.3.4.1 Uebersicht

Kombiniert man die Ansätze für die Temperaturfunktion von Best/ Kukkamäki T = a + b·h^c und von Levallois/Masson d'Autume T = $T_0 + \varphi(t) + \tau_0 h + e^{-k^2 h} \cdot f |_{(t-\frac{h}{v})}$ (vgl. Abschnitt 3)

um ihre beidseitigen Vorteile zu vereinigen und ihre Mängel gegenseitig auszugleichen, so lässt sich, mit noch unbestimmten Koeffizienten k_i , etwa der folgende allgemeine Ausdruck für T aufstellen:

$$T(h,t) = T_0 + \varphi(t) + \tau_0 h + (\frac{k_1}{h^{k_2}} + e^{-k_3 h}) \cdot F(t) |_{(t-k_4 h)}$$
(13)

welcher sowohl mit Best/Kukkamäki * als mit Levallois vereinbar ist.

Aus (13) ergibt sich für $\frac{dT}{dh}$ die bereits früher angeführte Formel

$$\frac{dT}{dh}(h,t) = \tau_0 + \frac{dH(h)}{dh}F(t) + H(h)\frac{dF(t)}{dt}\frac{\Delta t(h)}{dh}$$
 (9)

Die Funktion F(t) entspricht also der "fonction fondamentale" f(t) von Levallois, welche von ihm – gleichsam "empirisch" – aus beobachteten Bodentemperaturen abgeleitet wird. Auch im Programm TGREFR spielt F(t) eine fundamentale Rolle, und es wurde für sie ein Ansatz gesucht, der auf einem "reinen" Modell beruhen, d.h. ohne Benützung von eventuell nicht erhältlichen beobachteten Temperaturen auskommen sollte. Da F(t) im Ausdruck (9) der einzige von t abhängige Term ist, muss diese Funktion also alle diejenigen Einflussfaktoren auf den Temperaturgradienten enthalten, die mit der Tageszeit t ändern oder ändern können: Sonnenstand (nicht absolut, sondern relativ zum für $\frac{dT}{dh}$ massgeblichen Gelände) und "Wetter" (z.B. Einzelfaktoren wie Bewölkung, Wind, Luftfeuchtigkeit,

^{*} $T_0 + \varphi(t)$ entspricht a(t), $\tau_0 h + \frac{k_1}{h^{k_2}} F(t)$ entspricht b(t)· $h^{c(t)}$

aber auch allgemeine Aenderungen, Umschichtungen in der Atmosphäre).

Nach vielen Versuchen, hauptsächlich mit komplizierteren Modellen, wurde schliesslich der verhältnismässig primitive Ausdruck (14) gewählt, weil für die in ihm enthaltenen Grössen in den meisten praktischen Fällen einigermassen zutreffende Angaben gefunden werden können.

$$F(t) = W(t) \left\{ \cos \sigma \left(t, \text{Gelände} \right) - a(t) \right\} + \left\{ cos \sigma \left(t \right) - \overline{cos \sigma} \right\} dt$$

$$+ k_{0} \left\{ w(t) \left\{ cos \sigma \left(t \right) - \overline{cos \sigma} \right\} dt \right\}$$

W(t) = "Wetterfaktor"

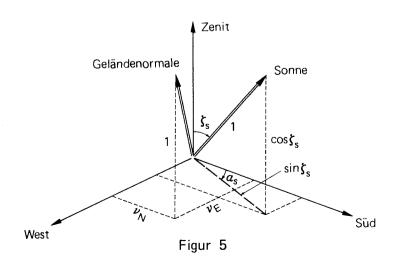
 $\sigma(t)$ = Winkel zwischen Richtung zur Sonne und Geländenormaler

a(t) = "Abstrahlungsgrösse"

Zu den einzelnen Gliedern dieser Formel folgen in den nächsten Abschnitten die notwendigen Erläuterungen.

4.3.4.2 Der Einstrahlungswinkel σ

Die Berechnung des Einfallswinkels der Sonnenstrahlung auf die Ebene des "mittleren" Geländes, d.h. des Winkels σ zwischen der Geländenormalen und der Richtung zur Sonne, erfolgt entsprechend der Figur 5



Im rechtwinkligen Koordinatensystem mit den positiven Achsen nach Zenit/Süd/West sind die Komponenten des Einheitsvektors der Richtung zur Sonne:

$$|\cos\zeta_{\rm S},\,\sin\zeta_{\rm S}\cos\alpha_{\rm S},\,\sin\zeta_{\rm S}\sin\alpha_{\rm S}|$$
 (15) wobei die Zenitdistanz $\zeta_{\rm S}$ und das (Süd)azimut $\alpha_{\rm S}$ der Sonne nach den folgenden Formeln berechnet werden Stundenwinkel s $_{\rm S}$ der Sonne:

$$s_S^{arc} = (UT^h - \lambda^h + ET^h + 12^h) \frac{\pi}{12}$$
 (16)

UT Weltzeit

λ Länge des Stationspunktes

ET Zeitgleichung

mit dem Näherungswert

$$ET^{h} \approx -0.128 \sin(D^{o}-1) + 0.165 \sin(2D^{o}-160)$$
 (17)

für die Zeitgleichung (Näherung besser als 1 min);

Deklination δ_S der Sonne (Näherung, besser als 1^0):

$$\delta_{\rm S} \approx 23.44 \, \sin({\rm D}^{\rm O}-80)$$
 (18)

mit dem Datum D nach Formel (12).

Die bei der Programmierung benützten Formeln für die Zenitdistanz $\zeta_{\rm S}$

$$\cos \zeta_{S} = \sin \delta_{S} \sin \varphi + \cos \delta_{S} \cos \varphi \cos s_{S}$$

$$\text{mit } \zeta_{S} = 2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1 - \cos \zeta_{S}}{1 + \cos \zeta_{S}}}$$
(19)

und für das Azimut α_{S}

$$\alpha_{S} = \frac{\pi}{2} \operatorname{Sign}(\sin s_{S}) - \operatorname{arctg} \frac{\sin \varphi \cos s_{S} - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta_{S}}{\sin s_{S}}$$
 (20)

ergeben positive Zenitdistanzen o $\leq \zeta_{S} < 180^{\circ}$

und vom Südmeridian negativ nach Osten gezählte Azimute

$$-\pi \leq \alpha_{S} \leq +\pi$$

Um von einer Geländenormalen sprechen zu können, ist aus dem digitalen Geländemodell (Abschnitt 4.3.2) eine geneigte Ebene zu definieren. Der Umkreis b des dabei zu berücksichtigenden Geländes, d.h. die Seitenlänge eines Geländequadrates um den betrachteten Bodenpunkt, ist eine Funktion der Höhe h über Grund des Punktes, für den $\frac{dT}{dh}$ zu berechnen ist (Abschnitt 4.3.5.2) und der Windstärke $V_{\rm R}$ (in halber – sechsteiliger – Beaufort-Skala):

$$b = h(2 + \frac{V_B^2}{2} + \sqrt{5 h_{km}})$$
 (21)

Aus den mittleren Höhen \overline{z} (Meereshöhen) der vier Quadranten I ... IV der Seitenlänge $^b/2$ werden die Neigungen der Ebene des "mittleren Geländes" berechnet nach:

$$v_{N} = v_{b}^{S \to N} = \frac{1}{b} (\overline{z}_{b/2}^{I} + \overline{z}_{b/2}^{IV} - \overline{z}_{b/2}^{II} - \overline{z}_{b/2}^{III})$$

$$v_{E} = v_{b}^{W \to E} = \frac{1}{b} (\overline{z}_{b/2}^{I} + \overline{z}_{b/2}^{II} - \overline{z}_{b/2}^{III} - \overline{z}_{b/2}^{IV})$$
(22)

Die für ein Visur<u>intervall</u> geltenden Werte $\nu_{\rm N}$, $\nu_{\rm E}$ sind die Mittel aus den für die Intervallendpunkte gültigen Werten. Bei "zusammengesetzten" Intervallen werden die Mittelwerte entsprechend der Bildung der gemittelten Höhe $\overline{\rm h}_{\rm m}$ berechnet (vgl. Abschnitt 4.5.3).

Im oben benützten Koordinatensystem Zenit/Süd/West ergeben sich aus der Definition (22) die Komponenten des Einheitsvektors der Geländenormalen zu:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \nu_{N}^{2} + \nu_{E}^{2}}} |1, \nu_{N}, \nu_{E}|$$
 (23)

Und damit erhält man schliesslich für den Kosinus des Zwischenwinkels σ der beiden Vektoren (15) und (23):

$$\cos \sigma = \frac{1}{\sqrt{1 + \nu_N^2 + \nu_E^2}} \left(\cos \zeta_S + \nu_N \sin \zeta_S \cos \alpha_S + \nu_E \sin \zeta_S \sin \alpha_S\right) (24)$$

Für $\sigma > 90^{\circ}$, d.h. bei Stand der Sonne unter der Ebene des "mittleren Geländes", wird $\cos \sigma = \sigma$ gesetzt.

4.3.4.3 Die Abstrahlungsgrösse a(t)

Die "Einstrahlungsgrösse" cos σ ist eine im Wesentlichen vom Sonnenstand abhängende Funktion, die stets positiv ist, weil sie ja bei Stand der Sonne unterhalb der Ebene des "mittleren" Geländes null gesetzt wird. Würde daher die Funktion F nur mit $\cos \sigma$ berechnet, so könnte sie physikalisch nur die "Einstrahlung", die Erwärmung der Luft darstellen, während die "Abstrahlung", besonders deutlich bemerkbar in der nächtlichen Abkühlung, aber natürlich auch - überdeckt von der Erwärmung - bei der Einstrahlung während des Tages vorhanden, nicht repräsentiert würde oder doch nur indirekt durch $\overline{\cos\sigma}$ im Integralglied (s. unten). Neben der mit dem Sonnenstand variablen Grösse $\cos\sigma$ enthält deshalb die Funktion F nach Formel (14) die Abstrahlungsgrösse a. Durch sie soll auf primitive Weise die Abstrahlung des Komplexes Erde plus Lufthülle in den Weltraum einigermassen berücksichtigt werden. Sie wurde - rein spekulativ - als Funktion der Standardtemperatur T_0 (am Boden) (s. Abschnitt 4.3.3, Formel (10)) gewählt, ist also damit abhängig vom Datum D, der Meereshöhe z und von der geographischen Breitearphi . Da die Abstrahlung wohl auch <u>tägliche</u> Schwankungen zeigt, wurde auch noch - wieder rein hypothetisch eine Abhängigkeit proportional zum Temperaturgradienten angenommen: verringerte Abstrahlung (oder allgemeiner: verringerter Temperaturverlust) bei positiven Temperaturgradienten (d.h. bei negativer Funktion F) und vergrösserte Abstrahlung (oder: Temperaturverlust) bei negativen Temperaturgradienten (Funktion F positiv). Für die Abstrahlungsgrösse a wurde deshalb der folgende Ansatz gewählt:

$$a(t) = k_5 + c_5 T_0 + k_0 f(t)$$
 (25)

Der letzte Term dieses Ausdruckes wurde allerdings bei der Programmierung nicht bei der Grösse a(t) berücksichtigt, sondern als Modifikation des "Wetterfaktors" W(t) behandelt (s. Abschnitt 4.3.4.5), so dass a gleichsam eine Konstante wird:

$$a = k_5 + c_5 T_0$$
 (26)

Wenn a nach (26) negativ würde, so wird gesetzt a = o. In einer graphischen Darstellung der Funktion F(t) nach (14) als Funktion der Tageszeit t bestimmt der "Wetterfaktor" W(t) (vgl. Abschnitt 4.3.4.5) die Amplitude der Kurve, während die "Konstante" a - zusammen mit dem "Startmoment" t_0 des Integralgliedes - die Lage zur Abszissenachse t festlegt. Bei Levallois geschieht dies durch eine "vernünftige" Annahme der Grössen T_0 und $\varphi(t)$ bei der Bestimmung seiner "fonction fondamentale" f(t) aus den beobachteten Bodentemperaturen $T(z_0,t)$ nach $f(t)=T(z_0,t)-T_0-\varphi(t)$ (vgl. Skizze in Abschnitt 3).

Im Programm TGREFR hat diese Fixierung der Funktion F(t) durch einen entsprechenden Ansatz für die "Abstrahlungsgrösse" a zu erfolgen, d.h. durch eine geeignete Wahl der Konstanten k_5 und c_5 . Wenn der Integrationsbeginn t_0 für das Integralglied (s. nächsten Abschnitt) – willkürlich – mit t_0 = o, d.h. bei o h des betreffenden Tages, gewählt wird, so ist etwa zu nehmen:

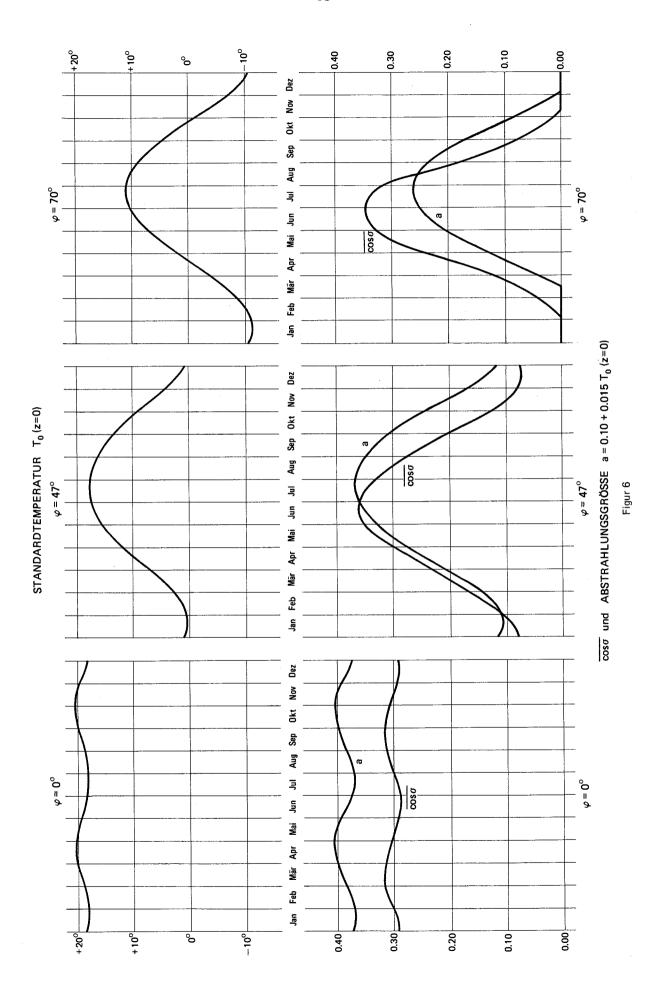
$$k_5 = 0.15 \text{ mit } c_5 = 0.010 \text{ oder } k_5 = 0.10 \text{ mit } c_5 = 0.015.$$

Mit diesen Werten erreicht man einigermassen das gewünschte Ziel: dass F(t) - wie bei Levallois f(t) - während der Nacht bis ein, zwei Stunden nach Sonnenaufgang negativ, dann während des Tages positiv und von ein, zwei Stunden vor Sonnenuntergang an wieder negativ ist.

Im Programm TGREFR ist die Konstante k_5 zur Eingabe (auf der Karte "Konstanten") vorgesehen. Die Konstante c_5 wird dann innerhalb des Programms festgelegt je nach der Grösse von k_5 :

$$c_5 = 0.010$$
 wenn $k_5 > 0.10$

$$c_5 = 0.015$$
 wenn $k_5 \le 0.10$



Wenn die Stelle k5 auf der Konstantenkarte blank gelassen wird, so setzt das Programm: a = $\overline{\cos \xi_{\Theta}}$ (s. nächsten Abschnitt). Der jahreszeitliche Verlauf der "Konstanten" a ist für drei Breiten φ und für T $_{\Omega}$ (z=0) dargestellt in Figur 6.

4.3.4.4 Das Integralglied

Bestände die Funktion F(t) nur aus dem Glied W(t) ($\cos\sigma$ - a) so wäre - bei konstantem W(t) - vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang F(t) = $-W(t) \cdot a$ = konstant. Dies widerspricht aber den Tatsachen. Die Ausbildung eines positiven Temperaturgradienten in Bodennähe und seine ständige Verstärkung im Laufe der Nacht bis zum Maximum etwa bei Sonnenaufgang könnte mit dieser Funktion F(t) nicht simuliert werden. Auch könnte F(t) in dieser Form nur die momentanen Verhältnisse von Sonnenstand $\cos\sigma$ und Wetter W in ihrem Einfluss auf den Temperaturgradienten wiedergeben und wäre gleichsam "blind" für alle diesem Zeitpunkt vorangegangenen, aber sicher noch nachwirkenden Effekte der Ein- und Abstrahlung $W(\cos\sigma$ - a). Aus diesen Ueberlegungen wurde das Integralglied

$$k_{6} \int_{t_{0}}^{t} W(t) \left\{ \cos \sigma(t) - \overline{\cos \sigma} \right\} dt$$
 (27)

in der Funktion F(t) dem Glied W(t) $\left\{\cos\sigma(t) - a\right\}$ angefügt. Statt der Abstrahlungsgrösse a wurde die Konstante $\overline{\cos\sigma}$, der Mittelwert von $\cos\sigma^*$, verteilt über 24 Stunden, eingeführt, um den Wert des Integrals über 24 Stunden wieder auf Null zurückzustellen (sofern W(t) = konst.), d.h. eine nach 24 Stunden "bleibende" Wirkung des Integralgliedes auf die Funktion F(t) zu verhindern.

Als Zeitpunkt t_0 für den Integrationsbeginn wurde – willkürlich – gewählt t_0 = o, da ja die Wirkung dieser Wahl (bei konstantem W(t)!) auf die Funktion F(t) einer Hebung oder Senkung gegenüber der t-Achse entspricht, die auch durch Wahl der "Abstrahlungsgrösse" a erreicht werden kann (vgl. vorangehenden Abschnitt 4.3.4.3).

^{*} Wegen der einfachern Programmierung wird in TGREFR allerdings nicht der Mittelwert von $\cos\sigma$ gebildet, sondern derjenige von $\cos\zeta_{\rm s}$.

Die Konstante k_6 ist durch Eingabe auf der Steuerkarte "Konstanten" festzulegen; als "vernünftiger" Wert, wenigstens für die untersuchten mitteleuropäischen Beispiele, hat sich erwiesen: $k_6 \approx 0.10$ bis 0.15.

Aus der Ueberlegung, dass der zu einer bestimmten Zeit t im Laufe des Tages herrschende Wind nicht nur – durch Festlegen des Wetterfaktors W(t) – das Glied W(cos σ – a) in der Funktion F(t) zu beeinflussen habe, sondern auch die seit to bis t aufgebaute Temperaturschichtung, die durch das Integralglied in F(t) dargestellt ist, mehr oder weniger – je nach der Windstärke V $_{\rm B}$ (t) – abbauen möge, wurde im Programm die folgende Möglichkeit vorgesehen: Der Absolutbetrag des Integralgliedes k $_{\rm B}$ (W(t)(cos σ -cos σ)dt wird jeweils (zu jeder Stunde t) um den Betrag k $_{\rm B}$ (t) verkleinert (und natürlich = o gesetzt, wenn er negativ würde). Der Wert der Konstanten k $_{\rm B}$ ist (auf der "Konstantenkarte") durch Eingabe festzulegen, so dass also – mit k $_{\rm B}$ eo – auf diese Möglichkeit auch verzichtet werden kann. Als empfehlenswerte Grösse für k $_{\rm B}$ hat sich etwa 0.1 erwiesen.

4.3.4.5 Der Wetterfaktor W

Während mit $(\cos \sigma - a)$ der zeitliche <u>Verlauf</u> der Funktion F(t) beschrieben wird, bestimmt der "Wetterfaktor" W(t) ihre <u>Amplitude</u>. Aus vielen Versuchen wurde für diese entscheidende Grösse im Modell der folgende Ansatz gewählt:

$$W(t) = W_0 - W_1(B + 4B^2)(t) - W_2 \cdot E(t) - W_3 \cdot V(t)$$
 (28a)

- B Bewölkung als Dezimalbruch o wolkenlos l völlig bedeckt
- E Dampfdruck in mm Hg
- V Windgeschwindigkeit in km/std

Die Konstanten $\rm W_0$ bis $\rm W_3$ können durch Eingabe festgelegt werden. Wenn keine Eingabe erfolgt, so wird durch das Programm gesetzt:

$$W_0 = 20$$
 $W_1 = 3$ $W_2 = \frac{1}{2}$ $W_3 = \frac{1}{3}$

damit erhält man

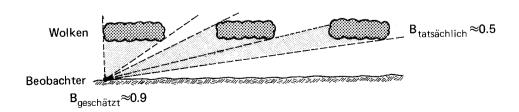
$$W(t) = 20 - 3 \{B(t) + 4B^{2}(t)\} - \frac{E(t)}{2} - \frac{V(t)}{3}$$
 (28b)

oder, wenn $B_8(t)$ den Bewölkungswert in Achteln bedeutet

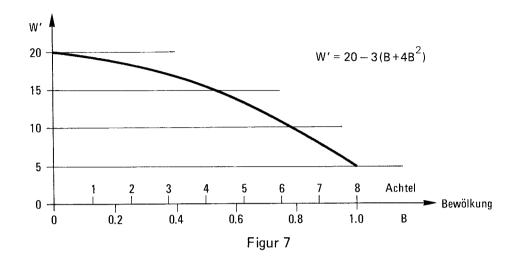
$$W(t) = 20 - \frac{3}{8}B_8(t) \left\{ 1 + \frac{B_8(t)}{2} \right\} - \frac{E(t)}{2} - \frac{V(t)}{3}$$
 (28c)

Bemerkungen:

- a) W_O stellt den höchstmöglichen Wert für die Amplitude der Funktion F(t) dar. In W_O ist implizit, gleichsam versteckt, der Einfluss der Bodenbeschaffenheit, d.h. die Absorptions- und Emissionseigenschaften der Erdoberfläche mit ihrer natürlichen und künstlichen Bedeckung enthalten. Der von uns verwendete Wert W_O = 20 stellt einen empirisch gefundenen, für die Schweiz und für grössere Gebiete gültigen groben Mittelwert dar. Er könnte und müsste wohl auch für einheitliche Bodenbeschaffenheit spezieller Art (z.B. Wasser oder Schnee, Sand oder Fels, Wald oder dichte Ueberbauung, usw.) entsprechend anders gewählt werden.
- b) Die Reduktion des Höchstwertes W_o bei zunehmender <u>Bewölkung</u> B ist in der graphischen Darstellung Figur 7 gezeigt. Ein völliger Abbau auf einen Wert W' = o ist nicht vorhanden, indem auch bei vollständig bedecktem Himmel noch eine gewisse Strahlungsenergie zur Erdoberfläche durchdringt. Das gewählte Verhältnis Maximum: Minimum = 20 : 5 und die nicht lineare Abnahme mit wachsender Bewölkung scheinen durch meteorologische Messungen der Einstrahlungsenergie bestätigt zu sein /Thams/. Uebrigens ist natürlich die Wahl des Wertes für die Bewölkung B aus manchen Gründen im konkreten Fall meist unsicher und eventuell groben Fehlereinschätzungen unterworfen: Ueberschätzung des Bewölkungsgrades bei niedriger Bewölkung von grösserer Mächtigkeit:



Schwierigkeit der Einschätzung des Bewölkungsgrades bei diffuser Bewölkung, bei geschlossener aber dünner Bewölkung, bei rasch wechselnder Bewölkung, usw.



c) Der in der Luft enthaltene <u>Wasserdampf</u> E reduziert die auf die Erdoberfläche einfallende Strahlung und ebenso die Abstrahlung gegen den Aussenraum. Es ist daher sinnvoll, bei der Berechnung der Amplitude der Funktion F dieses Element zu berücksichtigen. Aber es stellen sich natürlich auch hier ähnliche Probleme wie bei der Berücksichtigung der Bewölkung B und der Windstärke V: ist der am Boden erhobene Wert des Dampfdruckes repräsentativ für die ganze Luftsäule über der Station, ist der beim Stationspunkt, eventuell noch beim Zielpunkt einer Visur erhobene Wert repräsentativ für die ganze Gegend, wie gross ist der Einflussfaktor W₂ des Dampfdruckes auf den Wetterfaktor zu wählen, usw.

Sofern keine am Boden beobachteten Werte für den Dampfdruck eingegeben werden, berechnet das Programm theoretische Werte aus der Standardtemperatur T_0 (Formel (10) in Abschnitt 4.3.2) nach einem an die Formel von Magnus-Tetens für den Sättigungsdampfdruck $E_s = 4.58 \cdot 10^{\frac{7.5 \, \text{T}}{\text{Tabs}}}$ angelehnten Ausdruck /Bretterbauer/:

$$E_0 = 4.6 \left(1 - \frac{|T_0|}{100} \right) 10^{\frac{T_0}{35}}$$
 (29)

d) Die Berücksichtigung der <u>Windstärke</u> V bei der Berechnung des amplitudenbestimmenden Wetterfaktors W erscheint zwar sicher nicht ungerechtfertigt. Durch Wind und die daraus entstehende Turbulenz wird ja die sich aufbauende Schichtung der Atmosphäre in Lagen verschiedener Temperatur infolge Durchmischung zerstört. Und auch die auf den Temperaturgradienten durch Wärmeaustausch ebenfalls abbauend wirkenden vertikalen Strömungen machen sich für einen Beobachter am Erdboden mehr oder weniger als "Wind" bemerkbar, sei es als allgemeine Turbulenz, sei es durch horizontales Nachströmen.

Aber auch hier ist natürlich die Einführung der Windstärke im praktischen Fall problematisch. Abgesehen davon, dass die Abschätzung einer Windstärke in km/std nicht einfach ist, stellen sich auch hier die Fragen nach Repräsentativität der auf Stations- und vielleicht noch Zielpunkt erhobenen Werte (repräsentativ auch für höhere Luftschichten?, repräsentativ auch für die ganze Visur?). Hinzu kommt hier noch der oft schnelle Wechsel der Windstärke, z.B. das Auftreten kurzer Windstösse, die lokal, etwa auf einem Berggipfel, die vorher aufgebaute Temperaturschichtung in Bodennähe für kurze Zeit völlig zerstören können. Da im Programm eine Eingabemöglichkeit für V nur bei allen vollen Stunden t besteht, können durch solche kurzdauernden Windwechsel wesentliche Verfälschungen entstehen.

Da übrigens die Windstärke V im Programm nicht immer in der gleichen Einheit verwendet wird, sondern sowohl in km/std (beim Input und in Formel (28)), als in "halber" (sechsteiliger) Beaufort-Skala (in der Formel (20) und bei verschiedenen Variablen als \underline{Index}), sei hier noch die verwendete Umrechnungsformel angegeben

$$V_{\text{Beaufort}} = \text{ENTIER} \left(\sqrt{\text{o.35} \cdot V_{\text{km/std}}} \right)$$
 (30)

was zu folgender Tabelle führt:

km/std	o bis 2	3 11	12 25	26 45	46 71	72 102
Beaufort	0	1	2	3	4	5

e) Setzt man die Abstrahlungsgrösse a(t) nach Formel (25) in die Formel (14) für die Funktion F ein, so erhält man

$$F(t) = W(t) \left\{ \cos \sigma - \left(k_5 + \frac{T_0}{100} \right) - k_0 F(t) \right\}$$

$$+ k_6 \int_0^t W(t) \left\{ (\cos \sigma - a) + (a - \overline{\cos}\sigma) \right\} dt$$

Daraus folgt
$$F(1 + k_0 W) = W \left\{ \cos \sigma - (k_5 + \frac{T_0}{100}) \right\} + k_6 \int_{t_0}^{t} \cdots$$

oder

$$F(t) = \frac{W}{(1+k_0W)} \left\{ \cos\sigma - (k_5 + \frac{T_0}{100}) \right\} + k_6 \int_{t_0}^{t} \frac{W}{(1+k_0W)} \left(\cos\sigma - \overline{\cos\sigma} \right) dt$$

Statt W(t) wird deshalb überall - auch im Integralglied - $\frac{W}{(1+k_0W)}$ verwendet.

Für k_0 können die Werte 0.01 oder 0.02 eingesetzt werden, aber auch das Weglassen dieser doch eher etwas gekünstelten Verfeinerung ist möglich (mit $k_0 = 0$).

4.3.4.6 Bemerkung

Der Verlauf der Funktion F(t), etwa über einen ganzen Tag von $t=o^h$ bis $t=24^h$, könnte mit gewissen Annahmen über die Werte der sie bestimmenden Faktoren, etwa für $\varphi=47^o$, für ein bestimmtes Datum D (oder für verschiedene D, etwa Frühling, Sommer, Herbst, Winter), für horizontales Gelände ($\nu_N=\nu_E=0$) und für eine durchschnittliche Wetterannahme, etwa W = konst = 10, gezeigt werden. Dies soll hier mit Absicht unterlassen werden, denn die fundamentale Funktion $F=F(\varphi,D,t,\nu_{N,E},B_{t_0},t_0,v_{t_0})$ soll ja

eben nicht "mittlere" Verhältnisse widerspiegeln, sondern gerade die einmaligen, sich so vielleicht nie mehr wiederholenden Gegebenheiten der jeweiligen Situation erfassen, der geographischen Lage (φ) , des Datums $(\mathbb{D} \! \to \! \delta_0)$ und der Tageszeit $(\mathsf{t} \! \to \! \sigma)$, der Topographie des Geländes $(\nu_{\mathsf{N}}, \nu_{\mathsf{E}})$, der meteorologischen Bedingungen $(\mathsf{B}, \mathsf{E}, \mathsf{V} \! \to \! \mathsf{W})$ im interessierenden Moment t, aber auch in der vorangegangenen Zeit seit Mitternacht und früher $(\mathsf{t}_0^- \! \triangle \mathsf{t})$. Kurz: sie soll die Levallois'sche, aus der beobachteten einmaligen Temperaturkurve am Boden abgeleitete Funktion f ersetzen, simulieren, nicht ein physikalisches Gesetz formulieren. Als Beispiel ist für einen konkreten Fall in Figur 43 * der Verlauf der Funktion F(t) graphisch dargestellt.

4.3.5 <u>Die Dämpfungsfunktion H(h)</u>

4.3.5.1 Allgemeines

Die Amplitude des täglichen Temperaturganges und der ihm entsprechenden wellenartigen Funktion F(t) nimmt mit zunehmender Höhe hüber Boden ab. Best und andere Meteorologen und mit ihnen Kukkamäki verwendeten Ansätze für die Temperatur von der Form $T=a+b\cdot h^C$, in denen sich die Abnahme der Amplitude mit zunehmender Bodenhöhe h durch negative Exponenten c oder durch abnehmende Werte von a oder b ausdrücken. Levallois benützte zur Berücksichtigung der Amplitudenabnahme seiner Funktion f(t) den Faktor e^{-k^2h} . Aus den am Schluss des Abschnittes 3 angeführten Gründen wählten wir als Dämpfungsfunktion H(h) der Fundamentalfunktion F(t) im Ausdruck (13)

$$T(h,t) = T_0 + \varphi(t) + \tau_0 h + H(h) \cdot F(t) |_{(t-\Delta t)}$$

eine Kombination der Ansätze von Kukkamäki und Levallois:

$$H(h) = \frac{k_1}{(k_2 - 1)} \frac{h}{h^{k_2}} + e^{-k^2 h}$$
 (31a)

$$\frac{dH(h)}{dh} = -\frac{k_1}{h^{k_2}} - k^2 e^{-k^2 h}$$
 (31b)

^{*} in Teil IV Beispiele

4.3.5.2 Die Bestimmung der Höhe h über Grund

Die Höhe h "über Boden" eines Punktes mit der Meereshöhe z wird folgendermassen aus den mittleren Höhen \overline{z} (ebenfalls <u>Meeres</u>höhen) der Quadraten I - IV des digitalen Geländemodells abgeleitet:

$$\overline{z}_{b} = \frac{1}{4} (\overline{z}_{b/2}^{I} + \overline{z}_{b/2}^{II} + \overline{z}_{b/2}^{III} + \overline{z}_{b/2}^{IV}) \quad \text{für } b > 2 \text{ m}$$

$$\overline{z}_{2} = \frac{1}{6} (z_{p} + z_{p} + \overline{z}_{2}^{I} + \overline{z}_{2}^{II} + \overline{z}_{2}^{III} + \overline{z}_{2}^{IV}) \quad \text{für } b = 2 \text{ m}$$

$$h = z - \overline{z}_{b} \quad (32a)$$

Da der bei der Berechnung der mittleren Meereshöhe \overline{z}_b des "mittleren Geländes" zu berücksichtigende Umkreis des digitalen Geländemodells, d.h. die Seitenlänge b eines um den Bodenpunkt P gelegten Quadrates, selbst eine Funktion der Höhe h (und der Windstärke V) ist (vgl. Abschnitt 4.3.4.2):

$$b = h(2 + \frac{V^2 B}{2} + \sqrt{5 \cdot h_{km}})$$
 (21)

so können \overline{z}_b und h nur rekursiv berechnet werden, wobei aber natürlich eine rasche Konvergenz vorhanden ist.

Bei der Berechnung von h für verschiedene Meereshöhen z über ein und demselben Bodenpunkt P ergeben sich keine Schwierigkeiten. Beim Vorliegen einer "Visur" stellen sich aber die folgenden zwei wesentlichen Fragen:

- wie ist die Visur in Teilstücke Δs_i zu unterteilen, dass in ihnen grad T und die Lichtstrahlkrümmung \varkappa für eine numerische Integration als genügend genau konstant angenommen werden dürfen,
- welches ist in einem solchen Teilstück Δs_i die <u>repräsentative</u> Höhe h_i , da ja die Visur darin in verschiedenen Höhen über Gelände verläuft.

Die Behandlung dieser Fragen ist im Abschnitt 4.5.3 beschrieben.

4.3.5.3 Der Dämpfungsfaktor k^2 und die übrigen Koeffizienten

Für den stets positiven Koeffizienten k² wird wie bei Levallois keine reine Konstante angenommen, sondern ein vom jeweiligen Temperaturgradienten des gegebenen Zeitpunktes t in der gegebenen Höhe h beeinflusster Wert:

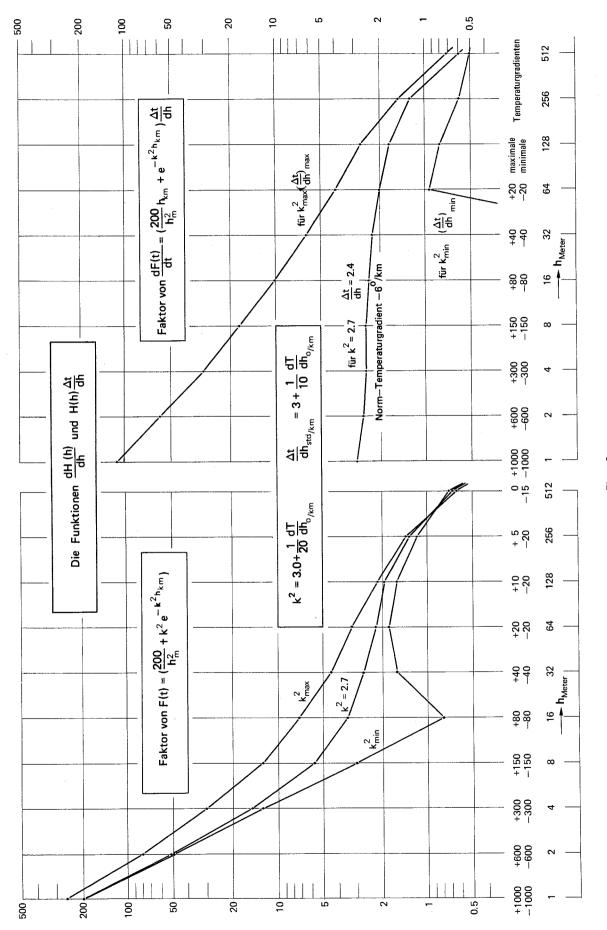
$$k^2 = k_3 + k_4 \frac{dT}{dh} | o/km$$
 (33)

mit k^2 = 0, wenn es nach dieser Formel negativ würde. Nach (33) wird für positive Temperaturgradienten, entsprechend ihrer den vertikalen Wärmeaustausch hindernden und damit die Ausbildung eines Temperaturgefälles fördernden Wirkung, k^2 vergrössert und umgekehrt bei negativen Temperaturgradienten mit verstärktem Wärmeaustausch und Abbau des Temperaturgradienten k^2 verkleinert, bei genügend grossen negativen Werten von $\frac{dT}{dh}$ sogar zum Verschwinden gebracht. Mit den Formeln (31) erhält man für den aus dem Ansatz (13) für die Temperatur T(h,t) durch Ableitung nach h erhaltenen allgemeinen Ansatz (9) für den Temperaturgradienten nun:

$$\frac{dT}{dh}(h,t) = \tau_0 - \left\{ \left(\frac{k_1}{(h_m)^{k_2}} + k^2 e^{-k^2 h_{km}} \right) F(t) + \left(\frac{k_1}{(k_2 - 1)} \frac{h_{km}}{(h_m)^{k_2}} + e^{-k^2 h} \right) \frac{dF}{dt} \right. \frac{\Delta t(h)}{dh} \right\}$$

Für die verschiedenen Koeffizienten haben sich in der Schweiz bei durchschnittlichen Verhältnissen die folgenden Werte als "vernünftig" erwiesen:

Im Gegensatz zur "individuellen", einmaligen, von vielen Faktoren beeinflussten Funktion F(t) können die generellen, allgemeingültigen, nur von der Höhe hüber Boden abhängigen Dämpfungsfunktionen H(h) und $\frac{dH(h)}{dh}$ nach getroffener Wahl der Koeffizienten ein- für



Figur 8

alle Mal gebildet werden, wobei natürlich wegen der Abhängigkeit von $\frac{dT}{dh}$ eine Variationsbreite doch vorhanden ist (Figur 8).

4.3.6 Die Verzögerung ∆t

Die "Welle" des täglichen Temperaturganges breitet sich von der Erdoberfläche nach "oben" nicht nur mit verringerter Amplitude, sondern auch verzögert aus. Zur Berechnung des Temperaturgradienten ist daher die Funktion F(t) nicht nur mit dem Dämpfungsfaktor H(h) zu multiplizieren, sondern es ist auch ihr Wert zur Zeit $t-\Delta t(h)$ statt zur Zeit t zu verwenden, wie dies schon Levallois vorschlug.

Das Maximum der Funktion F(t) liegt wegen des Integralgliedes $k_6 \int_{t_0}^t W(t)(\cos\sigma(t)-\overline{\cos\sigma})dt$, dessen "Welle" der primären "Welle" $W(t)(\cos\sigma-a)$ hintennachläuft, schon am Boden nicht beim Moment des höchsten Sonnenstandes, d.h. bei $\sigma=$ Min $(\cos\sigma=$ Max), sondern – je nach Wahl des Koeffizienten k_6 – etwa 2 Stunden verspätet ungefähr bei 14^h . Mit zunehmendem Bodenabstand wird nun dieser Verspätung noch die Verzögerung Δt überlagert. Aus ähnlichen Ueberlegungen wie beim Ansatz für den Dämpfungsfaktor $k^2=k^2(h,\frac{dT}{dh})$ (s. 4.3.5.3) wurde auch für die Verzögerung eine Abhängigkeit vom Temperaturgradienten angenommen:

$$\Delta t = \Delta t \left(h, \frac{dT}{dh} \right) = \left(k_7 + \frac{1}{10} \frac{dT}{dh} \Big|_{O_{/km}} \right) \cdot h_{km}$$
 (35a)

Für $\frac{dT}{dh}$ ist ein mittlerer Wert über das ganze Intervall von Null (Boden) bis h zu nehmen: $\frac{T(h) - T(o)}{h}$ also

$$\Delta t(h) = k_7 \cdot h + \frac{1}{10} \Delta T_0^h$$
 (35b)

Für k_7 scheint, ähnlich wie bei Levallois, ein Wert von etwa 3 bis 5 $^{\rm std}$ /km am besten den tatsächlichen Verhältnissen zu entsprechen. Natürlich muss, wenn nach (35) Δt negativ würde, gesetzt werden Δt = 0.

4.3.7 Die Richtung des Temperaturgradienten

Der Temperaturgradient grad T stellt einen Vektor dar, und in Formel (34) bedeutet $\frac{dT}{dh}$ den <u>Betrag</u> dieses Vektors, indem mit der Ableitungsrichtung dh die Richtung der grössten Zunahme (oder Abnahme) gemeint ist. Als <u>Richtung</u> des Vektors grad T wird im Programm TGREFR die Richtung der Geländenormalen, d.h. der Normalen zur Ebene des jeweiligen "mittleren" Geländes (vgl. 4.3.4.2) angenommen.

Das in TGREFR (zum Beispiel bei den Koordinaten der Visur-Endpunkte S und Z) verwendete Koordinatensystem (x, y, z) meint ein kartesisches System mit der z-Achse in Richtung zum Zenit, der x-Achse nach Nord und der y-Achse nach Ost.* Der Einheitsvektor der Geländenormalen in diesem System ist nach den Formeln (22):

$$\frac{1}{\sqrt{\nu_{\rm N}^2 + \nu_{\rm E}^2 + 1}} \left(-\nu_{\rm N}, -\nu_{\rm E}, 1\right) \tag{36}$$

(vgl. auch Abschnitt 4.3.6.2)

Die Komponenten von grad T im kartesischen Koordinatensystem (x, y, z) werden daher erhalten als:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{dT}{dh} \frac{-\nu_{N}}{\sqrt{\nu_{N}^{2} + \nu_{E}^{2} + 1}} \qquad \frac{dT}{dy} = \frac{dT}{dh} \frac{-\nu_{E}}{\sqrt{\nu_{N}^{2} + \nu_{E}^{2} + 1}} \qquad \frac{dT}{dz} = \frac{dT}{dh} \frac{1}{\sqrt{\nu_{N}^{2} + \nu_{E}^{2} + 1}}$$
(37)

^{*} Die Unterschiede der Lotrichtungen und der Meridiankonvergenzen der verschiedenen Punkte einer "Visur" bleiben natürlich unberücksichtigt.

4.4 Das Temperaturfeld T(z,t)

4.4.1 Uebersicht

Hauptsächlich aus drei Gründen kann die für das Programm TGREFR gestellte Aufgabe mit der Berechnung der Temperaturgradienten $\frac{dT}{dx}$, $\frac{dT}{dy}$, $\frac{dT}{dz}$ nach den Formeln des Abschnittes 4.3 noch nicht als gelöst betrachtet werden.

Erstens sind nach den Formeln (3) und (7) zur Berechnung von Refraktionswinkeln neben den Temperaturgradienten grad T auch die Temperaturen T selbst nötig, theoretisch längs des ganzen Lichtweges. Oft werden die an den Endpunkten einer "Visur" durch direkte Beobachtung eventuell erhobenen Werte nicht genügen und werden die durch lineare Interpolation aus ihnen abgeleiteten Zwischenwerte zu wenig der Wirklichkeit entsprechen, und meist wird die direkte Messung (Flugzeug, Helikopter) nicht oder nicht mehr möglich sein. Deshalb sind aus der Modellatmosphäre neben den Temperaturgradienten in geeigneter Menge (örtlich und zeitlich) und mit möglichst guter Ännäherung an die wirklichen Verhältnisse auch Temperaturen zu bestimmen.

Zweitens ist eine Einsicht in die Qualität des Atmosphärenmodells einerseits natürlich möglich durch Vergleich der mit TGREFR berechneten Refraktionswinkel mit beobachteten, anderseits bietet aber auch die Gegenüberstellung von berechneten Modelltemperaturen und beobachteten Boden- und Sondentemperaturen willkommene Testmöglichkeiten, während direkt beobachtete Temperaturgradienten eher selten zur Verfügung stehen werden und meist von eher zweifelhafter Qualität sein mögen.

Drittens können aus dem Vergleich berechneter Temperaturen mit beobachteten unter Umständen auch Korrektionen nicht nur an den Temperaturen selbst, sondern eventuell auch für die Temperaturgradienten abgeleitet werden, die eine Verbesserung im Sinne einer grösseren Wirklichkeitsnähe der so "behandelten" Modellresultate versprechen.

4.4.2 Die Berechnung der Temperaturen T(z,t) aus den Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}(z,t)$

4.4.2.1 Allgemeines

Das Temperaturfeld T(z,t) wird nicht für alle Unterteilungspunkte (s. 4.3.5.2) einer "Visur" abgeleitet, sondern nur für Anfangs- (Stations-) und End- (Ziel-)punkt und die "Knickpunkte" des Geländes (s.4.5.4).

Die Zeitmomente t sind nicht beliebig wählbar (wegen der sonst zu kompliziert werdenden numerischen Integration für das Integralglied k_6 (W(t)) $(\cos\sigma(t) - \cos\sigma)$ dt in der Funktion F(t)), sondern umfassen die vollen Stunden $t = o^h$, $t = 1^h$, ... bis $t = 24^h$. Im Programm ist vorausgesetzt, dass t in MEZ (Mitteleuropäische Zeit: $UT + 1^h$) vorliege, was durch Programmänderung leicht zu ändern wäre.

Die Meereshöhen z gehören zu den Höhen h über dem jeweiligen "mittleren" Gelände, einem Quadrat der Seitenlänge b nach Formel (21), wobei h nur die Werte 2m, 4m, ... 1024m, 2048m umfasst, also ebenfalls nicht beliebig wählbar ist.

Die Berechnung des Feldes T(z,t) erfolgt durch numerische Integration der Gradienten $\frac{dT}{dz}$ (z,t) über z, ausgehend von einem gewählten Wert für T auf 7000m über Meer.

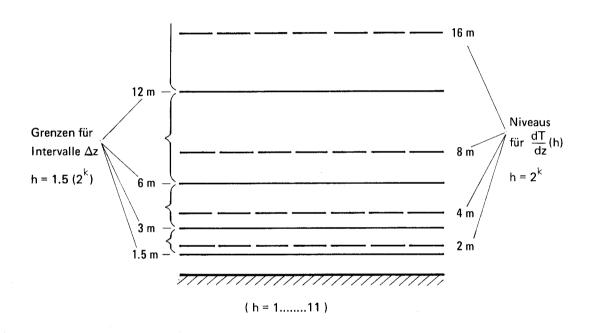
4.4.2.2 Die Meereshöhen z für T(z,t)

Da die Temperaturen T(z,t) mittels numerischer Integration aus den Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}(z,t)$ berechnet werden müssen

$$T(z) = T_A + \sum_{k=1}^{n} \frac{dT}{dz_k} \Delta z_k$$
 (38)

ist die im Programm TGREFR getroffene Wahl der Integrationsintervalle $\Delta z_{k}^{}$ zu beschreiben.

Die Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}(z,t)$ werden – für jede volle Stunde t – nach (34) berechnet für die Höhen h = 2, 4, 8, ... 1024, 2048 m. Die untern und obern Grenzen der zugehörigen Integrationsintervalle Δz liegen aber nicht symmetrisch zu diesen Höhen h, also bei 3, 5, 11, 21 m ..., sondern der Abstand zur obern Grenze beträgt das Doppelte desjenigen zur untern. Es ergibt sich damit das folgende Schema:



Diese Annahme für die bei der Integration zu verwendenden diskreten Werte von $\frac{dT}{dz}(h)$ und die zu ihnen gehörenden Intervalle Δz , in denen sie als konstant angenommen werden, wurde getroffen, um der mit wachsender Höhe h über Grund abnehmenden Variationsbreite von $\frac{dT}{dz}$ Rechnung zu tragen.

Da die Höhen h_k Höhen über dem jeweiligen "mittleren" Gelände darstellen, erhält man für die Meereshöhen $z_k(h_k)$ der Intervallgrenzen:

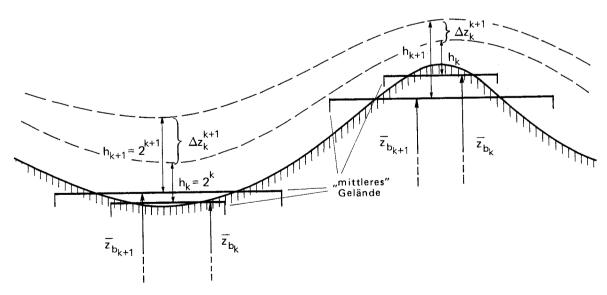
$$z_k = \overline{z}_{b_k} + 1.5 \cdot 2^k$$
 (Meter) $k = 0 \dots 11$ (39)
mit $b_k = 2^k (2 + 0.5 \cdot V_B^2 + \sqrt{5 \frac{2^k}{1000}})$ nach Formel (21)

 \overline{z}_{b_k} = Meereshöhe des "mittleren" Geländes von der Abmessung b_k

Die Grösse eines Integrationsintervalles nach (39)

$$\Delta z_{k}^{k+1} = z_{k+1} - z_{k} = (\overline{z}_{b_{k+1}} - \overline{z}_{b_{k}}) + (2^{k+1} - 2^{k})$$
$$= (\overline{z}_{b_{k+1}} - \overline{z}_{b_{k}}) + 2^{k}$$

ist also von der Geländeform in der Umgebung des interessierenden Punktes abhängig: bei konkavem Gelände, Mulden, Tälern $(\overline{z}_b \text{ nimmt zu bei wachsendem Umkreis b, d.h. bei zunehmendem h) wird <math>\Delta z_k^{k+1}$ grösser als bei ebenem Gelände (wo $\Delta z_k^{k+1} = 2^k$), bei konvexem Gelände, Gipfeln, Gräten $(\overline{z}_b \text{ abnehmend bei zunehmender Höhe h über Grund) wird <math>\Delta z_k^{k+1}$ kleiner als "normal" (s. Figur 9). Wenn $(\overline{z}_b - \overline{z}_b)$ negativ und betragsmässig grösser als 2^k ist, würde das 2^k Intervall 2^k sogar negativ, was aber im Programm durch Nullsetzen verhindert wird.



Figur 9

4.4.2.3 Der Ausgangswert $T_{\mbox{\scriptsize A}}$ für die Integration

Die oberste der "variabeln" Grenzen, diejenige für das Integrationsintervall Δz des Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}$ (h=2048 m), liegt auf der Meereshöhe $\overline{z}_{b_k=11}$ + 1.5·2 11 = \overline{z}_{b3072} + 3072 m. Dieses variable Niveau eignet sich nicht als Ausgangs"punkt" der Integration, weil – eben infolge seiner mit \overline{z}_b sich ändernden Meereshöhe je nach Ort und Tageszeit – die Integrations"konstante" T_A in (38) nicht als Konstante eingeführt werden könnte.

Als Niveau für den Integrationsbeginn wurde deshalb die feste Meereshöhe 7000 m gewählt.* Mindestens in Europa, auch über den Alpen, ist für diese Höhe kein <u>täglicher</u> Einfluss als Erwärmung oder Abkühlung herrührend von der Erdoberfläche auf die Temperatur mehr zu erwarten (natürlich können andere Vorgänge, Advektion, Strahlung, usw. auch auf dieser Höhe Temperaturänderungen hervorrufen). Damit darf der Ausgangswert $T_A = T(7000)$ als nur noch jahreszeitlich und regional (hauptsächlich mit der Breite φ) veränderliche "Konstante" betrachtet werden.

Aus solchen Ueberlegungen wurde für T_A die "Standardtemperatur" T_O nach Formel (10) des Abschnittes 4.3.3, berechnet für z=7 km, gewählt:

$$T_{A} = T_{O}(7km) = 9.0 + \sin(2D) - 7.3 \sqrt{6.5 + 7^{2}} + 24(1 + \frac{e^{-7}}{4})\cos(\varphi - \delta)$$
$$= -45.4 + \sin(2D) + 24\cos(\varphi - \delta) \tag{40a}$$

^{*} Das Programm TGREFR berechnet oberhalb 7000 m über Meer keine Temperaturgradienten mehr. Wenn solche interessieren sollten, z.B. für "astronomische" Refraktionswinkel (Gestirne, Satelliten), so könnten, wenigstens bis zur Tropopause, die Standard-Temperaturgradienten τ_0 (Formel (11) in Abschnitt 4.3.3) verwendet werden.

oder, wenn die mittlere Meereshöhe z_{Region} der weiteren Umgebung verwendet wird (vgl. Abschnitt 4.3.3):

$$T_{o}(7\text{km}) = 9.0 + \sin(2D) - (7.3 + z_{R})\sqrt{6.5 + (7 - z_{R})^{2}} + 24(1 + \frac{e^{(7 - z_{R})}}{4})\cos(\varphi - \delta)$$
mit $\delta = 23.4 \sin(D - 124)$ (40b)

Praktisch wird im Programm folgendermassen vorgegangen: Zuerst werden von "unten", d.h. vom Boden her, sukzessive für alle "Schichten" k die Meereshöhe z^{k+1} der Schichtobergrenze, die Schichtmächtigkeit Δz_k^{k+1} , die Temperaturdifferenz $\Delta T_k^{k+1}(t) = \frac{dT}{dh}(h_k,t)\cdot\Delta z_k^{k+1}$ innerhalb der Schicht und (ausgehend von $T_{Boden} = T_{1.5m} = 0$) die Temperatur der Schichtobergrenze berechnet für $t=o^h$ bis $t=24^h$. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um laufend die für die Bestimmung der Zeitverzögerung Δt (vgl. Abschn. 4.3.6) benötigten Werte von $\Delta z=z^{k+1}-z_{Boden}$ (statt h in Formel (10)!) und die Temperaturdifferenzen $\Delta T=T(z^{k+1})-T_{Boden}$ zur Verfügung zu haben. Erst nach der Berechnung aller $\Delta T_k(t)$ werden dann durch "Aneinandersetzen" dieser Temperaturdifferenzen nach "unten", beginnend mit dem Ausgangswert $T_A=T_0$ (7km), die Temperaturen T(z,t) gebildet:

$$T(z_k,t) = T_0(7km) - \sum_{7000}^{z_k} \Delta T_k = T_0(7km) - \sum_{7000}^{z_k} \frac{dT}{dz}(h_k,t) \cdot \Delta z_k$$

(s. auch Schema Figur 1).

4.4.3 Die Korrekturen K_T an den Modelltemperaturen T(z,t)

4.4.3.1 Uebersicht

Sofern irgendwelche Angaben über das tatsächliche Temperaturfeld vorliegen, zum Beispiel am Boden beobachtete Temperaturen oder Resultate von Sondenaufstiegen, so liegt es nahe, diese zur Verbesserung des Modell-Temperaturfeldes T(z,t) zu benützen.

Mit entsprechend komplizierten mathematischen Ansätzen für die an den Modell-Temperaturen anzubringenden Korrektionen K_{T} liesse sich natürlich ein beobachtetes Temperaturfeld beliebig genau annähern. Das ist aber nicht der Zweck der im folgenden beschriebenen Korrekturmöglichkeiten des Programms TGREFR. Es wurde im Gegenteil eine möglichst grosse Einfachheit dieser Korrektionen angestrebt, um dafür eine sich über einen möglichst grossen Umkreis sich erstreckende "Gültigkeit" einzuhandeln. Mit andern Worten: die Temperaturkorrektionen sollen nicht die Modelltemperaturen der "Station" (wo beobachtete Vergleichswerte vorliegen) möglichst eng dem eventuell "komplizierten" lokalen Temperaturfeld anpassen, sondern wenn möglich nur die "einfachen", aber dafür grossräumigen Abweichungen zwischen Modell und Wirklichkeit erfassen, so dass die errechneten Korrektionen auf andere Stationen, wo keine Vergleichswerte vorliegen, übertragen werden dürfen. So bringen denn zwei der vier Korrekturmöglichkeiten des Programms nicht einmal eine Aenderung des Temperaturgradienten, obwohl dies doch eigentlich - für Refraktionsberechnungen! - das Hauptziel sein sollte. Die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Möglichkeiten sind durch Parameter auf der "Steuerkarte" wählbar.

4.4.3.2 K_T = konst. = A

Diese einfachste Korrektur, eine simple Parallelverschiebung der Kurven T(z,t), identisch für alle t, ohne Einfluss auf die Temperaturgradienten $\frac{dT}{dh}$, wird angewendet, wenn eine Anzahl beobachteter Bodentemperaturen $T_B(t)$ zur Verfügung steht. Die Grösse der Konstanten A wird durch das Programm so bestimmt, dass die Summe der Differenzen zwischen Modelltemperaturen und beobachteten Temperaturen Null wird.

$4.4.3.3 K_T = A' + B(t - 11)$

Diese Korrekturmöglichkeit kann nur gewählt werden, wenn neben

Bodentemperaturen auch Sondentemperaturen* vorhanden sind, dies aus der Ueberlegung heraus, dass ein mit der Tageszeit t lineares Steigen oder Sinken der Temperatur natürlich durchaus möglich ist, aber nur aus entsprechenden Aenderungen von Sondentemperaturen in beträchtlicher Höhe über Grund ersehen werden kann, während der Vergleich von Modelltemperaturen mit Bodentemperaturen eventuell völlig unrealistische Koeffizienten B liefern würde. Auch so noch musste im Programm für B eine Grenze (|B|= 0.20) eingebaut werden. – Wieder werden die Koeffizienten A', B so bestimmt, dass die Differenzsumme Null wird.

Natürlich verändert auch diese Korrektur nirgends die Temperaturgradienten $\frac{dT}{dh}$.

4.4.3.4
$$K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$$

Wenn Sondenwerte* vorliegen (und damit meist auch Bodenbeobachtungen der betreffenden Station), so kann versucht werden, eine allgemeine Nichtübereinstimmung des tatsächlichen Temperaturfeldes mit der Modellvorstellung grob zu erfassen. Vorsichtshalber wurde nur die einfache Annahme einer (in z) quadratischen Parabel für die Korrekturfunktion getroffen:

$$K_T = C + D \cdot z + E \cdot z^2$$

Dies ist natürlich zu plump für eine Anpassung an kompliziertere Temperaturschichtungen in der Atmosphäre, sollte aber genügen für die Erfassung allgemeinerer Anomalien (Kurven T(z) zu steil oder zu flach, zu stark gekrümmt oder zu gestreckt).

^{*} Im Programm TGREFR ist nur vorgesehen, dass die Resultate von <u>drei</u> Sondenaufstiegen zu den <u>festgelegten Zeiten</u> -1^h (23^h des Vortages), 11^h, 23^h vorliegen; für andere Verhältnisse müsste – ziemlich mühsam! – umprogrammiert werden.

Die Koeffizienten C, D, E werden für jeden der drei Sondenaufstiege getrennt bestimmt und zwar so, dass nicht nur die drei Kurven T(z,t) für $t=-1^h$, $t=11^h$, $t=23^h$ an die <u>Sondenwerte angepasst werden</u>, sondern dass auch für alle Stunden t die Werte $T_{Bo,t}$ möglichst dem Verlauf der beobachteten <u>Bodentemperaturen</u> folgen. Die Koeffizienten C(t), D(t), E(t) der zwischen den Zeitpunkten der Sondenaufstiege liegenden Stunden t werden nach Lagrange zwischen die Stützwerte (C,D,E) t interpoliert.

Wegen der mit diesen Temperaturkorrektionen erfolgenden Aenderung der Temperaturgradienten (aufzufassen als Aenderungen des "Standardtemperaturgradienten" τ_0) muss natürlich mit neuen $\tau_0(z,t)$ in Formel (34) das Temperaturfeld nach Abschnitt 4.4.2 nochmals berechnet werden, müssen wiederum neue Temperaturkorrektionen K_T bestimmt werden und ist endlich ein drittes, letztes Mal das definitive Modell T(z,t) aufzustellen.

Bei Vorliegen einer "Visur" gelten die auf dem "Stationspunkt" bestimmten Koeffizienten C(t), D(t), E(t) auch für die Korrektur aller übrigen benötigten $\tau_{_{\rm O}}({\rm z})$.

$4.4.3.5 K_T = f(z)$

Diese komplizierteste und damit auch fraglichste Korrekturmöglichkeit ist nur bei <u>fehlenden</u> Sondentemperaturen wählbar und besteht in Folgendem:

Wenn die aus dem Modell berechneten Bodentemperaturen $T(z_0,t)$ <u>wesentlich</u> von den beobachteten abweichen, so ist wohl eine blosse Parallelverschiebung aller Kurven T(z,t) für sämtliche t mit K_T = A nicht "vernünftig", denn damit würden auch die Temperaturen der "hohen" Niveaus z um Beträge korrigiert, die aus Sondenaufstiegen beurteilt wenig wahrscheinlich sind. Zum Beispiel sind für die Sondenaufstiege von Payerne (Schweiz, φ = 47^0) auf dem Standardniveau 400 mbar (\approx 7000 m.ü.M.) Abweichungen der Temperaturen einzelner Tage von den langjährigen Monatsmitteln von $\frac{1}{t}$ 4^0

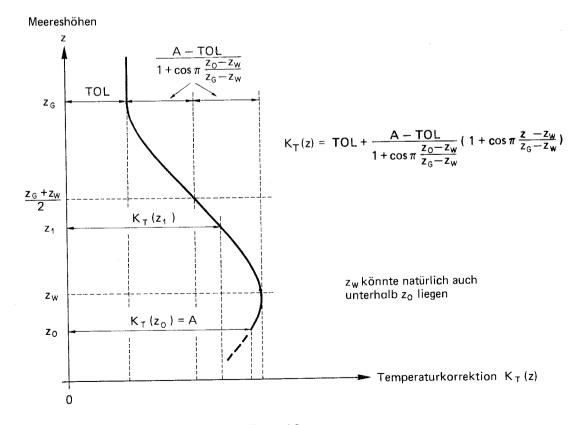
selten, und auch auf den tiefern Niveaus 500 mbar (5.65 km ü.M.) und sogar 700 mbar (\approx 3 km ü.M.) sind grosse Abweichungen von den Monatsmitteln relativ wenig häufig. Die Anpassung der Modelltemperaturen T(z,t) an stark von ihnen abweichende beobachtete Bodentemperaturen sollte daher durch Temperaturkorrektionen K_T geschehen, welche nur die untern Atmosphärenschichten (bis etwa 2000 m über Boden) erfassen. Dieser Forderung entspricht der Ansatz

$$K_{T}(z) = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{G} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$$

A am Boden (z_0) nötige Korrektur (wie 4.4.3.2)

TOL eine beliebig wählbare "Toleranz"grösse, um deren Betrag die Kurven T(z,t) parallel verschoben werden sollen (|TOL| < |A|)

A-TOL Restbetrag, der durch eine sinusförmige Korrektur zu erbringen ist, die auf der Meereshöhe $z_{\rm G}$ (G für "Grenze") beginnt, bei $z=z_{\rm O}$ den gewünschten Betrag A annimmt und auf der Höhe $z_{\rm W}$ (W für "Wendepunkt") – oberhalb, bei, oder unterhalb $z_{\rm O}!$ – seinen grössten Wert erreicht.



Figur 10

Die freie Wählbarkeit der Grössen TOL, $z_{\rm G}$, $z_{\rm W}$ gewährt einerseits eine grosse Flexibilität bei der Festlegung dieser Temperaturkorrektion, indem nicht nur für die Meereshöhe $z_{\rm O}$ des Stationspunktes, sondern auch für ein beliebiges anderes Niveau $z_{\rm I}$, z.B. für die Höhe des Zielpunktes einer "Visur", eine dort gewünschte Korrektur $K_{\rm T}(z_{\rm I})$ erhalten werden kann; anderseits ist dadurch natürlich, trotz der physikalisch-meteorologischen "Vernünftigkeit" des Ansatzes an und für sich, einer den tatsächlichen Verhältnissen eventuell in keiner Weise entsprechenden Willkürlichkeit der $K_{\rm T}$ Platz gegeben.

Die Parameter z_G , z_W (Meereshöhen) sind nicht direkt durch Eingabe (auf der "Stationskarte") wählbar, sondern es sind die entsprechenden Höhen h_o , h_u über dem "mittleren" Gelände (\overline{z}_b mit $b=b_{max}=32$ km) einzugeben; wenn die entsprechenden Stellen leer gelassen werden, so setzt das Programm $h_o=2000$ m, $h_u=o$. - Der Absolutwert |TOL| für die noch zu tolerierende maximale positive oder negative "Parallelverschiebung" muss ebenfalls durch Eingabe (auf der Karte "Konstanten") festgelegt werden; wenn keine Eingabe erfolgt, so wird vom Programm kein Ersatzwert eingesetzt, sondern es ist dann TOL=o.

Die auf dem "Stationspunkt" einer Visur bestimmten Korrektionen K_{T} gelten für alle Stunden t des Tages und für die ganze Visur, dort natürlich jeweils für die Meereshöhen z der Visurabschnitte.

Die aus $K_T(z)$ sich ergebenden Aenderungen der Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}(z)$

$$\Delta \frac{dT}{dz} = \frac{dK_T}{dz} \frac{(z)}{z} = -\frac{(A - TOL)}{z - z_W} \frac{\pi}{(z_G - z_W)} \sin \pi \frac{z - z_W}{z_G - z_W}$$

$$1 + \cos \pi \frac{z_G - z_W}{z_G - z_W}$$

werden wie bei 4.4.3.4 zum "Standardtemperaturgradienten" τ_{0} geschlagen und damit nach (34) neue Temperaturgradienten und nach Abschnitt 4.4.2 ein neues Temperaturfeld T(z,t) (je für den Stationspunkt, die Geländeknickpunkte K $_{K}$ und den Zielpunkt einer

"Visur") berechnet. Auch gelten die veränderten τ_0 natürlich bei allen Temperaturgradientenberechnungen auf der Visur.

4.5 Der Refraktionswinkel δ

4.5.1 Uebersicht über die Probleme

Aus den vektoriellen Differentialgleichungen (3) (s. Abschnitt 4.1) sind für den Stationspunkt einer Visur die Refraktionswinkel $\delta_{\rm V}$ (in der Ebene durch den Zielpunkt und durch das Lot des Stationspunktes) und $\delta_{\rm S}$ (in der schiefen Ebene durch die Visur, senkrecht zur Ebene des $\delta_{\rm V}$) abzuleiten.

Trotzdem die Formeln(3) bereits Näherungsausdrücke sind, ist ihre Integration nur im Spezialfall $\varkappa=$ konst direkt und streng möglich, und es sind für den allgemeinen Fall Näherungsintegrale zu benützen, die ihrerseits wieder durch numerische Integration gelöst werden müssen /Moritz/: Thema des Abschnittes 4.5.2.

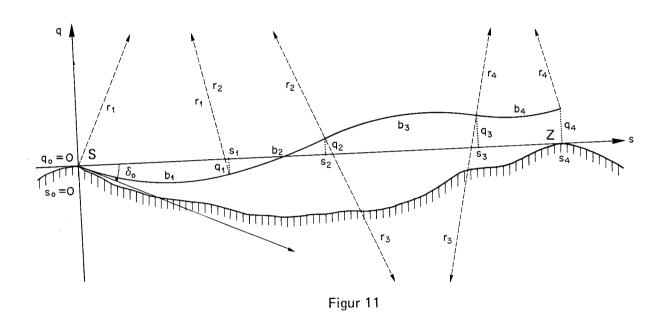
Für diese numerische Integration über die Lichtstrahlkrümmung \varkappa längs der Lichtweges einer "Visur" ist diese in Teilstücke zu zerlegen, die geeignet zu wählen sind. Die theoretischen Ueberlegungen zu diesem Problem und die Skizzierung der Programmierung der gewählten Lösung bilden den Inhalt von Abschnitt 4.5.3.

Während für die Unterteilung der Visur der Temperaturgradient, d.h. seine Variationsbreite die massgebende Grösse darstellt, bestimmen Temperatur und Druck, d.h. ihre mutmassliche Nichtlinearität zwischen Stations- und Zielpunkt die Festlegung der "Geländeknickpunkte" unterhalb einer Visur (Abschnitt 4.5.4).

Die bei der Programmierung der Vorbereitungen (Abschnitt 4.5.5) und der Durchführung (Abschnitt 4.5.6) der Refraktionswinkelberechnungen verwendeten Formeln, Interpolationen, Iterationen sind in den beiden letzten Abschnitten dieses Kapitels zusammengestellt.

4.5.2 Die Formel für den Refraktionswinkel δ

Die Integration der (ebenen) Differentialleichung (3) $\varkappa=\frac{1}{n}$ grad n mit dem Näherungsresultat $\delta_S \approx \frac{Z}{S} / \varkappa(s) \frac{\ell-s}{\ell}$ ds kann natürlich auf rein differentialgeometrisch/mathematischer Basis elegant demonstriert werden (/Moritz/, /Angus-Leppan/); im folgenden sei trotzdem noch eine primitive "geometrische" Herleitung gezeigt, weil dabei auch ein Ausdruck für die später noch interessierenden Abstände Kurve/Sehne erhalten wird.



Figur 11 zeigt - stark überhöht - einen möglichen Verlauf des Lichtstrahles längs einer "Visur".

Figur 11 diene zur Illustration der folgenden Formeln. Als Funktion des vorläufig unbekannten, gesuchten Refraktionswinkels δ_0 des Stationspunktes ergeben sich für das erste Teilstück der Visur:

$$\Delta q_{1} = q_{1} = \sqrt{r_{1}^{2} \cos^{2} \delta_{o} + s_{1}(2r_{1} \sin \delta_{o} - s_{1})} - r_{1} \cos \delta_{o}$$

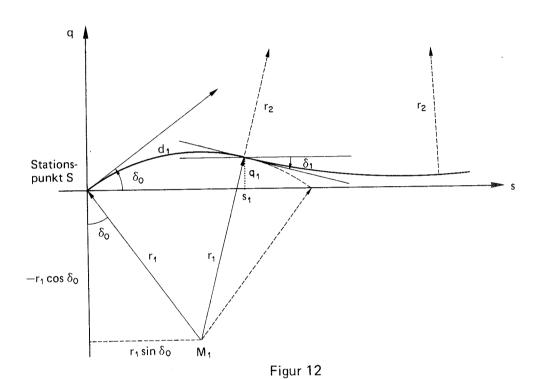
$$= s_{1} \left\{ (tg\delta_{o} - \frac{s_{1}}{2r_{1} \cos \delta_{o}}) - GI(tg\delta_{o}, \frac{s_{1}}{r_{1}})^{2} + \ldots \right\}$$

$$\approx s_{1}(tg\delta_{o} - \frac{s_{1}}{2r_{1} \cos \delta_{o}}) *$$

s. folgende Seite

$$\delta_1 = \delta_0 - b_1 \kappa_1 = \delta_0 - b_1 \frac{1}{r_1} \approx \delta_0 - \frac{s_1}{r_1}$$

wenn κ positiv bei Konkavität der Kurve gegen die s-Achse und Drehsinn von δ im Gegenuhrzeigersinn



Für das i-te Teilstück erhält man entsprechend:

$$\Delta q_i \approx \Delta s_i (tg\delta_{i-1} - \frac{\Delta s_i}{2r_i \cos \delta_{i-1}})^*$$

$$\delta_{i-1} \approx \delta_0 - \sum_{h-1}^{i-1} \frac{\Delta s_h}{r_h}$$
 (41)

setzt man tg δ_{i-1} $\stackrel{\sim}{\sim}$ δ_{i-1} und $\cos\delta_{i-1}$ $\stackrel{\sim}{\sim}$ 1 so wird:

^{*}Die Kurvenradien r_i sind von der Grössenordnung des Erdradius, also ist $r_i^{>>}$ s $_i$.

$$\Delta q_{i} \approx \Delta s_{i} \left(\delta_{0} - \sum_{h=1}^{i-1} \frac{\Delta s_{h}}{r_{h}} - \frac{\Delta s_{i}}{2r_{i}}\right)$$
 (42)

Für einen beliebigen Unterteilungspunkt K der Visur im Abstand s_k vom Stationspunkt S ergibt sich aus (42):

$$q_{k} = \sum_{i=1}^{k} \Delta q_{i} = \delta_{0} \sum_{i=1}^{K} \Delta s_{i} - \sum_{i=1}^{K} \Delta s_{i} (\frac{\Delta s_{i}}{2r_{i}} + \sum_{h=1}^{K-1} \frac{\Delta s_{h}}{r_{h}})$$

$$= \delta_{0} \cdot s_{k} - \sum_{i=1}^{k} \Delta s_{i} (\frac{\Delta s_{i}}{2r_{i}} + \sum_{h=1}^{K-1} \frac{\Delta s_{h}}{r_{h}})$$

$$= \delta_{0} \cdot s_{k} - \sum_{i=1}^{K} \Delta s_{i} (\frac{\Delta s_{i}}{2r_{i}} + \sum_{h=1}^{K-1} \frac{\Delta s_{h}}{r_{h}})$$

Mit der Einführung der neuen Grösse $\overline{s}_i = \frac{s_i + s_{i-1}}{2} = s_{i-1} + \frac{\Delta s_i}{2}$ kann die Summe anders geschrieben werden:

$$\begin{split} \sum_{i=1}^{k} \Delta s_{i} & (\frac{\Delta s_{i}}{2r_{i}} + \sum_{h=1}^{k-1} \frac{\Delta s_{h}}{r_{h}}) &= \sum_{i=1}^{k} \frac{(s_{k} - \overline{s}_{i})}{r_{i}} \Delta s_{i} \\ \text{zum Beispiel} & \Delta s_{1} \frac{\Delta s_{1}}{2r_{1}} + \Delta s_{1} \text{ (o)} \\ &+ \Delta s_{2} \frac{\Delta s_{2}}{2r_{2}} + \Delta s_{2} \text{ (} \frac{\Delta s_{1}}{r_{1}} \text{)} \\ &+ \Delta s_{3} \frac{\Delta s_{3}}{2r_{3}} + \Delta s_{3} \text{ (} \frac{\Delta s_{1}}{r_{1}} + \frac{\Delta s_{2}}{r_{2}} \text{)} \\ &+ \Delta s_{4} \frac{\Delta s_{4}}{2r_{4}} + \Delta s_{4} \text{ (} \frac{\Delta s_{1}}{r_{1}} + \frac{\Delta s_{2}}{r_{2}} + \frac{\Delta s_{3}}{r_{3}} \text{)} \\ &= \frac{\Delta s_{1}}{r_{1}} \text{ (} \frac{\Delta s_{1}}{2} + \Delta s_{2} + \Delta s_{3} + \Delta s_{4} \text{) () } = s_{4} - \overline{s}_{1} \\ &+ \frac{\Delta s_{2}}{r_{2}} \text{ () } \frac{\Delta s_{2}}{2} + \Delta s_{3} + \Delta s_{4} \text{) () } = s_{4} - \overline{s}_{2} \\ &+ \frac{\Delta s_{3}}{r_{3}} \text{ () } \frac{\Delta s_{4}}{r_{4}} \text{ () } = s_{4} - \overline{s}_{3} \\ &+ \frac{\Delta s_{4}}{r_{4}} \text{ () } \frac{\Delta s_{4}}{r_{4}} \text{ () } = s_{4} - \overline{s}_{4} \end{split}$$

 $=\sum_{i=1}^{\infty} \frac{\Delta s_i}{r_i} (s_4 - \overline{s}_i)$

Also
$$q_k = \delta_0 \cdot s_k - \sum_{i=1}^k \frac{(s_k - \overline{s_i})}{r_i} \Delta s_i$$
 (43)

und
$$\delta_k = \delta_0 - \sum_{i=1}^k \frac{\Delta s_i}{r_i}$$
 (44)

Wählt man nun den bis jetzt als Unbekannte angenommenen "Ausgangswinkel" δ_0 , d.h. den gesuchten Refraktionswinkel im Stationspunkt S so, dass für den Zielpunkt der Visur (mit n Teilstücken Δs und der totalen Länge ℓ) $q_{Zielpunkt} = q_n = o$ wird

$$\delta_0 \cdot \ell - \sum_{i=1}^n \frac{\ell - \overline{s}_i}{r_i} \Delta s_i = q_n = 0$$

so erhält man:

$$\delta_{0} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ell - \overline{s}_{i}}{\ell} \frac{1}{r_{i}} \Delta s_{i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ell - s_{i}}{\ell} \kappa_{i} \Delta s_{i}$$
 (45)

4.5.3 Die Unterteilung einer Visur in Teilstücke Δs_i

Wie in Abschnitt 4.3.4 beschrieben, liegen für eine Anzahl bereits möglichst "intelligent" gewählter Punkte längs einer "Visur" Angaben über die Topographie des Geländes in digitaler Form (mittlere Meereshöhen) aus Eingabe vor. Unabhängig von dieser vorgegebenen Unterteilung soll jedoch die Visur so in Teilstücke Δs_i aufgeteilt werden, dass in diesen grad T und damit die Krümmung des Lichtweges als genügend genau konstant angenommen werden dürfen, um den Refraktionswinkel δ beim "Stationspunkt" durch numerische Integration berechnen zu können. – Sekundär ist dann noch das Problem der Bestimmung der repräsentativen Höhe h_i eines solchen Intervalles Δs_i , in welchem ja die Visur in verschiedenen Höhen über dem Gelände verläuft, zu lösen.

Die diese Visur-Unterteilung bestimmende Nichtkonstanz der

Krümmung \varkappa des Lichtweges längs einer Visur rührt nach den Formeln (3) und (7) im wesentlichen von der Nichtkonstanz des Temperaturgradienten grad T her. Weiter ist nach (9) die <u>örtliche</u> Verschiedenheit des Temperaturgradienten (die <u>zeitliche</u> Variation interessiert hier nicht) hauptsächlich eine Funktion der Höhe h über Grund: je grösser h, desto weniger empfindlich ist $\frac{dT}{dz}$ (oder $\frac{dT}{dx}$, $\frac{dT}{dy}$) auf Aenderungen von h. Es wurden deshalb für die Unterteilung einer Visur in Intervalle genügender Konstanz von grad T die folgenden Kriterien verwendet, wobei den sehr groben Ueberlegungen der einfache "ebene" Fall der Höhenrefraktion nach Figur 11 zugrunde liegen möge.

Für den Refraktionswinkel δ im Stationspunkt S gilt (vgl. 4.5.2)

$$\delta = \int_{s=0}^{s=\ell} \frac{\ell-s}{\ell} \, \varkappa(s) \, ds$$

Weil für $\varkappa(s) = 2280 \, \frac{P}{T^2} \, (1 + \text{o.o3} \, \frac{dT}{dz})$ das Vorliegen eines expliziten analytischen Ausdruckes nicht vorausgesetzt wird, hat die Integration für δ numerisch zu erfolgen als

$$\delta = \sum_{i=1}^{\infty} \Delta \delta = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1-n_{\ell-s_i}}{\ell} \varkappa(s_i) \Delta s_i$$
Teilstücke

 s_i = Abstand der Teilstückmitte vom Stationspunkt S Δs_i = Länge des Teilstückes ℓ = Visurlänge

Als zu tolerierender Wert für den mittleren Fehler m $_{\Delta\delta}$ des Beitrages $\Delta\delta$ eines Teilstückes der Visur an den Refraktionswinkel δ wird willkürlich angenommen

$$m_{\Delta\delta} \leq 1^{CC}$$
 Wegen $m_{\Delta\delta} = \frac{\ell-s}{\ell} \Delta s \cdot m_{\kappa} = 1$ und $m_{\kappa} = 2280 \cdot \frac{P}{T} 2 \cdot 0.03 \cdot m_{\frac{dT}{dz}}^{\approx} 20 \cdot 0.03 \cdot m_{\frac{dT}{dz}} = 0.6 \cdot m_{\frac{dT}{dz}}$

folgt
$$m_{\frac{dT}{dz}} \stackrel{\leq}{} 1.7 \cdot \frac{\ell}{\ell-s} \frac{1}{\Delta s_{km}}$$
 (46)

Für den mittleren Fehler $m_{\dfrac{dT}{dz}}$ des nach dem Ausdruck (9) berechneten Temperaturgradienten $\dfrac{dT}{dz}$ (s) lässt sich keine geschlossene Formel angeben. Eine solche würde nicht nur zu kompliziert, sie wäre auch wenig sinnvoll, da ja die mittleren Fehler der in (9) vorkommenden Grössen (z.B. Wind und Bewölkung!) unmöglich vernünftig abgeschätzt werden können im konkreten Fall. Für $m_{\dfrac{dT}{dz}}$ wird deshalb eine ganz grobe Abschätzung eingeführt, ein $\dfrac{dT}{dz}$ Zusammenhang mit dem mittleren Fehler der in (9) eine wesentliche Rolle spielenden Höhe über Grund h:

$$\frac{m_{dT}}{dz} = \frac{1000}{(h_{Meter})^2} (m_h)_{Meter}$$
 (47)

was folgende Wertetabelle für $m_{\mbox{dT}}$ ergibt: \mbox{dz}

Damit folgt aus (46): $\frac{1000}{h^2} m_h = 2 \frac{\ell}{\ell - s} \frac{1}{\Delta s} \quad \text{Meter}$

$$m_h \le 2 \frac{\ell}{\ell - s} \frac{h^2}{\Delta s} \text{ oder } \Delta s \frac{\ell - s}{\ell} \le 2 \frac{h^2}{m_h}$$
 (48)

Damit ist die Bedingung $m_{\Delta\delta}=\frac{+}{-}1^{CC}$ zurückgeführt auf eine Bedingung für die tolerierbare Streuung m_h der Höhe h der Visur über dem "mittleren" Gelände innerhalb eines Profil-Teilstückes der Länge Δs im Abstand s von Stationspunkt S, in welchem der Refraktionswinkel δ berechnet werden soll. Da aber innerhalb der Profilabschnitte die Variation m_h der Höhe h natürlich nicht bekannt ist, muss für m_h ebenfalls eine Abschätzung gefunden werden. Man

hat im Intervall i zwischen den Grössen h_i , h_{i+1} , Δh , Δs und der Variabeln Δx mit o $\leq \Delta x \leq \Delta s$ die folgenden Beziehungen, wobei diese Ausdrücke natürlich nur stat. Gültigkeit haben.

$$h_{m}(\Delta x) = h_{i} + \frac{\Delta h}{\Delta s} \frac{\Delta x}{2}$$

$$m_{h}(\Delta x) = \frac{\Delta h}{\Delta s} \frac{\Delta x}{2\sqrt{3}} = \frac{\Delta h(\Delta x)}{2\sqrt{3}}$$
(49)

sofern h_i und h_{i+1} die extremen Werte für h im Intervall sind, was bei einer vernünftigen Wahl der Profil-Unterteilungspunkte vorausgesetzt werden darf.

Das Minimum der Funktion $(\frac{h^2}{m_h})$ (Δx) (Fig. 13) welches nach (48) die grösste noch tolerierbare Länge Δs eines Profilintervalles bestimmt, tritt an der Stelle

$$\Delta x = \frac{2 \cdot h_i}{/\Delta h/} \cdot \Delta s$$

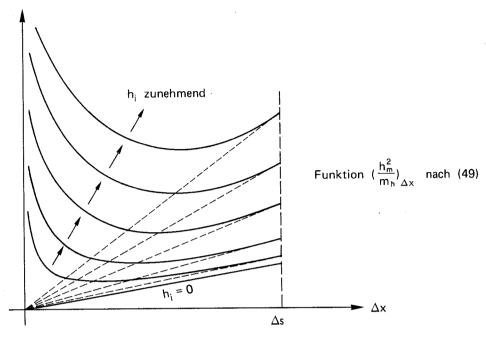
auf und beträgt unabhängig von Δh und $\Delta s: \sqrt{48} \cdot h_i$. Dieses Minimum kann also, wenn

$$\frac{2 \cdot h_i}{/\Delta h/}$$
 < 1 d.h. $/\Delta h/>2h_i$

<u>innerhalb</u> des Intervalles $\triangle s$ liegen. Es muss aber trotzdem nur der Wert von $(\frac{h^2_m}{m_h})$ $(\triangle x)$ für $\triangle x = \triangle s$, welcher den Betrag

$$\sqrt{12} \frac{\left(h_{\rm m}\right)^2}{\Delta h/2}$$

annimmt, untersucht werden, denn die Abnahme der Funktion für $\Delta x < \Delta s$ ist schlimmstenfalls (wenn $h_i = 0$) linear, so dass die Bedingung (48), wenn für die volle Intervallänge Δs erfüllt, es auch für alle kleineren Abschnitte ist (Figur 13).



Figur 13

$$\Delta s \frac{\ell - s}{\ell} \le 2 \frac{h^2}{m_h} \quad \text{mit } m_h = \frac{/\Delta h}{\sqrt{12}}$$
 (48a)

oder

$$\Delta s \frac{\ell - s}{\ell} \le 2 \sqrt{12} \frac{h^2}{\Delta h} \approx 7 \frac{h^2}{\Delta h} \tag{48b}$$

Wenn für ein Visurstück – sei es ein ursprüngliches, d.h. von zwei Punkten mit durch Eingabe festgelegtem digitalem Gelände begrenztes oder ein durch bereits vollzogene Unterteilung entstandenes sekundäres Intervall – die Bedingung (48) nicht erfüllt ist, so wird es unterteilt, d.h. halbiert. Der dadurch neu entstandene Profilpunkt erhält als Visurhöhe h über dem "mittleren" Gelände und als dessen Neigung ν (zwei Komponenten) die gemittelten Werte der Endpunkte des alten Intervalls. Die für ein Profilstück – ursprünglich oder durch Unterteilung entstanden – geltenden $\frac{\text{mitt-leren}}{\nu}$ Höhen ν und $\frac{\nu}{\nu}$ und $\frac{\nu}{\nu}$ werden als einfache Mittel aus den betreffenden Punktwerten der Intervallbegrenzungspunkte gebildet:

der Intervallbegrenzungspunkte gebildet:

$$h_{m}^{i} = \frac{1}{2}(h_{i} + h_{i+1}) \qquad (\nu_{N,E})_{m}^{i} = \frac{1}{2}(\nu_{N,E}^{i} + \nu_{N,E}^{i+1})$$

Neben der Unterteilung von Profilstücken können jedoch durch das Programm unter gewissen Bedingungen Intervalle auch zusammengefasst werden, d.h. vom Problem her überflüssige Profilpunkte mit "eingegebenem" Gelände fallengelassen werden. Die zugehörige Geländeinformation wird jedoch mitbenützt bei der Berechnung der mittleren Visurhöhe \overline{h}_{m} und ihres mittleren Fehlers $m_{\overline{h}_{m}}$ im zusammengefassten Intervall i plus i+1:

$$\overline{h}_{m} = \frac{h_{m}^{i} \Delta s^{i} + h_{m}^{i+1} \Delta s^{i+1}}{\Delta s^{i} + \Delta s^{i+1}}$$

$$m_{\overline{h}_{m}} = \sqrt{\frac{\left\{ (m_{h}^{i})^{2} + (\overline{h}_{m} - h_{m}^{i})^{2} \right\} \triangle s^{i} + \left\{ (m_{h}^{i+1})^{2} + (\overline{h}_{m} - h_{m}^{i+1})^{2} \right\} \triangle s^{i+1}}}{\triangle s^{i} + \triangle s^{i+1}}$$

Eine solche Zusammenlegung des Profilstückes i+l mit dem - eventuell auch schon aus Zusammenfassung entstandenen Intervall i wird jedoch nicht vorgenommen, wenn:

- a) das Profilstück i aus einer Unterteilung entstanden ist,
- b) das Profilstück i bereits aus 6 Zusammenlegungen besteht,
- c) das Profilstück i+l eine Visurhöhe h_m^{i+l} < 10 m hat, d) die Länge $\Delta s^i + \Delta s^{i+l}$ des zusammengelegten Intervalles mehr als 1000 m betragen würde,
- e) die "reduzierte Länge" $\frac{\ell-s}{\ell}$ ($\Delta s^i + \Delta s^{i+1}$) mehr als 500 m betragen
- f) im zusammengefassten Intervall die Bedingung (48) nicht mehr erfüllt wäre.

Die Unterteilung einer Visur nach dem eben beschriebenen Verfahren hat bei der Berechnung der Funktion F(t) eine Unbequemlichkeit zur Folge: Bei im Laufe des Tages ändernden Windstärken $V_{R}(t)$ (Beaufort-Skala) und damit nach Formel (21) verschiedener Ausdehnung b(t) des "mittleren" Geländes, was wiederum verschiedene Meereshöhen $\overline{z}_h(t)$ und deshalb verschiedene Visurhöhen $h_i(t)$ über Grund zur Folge hat, kann es vorkommen, dass die Intervalleinteilung Δs_i einer Visur nicht für alle Tagesstunden t dieselbe ist, also $\Delta s_i = \Delta s_i(t)$.

Bei der Berechnung der Lichtstrahlkrümmung $\varkappa_i(t)$ für ein Visurteilstück Δs_i aus dem Temperaturgradienten grad T(i,t) wird die Funktion F(t) (Abschnitt 4.3.4) benötigt. In ihrem Integralglied $k_6 \int_0^t W(t) \left\{\cos\sigma(t) - \overline{\cos\sigma}\right\} dt$ ist aber $\cos\sigma(t)$ eine geländeabhängige Grösse, also $\cos\sigma = \cos\sigma(i,t)$. Das in Bearbeitung stehende Visurteilstück Δs , das zur Stunde t die Numerierung i trägt, war aber früher (die Integration läuft ja von oh bis t^h) eventuell einmal selbst aufgeteilt, d.h. dieses Intervall "existierte" (in dieser Ausdehnung) damals gar nicht oder es trug möglicherweise (bei gleicher Länge) eine andere Numerierung i. Es muss also dafür gesorgt werden, dass im Unterprogramm für die Berechnung der Funktion F(t) = F(i,t) im Integralglied für die verschiedenen Tagesstunden zwischen oh und t^h jeweils $\cos\sigma = \cos\sigma(i,t)$ für dasjenige, grössere oder kleinere oder anders numerierte, Visurstück verwendet wird, welches dem momentanen $\Delta s_i(t)$ am besten entspricht.

Das Programm berechnet deshalb (ganzzahlige) Korrekturen für die Indizes i als Funktion aller auftretenden Kombinationen zweier Windstärken V_B^I , V_B^{II} .* Diese gestatten, für ein beliebiges Teilstück Δs_i einer bestimmten Visurunterteilung bei der Windstärke V_B^I das entsprechende Intervall einer andern Unterteilung (bei der Windstärke V_B^{II}) zu finden. Ein Beispiel: Teilstücke Δs_i und Indizes i bei V_B^I

do. bei
$$V_B^{II} + \frac{1}{2} + \frac{3}{3} + \frac{4}{4} + \frac{5}{5} + \frac{6}{1}$$

Umrechnungstabe	lle:	i = 1	2	3	4	5	6
	Korr(I,II)	0	+1	+1	+1		
	Korr(II,I)	0	-1	-1	-1	-1	-2

^{*} Die Windstärken $V_{\rm B}$ in (halber) Beaufort Skala sind ganzzahlige Grössen: 1, 2, 3...

4.5.4 Die Festlegung der Geländeknickpunkte K_{k}

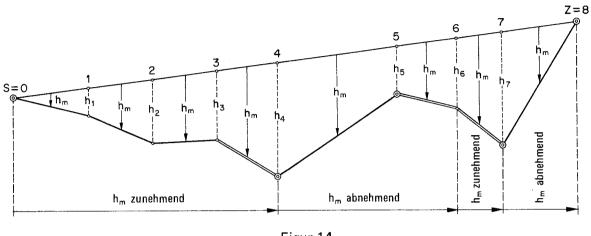
Es darf nicht unter allen Umständen vorausgesetzt werden, dass die Atmosphärentemperaturen längs einer Visur durch lineare Interpolation zwischen den Bodentemperaturen der beiden Endpunkte genügend genau erhalten werden, um für die Berechnung des Koeffizienten 2280 $\frac{P}{T^2}$ in Formel (7b) verwendet werden zu dürfen. Eine Visur wird deshalb durch einige wenige Punkte (maximal 6) in Teilstücke unterteilt, innerhalb derer dann eine lineare Interpolation der Temperatur (nicht des Temperaturgradienten) möglich sein sollte. Die Atmosphärentemperaturen über diesen Punkten werden aus den an diesen Stellen bis 7000 m über Meer berechneten Temperaturgradienten nach dem in Abschnitt 4.4 beschriebenen Vorgehen erhalten.

Diese "Geländeknickpunkte" werden nach folgender Methode festgelegt.

- Der Stationspunkt ist Geländeknickpunkt.
- Solange die Bodenabstände h_m [i] der Visurteilstücke Δs [i] ständig zunehmen (bzw. ständig abnehmen) erfolgt keine Festlegung eines Geländeknickpunktes.
- Wenn bei bisher zwnehmenden $h_m[i]$ das folgende $h_m[i+1]$ kleiner ist als $h_m[i]$ (bzw. bei vorher abnehmenden $h_m[i]$ das nächste $h_m[i+1]$ grösser ist als $h_m[i]$), so wird einer der beiden Begrenzungspunkte des Intervalles $\Delta s[i]$ als Geländeknickpunkt bezeichnet: derjenige mit dem grössern h bei bis jetzt zunehmenden $h_m[i]$, bzw. derjenige mit dem kleinern h bei bis jetzt abnehmenden $h_m[i]$. Wenn das Teilstück $\Delta s[i]$ aus zwei oder mehreren "originalen" Abschnitten durch Zusammenfassung entstanden ist, so wird aus den in ihm liegenden "originalen" Geländepunkten derjenige mit der grössten (bzw. kleinsten) Differenz der Meereshöhen von Visur und Gelände ausgesucht.
- Schliesslich bildet der Visurendpunkt (Zielpunkt) den letzten Geländepunkt.

Der Grund für die Verwendung der Höhen \mathbf{h}_{m} der Visurteilstücke statt derjenigen der Höhen \mathbf{h} der Teilstückgrenzen liegt darin, dass mit diesem "geglätteten" Gelände die Zahl der Geländeknick-

punkte möglichst klein gehalten werden soll: so werden etwa die Punkte 2 und 3 im Beispiel der Figur 14 keine Geländeknickpunkte.



Figur 14

4.5.5 Die Berechnung von Druck P und Temperatur T für die Visurteilstücke Δs_i

In der Formel (7b) für $\frac{1}{n}$ grad n, die benützt wird zur Berechnung der Lichtstrahlkrümmung nach Formel (3), treten neben den Komponenten des Temperaturgradienten grad T die Grössen P(Druck) und T (Temperatur) auf. Da nach der Beziehung (45) die Krümmung \varkappa für jedes Visurteilstück Δs_i zu berechnen ist, werden Druck und Temperatur auf Visurhöhe für jede Intervallmitte benötigt. Ferner sind zur Bestimmung der Verzögerung Δt nach Formel (35) die Temperaturdifferenzen ΔT zwischen Boden und Visur zu berechnen.

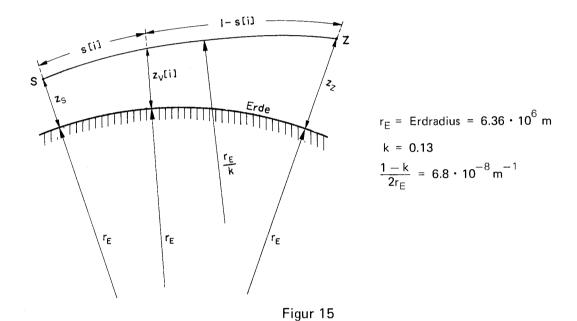
Das räumlich-zeitliche Temperaturfeld T(z,t), berechnet nach Abschnitt 4.4, liegt nur für Stations- und Zielpunkt und für die Geländeknickpunkte K_k gemäss Abschnitt 4.5.4 vor, und auch hier nur für diejenigen Meereshöhen z, welche den Standardhöhen h=2m, 4m, ... 3072 über Grund ("mittleres" Gelände) entsprechen (vgl. Abschnitt 4.4.2.2).

Zunächst werden die Temperaturen $T_{V}[k]$ der als Geländeknickpunkte

 K_k bezeichneten Unterteilungsstellen der Visur für die Meereshöhe z_V der Visur berechnet durch (lineare) Interpolation im zugehörigen Temperaturfeld $T_k(z,t)$. Die Visurhöhe z_V wird nach Figur 15 mit der Formel (50b) berechnet:

$$z_{V}[i] = \frac{z_{s}(\ell - s[i]) + z_{z}s[i]}{\ell} - \frac{1 - k}{2r_{E}} s[i](\ell - s[i])$$
 (50a)

$$z_{V}[i] = \frac{z_{S}(\ell - S[i]) + z_{Z}S[i]}{\ell} - 6.8 \cdot 10^{8} \text{m}^{-1} \text{s}[i](\ell - S[i])$$
 (50b)



Die Temperaturen $T_V[i]$ auf Visurhöhe für die Mitten der Teilstück Δs_i werden aus den $T_V[k]$ durch lineare Interpolation mit den Sehnenabszissen \overline{s}_i gefunden. Die zugehörigen Bodentemperaturen $T_B[i]$ werden ebenfalls linear interpoliert zwischen die Bodentemperaturen von Stationspunkt, Geländeknickpunkten und Zielpunkt.

Für die Berechnung des Druckes $P_V[i]$ auf Visurhöhe im Intervall Δs_i wird vorausgesetzt, dass für den Stationspunkt S der Druck P_S durch Eingabe gegeben sei.*

^{*} Wenn keine Messung vorliegt, so ist ein "vernünftiger" Standardwert einzugeben.

Sofern auch für den Zielpunkt Z eine Angabe P_Z für den Druck vorliegt, so erfolgt die Berechnung des Druckes $P_V[i]$ für das Visurintervall Δs_i durch lineare Interpolation nach der Sehnenabszisse \overline{s}_i .

Wenn für den Zielpunkt keine Druckangabe vorliegt, so wird für die Intervalle Δs_i ausgehend vom Druck P_S des Stationspunktes sukzessive aus den Höhendifferenzen Δz_i von Intervallmitte bis Intervallmitte die Zunahme oder Abnahme des Druckes nach einer von /Pötzschner/ angegebenen Formel berechnet:

$$\Delta P = P_{m} \frac{-\Delta z}{7990.4 \left\{ 1 + \frac{1}{273} \left(T_{m} + 103 \frac{Em}{Pm} \right) \right\}}$$

Aus dieser Formel erhält man:

$$P_{i+1} = P_i \cdot \frac{1-Q}{1+Q} \text{ wobei } Q = \frac{\Delta z}{2 \cdot 7990.4 \left\{1 + \frac{1}{273} \left(T_m + 103 \frac{Em}{Pm}\right)\right\}}$$
 (51)

 T_m mittlere Temperatur im Intervall in ${}^{O}C$ E_m mittlerer Dampfdruck ${}^{\circ}C$ Standard- oder Näherungswerte P_m mittlerer Luftdruck ${}^{\triangle}Z$ Höhendifferenz $Z_{i+1}^{-Z_i}$

Mit den so erhaltenen Temperaturen $T_V[i]$ und Drücken $P_V[i]$ wird, entsprechend der Formel (7b), für jedes Visurintervall der Faktor $_{2280} = \frac{P_V[i]}{\left(T_V[i] + 273\right)^2}$ gebildet.

4.5.6 Die Berechnung der Refraktionswinkel δ

Der Refraktionswinkel δ im Stationspunkt S einer Visur (Höhender Seitenrefraktion) wird für jede Tagesstunde t (MEZ im Programm TGREFR) berechnet: $\delta = \delta(t)$. Er setzt sich nach Formel (45) als Summe der Teilbeträge $\delta_i = \varkappa_i \cdot \Delta s_i \frac{\ell - s_i}{\ell}$ zusammen. Daher sind für jede Tagesstunde t für jedes Teilstück Δs_i der Visur nach der Formel (7b) die Lichtstrahlkrümmungen $\varkappa_i(t)$ aus den

Komponenten des Temperaturgradienten grad T(t) (Formel (3)) zu berechnen.

Dabei treten zwei Schwierigkeiten auf:

Erstens ist zu berücksichtigen, dass für die Berechnung des Integralgliedes (Abschnitt 4.3.4.4) der Funktion F(t), mit welcher grad T zu berechnen ist, die Unterteilung der Visur in Teilstücke Δs_i eventuell (je nach Windstärke) nicht zu jeder Stunde zwischen oh und der gerade in Bearbeitung stehenden Stunde t^h dieselbe war, so dass die Interwalle $\Delta s_i(t)$ vor dem Zeitpunkt t eine andere Ausdehnung haben und/oder anders numeriert sein konnten (s. Schluss von Abschnitt 4.5.3).

Zweitens lassen sich die Visurhöhen h_i , welche für die Berechnung von grad T die wichtigste Grösse darstellen, theoretisch erst nach dem Vorliegen aller Krümmungen \varkappa_i längs des Visurstrahles streng berechnen. Zwar wird im Programm bei der Verwendung der Formel (50b) zur ersten Bestimmung der Visur-Meereshöhe z_V eine mittlere Krümmung von $13^{CC}/\text{km}$ berücksichtigt, aber die Anwendung der strengen Formel (43) zur Ableitung der Pfeilhöhen q_i zwischen Sehne und Lichtkurve verlangt die Kenntnis der anfänglich noch unbekannten Krümmungen \varkappa_i , so dass – allerdings nur in extremen Fällen – ein iteratives Vorgehen nötig werden kann.

Der Berechnungsgang für die Refraktionswinkel $\delta(t)$ läuft im Programm TGREFR folgendermassen ab (für Details vergl. die Programmbeschreibung Teil II):

Für jede volle Tagesstunde t von o^h bis 24^h werden berechnet:

- 1. sofern die Visurunterteilung nicht identisch ist mit derjenigen zur Zeit t-1: für jedes Visurintervall Δs_i die Korrektur Korr (I,II) für den Uebergang von Visur-Unterteilung I zu Unterteilung II (Abschnitt 4.5.3 am Schluss)
- 2. die fundamentale Funktion F(t) nach Abschnitt 4.3.4
- 3. der Faktor 2280 $\frac{P}{T}$ 2 nach Abschnitt 4.5.5
- 4. die Verzögerung \(\Delta t\) nach Abschnitt 4.3.6
- 5. der "Grundwert" $\tau_{\rm O}(z_{\rm V})$ des Temperaturgradienten (Abschnitt 4.3.3), beim Vorliegen von Temperaturkorrektionen K $_{\rm T}$ = f(z)

(Abschnitt 4.4.3.4 oder 4.4.3.5) entsprechend korrigiert. Für die einzelnen Visurintervalle Δs_i wird τ_0 durch Interpolation in die nur für die Geländeknickpunkte vorhandenen Werte erhalten.

- 6. Korrektionen nach Abschnitt 4.5.2 an den Höhen h_i der Visur über dem "mittleren" Gelände infolge der vom Mittelwert $(13^{CC}/\text{km})$ abweichenden momentanen lokalen Krümmungen $\varkappa_i(t)$ der einzelnen Visurintervalle Δs_i . Als provisorische Werte werden die bereits berechneten $\varkappa_i(t-1)$ des unmittelbar vorangehenden Zeitpunktes $(t-1)^h$ benützt.
- 7. die Temperaturgradienten $\frac{dT}{dh}$ (h_i,t) nach Formel (34)
- 8. die drei Komponenten im Koordinatensystem (x,y,z) des Vektors $\frac{1}{n}$ grad n nach Formel (7b) aus dem Vektor grad T (Betrag: $\frac{dT}{dh}$ nach Formel (34), Richtung: Normale zur Ebene des "mittleren" Geländes)
- 9. die Projektion des Vektors $\frac{1}{n}$ grad n in die Vertikalebene durch die Visur (für Höhenrefraktion) oder in die dazu senkrechte schiefe Ebene durch die Visur (für Seitenrefraktion)
- 10. die Krümmungen \varkappa_i der Teilstücke Δs_i nach Formel (7b) und der Beiträge $\delta_i = \frac{\ell s_i}{\ell} \varkappa_i \cdot \Delta s_i$ zum Refraktionswinkel δ Die Schritte 1 bis 10 sind natürlich für alle Visurintervalle Δs_i durchzuführen, und die Summe der δ_i ergibt nach Formel (45) den gesuchten Refraktionswinkel δ (Höhen- oder Seitenrefraktion) im Stationspunkt S der Visur.

Sofern bei der laufenden (von Δs_1 bis Δs_n) Berechnung der Pfeilhöhen q_i zwischen Visur und Sehne nach Formel (43) sich für den Zielpunkt der Visur ein Wert q_n ergibt, der mehr als 0.5 m von seinem Sollwert Null abweicht, werden die Schritte 1 bis 10 einmal wiederholt.

II PROGRAMMBESCHREIBUNG

Es seien hier einige Sätze vorausgeschickt, die - weil sie nicht besser formuliert werden könnten - aus /Elmiger/ zitiert sind:

"Im folgenden wird das Programm im engern, programmiertechnischen Sinne beschrieben. Die Angaben dieses Abschnittes sollen es dem Leser ermöglichen, sich ein Bild über die Art der Programmierung zu machen, den Programmablauf im einzelnen zu verfolgen und alle Details, z.B. die verwendeten Formeln zu kontrollieren. Hauptbestandteil dieses Abschnittes ist ein mit Ueberschriften versehenes, kommentiertes und relativ übersichtlich gestaltetes Listing des vollständigen Algol-Programmes, welches in verschiedener Hinsicht ein detailliertes Programmablaufdiagramm ersetzt. Es darf heute vorausgesetzt werden, dass ein an einer Programmbeschreibung interessierter Leser eine allgemeine Programmiersprache wie Algol, mit einfacher übersichtlicher Struktur und Symbolen, die, aus dem Englischen übernommen, sich weitgehend selbst erklären, lesen und interpretieren kann. Nötigenfalls kann eines der verschiedenen Algol-Lehrbücher zu Rate gezogen werden."

1. BEMERKUNGEN ZUR PROGRAMM-KONZEPTION

1.1 Programmteile

Das Programm besteht im wesentlichen aus zwei Hauptteilen: der Berechnung des Temperatur- und Temperaturgradientenfeldes T(z,t), $\frac{dT}{dn}(z,t)$ über einem Geländepunkt und der Berechnung der Refraktion längs einer "Visur". Die beiden Teile konnten nicht getrennt, d.h. als zwei verschiedene Programme gestaltet werden, weil der erste Teil als notwendige Voraussetzung für den zweiten eng mit diesem verknüpft ist. Jedoch kann der erste Teil ohne den zweiten auskommen, was das "Herausnehmen" der dann ohnehin zu überspringenden Programmteile aus dem Programmkartenpaket gestattet (sofern die Programm-Eingabe durch Lochkarten erfolgt).

1.2 Steuerung des Programmablaufs

Der zwar nicht mathematisch, aber physikalisch (oder meteorologisch) komplizierte Gegenstand der Programmierung bedingt eine entsprechend weitgehende Steuerung, die sich zum Teil nicht automatisieren liess, zum Teil aber auch bewusst dem Benützer überlassen wurde, um ihm möglichst viel Freiheit zu lassen (oder aufzuzwingen) bei der Wahl von Konstanten, von Funktionen, von Outputmöglichkeiten. Das Programm soll ja weniger dem problemlosen, "mechanischen" Produzieren von Temperaturgradienten und Refraktionswinkeln dienen als dem bewussten, kritischen Experimentieren.

1.3 Programmierung

Die eben genannte geringe Wahrscheinlichkeit eines grössern, "wirtschaftlichen" Einsatzes des Programms möge die Wahl einer weniger verbreiteten Programmiersprache und die wenig raffinierte Programmierung selbst (der Verfasser ist Geodät und in Mathematik und Programmierkunst wenig bewandert) tolerierbar erscheinen lassen.

2. LISTE DER WICHTIGSTEN VARIABELN UND ARRAYS

In diesem Abschnitt wird die Bedeutung nur der wichtigsten Grössen erklärt; diejenige der übrigen ergibt sich wohl meist aus dem jeweiligen Zusammenhang.

2.1 Steuergrössen

Auf die Verwendung Bool'scher Variabler wurde verzichtet. Die durch Eingabe mittels der Steuerkarte zu definierenden Steuergrössen beruhen auf dem Prinzip: Feld belegt (mit einer Lochung beliebiger Art) oder Feld leer (blank). Einige im Programm selbst definierte Steuergrössen für automatische, nicht durch Eingabe wählbare Abläufe erhalten numerische Werte zugewiesen: etwa 0/1 oder 0/1/2 oder ähnlich.

2.1.1 Durch Eingabe definierte Steuergrössen

Sie sind im folgenden nach ihrer Reihenfolge auf der Steuerkarte aufgeführt.

- DAT Wenn \neq LEER: es handelt sich bei der laufenden Berechnung um das gleiche Datum wie beim unmittelbar vorangehenden Programmdurchlauf. Die mit dem Sonnenstand zusammenhängenden Grössen (α_S , ζ_S und ihre trigonometrischen Funktionen, Zeit von Sonnenaufgang und -untergang usw.) werden vom vorangehenden Durchlauf übernommen, ebenso alle Elemente der Temperaturkorrektion (vgl. Abschnitt 4.4.3) mit den daraus folgenden Korrektionen am Temperaturgradienten.
- VIS Wenn ≠ LEER: es handelt sich bei der laufenden Berechnung um die gleiche Visur wie beim unmittelbar vorangegangenen Programmdurchlauf. Das digitale Gelände muss (und darf) <u>nicht neu</u> eingegeben werden. Die Visur<u>unterteilung</u> wird aber neu abgeleitet, da sie wetter- (nämlich wind-) abhängig ist; damit werden auch die charakteristischen Grössen der "VISUR": MI|I|, LI|I|, HI|I|, NI|I|, usw. neu berechnet.
- SON Wenn ≠ LEER: es liegen Angaben (Meereshöhen und zugehörige Temperaturen) aus Sondenaufstiegen vor (Voraussetzung bei TGREFR: 3 Sondenaufstiege um -1^h, 11^h, 23^h); die drei "Sondenkarten" hinter den "Geländekarten" dürfen im Input-Kartenpaket nicht fehlen!

Ist SON \neq LEER so wird die Temperaturkorrektion K_T (vgl. Abschnitt 4.4.3) entweder als K_T = C(t) + D(T)z + E(t)z² gewählt (wenn BOD=LEER) oder als K_T = A' + B(T-11) (wenn BOD \neq LEER). - SON \neq LEER bei gleichzeitigem INP \neq LEER führt zu einer Fehlermeldung und Abbruch der Rechnung, ebenso SON \neq LEER bei gleichzeitigem DAT \neq LEER.

Bei SON=LEER (Feld der Steuerkarte blank) sind nur die Temperaturkorrektionen K_T = o (wenn BOD=LEER) oder K_T = A (wenn BOD≠LEER und A≦TOL) oder K_T = f(z) (vgl. 4.4.3.5) möglich.

BOD Wenn ≠ LEER: auf den beiden Temperaturkarten wurde eine Anzahl von beobachteten Bodentemperaturen eingegeben. Es erfolgt eine Anpassung der berechneten "Standard"-Temperaturen an die beobachteten Temperaturen durch eine der drei folgenden Temperaturkorrektionen K_T (vgl. Abschnitt 4.4.3):

$$K_T = A$$
 wenn SON=LEER und A \leq TOL

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}})$$
 wenn SON=LEER und A > TOL

$$K_T = A' + B(t - 11)$$
 wenn $SON \neq LEER$

Wenn BOD≠LEER bei gleichzeitigem INP≠LEER oder DAT≠LEER wird vom Programm BOD=LEER gesetzt.

Für die beiden Steuergrössen BOD und SON erhält man also die folgende Vierfeldertafel der von ihnen gesteuerten Wahl der Temperaturkorrektion K_{T} :

	BOD LEER	≠ LEER
LEER	K _T = 0	K _T = A wenn A ≤ TOL
SON		$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$ $wenn A > TOL$
≠LEER	$K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$	K _T = A' + B(t-11)

INP Wenn \neq LEER: die Grösse der Koeffizienten für die Temperaturkorrektionen K $_{T}$ erfolgt durch Eingabe auf der "Datumkarte"; wenn dort die entsprechenden Felder leer sind, so wird den betreffenden Grössen der Wert o zugewiesen.

Wenn DAT \neq LEER (Uebernahme der Koeffizienten für K_T vom vorangehenden Programmdurchlauf), so wird durch das Programm INP=LEER gesetzt.

INP LEER bei gleichzeitigem SON LEER hat Fehlermeldung und Abbruch zur Folge.

- SRF Wenn LEER: es wird "Höhen"refraktion berechnet (in der Ebene durch den Zielpunkt der Visur und das Lot des Stationspunktes).

 Wenn #LEER: es wird "Seiten"refraktion berechnet (in der schiefen Ebene durch Stations- und Zielpunkt der Visur, welche normal ist zur oben definierten Ebene der "Höhen"refraktion).
- GEL Wenn LEER: der Output "GELAENDE" (eingegebenes und durch Interpolation ergänztes digitales Geländemodell) und der Output "VISUR" (Unterteilung und charakterischtische Grössen einer "Visur" (Unterteilung und charakteristische Grössen einer "Visur" für jede vorkommende Windstärke F) werden gedruckt.

Wenn ≠LEER: diese beiden Outputs werden nicht gedruckt.

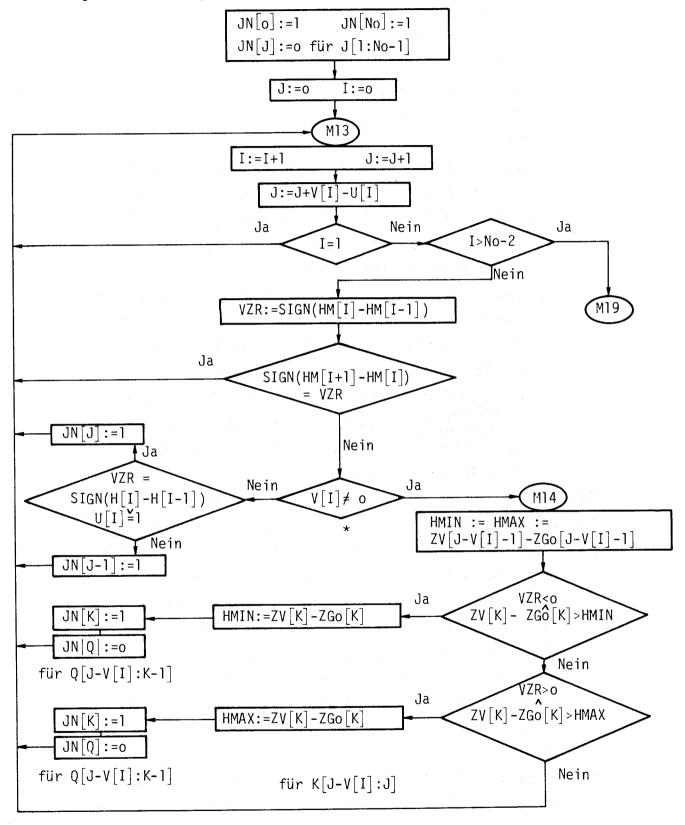
ZCH Wenn #LEER: eine grobe graphische Darstellung des Temperaturfeldes T(z,t) wird für den Stationspunkt und beim Vorliegen einer "Visur" auch für den Zielpunkt gedruckt.

2.1.2 Im Programm definierte Steuergrössen

Es werden hier nur die wichtigsten der internen Steuergrössen in ihrer Funktion kurz beschrieben (in alphabetischer Reihenfolge). JN[J] Markiert die Visur-Unterteilungspunkte (nur die durch Ge-J[o:No] lände-Eingabe festgelegten, nicht die durch Interpolation zusätzlich definierten) nach den im Abschnitt 4.5.4 beschriebenen Kriterien als Gelände-Knickpunkte. Nur für diese Punkte (JN[J] = 1, sonst JN[J] = 0) wird das Temperaturfeld TEMP(z,t) voll berechnet und daraus die Grösse 2280 $\frac{Pmm}{T^2}$ in der Formel (7b) für den Dichtegradienten direkt gefunden; für die dazwischenliegenden Visurintervalle wird 2280 $\frac{P}{T^2}$ durch Interpolation abgeleitet.

Das folgende Ablaufschema möge die etwas komplizierte Programmierung leichter verständlich machen.

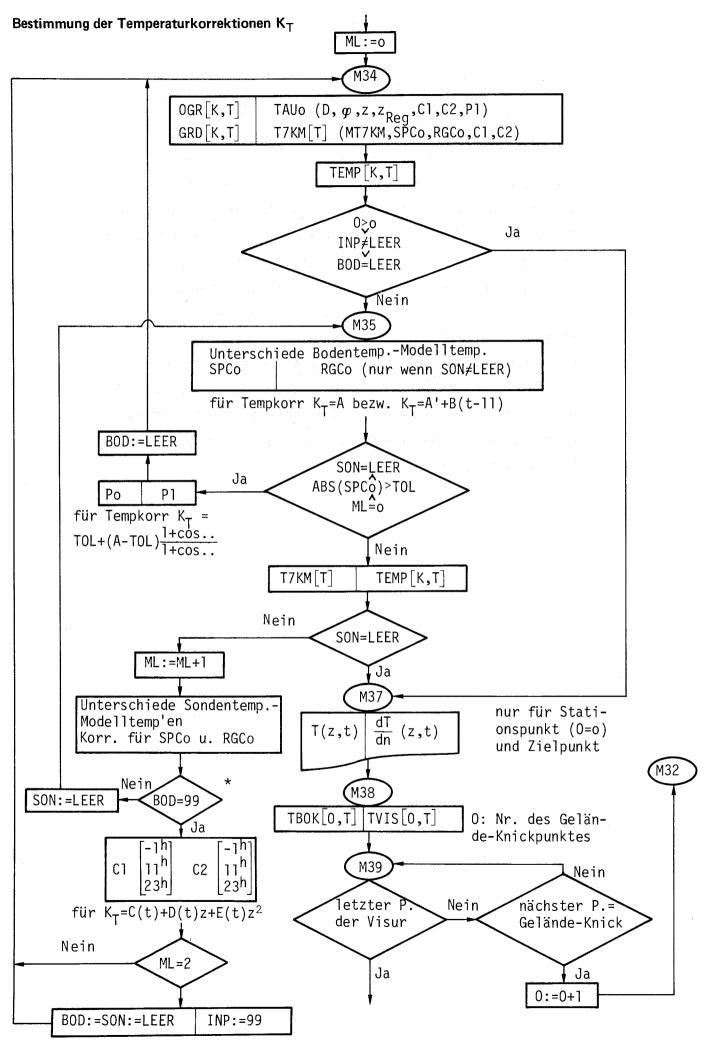
Bestimmung der Geländeknickpunkte



^{*} $V[I] \neq o$ heisst, dass im Visurintervall I (links, dh. "unterhalb" des <u>Punktes</u> I) "ursprüngliche", jetzt fallengelassene Visur-Unterteilungspunkte J lagen (Anzahl: V[I]), die als Gelände-Knickpunkte in Frage kommen könnten.

- IT Hat drei verschiedene Steuerfunktionen:
 - a) Bewirkt, dass die Variable GNEV3S[K] (Kosinus des Winkels zwischen der Geländenormalen und der z-Achse) zwar für alle Niveaus K=1, 2, ... ll (mit h = 2^K Meter über dem "mittleren" Gelände einer Station S) berechnet wird, aber nicht für alle Windstärken V_B , sondern nur für die mittlere.
 - b) Bewirkt eine einmalige Iteration des Programmteils, in welchem OGR[K,T], GRD[K,T], TEMP[K,T] berechnet werden, weil die dabei benötigte Zeitverzögerung ∆t eine Funktion der Temperaturdifferenz TEMP[K,T] -TEMP[o,T] ist, also nur iterativ erhalten werden kann.
 - c) Da die Höhen h (über Grund) der Visur-Teilstücke von der Krümmung (längs der ganzen Visur) des Lichtweges abhängen, welche im Voraus nicht bekannt ist, wird eventuell eine neue Berechnung dieser Grössen h (die erste erfolgt mit der vorläufigen Annahme: Refraktionskoeffizient k = Erdradius | Erdradius | Erdradius | Erdradius | Erdradius | Steuert diese bedingte und nur einmalige Wiederholung der ganzen Refraktionswinkelberechnung.
- MK[T] Wenn für eine Tagesstunde T die Visurunterteilung abhän- T[-5:24] gig vom Wind $V_B(t)$ nicht identisch ist mit derjenigen zur Stunde T-1, so erfolgt diese Markierung. Sie wird benötigt, um bei der über alle Stunden von o h bis T h laufenden numerischen Integration im Unterprogramm GF(Einstrahlungswinkel IN, Wetter WE, Wind WI) für jede Stunde die richtige Numerierung (Index) der Grösse IN (eigentlich des sie bestimmenden Visur-Teilstückes) zu finden (vgl. Abschnitt 4.5.3). Ferner wird sie gebraucht zur Steuerung des Resultat-Outputs, dessen Tabelle für jede Stunde auch die betreffende Visurunterteilung enthält.
- ML Diese sekundäre Steuergrösse leitet den <u>Ablauf</u> bei der Berechnung der Temperaturkorrektion $K_{\overline{1}}$ (Abschnitt 4.4.3), deren <u>Wahl</u> jedoch durch die primären, durch Eingabe festlegbaren Grössen BOD und SON bestimmt wird.

Die besonders beim Fall der Anpassung an gegebene Sondentemperaturen (bei SON≠LEER) komplizierte Programmierung wird durch das folgende, etwas vereinfachte Schema vielleicht besser verständlich. Zu beachten ist dabei, dass bei Wahl der Temperaturkorrektionsfunktion $K_T = A' + B(t-11)$ (Abschnitt 4.4.3.3) der Programmstrang (M40)einmal durchlaufen wird, um neben der Anpassung an die Bodentemperaturen im Strang (M35) auch noch eine Anpassung an die Sondentemperaturen zu erreichen, während für die Temperaturkorrektion $K_T = C(t) + D(t) + D(t)z^2$ die für die Lagrange-Interpolation nötigen Koeffizienten Cl und C2 (je für die drei Sondenaufstiege -1^h, 11^h, 23^h) in zweimaligem Durchlauf des Programmteils (M40) iterativ zu bestimmen sind: bei nur einmaligem Durchlauf würde die in (M35) bereits vorgenommene Anpassung an die Bodentemperaturen durch diejenige an die Sondentemperaturen wieder zerstört.



^{*} BOD=99 entsteht (durch das Programm) bei SON≠LEER + BOD=LEER

OUT[V] Sorgt dafür, dass die Output-Tabelle "Visur" (sofern V[o:5] überhaupt gewünscht, dh. wenn GEL=LEER) bei DAT \neq LEER, also bei Behandlung der gleichen Visur an einem andern Datum, nur noch für diejenigen Windstärken V_B ausgedruckt wird, für welche dieser Output nicht schon früher einmal erfolgt ist.

2.2 Unterprogramme (Prozeduren)

Von den - nebst den Input/Output-Prozeduren INZ,TEXT,PAGE - acht Unterprogrammen GF Formel (14), Abschn. 4.3.4

GRADIENT Formel (9)
To Formel (10)
ABLTO Formel (11)

SONNENSTAND Formel (16) (19)

SONNENSTAND Formeln (16), (19), (20)

GELAENDE Formeln (21),(22),Abschn.4.3.5.2

VEKTORPRODUKT

SKALARPRODUKT

seien im folgenden nur die beiden ersten, die eigentlichen Kernstücke des Programms TGREFR, beschrieben, da die übrigen in ihrer Aufgabe und ihrem Aufbau wohl ohne weiteres verständlich sind.

2.2.1 Unterprogramm GF (IN, WE, WI) $IN[\frac{I}{K}, T]$ WE, WI[T]

IN steht für den Kosinus des Einstrahlungswinkels der Sonne $\cos \sigma$ zur Zeit T für ein Visurintervall I oder ein "Niveau" K (2 Meter über dem betreffenden "mittleren Gelände") eines Punktes (s. Arrays INI[I,T], INS[K,T]).

WE ist der "Wetterfaktor" W (Abschnitt 4.3.4.5) und

WI ist die Windstärke $V_{\rm B}$ (Formel (30) in Abschnitt 4.3.4.5)

GF berechnet für ein Visurintervall I oder ein "Niveau" K <u>für alle Tagesstunden T</u> den Wert der Grundfunktion F(t) nach Formel (14) als Funktion der Ausgangsgrössen (Wertzuweisung ausserhalb des Unterprogramms) $IN\left[\frac{I}{K},T\right]$ und WE[T]. Die Windstärken WI[T]werden nur gebraucht, um beim laufenden numerischen Aufbau des Integralgliedes II = $k_{60} \int_{0}^{t} W(t) \left(\cos\sigma - \overline{\cos\sigma}\right) dt$ für jede Tagesstunde T jeweils die "richtige" Numerierung des gerade in

Bearbeitung stehenden Visur-Teilstückes I zu erhalten aus $KORR[WI[T^*], WI[1,2,...T^*]]$ (s. dort). Bei der Berechnung des Refraktionswinkels einer "Visur" wird nämlich, beginnend mit T=o für jedes Visurteilstück I - die Visurunterteilung entspricht dabei also der bei T=o herrschenden Windstärke WI[o]für alle T (von o h bis 24 h) der Wert FP[I,T] der Funktion F(t) in der Prozedur GF berechnet. Sobald bei einer "späteren" Stunde T=T* die Visurunterteilung nicht identisch ist mit derjenigen bei T*-1 (dh. wenn MK[T*] =1, s. "Interne Steuergrössen"), so werden für alle Visur-Teilstücke I dieser neuen Visurunterteilung die früher berechneten Werte FP[I,T] ersetzt durch eine neue Berechnung (mit der Prozedur GF) der Funktion F(t). Sie muss wegen des numerischen Aufbaus des Integralgliedes II wieder ab T=o erfolgen, also für alle Stunden T, trotzdem diese Berechnung von FP[I,T] für alle T<T* nicht mehr nötig wäre und eventuell auch für bestimmte T>T* wieder zerstört wird (sobald wieder eine Aenderung der Visurunterteilung eintritt).

2.2.2 Unterprogramm GRADIENT (F,DF,HBO,Go)

Die Parameter – alle sind REAL-Grössen – haben folgende Bedeutung: F Fundamentalfunktion F(t) nach Formel (14), an der Stelle t- Δ t DF Aenderung von F im Stundenintervall ENTIER(t- Δ t) bis ENTIER(t- Δ t) + 1.

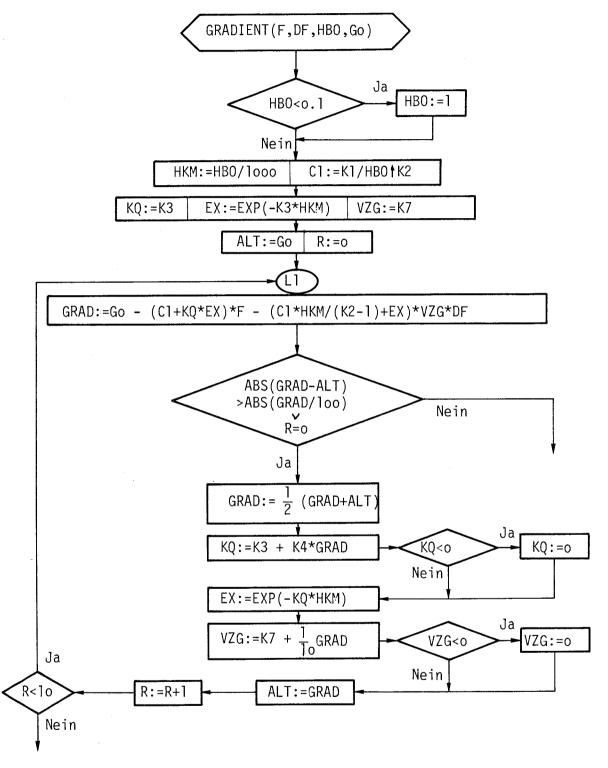
HBO Höhe h (in Meter) über dem "mittleren Gelände" für die Dämpfungsfunktion H(h) (Abschnitt 4.3.5)

Go "Standard"wert $\frac{dTo}{dz}$ des Temperaturgradienten nach Formel (11) (Abschnitt 4.3.3), mit Korrektionen, die sich eventuell aus denjenigen Temperaturkorrektionen K_T ergeben, welche Funktionen von z sind (Abschnitt 4.4.3).

Die Prozedur GRADIENT berechnet für eine Tagesstunde t und die Höhe h über Grund den Betrag* des Temperaturgradienten $\frac{dT}{dh}$ nach Formel (34) (Abschnitt 4.3.5.3). Da der Dämpfungsfaktor k^2 und die Verzögerung $\frac{\Delta t}{dh}$ nach (33) bezw. (35) die Kenntnis von $\frac{dT}{dh}$ erfordern, kann $\frac{dT}{dh}$ nur iterativ berechnet werden. Die Ausgangswerte für diese Iteration, ihr Ablauf und ihr Abbruch mögen aus dem folgenden Schema ersichtlich werden.

^{*} Die <u>Richtung</u> dieses Vektors fällt nach Abschnitt 4.3.7 in die Normale zur Ebene des "mittleren" Geländes.

Unterprogramm GRADIENT



2.3	Konstanten	s.Abschnitt (in Teil I)
C7	o.ool*K7 (s. dort): Zeitverzögerungsfaktor in h/m zur Berechnung von ∆t nach (35b)	4.3.6
HO,HU	Zur Festlegung der Meereshöhen \mathbf{z}_{G} und \mathbf{z}_{W} des "Anfangs"- und des "Wende"punktes der Temperaturkorrektionsfunktion	4.4.3.5
	$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{G} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$	
	durch Eingabe (auf der "Steuerkarte") wählbare	
	Höhen dieser Punkte über dem "mittleren Gelände"	
	von 32 km Seitenlänge. Wenn die entsprechenden	
	Felder blank gelassen werden, so setzt das Pro-	
	gramm: HU=o HO=2000.	
Ко	Der Koeffizient k_0 in Formel (25) für die "Abstrahlungsgrösse" a(t); wird als Reduktion des	4.3.4.3
	Wetterfaktors W(t) in der Form $\frac{W}{1 + k_0 W}$ berücksichtigt.	4.3.4.5 Bem. e)
K1, K2	Die Koeffizienten k_1 und k_2 in der Dämpfungsfunktion $H(h)$ nach Formel (31a)	4.3.5.1
K3, K4	Koeffizienten in der Formel (33) für den Dämpfungsfaktor k^2 in der Funktion $H(h)$.	4.3.5.3
K5, K6	Koeffizienten k_5 - in Formel (25) - und k_6 in der Fundamentalfunktion F(t) nach (14).	4.3.4
K7	Koeffizient in der Formel (35) für die Verzögerung Δt .	4.3.6
К8	Koeffizient k_8 im Reduktionsfaktor $c_8 = 1 - k_8 V_B$ für das Integralglied II in F(t)	4.3.4.4 am Ende
ΤO	$\pi = 3.14159$	
ΡΙ		
OHR	$\pi/180$	
RH0	$180/\pi$	

TOI. Durch Eingabe (auf der "Konstantenkarte") festzulegender Wert für die Grösse TOL in der Temperaturkorrektionsfunktion

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$$

Wo...W3 Koeffizienten in der Formel (28a) für den "Wetterfaktor" W(t):

4.3.4.5

 $W = W_0 - W_1 (B + 4B^2) - W_2 E_{mm} - W_3 V_{km/std}$ Wenn keine Eingabe (auf der "Konstantenkarte") erfolgt, so setzt das Programm:

Wo=20 W1=3 W2=
$$\frac{1}{2}$$
 W3= $\frac{1}{3}$

Die Zahl 2 im Kriterium (48) für die Notwendigkeit Z1 der Unterteilung eines Visurintervalles. Wird vom Programm als 2 gesetzt, wenn aber durch die Unterteilungen zu viele (mehr als 19) Intervalle entstehen, so wird Z1=3 gesetzt.

4.5.3

Im Programm TGREFR enthalten, gleichsam versteckt, sind naturlich noch weitere Konstanten, z.B. 1 (wenn kein "eigentlicher" Koeffizient bei einer immerhin verwendeten Variablen steht) oder o (wenn eine denkbare Verwendung irgend einer physikalischen Grösse nicht vorgenommen wurde). - Nicht durch Eingabe wählbar, aber natürlich im Programm änderbar, sind die folgenden Konstanten:

Die Konstanten in den Näherungsformeln für die Herleitung der Formeln (7a) und (7b) für $\frac{1}{n}$ grad n 4.2

4.3.3 für das Datum DI als Jahresbruch nach (12) 4.3.4.2 für die Zeitgleichung ET nach (17) 4.3.4.2 für die Deklination δ_{ς} der Sonne nach (18) 4.3.3. für die Standardtemperatur T_0 nach (10) für den Standardwert E_{ς} des Dampfdruckes nach (29) 4.3.4.5

	für die	Umrechnung der Windgeschwindigkeiten	
	V _B ←	V _{km/std} nach (30)	4.3.4.5
		Umkreis b des "mittleren Geländes"	1252
	nach		4.3.5.2
		Herleitung der tolerierbaren Visurlänge:	4 5 2
		eln (48a) oder (48b)	4.5.3
		Berücksichtigung der Refraktion bei der	
	Bered	chnung der Visurhöhe nach (50b)	4.5.5
	für die	fortlaufende Berechnung des Luftdruckes	
		/isurhöhe nach (51)	4.5.5
	der Fakt	tor 1/10 bei der Temperaturdifferenz T ^h	
		er Formel (35) für ∆t	4.3.6
	die Kons	stante c ₅ in Formel (25), für welche das	
		ramm 0.015 oder 0.010 setzt	4.3.4.3
		l noch an verschiedenen andern Stellen.	
2.4	<u>Variable</u>	2	
2.4.1	INTEGER		
	DI	Datum, ausgedrückt in ^O als Bruchteil des	
		Jahres (1 Jahr = 360°) nach (12)	4.3.3
	EFF	Im Unterprogramm GELAENDE: Exponent E der	
		Zahl 2 zur Festlegung der Seitenlänge b des	
		für das "mittlere Gelände" benützten Gebie-	
		tes nach (21)	4.3.4.2
	EXPO	Exponent der Zahl 2 zur Festlegung des "Niveaus" K (h = 2^K Meter über dem "mittleren" Gelände) eines Visur-Teilstückes für die Auswahl des zugehörigen TAUoK $[0,EXP0]$ (s.dort)	
	FST, F2	Die beiden Windstärken, für welche die Um- rechnungsgrösse KORR[FST,F2] berechnet wird (für die Zuordnung der beiden – eventuell ver- schiedenen – Visurintervall-Numerierungen bei Windstärke FST und F2)	4.5.3 am Ende

J wenn benützt als Nummer (Index) für diejenigen Visur-Unterteilungspunkte, die durch die Eingabe des digitalen Geländemodells festgelegt sind, so wird zur Numerierung I der endgültigen Visurunterteilung die folgende laufend aufgebaute (beginnend mit I = J = ofür den "Stationspunkt") Beziehung zwischen I und J benützt:

4.5.3
aber auch
bei der
Programmierung
von 4.5.4
von Bedeutung:
s.JN[J]

I:=I+1 J:=J+1 J:=J+V[I]-U[I] (Bedeutung von V[I] und U[I] s. dort) Die durch Interpolation neu entstandenen Visurunterteilungspunkte erhalten damit das J des nächst"tiefern" ursprünglichen (durch Eingabe festgelegten) Visurpunktes.

- MT Monatszahl: Januar = 1 ... Dezember = 12, benützt zur Berechnung von DI nach (12)

4.3.3

MFS Gemittelte - von -5^h bis 24^h - Windstärken MFM (in halber Beaufort-Skala) des Visurdrittels beim Stationspunkt S, des mittleren Drittels und desjenigen beim Zielpunkt Z (s. F,FM,FZ).

No Anzahl der Visur-Unterteilungs<u>punkte</u>, für welche digitale Geländeinformation eingegeben wurde (inbegriffen Stations- und Zielpunkt der Visur); die Anzahl der "ursprünglichen" Visur<u>intervalle</u> (ohne Unterteilungen und Zusammenfassungen) ist also No - 1.

- 4.5.4
- Numerierung der Gelände-Knickpunkte einer "Visur": 0 = o für den Stationspunkt, dann Zwischen-Knickpunkte (maximal 6) fortlaufend numeriert und letzter Wert von 0 für den Zielpunkt
- S.. Oft Bezeichnung für "Summe" (der durch die nachfolgenden Zeichen bezeichneten Grössen)

	TG	"Tag": Bürgerliche Tagesnumerierung innerhalb jedes Monats; verwendet in der Formel (12) für das Datum DI	4.3.3
	TZ TVZ	ENTIER(t-Δt) { im Programmstück M34 im Programmstück M50 im Programmstü	4.3.6
		Tagesstunde vor dem Zeitpunkt (t- Δt), zu welchem der Ausdruck (9) zu berechnen ist bei der Berechnung von $\frac{dT}{dh}$ (z,t)	4.3.1
	V ZR	"Vorzeichen rückwärts" bei der Festlegung der Gelände-Knickpunkte, s. JN[J]	
2.4.2	REAL A	Standard-Temperatur T $_{0}$ bei der Berechnung von	s.Abschnitt (in Teil I) 4.3.4.3
		$K5K = K5 + 0.015*\Lambda \text{ nach (26)}$	
	AZA,AZU	Azimut der Sonne bei Aufgang bezw. Untergang	
	AZS	Azimut $\alpha_{\rm S}$ der Sonne (Süd-Azimut), nur zwischen Auf- und Untergang und nur zu vollen Stunden	4.3.4.2
	В, Во	Hilfsgrössen (in M44 bezw. M50)	
	С	$\cos \sigma$ (eigentlich $\cos \zeta$): Mittelwert - über 24 Stunden - von Kosinus der Zenitdistanz der Sonne	4.3.4.4
	CGS	cosσ: Kosinus des Winkels zwischen Richtung zur Sonne und Normaler zum "mittleren Gelände" für ein Visurteilstück I (s. INI[I,T])	4.3.4.2
	D1, D2	s[i] bezw. & - s[i] bei der Berechnung der Meereshöhe eines Visurteilstückes nach (50b)	4.5.5
	DF	Zur Interpolation der Windstärke V (oder F) zwischen zwei Eingabe-Werte (in der Prozedur GRADIENT auch: $\frac{dF(t)}{dt}$)	
	DW	Zur Interpolation des "Wetterfaktors" W zwi- schen zwei durch Eingabe (von Bewölkung, Wind, Dampfdruck) bestimmte Werte	
	DT	Zeitverzögerung ∆t nach (35b)	4.3.6

```
DX,DY,DZ Koordinatendifferenzen zwischen Stations-
        und Zielpunkt einer Visur
        Ableitung \frac{dF}{dt} der Fundamentalfunktion F(t)
DFS
                                                               4.3.4.1
DFP
        (dF = \Delta F \text{ pro } 1^h) \text{ für Formel } (9):
        DFS für einen Punkt ("Station" S)
        DFP für ein Visurintervall I
        Deklination \delta_{	extsf{c}} der Sonne nach der Näherungs-
DKS
                                                                4.3.4.2
        formel (18)
DPR
        Projektions-Distanz Standpunkt - Zielpunkt
        einer "Visur"
        1.) Die Grösse \delta(D,z) = \delta_{S|D-30-2z} nach (10)
DSZ
                                                               4.3.3
             in der Prozedur ABLTo
        2.) Das aus "Zusammenfassung" entstehende neue
             Visurintervall DS (bei (M17))
DTZ
        Der Stundenbruchteil der Verzögerung ∆t:
         DTZ = (t-\Delta t) - ENTIER (t-\Delta t)
        DSZ \frac{\ell-s}{\varrho} s. DSZ
DSZR
        Höhendifferenz ∆z (Meereshöhen) von Mitte eines
DZMM
        Visurteilstückes bis Mitte des folgenden Inter-
                                                                4.5.5
        valles in Formel (51)
        Für die Lagrange-Interpolation bei der Tempe-
D1C1
D1C2
        raturkorrektion K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2
D2C1
D2C2
        benützte Hilfsgrössen
        Refraktionswinkel \delta auf Instrumentenhöhe IH
DELTA
        im "Stationspunkt" einer Visur, berechnet
        nach (45) als Summe der Beiträge DELTAI[I]
                                                                4.5.2
        aller Visurteilstücke I
                                                                4.3.4.2
ET
        Zeitgleichung nach der Näherungsformel (17)
        Mittlerer Dampfdruck (längs der ganzen Visur)
ЕМо
        für Formel (51), berechnet als \frac{1}{2}(ESo-EZo),
                                                                4.5.5
ESo
         den durch Eingabe gegebenen Werten für den
EZo
        Stationspunkt und Zielpunkt. Wenn ESo und
```

ESS EZS	EZo fehlen, werden dafür die Standardwerte ESS und EZS, berechnet nach (29), eingesetzt	4.3.4.5
EVL	Eingegebene Visurlänge: auf der letzten "Ge- ländekarte" einer "Visur" als Abstand S[No-1] des letzten Punktes (Zielpunkt) vom Nullpunkt (Stationspunkt) eingegebener Wert	
FI	Geographische Breite, einzugeben auf der "Stationskarte" in Grad sexagesimal	
FR	Die "Frequenz" $\pi \frac{1}{z_{G} - z_{W}}$ der sinusförmigen Temperaturkorrektion	4.4.3.5
	$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}})$	
FPI FSI	Der für einen nicht mit einer vollen Tagesstunde zusammenfallenden Zeitpunkt $(t-\Delta t)$ interpolierte Wert der Grundfunktion $F(t-\Delta t)$ auf Visurhöhe für ein Profilstück I oder auf einem "Niveau" 2^K über einer "Station" S	
Grad	Der Betrag des Temperaturgradienten als Resul- tat des Unterprogrammes GRADIENT	
HGR	1) 2 ^K (K=1,2 11): Höhe über Grund ("mittleres" Gelände) der "Niveaus", für welche der Temperaturgradient über einer "Station" berechnet wird.	4.4.2.1
	2) "Höhen"gradient (genauer: Höhenkrümmung) nach Formel (3) $\varkappa_{V} = \frac{1}{n}$ grad $n \cdot \vec{V}$ \vec{V} : Vektor \perp zur Visur in der Vertikalebene durch den Stationspunkt S	4.1
НММ	Die bei der Zusammenfassung zweier Visurintervalle sich ergebende mittlere Höhe \overline{h}_{m} des zusammengefassten neuen Intervalles	4.5.3
HLI	Halbe Länge eines Visurintervalles I: $\frac{1}{2}$ LI[I, V_B [T]]	

НТВ	Halber Tagbogen der Sonne = $\frac{12}{\pi}$ · 2arctg $\sqrt{\frac{\cos(\varphi-\delta)}{\cos(\varphi+\delta)}}$ (in Stunden) zur Berechnung der Zeiten $\sqrt{\frac{\cos(\varphi-\delta)}{\cos(\varphi+\delta)}}$ von Sonnenauf- und -untergang	<u>s)</u>
HMAX HMIN	Hilfsgrössen bei der Festlegung der Gelände- Knickpunkte (vgl. JN[J] bei "Steuergrössen" und das dazugehörige Ablaufschema)	
IH	Instrumentenhöhe: Höhe (über der Gelände-Meereshöhe ZGo $[o]$ des Stationspunktes S der Visur) desjenigen Punktes, für welchen der Refraktionswinkel δ berechnet werden soll	
KQ	Der Dämpfungsfaktor $k^2 = k_3 + k_4 \cdot \frac{dT}{dh}$ (33) in der Dämpfungsfunktion H(h); Resultat der Prozedur GRADIENT	4.3.5.3
KGS	Wie CGS (s. dort), aber für ein "Niveau" 2 ^K über dem "mittleren" Gelände eines <u>Punktes</u> (s. INS[K,T])	4.3.4.2
KRF	Krümmungsfaktor 2280 $\frac{\text{Pmm}}{(T_{abs})^2}$ nach (7b) für ein Visur-Teilstück	4.2
KZS	Kosinus der Zenitdistanz der Sonne nach (19) $\cos \zeta_S = \sin \varphi \sin \delta_S + \cos \varphi \cos \delta_S \cos s_S$	4.3.4.2
K5K	Die "Abstrahlungsgrösse" a = k ₅ +0.015T ₀ nach (26)	4.3.4.3
KRIP KRID	Krümmungen $\frac{1}{r_i}$ (provisorisch und definitiv) des Lichtweges in einem Visur-Teilstück I; provisorisch: für die laufende Berechnung zur Stunde t übernommen von der bereits berechneten Stunde t-l	4.5.2
LA	Geographische Länge des Stationspunktes einer Visur; einzugeben auf der "Stationskarte" in Grad sexagesimal, negativ bei Längen östlich von Greenwich!	

Mitteleuropäische Zeit; externer Parameter für

das Unterprogramm SONNENSTAND

MEZ

ММН	Die Streuung m $_{\overline{h}}$ des neuen, zusammengelegten Visurintervalles bei der Zusammenlegung zwei- er "ursprünglicher" Visur-Teilstücke	4.5.3
MTK	Mittlere Temperaturkorrektion = Summe aller n Differenzen beob. Bodentemp Modentemp	delltemp.
	n	
MEZA MEZM MEZU	Mitteleuropäische Zeit für Sonnenaufgang, Wahren Mittag, Sonnenuntergang MEZM = 12 - ET + LA + 1 MEZA = MEZM - HTB MEZU = MEZM + HTB	
MTBOS MTBOZ MT7KM	Nach (10) berechnete Standardtemperaturen ^T o für die Boden-Meereshöhe von Stations- und Zielpunkt bzw. für die Meereshöhe 7000 m	4.3.3
NES NNS	Mittlere Neigung nach Osten (E) bezw. nach Norden (N) der aus dem digitalen Gelände- modell abgeleiteten Ebene des "mittleren" Geländes, berechnet nach (22) im Unterpro- gramm GELAENDE	4.3.4.2
NEMM NNMM	Neigungen des "mittleren" Geländes für ein aus Zusammenfassung entstandenes Visurstück.	4.5.3
PF	Pfeilhöhe, für den "untern" Begrenzungspunkt eines Visurintervalles, rekursiv berechnet nach Formel (42) aus derjenigen des voran- gehenden Visur-Unterteilungspunktes	4.5.2
Po	$(A-TOL) = \frac{1}{1+\cos\pi z_{G}-z_{W}} $ für die Temperatur- korrektion $K_{T}=f(z)$	4.4.3.5
PΊ	$-Po\frac{\pi}{(z_G-Z_W)_{km}} \mbox{ für die aus der } \mbox{Temperaturkor-} \\ \mbox{rektion } \mbox{K}_T=f(z) \mbox{ sich für den} \\ \mbox{Temperaturgradienten} \mbox{ ergebende} \\ \mbox{Korrektion} $	
PST PZT	Durch Eingabe auf der "Stationskarte" festzu- legende Luftdrucke auf dem Stationspunkt (bei	

	Vorliegen einer "Visur": obligatorisch!) und dem Zielpunkt (fakultativ)	
PINT PVOR	Luftdruck bei der Mitte eines Visurintervalles, rekursiv berechnet nach (51) aus demjenigen des vorangehenden Intervalles (PVOR), benötigt zur Berechnung des "Krümmungsfaktors" KRF	4.5.5
RK -	Regressionskoeffizient der Regressionsgeraden durch die Punkte: (beobachtete - gerechnete Bodentemperaturen), (beobachtete - gerechnete Sondentemperaturen) über den Tagesstunden t; genauer: Beitrag eines Durchlaufs (bei iterativer Berechnung) zum definitiven Regressionskoeffizienten RGCo = B in der Temperaturkorrektion	
	$K_{T} = A' + B(t-11)$	4.4.3.3
RVZ	Wie DTZ: Stundenbruchteil der Verzögerung ∆t aber für ein Visur-Teilstück (nicht für ein "Niveau" K)	4.3.6
RO	Winkel zwischen der Sehne Stationspunkt-Ziel- punkt und der Lichtweg-Tangente einer "Visur", berechnet rekursiv nach (41) aus demjenigen des "untern" Begrenzungspunktes eines Visurinter- valles für denjenigen der "obern" Grenze	4.5.2
ROMP ROMD	Provisorischer und definitiver Wert des Tangenten-Sehnenwinkels einer Visur (s.RO), für die <u>Mitte</u> eines Visurintervalles	
SD	Summe der Differenzen (beobachtete – gerechnete Boden- und Sondentemperaturen) zur Berechnung der Temperaturkorrektionen $K_{\mbox{\scriptsize T}}$	4.4.3
SH	"Signalhöhe": Höhe (über der Meereshöhe ZGo des Zielpunktes) des "Ausgangspunktes" der Lichtstrahlen einer "Visur"	
SP	Schwerpunkt der Regressionsgeraden (s. RK), genauer: <u>Beitrag</u> eines Durchlaufes bei itera-	

SPCo	tiver Berechnung an den definitiven Wert SPCo, aus dem die konstanten Terme der Temperatur-korrektionen $K_T=A$, $K_T=A'+B(t-11)$, $K_T=TOL+(A-TOL)$ abgeleitet werden	4.4.3
SBZ	Kontrollgrösse zur Feststellung, ob die beiden "Wetterkarten" des Zielpunktes blank sind, d.h. keine Wetterangaben (Bewölkung, Wind, Dampfdruck) für den Zielpunkt durch Eingabe festgelegt sind	
SCZ	Summe der Kosinus der Zenitdistanz der Sonne (nur zu den vollen Tagesstunden MEZ und nur für $\zeta_S^{\leq 90^{\circ}}$), zur Berechnung des Mittelwertes $\overline{\cos \zeta_S}$ über 24 Stunden (s.C)	4.3.4.4
SGR	"Seiten"gradient (genauer: Seitenkrümmung) analog definiert wie HGR nach (3) als $\varkappa_{S} = \frac{1}{n} \operatorname{grad} n \cdot \vec{s}$ $\vec{s} = \operatorname{Vektor} \bot \operatorname{zur} \operatorname{Vertikalebene} \operatorname{des} \operatorname{Stations-punktes} \operatorname{und} \bot \operatorname{zur} \operatorname{Visur}$	4.1
STD	Summe t _i d _i d _i = Differenzen (beobgerechn. Boden- und Sondentemperaturen)	
S1DR S2DR	zur Bestimmung der Ausgleichsgeraden (s.RK) Drittelspunkte einer "Visur"	
TI	Temperatur in Visurhöhe für die Mitte eines Visurteilstückes	
ТМ	Durchschnitt derjenigen Tagesstunden t, für welche beobachtete Boden- und Sondentempera- turen vorliegen	
TBI	Bodentemperatur (Modelltemperatur) für die Mitte eines Visur-Teilstückes	
TIV	Temperatur (in Visurhöhe) des dem Intervall I vorangehenden Intervalles	
TKA TKN	Temperaturkorrektionen K _T zweier aufeinander- folgender "Niveaus" über einem Punkt; für die	

	Berechnung der entsprechenden Korrektion am Standard-Temperaturgradienten $\frac{dT_0}{dh}$	
TAUo	"Grundwert" des Temperaturgradienten, d.h. der unabhängig von der Tages-Ein- und Abstrahlung bestehende Temperaturgradient:	
	in der Prozedur ABLTo nach (11) berechneter Wert $\frac{dT_0}{dh}$ + allfällige Korrektionen, die aus den Temperaturkorrektionen	4.3.3
	$K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$ und	4.4.3.4
	$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$	4.4.3.5
	hervorgehen	
TMMM	Die für die Berechnung des Luftdruckes PINT für die Mitte eines Visurintervalles aus demjenigen des vorangehenden Intervalles	
	nach (51) benötigte mittlere Temperatur $T_{\mbox{\scriptsize M}}$ der betreffenden Höhenstufe Δz	4.5.5
TAUo12	Standard-Temperaturgradient zwischen der obersten "Obergrenze" ORG[11,T] und der Höhe 7000 m.ü.M.	4.4.2.2 4.4.2.3
٧Z	Verzögerung Δt , gültig für ein Visur <u>intervall</u> (entspricht der Grösse DT im Falle eines "Niveaus" über einem <u>Punkt</u>)	4.3.6
WKGF	"Wirkungsfaktor": $\frac{\ell - s_i}{\ell} \Delta s_i$ des Einflusses der Krümmung κ_i auf den Refraktionswinkel δ nach Formel (45)	4.5.2
XS, YS XZ, YZ	Ebene Projektionskoordinaten des Stations- und Zielpunktes einer Visur	
ZM	 Variable in den Prozeduren To und ABLTo Meereshöhe der Mitte eines Visurintervalles, berechnet nach Formel (50b) 	4.5.5

ZS, ZZ Meereshöhen des Stations- und des Zielpunktes einer Visur

ZDS Zenitdistanz der Sonne; Resultat des Unterprogrammes SONNENSTAND nach (19). 4.3.4.2

ZGR Meereshöhe z_{G} des obern "End"- (oder "Anfangs"- 4.4.3.5 punktes der Temperaturkorrektion

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$$

definiert durch HO (s. dort)

ZMV Meereshöhe der Mitte des Visurintervalles, welches dem gerade interessierenden vorangeht

ZNS <u>Meeres</u>höhe eines Punktes, dessen <u>Höhe über</u>
<u>Grund</u> (d.h. dem "Mittleren" Gelände) 2^{EXP} Meter
beträgt: Resultat der Prozedur GELAENDE(L,EXP);
gespeichert im Array ZNo[K,T]

ZWP Meereshöhe z_W des untern "End"punktes (genau- 4.4.3.5 er: des Wendepunktes) der sinusförmigen Temperaturkorrektion

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{C} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$$

definiert durch HU (s.dort)

Z12 Meereshöhe der Mitte des obersten Höhen-Inter- 4.4.2.2 valles (von OGR[11,T] bis 7000 m.ü.M.) 4.4.2.3

ZREG Durch Eingabe (auf der "Stationskarte") fest- 4.3.3 legbare Meereshöhe (in Meter) für ein gross-räumiges, regionales "mittleres Gelände" zur Berechnung der Standard-Temperatur Tonach (10)

ZSIH Meereshöhen des Anfangspunktes (beim Stati-ZZSH onspunkt) und des Endpunktes (beim Zielpunkt) des Lichtweges, für den der Refraktionswinkel δ zu berechnen ist (vgl. IH und SH)

Nur im Programmteil (M40) (SON ≠ LEER) definierte Grössen: s.Abschnitt INTEGER: (in Teil I) Index K der unteren Grenze des zum "Niveau" K KII 4.4.2.2 (Höhe h = 2^K Meter über dem "mittleren" Gelände) gehörenden Höhenbereiches (vgl. OGR[K,T]) REAL: C1P Teilbeiträge eines einzelnen Durchlaufs bei C2P der iterativen Berechnung der Koeffizienten C1[M], C2[M] (s. dort) Summen der z^2 , z^3 , z^4 (z = Meereshöhen derSZ2 SZ3 Sondentemperaturen) für die Berechnung der SZ4 bestanschliessenden Parabel(z) für die Temperaturkorrektion $K_{\tau} = C + Dz + Ez^2$ 4.4.3.4 Summen der z·d, z^2 ·d (d = Differenzen **SZABS** SZZABS Sondentemperaturen - Modelltemperaturen) für die Berechnung der bestanschliessenden Parabel 1 s.Abschnitt INTEGER ARRAYS (in Teil I) Bewölkungsgrad, in Achteln, durch Eingabe B8[T] B8Z [T] (auf dem "Wetterkarten"-Paar) festzulegen: [-5:24] für Tagesstunden T, für welche keine Eingabe vorliegt, erfolgt keine Interpolation durch das Programm; für diese Stunden T wird jedoch der "Wetterfaktor" W[T] durch Interpolation bestimmt (s.dort) 4.3.4.5 Dampfdruck, in mm Hg, für Stationspunkt S und eventuell (fakultativ) Zielpunkt Z. Es [-5:24] erfolgt wie bei B8 und B8Z keine Interpolation (nur die Wetterfaktoren W[T]werden interpoliert), wenn jedoch für $T=-5^h$ und 24^h kein Wert für den Dampfdruck eingegeben wird, so setzt das Programm für alle Stunden T von -5^h bis 24^h den nach Formel (29) berechneten 4.3.4.5 am Ende

Standardwert für den Dampfdruck E(t) ein; er

2.4.3

darf dann also für <u>alle</u> Stunden auf der "Wetterkarte" fehlen. Umgekehrt muss ES (oder EZ), wenn bei -5^h <u>oder</u> 24^h vorhanden, unbedingt auch für alle diejenigen Stunden T eingegeben werden, für welche B8[T] (oder B8Z[T]) \neq blank ist, weil sonst der Wetterfaktor W[T] mit dem Wert o für den Dampfdruck berechnet wird. (s. Bemerkung bei W[T])

EX[I] Zweiter Index in den Arrays ZGl ... ZG4, ZG[I,EX[I]]:

[o:NI-1] Exponent der Zahl 2 bei der Festlegung der max.20 Seitenlänge b des "mittleren" Geländes nach (21), wobei für b die nächstliegende Potenz 4.3.4.2 von 2 zu wählen ist

EXMAX[J] Grösster und kleinster Exponent EXP der EXMIN[J] Zahl 2 für die Seitenlänge 2^{EXP} = b des

[o:No-1] "mittleren" Geländes bei der Eingabe des ≤20 digitalen Geländemodells

F[T] Windstärken V(t) für Stationspunkt, VisurFM[T] mitte M und Zielpunkt Z einer Visur; bei der

[-5:24] Eingabe (auf dem "Wetterkarten"-Paar) und
bei der Berechnung der Wetterfaktoren W(t)
nach (28): in km/std, später transformiert
mit (30) in halbe (sechsteilige) Beaufort-

nach (28): in km/std, später transformiert mit (30) in halbe (sechsteilige) Beaufort-Werte $V_{B}(t)$. Für die Stunden T, für welche keine Eingabe vorliegt, erfolgt keine Interpolation

4.3.4.5

KORR[V1,V2] Umrechnungszahl zwischen den Numerierungen 4.5.3 am Ende $\begin{bmatrix} 0:5 \end{bmatrix}$ (Indizes) eines Visurabschnittes bei verschiedenen Windstärken V_1 , V_2 .

NI[V] Die von der Windstärke $V_B(t)$ abhängige Anzahl 4.5.3

[0:5] der Visur-<u>Unterteilungspunkte</u> (inklusive Stations- und Zielpunkt); Anzahl der Visur-<u>Intervalle</u> also NI[V[T]] - 1

Anzahl der beobachteten Sondentemperaturen, NS[M] je für die drei Sondenaufstiege "o" (-1^hMEZ) "]" (11^h) , "2" (23^h) . - NS maximal = 11 "o", wenn der Visur-Unterteilungspunkt I - und 4.5.3 U[I] damit das "unterhalb" gelegene Visur-Intervall $[o:NI-1]_{\Delta S_i}$ - "ursprünglich", d.h. durch Eingabe von Daten des digitalen Geländemodelles festgelegt ist "l", wenn der Punkt I durch "Einschaltung" zwischen "ursprüngliche" (oder selbst schon interpolierte) entstanden ist "o", wenn im Visur-Intervall Δs_i ("unterhalb" 4.5.3 V[I] des Unterteilungspunktes I) kein "ursprüngli-[o:NI-1] cher" Unterteilungspunkt J infolge "Zusammen-[≤]20 fassung" fallengelassen worden ist "z", wenn im Intervall Δs_i eine Zahl z von "ursprünglichen" Punkten J bei der definitiven Visurunterteilung aufgegeben worden ist Die bei vorliegenden Eingabewerten für Bewölkung B, Dampfdruck E und Windstärke F (V_{km/std}) nach (28) berechneten, sonst dazwischen inter-4.3.4.5 polierten "Wetterfaktoren" W(t) für Stations-[-5:24] punkt, Visurmitte und Zielpunkt. - Nur wenn B8[T] ≠ blank (Bewölkung, s.dort) erfolgt Berechnung von W[T]; bei B8[T] = blank wird W(T)interpoliert. Wenn also B8[T] # blank, so müssen für diese Stunde T auch die Windstärke F[T] und der Dampfdruck E[T] durch Eingabe festgelegt sein, d.h. die betreffenden Stellen nicht blank sein (wohl aber ev. o), da sonst für diese Grössen der Wert o verwendet wird bei der Berechnung von W[T] (betr. Dampfdruck s. aber Bemerkungen bei ES, EZ[T])

2.4.4 REAL ARRAYS

s.Abschnitt
(in Teil I)

- AZ[T] Azimut der Sonne (von Süd über West) in Grad
 sexagesimal, nach (20) berechnet (in arcus) im 4.3.4.2

 [-5:24] Unterprogramm SONNENSTAND
- Co [M] Die Koeffizienten der Temperaturkorrektion C1 [M] C2 [M] $K_T = C_0 + C_1 z + C_2 z^2$ bei Anpassung an Sonden- 4.4.3.4 (und Boden-)temperaturen für einen der drei
- [0,1,2] Sondenaufstiege (M = o für -1^hMEZ, M = 1 für 11^h, M = 2 für 23^h), d.h. die "Stützwerte" für die Lagrange-Interpolation der dazwischenliegenden Tagesstunden t; werden, wegen der Anpassung auch an die zwischen den Sondenterminen liegenden Bodentemperaturen, iterativ berechnet
- C1I[T] Die nach Lagrange für beliebige Tagesstunden C2I[T] t aus C1[M], C2[M] interpolierten Koeffizienten C2I[T] ten C2I[M] ten C2I[M]
- CAS[T] Kosinus des Azimutes der Sonne [-5:24]
- CZS[T] Kosinus der Zenitdistanz der Sonne, berech[-5:24] net nach (19) in der Prozedur SONNENSTAND

Die im folgenden auftretenden Indizes I laufen stets zwischen o:NI-l wenn es sich um Punkt-Grössen, zwischen l:NI-l wenn es sich um Intervall-Grössen handelt.

- D[I] Abszissen der definitiven Visur-Unterteilungspunkte I; Anzahl: NI[F[T]] (vgl. S[I])
- DH[I] Höhenerstreckung Δh_i und Länge Δs_i (in der 4.5.3 Projektionsebene) eines Visur-Teilstückes I
- DSR[I] "Reduzierte" Intervall-Länge $\Delta s_i = \frac{\ell s_i}{\ell}$ für 4.5.2 die Formel (45)

DELTAI[I] Teilbeitrag $\frac{\ell - s_i}{\ell} \Delta s_i \varkappa_i$ des Visurintervalles Δs_i zum Refraktionswinkel δ nach (45)	4.5.2
[1:NI-1	Wert der Fundamentalfunktion F(t) für ein Visurintervall I zur Tagesstunde T, berech- net im Unterprogramm GF	
	Wert der Fundamentalfunktion F(t) für ein "Niveau" K (2 ^K Meter über dem "mittleren" Gelände) über einer "Station" S zur Stunde T; Resultat des Unterprogrammes GF	
	Die Werte der Fundamentalfunktion F(t), be- rechnet im Unterprogramm GF und abgespei- chert nach FP oder FS	4.3.4
GRD[K,T] [1:11] [0:24]	Wert der in die z-Achse fallenden Komponente $\frac{dT}{dz}$ des Temperaturgradienten auf dem "Niveau" K in der Höhe h = 2^K Meter über dem "mittleren" Gelände; gültig (d.h. als konstant angenommen) in der ganzen Höhenstufe zwischen ORG[K-1,T] und OGR[K,T] (s. dort); Resultat der Prozedur GRADIENT	4.4.2.2
GNEV2 GNEV3	,V _B] Die drei Komponenten (X,Y : Achsen des verwendeten ebenen Projektionssystems, Z: normal zu dieser Projektionsebene) des Einheitsvektors der Geländenormalen, d.h. der Normalen zur Ebene des "mittleren" Geländes; Index I: Index des Visurteilstücks der definitiven Visurunterteilung; Index V _B : Windstärke, welche diese Visurunterteilung bestimmt	
GNEV3S[[-1:11]	K] Die z-Komponente des Einheitsvektors der Geländenormalen, aber nicht für ein Visur- Teilstück, (vgl. GNEV3[I,V _B]) sondern für ein Niveau" K über einer "Station" S	
	[1,2,3] Die 3 Komponenten in X,Y,Z-Richtung [1,2,3] der beiden Vektoren grad n und grad T nach Formel (7)	4.2

u[1]	dem "mittleren" Gelände	
HM[I]	Höhe (mittlere) eines Visur-Intervalles I über dem "mittleren" Gelände; wird abgespeichert nach ${\rm HI}\left[{\rm I}{,}{\rm V}_{\rm B}\right]$	
нI[I,V _В]	Höhe über dem "mittleren" Gelände für ein Visur-Teilstück Δs_i , identisch mit dem entsprechenden $\mathrm{HM}\big[\mathrm{I}\big[\mathrm{V}_\mathrm{B}\big]\big]$	
HIKORR[]	I] Wegen der Veränderlichkeit der Pfeilhöhe zwischen der Sehne Stationspunkt - Zielpunkt und dem Lichtweg eventuell notwendige Korrek- tion an der Höhe HI eines Visurintervalles △s	4.5.2
	Kosinus des Winkels zwischen Einfallsrich- tung der Sonne und Geländenormaler eines Vi- surteilstückes Δs _i zur Tagesstunde T, be- rechnet nach (24)	4.3.4.2
	Kosinus des "Insolationswinkels σ nach (24) analog INI, aber hier nicht für ein Visur- Teilstück, sondern für ein "Niveau" K über einer "Station" S	4.3.4.2
KR[I]	Krümmung \varkappa_i des Lichtweges nach (3) innerhalb des Visurintervalles Δs_i (kann "Höhen"-oder "Seiten"krümmung sein!)	4.1
LI[I,V _B] Länge (schief) As _i eines Visurintervalles.	
MI[I,V _B	Abszisse s _i der Mitte des Visurintervalles ∆s _i (Abstand - in der Projektion der Visur auf die XY-Ebene! - vom Stationspunkt S); zu den Indizes I und V _B s. GNEV2	
MH[I]	Streuung der Visurhöhen (über dem "mittleren" Gelände) innerhalb eines Visurteilstückes Δs_i (Annahme: Abschnitt 4.5.3)	

NE[I] NN[I]	Neigung (östliche und nördliche Komponente) der Ebene des "mittleren Geländes", d.h. die Komponenten $\nu_{\rm E}$, $\nu_{\rm N}$ der Gelände-Normalen entsprechend Figur 5, berechnet nach (22); für einen Visur-Unterteilungspunkt I	4.3.4.2
NEM[I] NNM[I]	wie NE, NN, aber für ein Visur- <u>Intervall</u> I	
	2,3] Die drei Komponenten im X,Y,Z - Koordi- 2,3] natensystem (s. GNEV2) der Vektoren v und s der Formel (3): v _ zur Visur in der Vertikalebene des Stationspunk- tes, s _ zur Visur und zur Z-Achse	4.1
	Meereshöhen der "Niveaus" K über einem Punkt (Gelände-Knickpunkte – inkl. Sta- tions- und Zielpunkt – einer Visur), für welche die Modelltemperaturen TEMP[K,T]	
	berechnet werden: $ZNo[K,T] + 1.5*2^{K}$ nach (39). $OGR[12,T] = 7000$	4.4.2.2
	Abszissen (auf der in die X,Y-Ebene <u>proji-</u> <u>zierten</u> Visur) der "ursprünglichen", durch Eingabe des digitalen Geländemodells fest- gelegten Visur-Unterteilungspunkte	4.3.2
	Summe der Differenzen (Sondentemperatur - Modelltemperatur) für jeden der drei Sondenaufstiege: $[o] = -1^h$ (MEZ), $[1] = 11^h$, $[2] = 23^h$. Verwendet zur Berechnung der Koeffizienten A' und B der Temperaturkorrektion $K_T = A' + B(t-11)$ und des Koeffizienten A'	4.4.3.3
	zienten $C(t)$ der Temperaturkorrektion $K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$	4.4.3.4
SKN[0] [o:6]	Abszissen der "Geländeknickpunkte" einer "Visur". O = o für den Stationspunkt, letz- te Nummer O (höchstens 6!) für den Ziel- punkt der Visur	4.5.4

TBS[T] TBZ[T] [-5:24]	Die auf den je zwei "Temperaturkarten" einge- gebenen beobachteten Werte für die Bodentem- peratur auf dem Stationspunkt S und dem Ziel- punkt Z	
TBOK[0,7 [o:6] [o:24]	[]Bodentemperatur (Modelltemperatur) für den Geländeknickpunkt O zur Tagesstunde T	
TEMP[K, ⁻ [o:12] [-1:24]	[] Modelltemperatur - samt Temperaturkorrek- tion - für ein "Niveau" K zu den Tages- stunden T, auf der Meereshöhe OGR[K,T]. Bei ZCH ≠ LEER (s. "Steuergrössen") gra- phisch dargestellt in einem einfachen Plot-Output. TEMP[12,T] = T7KM[T]	4.4.2
T7KM[T] [-5:24]	Ausgangswert T_A der numerischen Integration für die Modelltemperaturen TEMP[K,T]: Standard-Temperatur nach (40) + allfällige Temperaturkorrektionen K_T	4.4.2.3 4.4.3
TVIS[0, [o:6] [o:24]	T]Temperatur (Modelltemperatur) auf <u>Visur-</u> <u>höhe</u> über dem Geländeknickpunkt O zur Stunde T	
TAUoK[0 [o:max6 [1:11]	,K]Wert des Standard-Temperaturgradienten τ_0 nach (11) + Korrektionen bei Vorliegen von Temperaturkorrektionen K _T vom Typ f(z), auf dem "Niveau" K (2 ^K Meter über dem "mittleren" Gelände) über dem Geländehnickpunkt 0. Wird nicht für sämtliche vorkommenden Windstärken V _B (mit ev. verschiedenen Meereshöhen der "Niveaus") berechnet, sondern nur für die bei $t=12^h$ herrschende	4.3.3
VEV[1,2	<pre>,3]Die drei Komponenten im X,Y,Z - System (vgl. GNEV3) des Vektors der "Visur", d.h. des Vektors Stationspunkt - Zielpunkt, als Einheitsvektor</pre>	

ZD[K]	Differenz der Meereshöhen der oberen Grenze	4.4.2.2
[-1:12]	OGR[K,T] und der unteren Grenze OGR[K-1,T] eines vertikalen Bereiches; dessen unterer Drittelspunkt stellt das "Niveau" K (Höhe h über dem "mittleren" Gelände: 2^K Meter) dar, für welches der Temperaturgradient $\frac{dT(h)}{dh}$ berechnet wird, der für das ganze Intervall	
	ZD[K] gültig ist, d.h. in dieser ganzen Höhen- stufe als konstant betrachtet wird	
ZV[I]	Meereshöhe des Lichtweges einer "Visur" im Visurintervall I, berechnet nach (50b)	4.5.5
	Meereshöhe der Ebene des "mittleren Geländes" von der Seitenlänge 2 ^Q Meter, berechnet als algebraisches Mittel der mittleren Meereshöhen ZGl ZG 4 [J,Q-1] der vier Quadranten Interpolation für nicht durch Eingabe bestimmte Werte	4.3.2
ZGo[J] 0:N0-1	Punkthöhe (Meereshöhe) der "ursprünglichen" Visur-Unterteilungspunkte J	4.3.2
Հն [[J , Ų] :	Quadranten um einen "ursprünglichen" Visur- Unterteilungspunkt J; Seitenlänge: 2 ^Q Meter. Die Eingabe der Grössen S, ZGo, ZGl ZG4 erfolgt mit den "Geländekarten" (1 bis 3 je	4.3.2
	Meereshöhe der Ebene des für das "Niveau" K	
[-1:12] [-5:24]	(2 ^K Meter über diesem ZNo) massgebenden "mitt- leren" Geländes der Seitenlänge b nach (21)	4.3.4.2

Nur im Programmteil M40 (SON ≠ LEER) definierte Arrays:

- DRS[Z] Differenzen (Sondentemperatur Modelltempe-[o:NS-1] ratur). Maximal 11 Werte für jede der drei Sonden
- TSO[M,Z] Beobachtete Sondentemperaturen, Eingabe auf den drei "Sondenkarten" je für eine Sonde:

 [1,2,3]
 [o:NS-1] M=o für -1 (MEZ), M=1 für 11 , M=2 für 23 .

 Index Z: laufende Numerierung der Werte vom Bodenwert (Z=o) bis zur obersten Sondentemperatur (Z=NS[M]-1 bei total NS[M] Werten).

 Maximale Anzahl: 11
- TRSO[Z] Modell-Temperaturen auf der Meereshöhe der [o:NS-1] entsprechenden Sondentemperaturen TSO[M,Z], max.ll berechnet durch Interpolation in die Modelltemperaturen der unterhalb und oberhalb der Sondenhöhen ZSO[M,Z] gelegenen OGR[K,11] der "Niveaus" K

3. PROGRAMMABLAUF, BLOCKDIAGRAMM

3.1 Allgemeines

Es wird im folgenden nur ein stark vereinfachtes, auf etwa 1/10 einer einigermassen vollständigen Version zusammengefasstes Blockdiagramm des Programmablaufes gegeben. Dessen "Logik" kann übrigens aus dem Schema Figur 1 wohl etwas leichter verstanden werden, welches allerdings nur die Berechnung des Temperaturgradienten grad T, nicht aber diejenige des Refraktionswinkels umfasst.

Mit vier Ausnahmen - drei s. Abschnitt 2 dieses Teiles II, die vierte (zur Visur-Unterteilung) s. unten: Detail zum generellen Blockdiagramm - wurde selbst für kompliziertere Programmteile, die durch detailliertere Ablaufdiagramme sicher besser überschaubar geworden wären, auf solche verzichtet. Es handelt sich aber um für die Resultate nicht oder wenig wichtige Teile:

- alle Outputtabellen-Programmierungen,
- die graphische Darstellung des Temperaturfeldes T(z,t) in M35,
- die Bestimmung der Beziehung KORR (s. dort, in 2.4.3) zwischen den Visurintervall-Numerierungen bei verschiedenen Windstärken, in M50,

aber auch um wesentlichere Programmabschnitte wie:

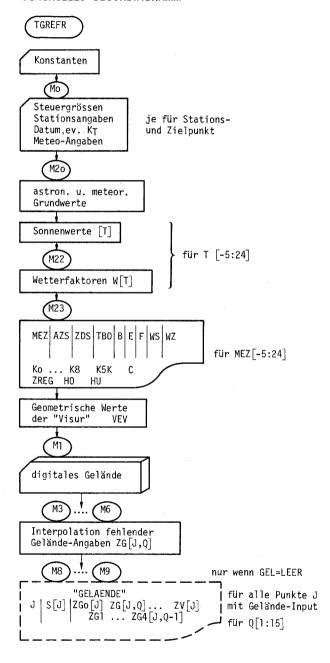
- die Berechnung der Temperaturkorrektionen K_T (besonders die "Anpassung an Sondentemperaturen" in (M40) ff.,
- die Art des vorausgesetzten zur Verfügung stehenden digitalen Geländemodelles und seine Aufarbeitung (MI) ff.

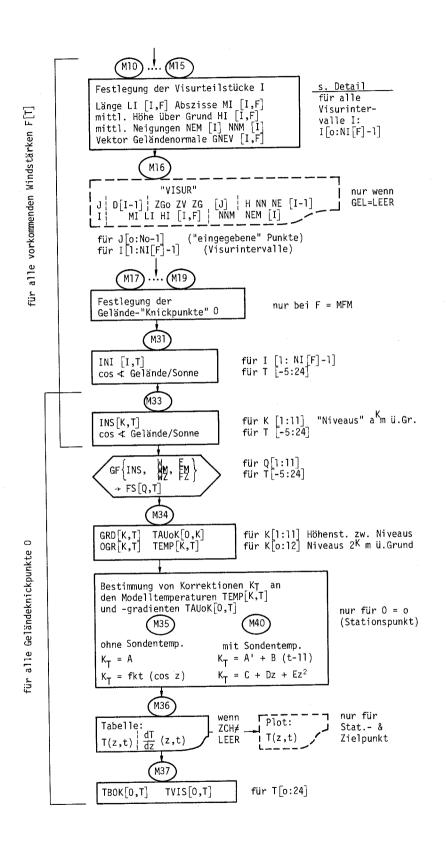
Nach unserer Meinung sollte ein Benützer diese, oder auch andere Programmteile, wenn sie nicht befriedigen, besser gänzlich neu programmieren statt nur umprogrammieren, oder sie, wenn unwichtig, überhaupt aus dem Programm entfernen, sich also nicht mit der vorliegenden Programmierung abmühen.

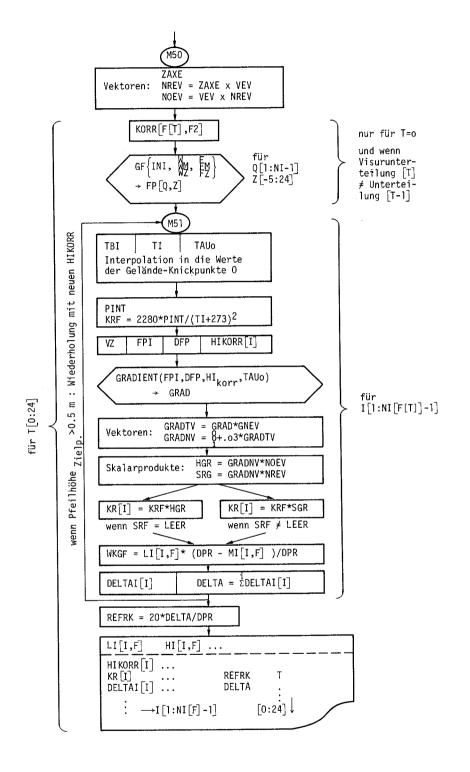
3.2 Generelles Blockdiagramm

Die verwendeten Bezeichnungen sind identisch mit den im Programm vorkommenden, in Abschnitt 2 erläuterten. Die im Programm auftretenden LABELS (M.) sind soweit und sogut als möglich in das Schema übernommen worden, um den Zusammenhang zu erleichtern. Programmschleifen mit einer von a bis b laufenden (in Schritten von +1) Variablen X sind durch den Text: "für X[a:b]"gekennzeichnet. Es sind keine Verzweigungsstellen angegeben; sie sind so gut wie möglich durch Text: "wenn ..." oder "nur für ..." ersetzt. Die ganze Steuerung des Programmablaufs wird ebenfalls nicht ersichtlich in diesem Diagramm; für sie sind der Abschnitt 2.1 dieses Teils II und die Benützeranleitung Teil III zu Rate zu ziehen. Für den wichtigen, in seiner Struktur aber nicht leicht überblickbaren Programmteil (M11) bis (definitive Visur-Unterteilung) wird als Ergänzung ein detaillierteres Ablaufschema gegeben.

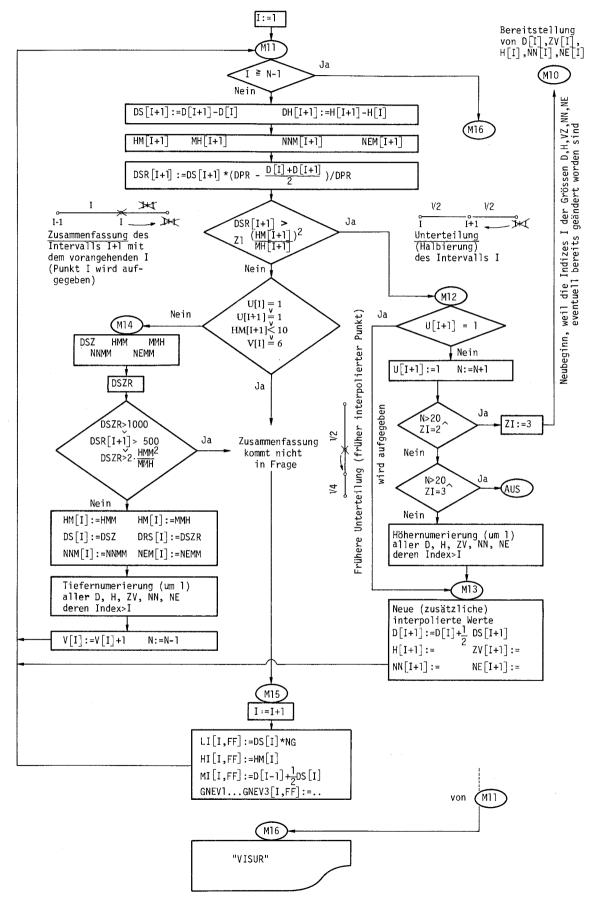
GENERELLES BLOCKDIAGRAMM







DETAIL ZUM GENERELLEN BLOCKDIAGRAMM: VISUR - UNTERTEILUNG



```
4.
      PROGRAMM-LISTING
          * COMMENT *
*BEGIN*
古老女女女女女 经全面全面 医克克克氏征 法法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律法律
TENPERATURGRADIENT-REFRAKTION
        EINER MODELL-ATMOSPHAERE
AUS
                                              N. WUNDERLIN
                      VERSION: JUNI 1979
           TGREFR
PROGRAMM*
FF, F2, FMAX, FMIN, FST,
                             E, EFF, ERL, EXPO, EX12,
                   DI,DAT,
           BOD.
"INTEGER"
                                            M, MF, ML, MT, MFM, MFS, MFZ,
                                   L, LEER,
                      J, JR,
          I, IT, INP,
                              Κ,
   GEL.
                                  ST, S1, S2, S3, SON, SPF, STT, SCODE, SNAME1,
                             R,
           0. P.
                     Q,QQ,
   N. NO.
                            vv,vis,vzR, Z,Z1,ZCH,ZCODE,ZNAME1,ZNAME2;
             T.TG.TZ.TVZ.
   SNAME 2.
                                     8,80,
                                                C, C7, CGS,
                                                              D1,02,DF,
"REAL" A,AZA,AZS,AZU,ARCDS,ARCFI,
   DT.DW.DX.DY.DZ.DFP.DFS.DKS.DPR.DSZ.DTZ.DSZR.DZMM.D1C1.D1C2.D2C1.D2C2.
   ET, EMO, ESS, ESO, EVL, EZS, EZO, FI, FR, FPI, FSI, GPAD, HO, HU, HGR, HMM,
                           KQ,KQ,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,KGS,KPF,KZS,
   HTB, HMAX, HMIN,
                    IF, IH,
                   MEZ, MMH, MTK, MEZA, MEZH, MEZU, MTBOS, MTBOZ, MT7KM,
   K5K.
          LA,LT,
                                      PI,PO,P1,PST,PZP,PINT,PVOR,
   NG, NES, NNS, NEMM, NNMM, NORM,
                               OHR,
   RK,RHO,RVZ,RGCO, SD,SH,SP,SBZ,SCZ,SGR,STD,SUM,SPCO,S1DR,S2DR,
   TI, TM, TBI, TIV, TKA, TKN, TOL, TAUO, TMMM, TAUO12, VZ, MO, W1, W2, W3, WRZ,
                   YS,YZ, ZM,ZS,ZZ,ZDS,ZGR,ZKM,ZMV,ZNS,ZWP,Z12,ZREG,
   WKGF.
           XS.XZ.
   ZSIH, ZZSH;
                                                       KORR [0:5,0:5],
                                           [0:2].
"INTEGER" ARRAY" OUT, NI [0:5],
                                      NS
                                           F,FM,FZ,MK,W,WM,WZ
                                                                 [-5124];
                                                                  [0:20],
"ARRAY" D
                                                                   [0:6],
   SKN
                                                                  [0:24],
   C1I.C2I
                                                                 [-5:24].
   AZ, CAS, CZS, FT, SAS, SZS, T8S, TBZ, ZA
                                                              [0:20,0:5],
   GNEV1, GNEV2, GNEV3, HI, LI, MI
                                                              [016,0124],
   TBOK. TVIS
                                                            [0:20,-5:24],
   INI
                                                                   [143],
   VEV
                                                                 [-1:12],
   ZO
                                                              [0:6,1:11],
   TAUDK
                                                                   [0:2];
   CO.C1.C2.SAES
                              "VALUE "N;" INTEGER "N;
*REAL **PROCEDURE*INZ(N);
*COMMENT* F C R M A T F R E I E R Z A H L E N I N P U T (CAROSIO);
*BEGIN*
*BOOLEAN* ZBEG,ZEND;
"INTEGER"I, J, VCRZ, A; "REAL" X;
ZBEG:=ZENO:="FALSE";
A = N; VOR Z = 1; X = 0;
"FOR"I:=1"STEP"1"UNTIL"N"DO"
*BEGIN*
INCHARACTER(60, "("0123456789.-+ ")", J);
*IF*J≤10*J>0*THEN**BEGIN*X*=10*X+J-1;A*=A+1;*IF**ZEND*THEN*ZBEG*=*TRUE*
"END";
"IF"J=14AZBEG"THEN"ZEND#="TRUE";
*IF * J=12 * THEN * VORZ * = - 1;
```

"IF "J=11 "THEN "A = 0

```
*END*;
INZ = VORZ + X + (*IF * A < N * THEN * 10 + ( - A) * ELSE * 1) ;
"END" INZ;
*PROCEDURE* GF(IN, WE, WI); *ARRAY* IN; *INTEGER**ARRAY* WE, WI;
   "COMMENT" FUNDAMENTALFUNKTION F(T)
              GLOBALE PARAMETER & C. FST. G. KO. K5K. K6. K8. KORR (ARG)
                                                                  FT(RES):
   "BEGIN" "REAL" C6.C8.II.GA.GN.WA.WN.DIFF;
                                                "INTEGER" E.QK:
      C6 = 0 . 5 * K6;
                          DIFF = K5K - C;
      QK:=Q+KORR( FST ,WI[0]]; FT[0]:=(IN[QK,0]-K5K)*WE[0]/(1+K0*WE[0]);
                                        WA := WE[ 0]/(1+K0*WE[0]);
      II:=0;
                     GA1=-K5K;
      *FOR * E == 1 *STEP* -1 *UNTIL* -5 *DO*
      *BEGIN* GK:=G + KORR( FST ,WI[E]];
         GN := (IN(QK, E) - K5K);
                                        WN:=WE[E]/(1+K0*WE[E]);
         C8 = WI[E+1] * K8;
         "IF" C8>A8S(II) "THEN" II := 0 "ELSE" II := II - C8*SIGN(II);
         II*=II - C6*((GA + DIFF)*WA + (GN + DIFF)*WN);
         FT[E]#=GN*WN + II;
                                     GA = GN:
                                                     WA := WN;
      "END" E<0;
                                        WA == WE[ 0]/(1+K0*WE[0]);
      II:=0;
                     GAI=-K5K;
      *FOR* E != 1 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
      "BEGIN" QK =Q + KORR( FST .WI(E1);
         GN = (INEQK, E) - K5K);
                                        WN:=WE[E]/(1+K0*WE[E]);
         C8 = WI(E]*K8;
         *IF* C8>ABS(II) *THEN* II = 0 *ELSE* II = II - C8*SIGN(II);
         II*=II + C6*((GA + DIFF)*WA + (GN + DIFF)*WN);
         FT[E] = GN + WN + II;
                                     GA:=GN:
                                                     * NA = WN :
      *END * E> (;
   "END" GF;
   *PROCEDURE * GRADIENT(F, DF, H80, G0); *REAL* F, DF, H80, G0;
      "COMMENT" GLOBALE PARAMETER: K1, K2, K3, K4, K7 (ARG) GRAD, KQ (RES);
      *BEGIN* 'INTEGER* R; 'REAL* HKM, VZG, EX, C1, ALT;
'IF* HBO < 0.1 *THEN*
         *BEGIN* TEXT(*(*BODENABSTAND <0.1 M WURDE 1.0 M GESETZT*)*);
            HB0 = 1.0;
         "END" H80<0.1;
         HKM#=.001*H80;
                              C1 = K1/HB0+K2;
                                                  KQ1=K31
                                                               R = 0;
         EX4=EXP(-K3*HKM);
                                 VZG=+K7;
                                                ALT == G0;
      L1*GRAD*=G0 - (C1+KQ*EX)*F - (C1*HKM/(K2-1)+EX)*VZG*9F;
         "IF" ABS(GRAD-ALT)>ABS(.01*GRAD) V R=0 "THEN"
         *BEGIN* GRAD:=.5*(ALT+GRAD);
                              *IF*KQ<0*THEN*KQ4=0; EX*=EXP(-KQ*HKM);
            KG:=K3+K4+GRAD:
            "END" ITERATION:
      *END* GRADIENT;
"REAL" PROCEDURE TO (DATUM, BREITE, ZM, ZR); "VALUE" DATUM, BREITE, ZM, ZR;
      "INTEGER" DATUM;
                                "REAL" BREITE, ZM, ZR;
      *COMMENT** STANDARD - TEMPERATUR
                                          KONST #=3.1415926536/189:
*BEGIN* *REAL* KONST, DEKL, HOEHE;
                     DEKL1 = 23.44 * SIN ((DATUM-110-2*HOEHE) * KCNST);
   HOEHEI=ZM - ZR;
   TO:= 9.0 + SIN(2*DATUM*KONST) - (7.3+ZR)*SQRT(6.5+HOEHE*HOEHE) +
       24.0*(1 + EXP(-ABS(HOEHE))/4)*COS((BREITE-DEKL)*KONST);
"END" TO:
```

```
"REAL" PROCEDURE" ABLTO (D,PHI,ZM,ZR,C1,C2);
         "INTEGER" D; - "REAL" PHI, ZM, ZR, C1, C2;
*COMMENT*: S T A N O A R D - T E M P E R A T U R G R A D I E N T ;
*BEGIN* *REAL* Z,DZ,DSZ,ZSZ;
   "COMMENT" DIDATUM IN TAGEN, PHIIBREITE IN GRAD, ZM: MEERESHCEHE IN KM
            ZR: REGIONALHOEHE IN KM, ABLTO IN GRAD/KM;
              Z = ZM-ZR;
   ZSZ:=(PHI-DSZ)*.0174533;
    ABLTO 1=-(7.3+ZR)*Z/SQRT(6.5+Z*Z) - 6.0*EXP(-ABS(Z))*COS(ZSZ)
            -0.34*(1+EXP(-ABS(Z))/4)*SIN(ZSZ)*COS(DZ)
            + G1 + 2*(Z+ZR)*C2;
       ABLTO :
"END"
*PROCEDURE* T E X T (S); *STRING*S; OUTPUT(61,*(*135S*)*,S);
*PROCEDURE* P A G E ; OUTPUT(61, "("+")");
   "COMMENT": KUNSTANTEN
                      RHO:=188/PI;
                                    CHR:=PI/180;
   PI:=3.1415920536;
   *COMMENT ** INPUT KONSTANTENKARTE
                                                         K41=INZ(5);
                                           K31=INZ(5);
                              K2 = INZ (5);
                K14=INZ(5);
   K0 = I NZ (5);
                                                         WO:=INZ(5);
                                           K84=INZ(5);
                              K71=INZ(5);
                K6:=INZ(5);
   K5:=INZ(5);
                                                         C7 = . 001*K7;
                                           TOL:=INZ(5);
                              #3:=INZ(5);
   W1:=INZ(5); W2:=INZ(5);
   INPUT (60, "("28, H")", LEER);
                          "IF"W0=0"THEN"W01=20;
   *IF*#3=0*THEN*#3#=1/3;
   "COMMENT": INPUT STEUERKARTE
              ************
MO:NO:=INZ(2);
    INPUT(60, *(*8(H)*)*,DAT, VIS, SCN, BOC, INP, SRF, GEL, ZCH);
                                    "IF" HO=0 "THEN" HO:=2010;
   HU:=INZ(7); HO:=INZ(7);
    "IF" NO<0 "THEN" GOTO" AUS;
    "IF" NO=0 "THEN"
      *BEGIN* TEXT(*(*ANZAHL DER PROFILPUNKTE FEHLT*)*);*GOTO*AUS;*END*;
    "IF" N0>21 "THEN"
      *BEGIN* TEXT(*(*ZU VIELE PROFILPUNKTE*)*); *GOTO* AUS; *END*;
    "IF" VIS=LEER THEN "BEGIN" FOR "I = 0"STEP" 1"UNTIL "5" DO" OUT[I] = 9; "END";
    "IF"GEL # LEER THEN " BEGIN "FOR "I = 0 "STEP" 1" UNTIL "5 "DO" OUT[I] = 1; "END";
    "IF" INP≠LEER "THEN"
                             "IF" SON≠LEER "THEN"
    *BEGIN* BOD = LEER;
         *BEGIN* TEXT(*(*SON*LEER IST NICHT ERLAUBT*)*);*GOTO*AUS *END*;
    *END* INP≠LEER;
    "IF" DAT#LEER "THEN"
                       INP:=LEER; "IF" SON#LEER "THEN"
    BEGIN BOD:=LEER;
          BEGIN' TEXT("("SON≠LEER IST NICHT ERLAUBT")");"GOTO"AUS "END";
    *END* DAT≠LEEK;
    "IF" SON#LEER A BOD=LEER "THEN" BOD =99;
    *COMMENT** INPUT STATIONSKARTE
    INPUT(60, ( 2(H), 4A, 2(-6Z0.20, B), 3Z0.20, B, -2Z0.20, B, 2(-Z0.20) ),
```

```
SNAME1, SNAME2, SCODE, YS, XS, ZS, IH, LA, FI); ZREG = INZ(9);
   LA != LA/15;
                      ARGFI:=FI+OHR;
                                              ZREG*=ZREG*.001;
   "IF" DAT=LEER "THEN"
   *BEGIN* SPC0:=RGC0:=P0:=P1:=TKA:=TKN:=0:
      *FOR*M!=0,1,2*DO**BEGIN* NS[M]!=0; C1[M]!=C2[M]!=SABS[M]!=0 *END*;
      "COMMENT": INPUT DATUMKARTE
      "IF" INP≠LEER "THEN"
      "BEGIN"
      INPUT(60, "("2(d,ZD), 8,4D,108")", TG, MT, JR);
      SPC0 = INZ(7); RGC0 = INZ(7); C1[0] = INZ(7); C2[0] = INZ(7);
      C1[1] = INZ(7);
                      C2[1]*=INZ(7)* C1[2]*=INZ(7)* C2[2]*=INZ(7)*
      INPUT (60, *(*/*)*):
      *END* INP≠LEER;
*IF* INP=LEER *THEN*
      INPUT (60, * (*2(8, ZD), 8, 40, /*) *, TG, MT, JR);
   "ENO" DAT=LEER;
SYSPARAM (61.8.65);
   "BEGIN" "INTEGER" "ARRAY" MKZ, ES, EZ, 88, 88Z
                                                                  [-5124];
       *PROCEDURE * SONNENSTAND ;
          "COMMENT" GLOBALE PARAM.: LA, ARCFI, ARCDS, ET, , MEZ, PI (ARG.)
                                        AZS, ZDS, KZS
                                                        (RES.)
          "BEGIN" "REAL" SS, SSS, CSS, SFI, CFI, SDS, CDS, KONST;
             SSI = (MEZ - 1 - LA + ET + 12) + 0.2618;
             SFI = SIN(ARCFI); CFI = COS(ARCFI);
             SDS#=SIN(ARCDS); CDS#=COS(ARCDS);
             KONST:=CFI+SDS/CDS;
             KZS:=SDS*SFI + CDS*CFI*CSS;
             ZDS#=2*ARCTAN(SQRT((1-KZS)/(1+KZS))) ;
             AZS:=PI/2*SIGN(SSS) - ARCTAN((SFI*CSS-KONST)/SSS);
   "END" SONNENSTANO;
   "COMMENT": IN PUT METEOROLOGIEKARTEN
              FUER DEN STATIONSPUNKT
   INPUT (60, "("2(8,3Z),28")",PST,ESO);
   *FOR* T&=-5 * STEP* 1 * UNTIL * 8 * DO * T8S(T) &= INZ(5) ;
   *FOR*T:=9*STEP*1*UNTIL*24*00* TBS(T):=INZ(5);
   INPUT (60, "("198")");
   *FOR* T:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 8 *DO*
   *BEGIN* INCHARACTER(60, *(*123456780 *)*, 88[T]);
           "IF" 38[T]=9 "THEN" 88[T] !=0;
           INPUT(60, "("ZZ,ZZ")",F[T],ES[T]);
   "END";
   "FOR" T#=9 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "DO"
   *BEGIN* INCHARAGTER(60,*(*123456780 *)*,88[T]);
           "IF" 38[T]=9 "THEN" 88[T] =0;
           INPUT(60, "("ZZ, ZZ")", F(T), ES(T));
   "END";
   SBZ = 0;
   "IF" NO=1 "THEN" GGTO" M20;
```

```
*COMMENT** INPUT PUNKTKARTE UND
             METEOROLOGIE-KARTEN
             FUER DEN ZIELFUNKT
                                               N0 = 1
                                                                   ;
                  PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG BEI
  *IF* PST=0 THEN ** BEGIN* TEXT(*(*LUFTDRUCK FEHLT*) *); "GOTO" AUS; "END";
  INPUT (60, "("2(H), 4A, 2(-6ZD.2D, B), 3ZD.2D, B, -2ZD.2D,/")",
             ZNAME1, ZNAME2, ZCODE, YZ, XZ, ZZ, SH);
  INPUT (60, * (*2(B,3Z),28*)*,PZP,EZ0);
  *FOR* T: =-5*STEP*1*UNTIL*8*00* TBZ[T]:=INZ(5);
   *FOR*T:=9*STEP*1*UNTIL*24*DO* T8Z[T]:=INZ(5);
  INPUT (60, "("108") ");
   *FOR* T:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 8 *DO*
   *BEGIN* INCHARACTER(60,*(*123456780 *)*,88Z[T]);
          "IF" 38Z[T]=9 "THEN" 88Z[T] =0;
          SBZ = SBZ + 88Z[T];
          INPUT(60, "("ZZ, ZZ")", FZ[T], EZ[T]);
   *END*:
   *FOR* T = 9 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
   *BEGIN* INCHARACTER(60, *(*123456780 *)*,88Z[T]);
           "IF" B8Z(T)=9 "THEN" B8Z(T):=0;
          SBZ:=SBZ + 88Z[T];
          INPUT(60, "("ZZ, ZZ")", FZ[T], EZ[T]);
   *END*;
   *IF* SBZ=300 *THEN*
   *BEGIN* *FOR* T == 5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
      *BEGIN* FZ(T]:=F(T); B8Z(T):=B8(T); *END* T;
   "END" SBZ=300;
      *COMMENT * GRUND - UND STANDARDKERTE,
                 WERTE DER SONNENGROESSEN
               M20:DI:=(ENTIER(30.4*(MT-1)) + (TG-1))/365*360;
   MTBOS = TO (DI, FI, ZS + . 001, ZREG);
   ESS:=(100-ABS(MTBOS))/100*4.6*10*(MTBOS/35);
   "IF" NO>1 "THEN"
   *BEGIN* MTBOZ:=TO(DI,FI,ZZ*.001,ZREG);
          EZS:=(100-ABS(MTBOZ))/100*4.6*10*(MTBOZ/35);
   *END* N0>1:
   "IF" DAT≠LEER "THEN" GOTO" M21;
   DKS:=23.44*SIN((DI-80)*OHR); ARCDS:=DKS*OHR;
   ET:=- 0.128*SIN((DI-1)*OHR) + 0.165*SIN(2*(DI-80)*OHR);
   MT7KM = T0 (DI, FI, 7.0, ZREG);
   HT8:=2*ARCTAN(SQRT(COS(ARCFI-ARCDS)/COS(ARCFI+ARCDS)))*12/3.14159265;
                           MEZAS=MEZM - HTB; MEZUS=MEZM + HTB;
   MEZM = 12 - ET + LA + 1;
   MEZI=MEZA: SONNENSTAND: AZAI=AZS*RHO;
   MEZ:=MEZU: SONNENSTAND: AZU:=AZS*RHO;
   SCZ = 0;
   *FOR* MEZ:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
   ·BEGIN•
                      AZ[MEZ] = AZS*RHO; ZA[MEZ] = ZDS*RHO;
      SONNENSTAND;
                               CAS[MEZ] = COS(AZS) 3
         SAS[MEZ] = SIN(AZS);
         SZS[MEZ] = SIN(ZDS); CZS[MEZ] = KZS;
         "IF" KZS>0 "THEN" SCZ = SCZ + KZS;
    "END" MEZ;
```

```
C1=SCZ/24;
M211°FOR° T1=-5 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "D0" MK[T]1=MKZ[T]1=0;
   "IF" FS1-51=0 A ES1241=0 "THEN"
   *BEGIN* *FOR*T:=-5*STEP*1*UNTIL*24*DO* ES[T]:=ESS; *END* ES[-5]=0;
   "IF" ES 0=0 "THEN" ESO := ESS;
                                         "IF" NO=1 "THEN" GOTO" M22;
   "IF" EZ[-5]=0 * EZ[24]=0 "THEN"
   *BEGIN* *FOR*T:=-5*STEP*1*UNTIL*24*DO* EZ[T]:=EZS; *END* EZ[-5]=0;
   "IF" EZO=0 "THEN" EZO = EZS;
   EMO := (ESO+EZO) *.5;
M22 PAGE :
   OUTPUT(61. "(" ("AZIMUT UND ZENITDISTANZ DER SONNE AM ")",2(ZD,"(".")"
      ),4D,"(" AUF ")",2(H),4B,"("LAENGE ")",-ZD.2D,4B,"("BREITE ")",-ZD.2D,//"("TEMPERATUR IN GRAD, BEWOELKUNG IN ACHTELN, WIND IN")",
      *(* KM/ST, DAMPFORUCK IN MM HG, UND WETTERFAKTOREN W*)*
                                    ZD*)*,22B,*(*T
                                                            B")",8B,
   ·//*(*
           MEZ
                        ΑZ
                                             MEZ*)*,//*)*,
   *(*F
                        WS
                                 WZ
         TG, MT, JR, SNAME1, SNAME2, LA, FI);
   "COMMENT": WETTERFAKTOREN W
   Z = 1 ;
   *FOR* T:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
   *BEGIN* *IF * B8 [T]=10AT #-5AT #24 *THEN* *BEGIN* Z = Z + 1; *GOTO*NXT; *END*;
      W [T]:=W0-W1*(.125+B8 [T]*(1+.5+88 [T])) - W2*ES[T] - W3*F [T];
      *IF* W [T]<0 *THEN* W [T] #=0;
      "IF" Z#1 "THEN"
      *BEGIN* W [T-Z+K] = ENTIER (W [T-Z] + K*OH/Z + 0.5);
                  F [T-2+K] = ENTIER (F [T-Z] + K+DF/Z + 0.5);
                  MK[T-Z+K] =1;
         *END* K:
         Z = 1 ;
      *END* Z#1;
NXT : "END " T;
   *IF* SBZ=300 * N0=1 *THEN*
   *BEGIN**FOR* T:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
           *BEGIN* WZ[T]:=W[T]; FZ[T]:=F[T]; *END* T;
           "GGTG" M23;
   *ENO* SBZ=300;
   Z:=1;
   *FOR* T:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
   *BEGIN* * IF * 88Z[T]=10AT #-5AT #24 *THEN* *BEGIN* Z = Z+1; *GOTO* FLG; *END*;
      WZ[T]:=W0-W1*(.125*88Z[T]*(1+.5*88Z[T])) - W2*EZ[T] - W3*FZ[T];
       *IF* WZ[T]<0 *THEN* WZ[T]#=0;
      "IF" Z#1 "THEN"
      *BEGIN* DW#=WZ[T]-WZ[T-Z];
                                    DF = FZ[T] - FZ[T-Z];
          *FOR* K = 1 *STEP* 1 *UNTIL* Z-1 *DO*
          *BEGIN* WZ[T-Z+K]:=ENTIER(WZ[T-Z] + K*DW/Z + 0.5);
                  FZ[T-Z+K] = ENTIER (FZ[T-Z] + K+DF/Z + 0.5);
                  MKZ[T-Z+K] = 1;
          "END" K;
          Z = 1 ;
      *END* Z#1;
FLG: END T;
```

```
"COMMENT": CUTPUT: SONNE, WETTER
BENUETZTE KONSTANTEN
```

```
M23:T1=-5:
                                             "ELSE" "GOTO" A2;
AD: "IF" T<MEZA V T>MEZU "THEN" "GOTO" A1
A1:OUTPUT(61, "("-20.0,178, "(">90.0")")",T);
                                                   *GOTO* A6;
A2: OUTPUT(61, "('-Z0.D,58,-2Z0.D,78,ZD.D')",T,AZ[T],ZA[T]);
                                                                  'GOTO' A6:
                                                 SONNENAUFGANG ") ",/") ",
A3:OUTPUT(61,*(*-Z0.0,58,-2Z0.0,78,*(*90.0
                                                       "GOTO" A2;
                                      T := T+1;
                 MEZA, AZA);
                                                 SONNENUNTERGANG*) *, /*) *,
A4: OUTPUT(61, *(*-Z0.D, 58, -2ZD.D, 78, *(*90.0
                                      T = T+1;
                                                       "GOTO" A1;
                 MEZU,AZU);
A5: OUTPUT(61, "("-Z0.D, 188, ZD.D, 38, "("WAHRER MITTAG")", /")", MEZM, FI-DKS);
                                                       *GOTO* A2;
                                      T = T+1;
A6: "IF" ABS(T8S(T])>"-3 "THEN"
      OUTPUT(61, '('198, -ZD.D')', TBS[T])
                                                    OUTPUT(61, "("248")");
                                           *ELSE*
   "IF" MK[T]=0 "THEN"
                                            *(***)*,58*)*,88[T],F[T],ES[T],
      OUTPUT (61, " ( 88, 0,
                             3(78,ZD),
                         "ELSE"
                                     OUTPUT(61,* (*348,ZD,69*)*,W(T]);
             W(T))
   "IF" MKZ[T]=0 A SBZ#300 A NU>1 "THEN"
      OUTPUT(61, '('Z0, '('**')', 78, -Z0.0,/')', WZ[T], T)
                                           OUTPUT (61, '('108, -ZD.D,/')', T);
                           *ELSE*
   "IF" T<MEZA A T+1>MEZA "THEN" "GOTO" A3;
   "IF" T<MEZU A T+1>MEZU "THEN" "GOTO" A4;
   "IF" MEZM≥T A MEZM<T+1 "THEN""GOTO" A5;
                     "IF" T≤24 "THEN" "GOTO" A0;
   T1=T+1;
   OUTPUT(61, "("4(7), 528, "("MIT * : AUS EINGEGEBENEN WERTEN B,F,E ")",
      *(*BERECHNET*)*,/,528,*(*OHNE * : INTERPOLIERT*)**)*);
   OUTPUT(61, "(9(/), "("KOEFFIZIENTEN IM AUSDRUCK FUER DEN TEMPERATUR")"
           , "("GRADIENTEN :")", //, "("K0 = ")", Z.2D, "(" K1 = ")", 2ZD, 2B, "("K2 = ")", D.D, "(" K3 = ")", 0.D, "(" K4 = ")", 0.2D, 2B, "("K5 = ")", 0.2D, "(" K6 = ")", 0.2D, "(" K7 = ")", 0.2B,
           "("K8 = ")",Z.2D,4B,"("ZREG = ")",-3ZD")",
                                    K0,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,ZREG*1000);
   *COMMENT ** UMRECHNUG DER WINDSTAERKEN
               KM/STD IN BEAUFORT (HALBE = SECHSTEILIGE SKALA)
               MFS1=MFM1=MFZ1=0;
   FMIN:=5; FMAX:=U; S1:=S2:=S3:=0;
   "FOR" T:=-5"STEF" 1 "UNTIL" 24 "00"
                     WM[T] == (W[T] + WZ[T]) +0.5;
   *BEGIN*
                                         FZ[T]:=ENTIER(SQRT(.35*FZ[T]));
       F(T) #=ENTIER(SQRT(.35*F(T)));
       FM(T)! = (F(T) + FZ(T)) * 0.5;
       "IF"F[T]<FMIN"THEN"FMIN*=F[T]; "IF"FZ[T]<FMIN"THEN"FMIN*=FZ[T];
"IF"F[T]>FMAX"THEN"FMAX*=F[T]; "IF"FZ[T]>FMAX"THEN"FMAX*=FZ[T];
                         S21=S2 + FM[T]; S31=S3 + FZ[T];
       S14=S1 + F(T);
   "END" T;
                                               MFZ1=S3/30;
                        MFM1=S2/301
   MFS1=S1/30;
   *COMMENT*: VISUR - GROESSEN
                            ZZSH: =0;
    ZSIH#=ZS + IH;
    "IF" NO=1 "THEN" GUTO" M25;
    DY:=YZ-YS; DX:=XZ-XS; DZ:=ZZ-ZS;
```

VEV[3] 1=DZ*NORM;

NORM: =1/SQRT(0X*0X + DY*DY + 0Z*DZ);

VEV[1]:=DX*NORM; VEV[2]:=DY*NORM;

```
DPR:=SQRT(DY*DY + DX*DX);
  "IF" DPR=0 "THEN" BEGIN" TEXT("("STATION = ZIEL")"); "GOTO" AUS; "END";
  ZZSH = ZZ + SH;
  NG:=SQRT((1 + (ZS+ZZ)+8+*-8)+2 + (DZ/DPR)+2)
   "END"
        MKZ,ES,EZ,88,88Z ;
M25: BEGIN " ARRAY " ZG, ZG1, ZG2, ZG3, ZG4[0:("IF"N0=1"THEN"1"ELSE"20), 0:15],
                                          OGR, TEMP[0:12,-1:24],
                          [-1:12,-5:24],
                 FS.ZNO
                                     INS[-1:11,-5:24],
                                                         T7KM[-5:24].
                 GNEV3S
                           [-1:11].
                 S,ZGO,ZV,H,NN,NE,DS,DH,HM,MH,NNM,NEM,DSR
                 [0:(*IF*N0=1*THEN*1*ELSE*20)],
                                                     GRD[1*11,0*24];
           "INTEGER" ARRAY" EX, EXMIN, EXMAX, U, V, JN
                                        [0:('IF'N0=1'THEN'1'ELSE'20)];
   *PROCEDURE* GELAENDE (L, EXP); "VALUE" L, EXP; "INTEGER" L, EXP;
      "COMMENT": MEERESHOEHE UND NEIGUNGEN
                DES "MITTLEREN" GELAENDES
                GLUBALE PARAMETER: FF, EXMIN, ZG, ZG1, ZG2, ZG3, ZG4 (ARG.)
                                 ZNS, NNS, NES, EFF (RES.);
      *BEGIN*
        EFF#=1.4427*LN(2+EXP*(2 + 0.5*FF*FF + 0.07*2+(0.5*EXP)));
         "IF" EFF<1 "THEN"
         *BEGIN'TEXT(*(*EXPONENT IN PROZ.*GELAENDE* <1*)*); EFF *= 1; *END*;
         "IF" EFF>15 "THEN"
        *BEGIN'TEXT(*(*EXPONENT IN PROZ. GELAENDE > 15 ) ); EFF = 15 END ;
                  #=ZG[L,EFF] + 2+EXP;
                                                   "ELSE"
         "IF" EFF≤EXMIN(L] "THEN" "GOTC" P1
        *BEGIN*
                     1=(ZG1[L,EFF-1] - ZG2[L,EFF-1]
           NNS
                       -ZG3[L,EFF-1] + ZG4[L,EFF-1])/2+EFF;
                     #=(ZG1[L,EFF-1] + ZG2[L,EFF-1]
           NES
                       -ZG3(L,EFF-1) - ZG4(L,EFF-1))/2+EFF;
        "END": "GOTO" P2:
                  :=(ZG1[L,EXMIN[L]] - ZG2[L,EXMIN[L]]
     P1:NNS
                    -ZG3[L,EXHINEL]] + ZG4[L,EXMINEL]])/2+(EXMINEL]+1);
                  #=(ZG1[L,EXMIN[L]] + ZG2[L,EXMIN[L]]
        NES
                    -ZG3[L, EXMIN[L]] - ZG4[L, EXMIN[L]])/2+(EXMIN[L]+1);
  P2 ** END * GELAENDE;
   "COMMENT": EINGABE UND ERGAENZUNG DES
             DIGITALEN GELAENDEMODELLS
                       ***********************
   "IF" VIS≠LEER "THEN"
   "BEGIN"
           REWIND(1);
                            GETARRAY(1,ZG1);
                                               GETARRAY(1,ZG2);
            GETARRAY (1,ZG);
            GETARRAY(1,ZG3); GETARRAY(1,ZG4); GETARRAY(1,S);
            *GCTO* M 8;
   *END* VIS≠LEER;
M1:"IF" NO=1 "THEN" Z:=1
                         "ELSE"
                                   Z:=20:
   *FOR* I := 0 *STEP* 1 *UNTIL* Z *DO**FOR* K := 0 *STEP* 1 *UNTIL* 15 *DO*
              ZG[1,K] = ZG1[I,K] = ZG2[I,K] = ZG3[I,K] = ZG4[I,K] = 0;
   *FOR*I:=0*STEP*1*UNTIL*5*DO**FOR*J:=0*STEP*1*UNTIL*5*DO*KORR[I,J]:=0;
   *FOR* I:=0 *STEF* 1 *UNTIL* NO-1 *DO*
   *BEGIN*
```

INPUT (60, *(*2(ZD), 4ZD, 4ZD.D, 16(4Z)*)*, EXMIN[I], EXMAX[I], S[I], ZGO[I],

```
(ZG1[I,K],ZG2[I,K],ZG3[I,K],ZG4[I,K],K$=184));
   "IF" I≥1 "THEN" BEGIN" "IF" S[I] SS[I-1] "THEN"
   *BEGIN* TEXT(*(*FALSCHE REIHENFOLGE*)*); *GOTO* AUS; *END*; *END*;
   "IF" EXMAX[I]>4 "THEN"
      INPUT(60, "("20(4Z)")", (ZG1[I,K], ZG2[I,K], ZG3[I,K], ZG4[I,K],
                 K1=519));
   "IF" EXMAX[I]>9 "THEN"
      INPUT(60, "(*20(4Z)*)*, (ZG1[I,K], ZG2[I,K], ZG3[I,K], ZG4[I,K],
                 K1=10:14));
   •IF• ZG1[I,1]≠0 v ZG2[I,1]≠0 v ZG3[I,1]≠0 v ZG4[I,1]≠0 °THEN°
      ZG[I,1]*=(ZG1[I,1] + ZG2[I,1] + ZG3[I,1] + ZG4[I,1] + 2*ZG0[I])/6;
   *FOR* K != 2 *STEP* 1 *UNTIL* 15 *00*
      ZG[I,K] = (ZG1[I,K-1] + ZG2[I,K-1] + ZG3[I,K-1] + ZG4[I,K-1])*0.25;
   "END" I;
   "IF" EXMAXE 0 1<14 "THEN"
      TEXT ( * ( * GELAENDEHOEHEN DES STATIONSPUNKTES NICHT VOLLSTAENDIG * ) * );
   "IF" EXMAX[N0-1]<14 "THEN"
      TEXT ( * ( * GELAENDEHOEHEN DES ZIELPUNKTES NICHT VOLLSTAENDIG * ) *);
                          *IF* EVL=0 *THEN* EVL := *-6;
   EVL:=S[N0-1];
    *FOR* I = 0 *STEP* 1 *UNTIL* N0-1 *50*
    *BEGIN* D1:=3[I]; D2:=EVL - D1;
       ZV[I] = (ZSIH*D2 + ZZSH*D1)/EVL - 6.8**-8*D1*D2;
    "END" I;
   K = 16; Z = 0;
                     ERL ! = 0 :
M3:K:=K-1; I:=-1;
   "IF" K=0 "THEN" "GOTO" M8;
M4: I8=I+1;
   "IF" K≤EXMIN[I] "THEN" "GOTO" M6;
   *IF* (K-1) > EXMAX[]] *THEN* *BEGIN* Z*=Z+1; *GOTO* M7; *END* K > EXMAX; *IF* Z=0 *THEN* *GOTO* M7;
    *IF* I-Z<1 *THEN* OUTPUT(61,*(**(*INDEX BEI S UND ZG < -1 K = 20,*(* I = *)*,20,*(* Z = *)*,20,/*)*,K,I,Z);
   *FOR* J:=I-Z *STEP* 1 *UNTIL* I-1 *DO*
   *BEGIN* IF:=(S[J]-S[I-Z-1])/(S[I]-S[I-Z-1]);
      ZG[J,K] = ZG[I-Z-1,K] + (ZG[I,K] - ZG[I-Z-1,K]) *IF;
      ZG1[J,K-1]:=ZG1[I-Z-1,K-1] + (ZG1[I,K-1] - ZG1[I-Z-1,K-1])*IF;
      ZG2[J,K-1] = ZG2[I-Z-1,K-1] + (ZG2[I,K-1] - ZG2[I-Z-1,K-1]) *IF;
      263[J,K-1] = 263[I-Z-1,K-1] + (Z63[I,K-1] - Z63[I-Z-1,K-1])*IF;
      ZG4[J,K-1]:=ZG+[I-Z-1,K-1] + (ZG4[I,K-1] - ZG4[I-Z-1,K-1])*IF;
   "END" J;
   Z:=0: "GOTC" M7:
M6:ZG[I,K]:=(ZG0[I] + ZG[I,K+1])+0.5;
   ZG1[I,K-1]:=0.5*(ZG1[I,K] + ZG0[I]);
   ZG2[I,K-1]:=0.5*(ZG2[I,K] + ZG0[I]);
   ZG3[I,K-1]!=0.5*(ZG3[I,K] + ZG0[I]);
   ZG4[I,K-1]*=0.5*(ZG4[I,K] + ZG0[I]);
M7: "IF" I < NO-1 "THEN" "GOTO" M4 "ELSE" "GOTO" M3;
   "COMMENT" : BERECHNUNG VON K5K
M8: "IF" NO=1 "THEN"
                         A:=T0(DI,FI,ZG[0,15]*.001,ZREG)
                       At=T0(DI,FI,(ZG[0,15]+ZG[N0-1,15])*.0005,ZREG);
            *ELSE*
   *IF* K5>0.10 *THEN* K5K4=K5 + .010*A *ELSE* K5K4=K5 + .015*A;
                                *IF* K5K<0 *THEN* K5K*=0;
   *IF* K5=0 *THEN* K5K4=C;
   OUTPUT(61, "("/,518, "("K5K = ")",0.20,368, "("H0 = ")",-3ZD,/,538,
              *(*C = *)*,0.20,368,*(*HU = *)*,-3Z0*)*,K5K,H0,C,HU);
```

```
*COMMENT** CUTPUT * DIGITALES GELAENOE
  *IF* ERL=1 * VIS#LEER * GEL#LEER *THEN* *GOTO* M 9B;
   "IF" NO >1 "THEN"
  OUTPUT(61, "("+, "("VISUR: ")", 4(H), "(" STATIONSHOEHE = ")", 3ZD.2D,
         *(* IH = *)*,-ZD.2D.48,*(*ZIELPUNKTHOEHE = *)*,3ZD.2D,
*(* SH = *)*,-ZD.2D,///*(*MITTLERE GELAENDEHOEHEN ZGIJ,Q] *)*,
         *(*LND ZUGEHOERIGE ZG1[J,C-1] ... ZG4[J,Q-1] ** EINGABE*)*
         ,//, "("BODENHOEHE ZGO[J] UND HOEHE DER VISUR ZV[J]")",///")",
        SNAME1, SNAME2, ZNAME1, ZNAME2, ZS, IH, ZZ, SH);
   "IF" NO=1 "THEN" OUTPUT(61, "("+, "("PUNKT: ")", 2(H), "(" STATIONS")",
                          "("HOEHE = ")",3ZD.2D,"(" IH = ")",-ZD.2D,///
                          · ( MITTLERE GELAENDEHOEHEN ZG[Q] UNO *) *,
                          "("ZUGEHOERIGE ZG1[Q-1] ... ZG4[Q-1]")",68,
                         "("#: EINGABE")",////")", SNAME1, SNAME2, ZS, IH);
  M:=ENTIER(NO/6); R:=NO - M*6; Q:=0; ERL:=1;
M9: "IF" M#6>Q "THEN" "BEGIN" P:=5; "GOTO" M9A;
                                              * END * ;
   "IF" R=0 "THEN" "GOTO" M 9B;
   P = R-1:
M9A:OUTPUT(61, "("178, "("Q
                                    2
                                         3
                                                      5
                                                           6
                              1
                                       13 14
32 64 125
                                                    15°)°,/,15B,
      • (•
                   9 10
                                   12
            8
                             11
                                                       250 500*)*,
                            8
                                  16
                2
           1000 2000 4000 8000 16000 32000M AREAL")",//,"("NR"J ")",
      '(' DIST. ZGD(J)')',928,'('ZV(J)')',//')');
   *FOR* I = Q *STEP* 1 *UNTIL* Q+P *DO*
   "BEGIN"
   OUTPUT(61, "(*2ZD, 5ZD.D, -3ZD.D, 15(8, -3ZD), -3ZD.D,/*) *,
      I.S[I].ZGB[I],(ZG[I,K],K!=1:15),ZV[I]);
      T: =0:
              OUTPUT(61, "("/, 198")");
   *FOR * K!=1 *STEP* 1 *UNTIL* 15 *00*
      BEGIN**IF* K≤EXMIN(II *THEN*
         BEGIN' OUTPUT(61, '('6B')'); 'GOTO' NK; 'END' K≤EXMIN;
              "IF" T=1 "THEN" LT:=ZG1[I,K-1];
"IF" T=2 "THEN" LT:=ZG2[I,K-1];
              *IF * T=3 *THEN* LT = ZG3[I,K-1];
              "IF " T=4 "THEN" LT = ZG4[I,K-1];
              "IF"(K-1)≤EXMAX[1]"THEN" OUTPUT(61,"("-3ZD,"("+")"")",LT)
                                                         8 ')',LT);
                               *ELSE* GUTPUT(61,*(*-3ZD,
   NK: "END" K;
     *IF* T<4 *THEN **GOTO* KK *ELSE* OUTPUT(61, *(*///*)*);
   "END" I;
   Q1=Q+6;
   "IF" P<5 "THEN" "GOTO" M 98;
           *G0T0* M9;
   PAGE:
                                   S2DR # = 2 * S1 DR;
               S10R:=S[N0-1]/3;
M9B:SKN[0]:=0;
    *FOR* FF*=0 *STEP* 1 *UNTIL* 5 *DO* NI[FF]*=0;
    "IF" NO=1 "THEN" GOTO" M32;
    "COMMENT": DEFINITIVE VISURUNTERTEILUNG
               ABSZISSE, LAENGE, HOEHE UEBER
               GRUND UND GELAENDENORMALE
               FUER DIE VISUR-INTERVALLE
```

PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG BEI NO = 1

```
*FOR*I:=1*STEP*1*UNTIL*20*DO**FOR*T:=-5*STEP*1*UNTIL*24*00*
    INI[I.T]:=0;
    DF := (DPR-S[N0-1])/S[N0-1];
    "IF" ABS(OF) > 0.01 "THEN"
        TEXT("("EINGEGEBENE VISURLAENGE MEHR ALS 1 PROZENT FALSCH")");
    *FOR* I:=0 *STEP* 1 *UNTIL* NO-1 *DO* S[]]:=S[]] + DF*S[]];
    FF:=FMIN:
                      Z1 = 2;
M10*N*=N0;
   *FOR* I = 0 *STEP* 1 *UNTIL* N-1 *DO*
                                      D2:=S[NO-1] - D1;
    ZV[I]:=(ZSIH+D2 + ZZSH+D1)/S[ND-1] - 6.8+*-8+D1+D2;
           HEII:=ZVEII - ZGOEII:
           EX[]:=1.4427*LN(H[]]*(2 + 0.5*FF*FF + 0.07*SQRT(H[]]));
           *IF* EX[I]≤1 *THEN**BEGIN*TEXT(*(*H<0.7 M*)*);EX[I]:=1;*END*;
H[I]:=ZV[I] - ZG[I,EX[I]];
           EX[I] = 1.4427*LN(H[I] + (2 + 0.5*FF*FF + 0.07*SQRT(H[I])));
           "IF" EXITIST "THEN" BEGIN TEXT ("("H < 0.7 M")") ; EXITIST = 1; "END";
           *IF* EX[I]>15 *THEN*
           *BEGIN*
           OUTPUF(61, "("+ , "("E[")", ZD, "("] = ")", 2D, /")", I, EX[I]);
           EX[[]:=15;
           "END":
           H[I]:=ZV[I] - ZG[I,EX[I]];
           Q*=1.4427*LN(H[I]);
           GELAENDE (I.Q);
                          NN[I]:=NNS;
                                                NE[I]:=NES;
   *END*
    *FOR* Q:=0 *STEP* 1 *UNTIL* 20 *DC* U[Q]:=V[Q]:=0;
    I : = 0:
M11:DS(I+1]:=D(I+1] - D(I];
                             DH[I+1]:=H[I+1] - H[I];
    HM[I+1] = H[I] + OH[I+1] + 0.5;
    MH[I+1]:=A6S(OH[I+1])*0.288675; "IF" MH[I+1]=0 "THEN" MH[I+1]:="+10;
    NNM(I+1]:=(NN(I] + NN(I+1]) +0.5; NEM(I+1]:=(NE(I] + NE(I+1]) +0.5;
    DSR[I+1] = DS[I+1] + (DPR - D[I] - DS[I+1] + 0.5)/DPR;
    *IF*DSR[I+1]>Z1*HM[I+1]*HM[I+1]/MH[I+1] *THEN* *GOTO* M12;
    *IF* U[I+1]=1 v U[I]=1 v V[I]=6 v HM[I+1]<10 v I=0 *THEN* *GOTO* M15
    *ELSE* *GOTO* M14;
M12:"IF" U[I+1]=1 "THEN" "GOTO" M13;
    U[I+1] !=1;
                       N:=N+1;
    "IF" N>20 A Z1=2 "THEN"
    *BEGIN*TEXT("("ZUVIELE PROFILPUNKTE")"); Z1%=3; "GOTO" M10; "END";
    "IF" N>20 A Z1=3 "THEN"
    *BEGIN*TEXT("("IMMER NOCH ZU VIELE PROFILPUNKTE")"); "GOTO" AUS; "END";
    *FOR* Q:=N-2 *STEP* -1 *UNTIL* I+1 *DO*
                                             ZV[Q+1] = ZV[Q];
    *BEGIN* C(G+1]*=D(G);
                            H[Q+1] = H[Q];
            NN[Q+1]:=NN[G];
                              NE(Q+1):=NE(Q);
                                                          "END" Q;
M13*D[I+1]*=O[I] + OS[I+1]*0.5;
                                  H[[+1] = HM[[+1];
                                                      NN[I+1]:=NNM[I+1];
                         ZV[I+1]*=(ZSI+*(S[NO-1]-D[I+1]) + ZZSH*D[I+1])
    NE[I+1] = NEM[I+1];
                                                            *GOT 0* M11;
            /S[NJ-1] - 6.8**-8*(S[NJ-1]-D[I+1])*D[I+1];
M14:DSZ:=DS[I] + DS[I+1];
    HMM*=(DS[]]*HM[]] + DS[]+1]*HM[]+1])/DSZ;
    NNMM:=(DS[I]*NNM[I] + DS[I+1]*NNM[I+1])/DSZ;
    NEMM:=(DS[I]*NEM[I] + DS[I+1]*NEM[I+1])/DSZ;
    MMH:=SQRT((DS[]]*MH[]]*MH[]] + (HMM-HM[])+2*DS[]] +
               OS[I+1]*MH[I+1]*MH[I+1] + (HMM-HM[I+1])+2*OS[I+1])/OSZ);
    DSZR:=DSZ*(OPR - D[I-1] - DSZ*0.5)/OPR;
    *IF* DSZR > 2*HMM*HMM/MMH v DSR(I+1]>500 v DSZ>1000 v I=0 *THEN*
    "GOTO" M15;
    HM[I]:=HMM; MH[I]:=MMH; DS[I]:=DSZ; NNM[I]:=NNMM; NEM[I]:=NEMM;
```

```
DSR[I]:=DSZR;
    *FOR* Q:=I+1 *STEP* 1 *UNTIL* N-1 *DO*
    *BEGIN* D[G-1]4=D[G]; H[Q-1]4=H[G];
                                             NN [Q-1]:=NN[Q];
                                                                "END" Q;
                   NE[Q-1]:=NE[Q]; ZV[Q-1]:=ZV[Q];
    V[I] = V[I] +1; N = N-1; "GOTO" M11;
M15: "IF" I=0 "THEN" GOTO" M15A;
    LI(I,FF]:=ES(I]*NG; HI(I,FF]:=HM(I]; MI(I,FF]:=D(I-1]+0.5*DS(I];
    NORM:=1/SQRT(NNM[I]+NNM[I] + NEM[I]+NEM[I] + 1);
                                       GNEV2[I, FF] == NEM[I] +N GRM;
    GNEV1[I,FF] = - NNM[I] + NORM;
    GNEV3[I,FF] = NORM;
M15A: I:=I+1; "IF" I<N-1 "THEN" "GOTO" M11; "IF" I=N-1 "THEN" "GOTO" M15;
    "COMMENT": OUTPUT: VISUR - GROESSEN
                   PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG BEI NO = 1
M16: "IF" OUT[FF]=0 A FF=FMIN "THEN"
    *BEGIN*
    OUTPUT(61,*(*+,448,2(H),8,2(H),//*(* J NUMERIERUNG DER PROFILPU*)*,
       "("NKTE (*: INTERPOLIERT **: ZUSAMMENFASSUNG)")",//"(" I NU")"
       *(*MERIERUNG DER PROFILINTERVALLE*)*,//*(* S ABSTAND VOM STA*)*
       "("TIONSPUNKT")",//"(" ZGO HOEFE DES BODENS UE. MEER
       "(" HOERE DER VISUR UE. MEER")",//"(" ZG HOERE DES MITTLEREN")",
       *(* GELAENDES UE. MEER LQUADRAT HIT SEITENLAENGE (2+.5*F*F)*H
       ) *,178, *(*F = *) *, D, / *) *, SNAME1, SNAME2, ZNAME1, ZNAME2, FF);
       OUTPUT(61,*('/,
                  NOERDL. (OESTL.) NEIGUNG DES MITTLEREN GELAENDES")",//
       *(* NN(NE)
       "(" H HOEHE DER VISUR UEBER MITTLEREM GELAENDE")",//"(" SM ")",
       *(*INTERVALLMITTE DS INTERVALLAENGE*)*,//*(* HM MITTLE*)*,
*(*RE VISURHOEHE (UEBER MITTLEREM GELAENDE) IM INTERVALL*)*,//
       *(* NNM(NEM) MITTLERE GELAENDENEIGUNG IM INTERVALL*)*,///,28,
                                                                  NE") .68,
       * (* J
                           ZGO
                                   ZV
                                            ZG
                                                    H
                                                          NN
                     S
                                         NEM AUFGEGEBEN: ")",/,958,
       * (*SM
                           HM
                                  NNM
                   05
       *(*(ZUSAMMENFASSUNG)*)*,/*)*);
    "END" LEGENDE:
    "IF" OUT[FF]=0 A FF>FMIN "THEN"
    OUTPUT (61, *(*+, 448, *(*F = *)*, D, ///*)*, FF);
    I:=J:=0:
M16A*J*=J - U[I] + V[I];
    "IF" U[I]=1 A OUT[FF]=0 "THEN"
    OUTPUT(61,*(*28,*(***)*,48,5ZD.0,218,4ZO.D,/*)*,D[I],H[I])
    *ELSE* *IF* OUTLFF1=0 *THEN*
    OUTPUT(61,*(*8,Z0,48,5Z0.0,4(4Z0.0),2(-Z.40),/*)*,
                  J,O(II,ZGO(JI,ZV[II,ZG[J,EX[JI],H[I],NN[I],NE[I]);
    "IF" I≥N-1 "THEN""GOTO" M17;
       I = I + 1;
       "IF." OUT(FF)=0 "THEN"
       *BEGIN*
           *IF* V[I]=0 *THEN* OUTPUT(61,*(*58,Z0,508,3(5ZD.D),2(-Z.4D)*)*
                         ,I,O(I-1]+OS(I]*.5,OS(I],HM(I],NNM(I],NEM(I])
           *ELSE*
           *BEGIN* OUTPUT(61,*(**(* ** *)*,ZD,599,3(5ZD.D),2(-Z.4D)*)*,
                          I.D[I-1]+DS[I]*.5,DS[I],HM[I],NNM[I],NEM[I]);
              "FOR"Q:=1"STEP"1"UNTIL"V(I]"DO"OUTPUT(61,"("5ZD")",S[J+Q]);
           "END" V[I] #0;
          OUTPUT(61, "("/")");
       *END* OUT(FF]=0;
                                      "GOTO" M16 A;
       J:=J + 1;
```

```
"COMMENT": BESTIMMUNG DER GELAENDE-KNICKE
                   PROGRAMMIEIL NICHT NOETIG BEI NO = 1
                MI[0,FF1:=0;
M17: NI[FF]:=N;
                              MI(N,FF]:=S(NO-1);
   "IF" FF#MFM "THEN" "GOTO" M31;
                         "FOR"J:=1"STEP"1"UNTIL"NO-1"DO" JN[J]:=0;
      JN[0] != JN[N0] != 1;
      I:=J:=0:
      I = I + 1;
                             J:=J + V[]] - U[]];
                 J:=J + 1;
M18:
      *IF* IS1 "THEN" "GOTO" M18; "IF" I>N-2 "THEN" "GOTO" M30;
      VZR:=SIGN(HM(I) - HM(I-1));
      "IF" SIGN(HM[I+1] - HM[I]) = VZR "THEN" "GOTO" M18;
       *IF * VIII #0 *THEN * "GOTO * M19;
      "IF" SIGN(H[I]-H[I-1])=VZR V U[I]=1 "THEN" JN[J]:=1
      *ELSE* JN[J-1] = 1;
      *GOTO* M18;
      HMIN: = HMAX: = ZV[J-V[I]-1]-ZGO[J-V[I]-1];
M19#
      *FOR* K:=J-V[[] *STEP* 1 *UNTIL* J *DO*
      *BEGIN* *IF* WZR<O A ZV[K]-ZGO[K]<HMIN *THEN*
         *BEGIN* HMIN*=ZV[K]-ZGO[K]; JN[K]*=1;
            *FOR* Q:=K-1 *STEP* -1 *UNTIL* J-V[I] *DO* JN[Q]:=0; *END*;
         "IF" VZR>0 A ZVEK1-ZGOEK1>HMAX "THEN"
         *BEGIN* HMAX:=ZV[K]-ZGO[K]; JN[K]:=1;
            *FOR* Q*=K-1 *STEP* -1 *UNTIL* J-VIII *DO* JN[Q]*=0; *END*;
                   'GOTO' M18;
      *END* K;
M30: "IF" VIS=LEER A GEL=LEER "THEN"
   OUTPUT(61. '('///'(' KNICKE IM GELAENDEPROFIL:")",98,"('GERECHNETE")',
      "(" VISURLAENGE: ")",5ZD, 58,"("EINGEGEBENE VISURLAENGE: ")",
                                 ZGO")".//")".DPR.EVL);
      5ZD.///*(*
                         S
                 NK
   SUM: = 0;
   *FOR* J:=1 *STEP* 1 *UNTIL* NO-2 *DO*
   "BEGIN" "IF" JN(J)=1 "THEN"
                                            SKNESUM ] := S[J];
      BEGIN SUM:=SUM+1;
         "IF" VIS=LEER A GEL=LEER "THEN"
         OUTPUT(61, "("28, ZD, 2(5ZD.O), /")", J, S[J], ZGO[J]);
      *END* JN[J]=1 ;
   "END" J;
      "IF" SUM>6 "THEN"
      *BEGIN* TEXT(*(*ZU VIELE GELAENDEKNICKE*)*); *GOTO* MO; *END*;
   SKN[SUM+1] #= S[NU-1] ;
    *COMMENT** COSCWINKEL SONNE/GELAENDE)
               FUER EIN VISUR-INTERVALL I
                   PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG BEI NO = 1
M311 FOR TI=0 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "DO"
   BEGIN*
            G:=F[T];
      *FOR* I = 1 *STEP* 1 *UNTIL* N-1 *DO*
      *BEGIN* *IF* MI[I,FF]>S1DR *THEN* Q:=FM[T];
         "IF" MI[I,FF]>S2DR "THEN" Q#=FZ[T];
         "IF" G=FF "THEN"
         *BEGIN* CGS:=(CZS[T]+SZS[T]*(NNM[I]*CAS[T]+NEM[I]*SAS[T]))*
                                                           GNE V3[I.FF1:
```

```
"IF" T<MEZA V T>MEZU V CGS<0 "THEN" CGS:=0;
           INI[[,T]:=CGS;
        "END" Q=FF;
     "END" I;
  "END" T:
  OUT[FF]:=1; FF:=FF+1; "IF" FFSFMAX "THEN" GOTO" M10;
   *COMMENT*: IST VISURUNTERTEILUNG
              IDENTISCH FUER T UND T-1
                 PROGRAMMIEIL NICHT NOETIG BEI NO = 1
   *FOR* T:=-4 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
*BEGIN* MK(T]:=0; "IF" F[T]#F[T-1] *THEN*
      *BEGIN* *IF* NI(F(T))#NI(F(T-1)) *THEN* MK(T)*=1
                                                          · ELSE ·
         *FOR* I = 1 *STEP* 1 *UNTIL* NI[F[T]]-1 *00*
                  *IF* LI[[,F[T]]#LI[[,F[T-1]] *THEN* MK[T]*=1;
      *END* F[T] #F[T-1];
   "END" T;
   *COMMENT * SPEICHERUNG DER
              GELAENDE-INFORMATION
              M32:REWIND(1):
                   PUTARRAY(1,ZG1); PUTARRAY(1,ZG2);
  PUTARRAY (1,ZG);
                    PUTARRAY(1,ZG4); PUTARRAY(1,S);
  PUTARRAY (1, 2G3);
                         0:=0;
            J#=0;
           IT:=0:
M331
   *COMMENT*: COS (WINKEL SONNE/GELAENDE)
              FUER EIN "NIVEAU" 2+K U E. GRUND
                                      *****************
    *FOR* T:=-5 'STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
   "BEGIN" FF != FM[T];
                            MF = MFM;
      *IF*SKN[0]<S10R*THEN* *BEGIN* FF#=F[T]; MF#=MFS; *END*;
     "IF"SKN[0]>S2DR"THEN" "BEGIN" FF = FZ[T]; MF != MFZ; "END";
     ZN0[0,T]:=ZG0[J];
      *FOR * K1=1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *DO*
      *BEGIN* GELAENDE(J,K); ZNO[K,T]:=ZNS;
        WRZ = SQRT (NNS*NNS + NES*NES + 1);
        "IF" FF=MF A IT=0 "THEN" GNEV3S[K] = 1/WRZ;
        KGS1=(CZS[T] + SZS[T]*(NNS*CAS[T] + NES*SAS[T]))/HRZ;
         "IF" T<0 "THEN" E = T+24 "ELSE" E = T;
        "IF" E<MEZA v E>MEZU v KGS<0 "THEN" KGS*=0;
        INSIK.TI = KGS:
      *END * K;
*IF* IT=0 ^ FF=MF *THEN* IT*=1;
      EX12:=1.4427*LN(4096*(2+0.5*FF*FF+4.5));
      "IF" EX12>15 "THEN" EX12:=15; ZNO[12,T]:=ZG[J,EX12] + 4096;
      "IF" J=0 "THEN" INICO,T] = INSC1,T];
      *IF* J=N0-1 *THEN* INI(NI(FZ(T)),T)*=INS(1,T);
   "END" T;
```

```
*COMMENT** GRUNDFUNKTION F(T) FUER ALLE
              'NIVEAUS' K EINES GELAENDE-
              *KNICKPUNKTES* O EINER VISUR
              *FOR* Q =1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *00*
    FST := 0:
                                                   *GOTO*FSZ;
    *BEGIN**IF*SKN[O]<S1OR*THEN**BEGIN*GF(INS,W,F);
                                                               *END *;
                                                  *GOTO*FSZ;
       "IF"SKN[0]>S2OR"THEN""BEGIN"GF(INS;WZ;FZ);
                                                               *END *:
      GF(INS, WM, FM);
      FSZ: FOR Z:=-5 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO* FS[Q,Z]:=FT[Z];
   "END" Q:
   ML:=0:
    *COMMENT*: GRADIENTEN- UND TEMPERATUR-
              FELD UEBER EINEM GELAENDEKNICK
                        ZGR = ZG[J, 15] + HO; FR = PI/(ZGR-ZWP);
   ZWP:=ZG[J. 15] + HU;
                            D2C1:=(G1[0]-2*C1[1]+C1[2])/288;
M34*D1C1 == (C1[2]-C1[0])/24;
                            D2C2:=(C2[0]-2*C2[1]+C2[2])/268;
    01C2 = (C2[2]-C2[0])/24;
    *FOR* T1=0 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
    *BEGIN* C11[T]:=C1[1] + (T-11)*D1C1 + (T-11)*(T-11)*D2C1;
           C2I[T]*=C2[1] + (T-11)*D1C2 + (T-11)*(T-11)*D2C2;
                                ZNO[0.T] := ZNO[1,T] - 1.0;
      OGR[0,T] = ZGU[J] + 1.5;
      IT:=1;
       *FOR* K = 0 *STEP* 1 *UNTIL* 12 *DO* ZDEK1 = TEMPEK, T] = 0;
       *FOR* K:=1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *DO* GRD (K, T1:=0;
                     "IF" OGREO,T]≥ZGR "THEN" TKA:=0
    REPIDTI=0;
              TKA:=PO*(1+COS(FR*(OGREO,T)-ZWP)));
       *ELSE*
       *FOR* K = 1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *DO*
                      HGR = 2 +K;
       "BEGIN"
          DT:=C7+HGR + 0.1+(TEMP[K-1,T]+GRD[K,T]+ZD[K]/3000-TEMP[0,T]);
          • IF * DT < 0 * THEN * DT * = 0;
                                   DTZ*=(T-DT) - TZ;
          TZ = ENTIER (T-OT);
                                                        "END";
                           "BEGIN" TZ*=-5;
                                             OTZ#=0;
          "IF" TZ<-5 "THEN"
          DFS*=FS[K,TZ+1]-FS[K,TZ]; FSI*=FS[K,TZ] + DTZ*DFS;
                                   *IF* TZ<-5 *THEN* TZ*=-5;
          TZ:=ENTIER(T-DT + 0.5);
          ZD[K] = (ZN0[K+1, TZ] - ZN0[K-1, TZ]) + 0.5;
          *IF* ZO[K]<8 *THEN* ZO[K] = 0;
          OGREK,T] = OGREK-1,T] + ZDEK1;
          ZKM:=(0GR[K,T]+0GR[K-1,T])+0.0005;
          TAUG := ABLIG (DI, FI, ZKM, ZREG, C11(T1, C21(T1);
          *IF* PO≠O *THEN*
          *BEGIN* *IF * OGREK,T1<ZGR *THEN*
                 TKN*=P0*(1 + COS(FR*(OGR(K,T]-ZWP))) *ELSE*
                                                              TKN==0:
                  *IF* ZD[K] + O *THEN* TAUO:=TAUO + (TKN-TKA)/ZD[K] *1000
                  *ELSE* TAUO:=TAUO + P1*SIN(FR*(ZKM**3-ZWP));
                  TKA*=TKN:
          *END* P0#0:
          GRADIENT(FSI,DFS,HGR,TAUD); GRD[K,T]:=GRAD*GNEV3S[K];
          TEMP[K,T]:=TEMP[K-1,T] + GRD[K,T]*ZD[K]*0.001;
          "IF" T=12 "THEN" TAUOK(O,K] =TAUO;
       "END" K
             IT=1 "THEN" BEGIN" IT = 2; "GOTO" REP; "END"
                                                         IT=1;
       "IF" CGR(11,T]<ZGR "THEN"
       *BEGIN* OUTPUT(61,*(*+,*(*DIE MEERESHOEHE ZGR DES OBERN ANFANGS*)
               *, *( DER TEMPERATURKORREKTION LAG OBERHALB OGR[11,T] *) *,
               *(*FUER T = *)*,-ZO,/,*(*ZGR = ZG[I,15] + HO = *)*,3ZD,
               *(* WURDE ERSETZT DURCH OGREI1, *) *, -ZD, *(*) = *) *, 3ZD*) *,
               T, ZGR, T, OGR[11, T]);
```

```
FR == PI/(ZGR-ZWP);
                                                           *GOTO* M34;
         ZGR == OGR[11,T];
       "END" ZGR>OGR[11,T];
       Z12 = (OGR[11,T]*.001 + 7)*.5;
       TAU012:= ABLTO (DI,FI,Z12,ZREG,C1I(T),C2I(T));
       TEMP[12.T]:=TEMP[11.T] + TAU012*(7 - OGR[11.T]*.001);
       OGR [12.Tl:=7000:
       T7KMET] = HT7KM+SPCO+(T-11)*RGCO+7*C1IET]+49*C2IET];
       *FOR* K!=0 *STEP* 1 *UNTIL* 12 *DO*
          TEMP[K,T]:=TEMP[K,T] - TEMP[12,T] + T7KM[T];
    "END" T;
   "IF" O>0 V INP≠LEER V BOD=LEER "THEN" "GOTO" M37:
    "COMMENT": BERECHNUNG VON
               TEMPERATURKORREKTIONEN
M35:Z:=ST:=STT:=0: SD:=STD:=TM:=MTK:=RK:=0;
      "FOR" T = 0 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "DO"
      *BEGIN* *IF * ABS(T8S(T])> *-6 *THEN*
        STI4=STI + T*T; STD4=STD + T*(TBS(T] - TEMP(0,T]);
          *END* 1F...;
      "END" T:
       "IF" 800≠99 "THEN"
       *BEGIN* Z = Z + NS[0] + NS[1] + NS[2];
              SUI=SD + SABS[0] + SABS[1] + SABS[2];
               ST*=ST + NS[0]*(-1) + NS[1]*11 + NS[2]*23;
               STT#=STT + NS[0]*1 + NS[1]*121 + NS[2]*529;
              STD#=STD + (-1)*SABS[0] + 11*SABS[1] + 23*SABS[2];
       *END* BOD#99;
      MTK = SD/Z;
       TM:=ST/Z: RK:=(STD - TM+SD)/(STT - TM+ST):
       "IF" SCH=LEER * ML=0 "THEN" RK:=0;
       SP = MTK - RK* (TM-11);
       SPC0#=SPC0 + SP;
                                 RGCO = RGCO + RK
       "IF" RGCO<-.2 "THEN" RGCO:=-.2;
                                       "IF" RGC0>.2 "THEN" RGC01=.2;
       "IF" ABS(SPC0) > TOL A SON=LEER A ML=0 "THEN"
       *BEGIN* PO = (SPCO-TOL*SIGN(SPCO))/(1+COS(FR*(ZGO[J]-ZWP)));
       P1:=-P0*FR*1000;
       OUTPUT(61, "("+, "("ANPASSUNG AN BEOBACHTETE BODENTEMPERATUREN ")",
       "("DURCH ADDITION EINER KONSTANTEN A = ")",-ZO.D,/"("ERGAB ")",
       "("EINE DIFFERENZ ZWISCHEN TEMP[7KM] UND DEM STANDARDWERT ")",
       "("MT7KM = ")",-ZD.D,"(" VON MEHR ALS TOL = ")", ZD.D,/,
       *(*DIE PARALLELVERSCHIEBUNG A DER KURVE TEMP[Z] WURDE ERSETZT*)
       ","(" DURCH ")",/"("EINE PARALLELVERSCHIEBUNG UM TOL PLUS")",
       *(* EINE VON Z ABHAENGIGE KORREKTUR **) *, /*) *, SPC0, MT?KM, TOL);
       OUTPUT(61, *(**(*KORR(Z) = D*(1 + COS(PI*(Z-ZWP)/(ZGR-ZWP)))*)*,/,
          *(*MIT
                D = (A-TOL)/(1 + COS(PI*(ZGD-ZWP)/(ZGR-ZWP))) = *)*,-Z
         . 20. * (*
                     ZWP = ")",5Z,"(" UND ZGR = ")",5Z")",P0,ZWP,ZGR);
                 UND
       SPC 0:=TOL*SIGN(SPC0);
                                         BOD:=LEER;
                              RGC0:=0:
                                                    "GOTO" M34:
       *END* SPC0>TOL;
       "FOR" T =0 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "DO"
       *BEGIN* T7KMLT];=MT7KM + SPCO+(T-11)*RGCO + 7*C1IET] + 49*C2IET];
               "FOR" K!=0 "STEP" 1 "UNTIL" 12 "DO"
                    TEMP[K,T]:=TEMP[K,T] - TEMP[12,T] + T7KM[T];
       "END" T;
       "IF" SCN=LEER "THEN" GOTO" M36;
```

```
*COMMENT ** BERECHNUNG VON TEMPERATUR -
             KORREKTIONEN AUS SONDEN-
             TEMPERATURBEOBACHTUNGEN
               PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG WENN
                                              SON = LEER
"INTEGER" KU;
        ARRAY TSO, ZSO[0:2,0:11], DRS, TRSO[0:11];
   PAGE:
   ML := ML+1;
   *FOR* K = 0 *STEP* 1 *UNTIL* 12 *DO*
   *BEGIN* OGR[K,-1]:=OGR[K,0]; TEMP[K,-1]:=2*TEMP[K,0]-TEMP[K,1];*END*;
   *FOR* M = 0.1.2 *00*
                    T#=12*M-1;
   "BEGIN"
      *FOR* Z = 0 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *00* TRSO[Z] = DRS[Z] = 9;
                                 SZABS:=SZZABS:=9;
      SZ2#=SZ3#=SZ4#=0;
      ZSO[M, 0] = OGREO, T]; TSO[M, 0] = TBS[T]; TRSO[0] = TEMP[0, T];
      "IF" ABS(T3S[T])<"-3 "THEN"
      *BEGIN* OUTPUT(61,*(**(*BOOENTEMPERATUR DER SONDE FEHLT FUER *)*,
                                                  "GOTO" AUS;
                     (T = T)^{*}, ZD, ZD, ZD, T);
      "END";
      "IF" ML=1 "THEN"
      *BEGIN* INPUT(60,*(*38*)*);
         *FOR* Z:=1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *DO*
         *BEGIN* ZSO[M,Z]*=INZ(4); TSO[M,Z]*=INZ(3); *END* Z;
      "END" ML=1;
      KU #= Z# = 1;
      *IF* ZSO[M,Z]=0 v ZSO[M,Z]>7000 *THEN**GOTO* M44;
M421
      "IF" ZSOIM, ZJ>OGRIKU+1,T1 A KU<11 "THEN"
M431
      *BEGIN* KU4=KU+1; *GOTO* M43; *END*;
      TRSO[Z] = TRSO[Z] + 0.5*(TEMP[KU,T] + (ZSO[M,Z]-OGR[KU,T])*
                     (TEMP[KU+1,T]-TEMF[KU,T])/(OGR[KU+1,T]-OGR[KU,T]));
      *IF* T=12*H-1 *THEN**BEGIN* T*=T+1; KU*=KU-1; *GOTO* M43; *END*
               *BEGIN* T*=T-1; Z*=Z+1; *IF*Z≤11*THEN**GOTO* M42; *END*;
      *ELSE*
      NS[M] = Z:
M441
      *FOR* Z = 0 *STEP* 1 *UNTIL* NS[M]-1 *00*
      *BEGIN* DRS[Z]:=TSO[M,Z] - TRSO[Z];
                                           SABS[M1:=SABS[M] + DRS[Z];
                                            SZ21=SZ2 + ZQ;
              ZQ:=ZSO[N,Z]*ZSO[M,Z]**-6;
              SZABS:=SZABS + ZSO[M,Z]**-3*DRS[Z];
              SZ31=SZ3 + ZQ*ZSO[M,Z]**-3;
                                            SZ41=SZ4 + ZQ*ZQ;
              SZZABS:=SZZABS + ZQ*DRS[Z];
      *END * Z;
      OUTPUT(61, "("/"("SONDE")", -ZD, "(" UHR HOEHE WEBER MEER")",
         12(6ZD),/14B, "("SONDENTEMPERATUR")",12(-3ZD.D),/148,
         *(*GERECHNETE TEMP.*)*,12(-3ZD.D),//14B,*(*DIFFERENZ*)*,78,
         12(-320.D),/*)*,12*M-1 ,(ZSO[M,Z],Z*=0*11),(TSO[M,Z],Z*=0*11),
         (TRSC[Z],Z:=0:11),(DRS[Z],Z:=0:11));
      *IF* BGD=99 *THEN*
                B1=1/(SZ2*SZ4 - SZ3*SZ3);
      BEGIN*
                                           G1[M] *= C1[M] + C1P;
         C1P1=8*(SZ4*SZABS-SZ3*SZZABS);
                                           C2[M] *= C2[M] + C2P;
         C2P1=E*(SZ2*SZZABS-SZ3*SZABS);
         OUTPUT(61, '('/,-2ZD, '(' UHR: KORREKTUR = ')',-Z.2D, '(' + (')',
               -Z.20, (*)*Z + (*)*, -Z.30, *(*)*Z+2*)*,///*)*,12*M-1,
               SPC 0+12*(M-1)*RGC 0,C1[M],C2[M]);
```

*END * 800=99; *IF* M=2 *THEN*

```
*BEGIN* *IF * ML=1 *THEN*
      OUTPUT(61, "("//, "("GERECHNETE TEMP: MIT STANDARD-TAUD, ABER NACH")"
               , "( ANPASSUNG AN GEGEBENE BODENTEMPERATUREN ) ", / ") ")
      *ELSE*
      OUTPUT (61, "("//, "("GERECHNETE TEMP: MIT KORRIG. TAUD UND NACH AN")"
         , " ("PASSUNG AN GEGEBENE BODEN- UND SONDENTEMPERATUREN") "./") ");
      "END" M=2;
   "END" M;
   "IF" BOD#99 "THEN" BEGIN" SON:=LEER; "GOTO" M35 ; "END";
   "IF" ML=1 "THEN"
   *BEGIN* OUTPUT(61,*(*/,114(*(*-*)*),/*)*); *GCTO* M34; *ENO*;
   OUTPUT(61, "("///, "("FUER DIE ZWISCHENZEITEN WIRD NACH LAGRANGE ")".
                    "("INTERPOLIERT")",/")");
   INP:=99;
              800:=SUN:=LEER;
                              *GOTO* M34;
*END* SON#LEER;
       "IF" ML=0 "THEN"
M361
       OUTPUT(61, "("+,"("ES FAND EINE ANPASSUNG DER BERECHNETEN TEMPE")"
         , " ( "RATUREN AN GEGEBENE BODENTEMPERATUREN STATT MIT : ") ", //
           (*KGRR(T) = *)*,-ZO.D,/*)*,SPCO);
       "IF" ML=1 "THEN"
       OUTPUT(61, "("///, "("KORREKTUR (DER AUF MT7KM BEZOGENEN, MIT ST")",
          "("ANDARD-TAUD GERECHNETEN TEMPERATUREN): KORR(T) = ")",-ZD.D
          , *(* + (T-11) **) *, -D.2D,///, *(*BERECHNET AUS ANPASSUNG AN *) *,
          *(*AGDEN- UND SONDENTEMPERATUREN*)*,/*)*,SPC0,RGC0);
M37:"IF" U=0 "THEN"
     *BEGIN* *IF* (INP*LEER * INP*99) * DAT*LEER *THEN*
       *BEGIN* *IF* C1[0]#0 *THEN*
       OUTPUT(61, "("+, "("ES HAT EINE KORREKTUR DER BERECHNETEN TEMPE")",
          "("RATUREN STATTGEFUNDEN MIT:")",//,
          (*KCRR(T,Z) = ")",-Z0.2D,"(" + (T-11)*(")",-Z.3D,"(")")",//,
          118, "("+ (")", -Z.20, "(" + (T-11)"(")", -Z.30, "(") + (T-11) +2"("
          ) *,-Z.4D, *(*)) *Z*) *,//,
          118,*(*+ (*)*,-Z.2D,*(* + (T-11)*(*)*,-Z.3D,*(*) + (T-11)+2*(*
          ) *,-Z.4D,*(*))*Z+2*)*,/*)*,
          SPC0,+RGC0,C1[1],D1C1,D2C1,C2[1],D1C2,D2C2);
       * IF * C1[0]=0 *THEN*
       *BEGIN* OUTPUT(61, "(*+, "(*ES HAT EINE KORREKTUR DER TEMPERATU") *,
                     "("REN STATTGEFUNDEN MIT")",/")");
          "IF" PO=0 "THEN"
          *BEGIN* OUTPUT(61, "(""("KORR = ")", - ZD.D")", SPC0);
             "IF" RGC0=0 "THEN" OUTPUT(61,"("/")")
             *ELSE* OUTPUT(61, "(""(" + (T-11)*")", -D.2D, /")", RGC0); "
          "END" P0=0;
          "IF" P0≠0 "THEN"
             CUTPUT(61,*(**(*KORR(Z) = D*(1 + COS(PI*(Z-ZMP))/(ZGR-ZM*)*,
                   *(*P))) WOBEI D =*)*,-ZD.2D,*(* UND ZWP =*)*,5Z,
                              ZGR = ") ",5Z") ",PO,ZWP,ZGR);
                   • ( • UND
       *END* C1[0]=0;
    "COMMENT": OUTPUT: TABELLE DER
               TEMPERATUREN UND GRADIENTEN
               UEBER STATIONS - UND ZIELPUNKT
       *END* DAT#LEER V INP#LEER;
    OUTPUT(61,*(*+,68,*(*HEZ*)*,68,21(4ZD),28,2(ZD,*(*.*)*),40,/
                        *)*,21(-ZO.O),28,H,/108,*(*TAUO*)*,/
       *(*BECB.TEMP.
```

```
*(*EXP H (12 UHR)*)*,/*)*,
      0,2,(T,T:=4:20),22,24,TG,MT,JR,TBS[0],TBS[2],(TBS[T],T:=4:20),
      TBS(22],T3S(24],SNAME1);
                                    *ELSE*
   *END* 0=0
              *IF* J#N0-1 *THEN**GOTO* M38;
   *BEGIN*
   OUTPUT (61, "("+,68, "("MEZ")",68,21(4Z0),28,2(Z0, "(".")"),40,/
                        *)*,21(-Z0.0),28,H,/108,*(*TAUD*)*,/
      * (* BEGB.TEMP.
       *(*EXP H (12 UHR)*)*,/*)*,
       0,2,(T,T=4420),22,24,TG,MT,JR,T8Z[0],T8Z[2],(TBZ[T],T4=4420),
      TBZ[22], TBZ[24], ZNAME1);
   "END" ELSE ;
   "FOR" K = 1 "STEP" 1 "UNTIL" 4 "DO"
   OUTPUT (61, '('5ZD.0,78,21(4ZD), '(' HOEHE UE.M.')',/158,21(-ZD.D),
          TEMPERATUR*)*,//ZD,5ZD,-4ZD,8,21(-3ZD),*(* GRADIENT*)*
       ,//*)*, 1.5*2+(K-1), OGR[K-1,0],OGR[K-1,2],(OGR[K-1,T],T%=4*20),
                                 TEMP(K-1,0], TEMP(K-1,2], (TEMP(K-1,T],
      OGR[K-1,22], OGR[K-1,24],
      T := 4:20), TEMP[K-1,22], TEMP[K-1,24], K,2+K, TAUOK[O,K],
       GRD[K,0],GRD[K,2],(GRD[K,T],T:=4:20),GRD[K,22],GRD[K,24]);
   *FOR* K = 5 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *00*
   DUTPUT (61, "("7ZD, 78, 21(4ZD), "(" HOEHE UE.M.")", /158, 21(-ZD.D), 28,
       *(*TEMPERATUR*)*,//ZD,5ZD,-2ZD.D,8,21(-ZD.D),*(* GRADIENT*)*
       ,//*)*, 1.5*2+(K-1), OGR[K-1,0],OGR[K-1,2],(OGR[K-1,T],T = 4*20),
                                  TEMP[K-1,0], TEMP[K-1,2], (TEMP[K-1,T],
       OGR[K-1,22],OGR[K-1,24],
       T = 4 = 20), TEMP[K-1,22], TEMP[K-1,24], K,2+K, TAUOK[O,K],
       GRD[K,0],GRD[K,2],(GRD[K,T],T:=4:20),GRD[K,22],GRD[K,24]);
   K1=11;
   OUTPUT(61, "("48, 40,73,21(4ZD),28, "("HOEHE UE.M.")",/158,21(-ZO.D),
       2B, "("TEMPERATUR")",/")",
                                   3072,
       OGR [K,0],OGR [K,2],(OGR [K,T],T:=4:20),OGR [K,22],OGR [K,24],
       TEMP[K,0], TEMP[K,2], (TEMP[K,T], T:=4:20), TEMP[K,22], TEMP[K,24]);
   K1=12;
   OUTPUT(61, "('98, -ZD.D,8,/,158,21(-ZD.D),28, "("TEMP.7KM")"")", TAU012,
       TEMP[K,0],TEMP[K,2],(TEMP[K,T],T:=4:20),TEMP[K,22],TEMP[K,24]);
    "IF" ZCH=LEER "THEN" GOTO" M38;
    *COMMENT** PLOT DER TEMPERATURFELDER
               UEBER STATIONS - UND ZIELPUNKT
                PROGRAMMTEIL NICHT NOETIG BEI ZCH = LEER
                                  "REAL" MZA, MZN, MZ7, ND, TN;
M40 & BEGIN "INTEGER" MT11, SL;
    MT11:=ENTIER(TEMP(11,111);
                                 MZA = OGR[11, 11];
            R:=4; Q:=100;
    K*=11;
                             0")",22(370),288,"(" 24
                                                         ME Z*) * */
    OUTPUT (61, "("+, "("HOEHE
          "("UEBER")",-ZD,848,9(-2ZD),"(" GRAD")",/"("MEER")",
          32(*(* .*)*),/*)*,2,(T,T;=4;24),MT11,(MT11+Z*2,Z;=0;8));
NIV:SUM:=0; "FOR'T:=0"STEP"1"UNTIL"24"DO"SUM:=SUM+OGR[K,T]; MZN:=SUM/25;
    *IF* (MZN-OGREO,0])/Q<.5 *THEN**BEGIN* MZN:=OGREO,0]; K:=0; *END*;
                                              "IF" K=10 "THEN" Z = Z-6;
                      *IF* K=11 *THEN* Z*=1;
    Z := (MZA-MZN)/Q;
    "IF" K=6 "THEN" Z = (MZ7-MZN)/Q - N;
    "IF" Z=OAK≠O "THEN" BEGIN" MZN*=MZA; "GOTO" ZO; "END" Z=O;
    *FOR* I:=1 *STEP* 1 *UNTIL* Z *DO* OUTPUT(61,*(*/*)*);
OUTPUT(61,*(*3ZD*)*,MZN);
SL:=4;
    OUTPUT (61, "("3ZU")", MZN);
    *FOR* T = 0,2,4 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
                             ND:=(OGR[K,T]-MZN)*.901;
    *BEGIN* TN:=TEMP[K,T];
       "IF" NO≠0 A K≠0 "THEN"
       BEGIN® "IF" ND≥0 A K<11 "THEN" TN#=TN - NO#GRD[K+1,T]
```

```
*ELSE* TN:=TN - ND*GRD[K,T1;
     " "END";
                                  "IF" L≥0 "THEN" SL=SL + L + 1;
       L #=R + 2*(TN-MT11) - 1;
       "IF" L<0 v SL>135 "THEN" R:=R + 1 + L
                                                        *ELSE*
       *BEGIN* *FOR* I:=1 *STEP* 1 *UNTIL* L *00* OUTPUT(61,*(*B*)*);
                  OUTPUT(61, "("D")", T-10*ENTIER(T/10));
       R = R + 3 - L;
     "END" T:
    "IF" K=11 "THEN" OUTPUT(61,"("6(/),48,"("TEMPERATURFELD TEMP(MEZ")",
          "(", HOEHE) IN ZWEI HOEHENMASSSTAEBEN OBER- UND UNTERHALB ")",
          *(*192 M UEBER BODEN : 1 ZEILE = 100 M RESP. 10 M.*)**)*);
 Z0 *K = K - 1;
                       R:=4;
    "IF" K=6 "THEN" "BEGIN" K =0; M27 = MZA = MZN; "GOTO" NIV; "END" K=6;
    "IF" K=-1AQ>50 "THEN" BEGIN" K:=6; Q:=Q/10; N:=Z; "GOTO" NIV; "END";
    MZA:=MZN; 'IF' K=2 'THEN' K*=0; 'IF' K≥0 'THEN' GOTO' NIV;

OUTPUT(61, '('/, 48, 32('(' .')'), /48, 9(-2ZD), 848, -2ZD, '(' GRAD')', /

58, 2ZD, 318, '('0 2')', 21(3ZD), '(' MEZ')', /')',
           {MT11+Z*2,Z*=0*8),MT11+16,0,(T,T*=4*24));
"END" ZCH;
    "COMMENT": TEMPERATUREN AM BODEN UND
                AUF HOEHE DER VISUR FUER
EINEN GELAENDEKNICKPUNKT
M381"FOR "T := 0"STEP"1"UNTIL"24"00"
    *BEGIN* TBCK[O,T]:=TEMP[O,T];
       "IF" ZV[J]<OGR[0,T] "THEN" TVIS[0,T] = TEMP[0,T];
       *FOR * K:=1 *STEP* 1 *UNTIL* 11 *00*
       *BEGIN* *IF* ZV[J]≥OGREK-1,T] ^ ZV[J]≤OGREK,T] *THEN*
           BEGIN'
              TVIS[0,T]%=TEMP[K-1,T] + "-3*(ZV[J]-OGR[K-1,T])*GRD[K,T];
              "GOTO" NT;
           "END";
       "END" K;
       "IF" ZV[J]>OGR[11.T] "THEN"
                TVIS[0,T]:=TEMP[11,T] + (ZV[J]-OGR[11,T])*
                            (TEMP[12,T]-TEMP[11,T])/(7000-0GR[11,T]);
 NT: END T;
M39*J*=J+1; "IF" J≤N0-1 "THEN"
    BEGIN * 'IF' JN(J)≠0 V J=N0+1 *THEN*
       *BEGIN* 0:=0+1; *GOTO* M33; *END*
       *ELSE* 'GOTO' M39;
    "END"
           J≤N0-1;
    "IF" NO=1 "THEN" "GOTO" MO;
*END* ZG,ZG1,ZG2,ZG3,ZG4,S,INS,GNEV3S,K5K;
"COMMENT": BERECHNUNG DER
            REFRAKTIONSWINKEL
            AUF DEM STATIONSPUNKT
         ALLE FOLGENDEN PROGRAMMTEILE UNNOETIG MENN NO = 1
                                                             FP[0:20,-5:24],
*BEGIN**ARRAY* KR, DELTAI, HIKORR [0:20],
                                                                       [1:3];
               ZAXE, NREV, NOEV, GRADTV, GRADNV
       *REAL* DELTA, REFRK, RO, ROMP, ROMD, PF, KRIP, KRID, UMR, HLI;
```

```
*PROCEDURE* VEKTORPRODUKT(A,8)RES: (AXB);
                                                  *ARRAY* A,B,AXB;
   *BEGIN* *INTEGER* K; *REAL* LAXB;
      AXB[1] = A[2] + B[3] - A[3] + B[2];
      AXB[2] = A[3] * B[1] - A[1] * B[3];
      AXB[3]1=A[1]*B[2] - A[2]*B[1];
      LAXB t=SQRT(AXB[1]+AXB[1]+AXB[2]+AXB[2]+AXB[3]+AXB[3]);
      *FOR* K!=1.2.3 *DO* AXB[K]!=AXB[K]/LAXB;
   *END* VEKTORPRODUKT;
   *PROCEDURE* SKALARPRODUKT(A.B)RES*(AB);
                                                  "ARRAY" A.B.
                                                                  "REAL" AB:
   *BEGIN* *INTEGER* K;
AB:=0; *FOR* K:=1,2,3 *DO* AB:=AB + A[K]*B[K];
   *END* SKALARPRODUKT:
M501UMR1 = . 5*PI**-9;
    "IF" SRF=LEER "THEN"
    OUTPUT(61, "(*+, 188, "("HOEHENKRUEMMUNG UND -REFRAKTION AM ")"")")
    *ELSE*
    OUTPUT (61, "(*+, 188, "(*SEITENKRUEMMUNG UND -REFRAKTION AM ") ") ");
       OUTPUT(61, "("ZD,
       *(*. *)*,ZD,*(*. *)*,4D,*(* AUF DER VISUR *)*,2(H),*(* NACH *)*,2(H),/// 4B,*(*ZEIT*)*,37B,*(*TEILBETRAEGE IN DEN EINZELNEN *)*,
        *(*INTERVALLEN*)*,24B,*(*REFR.KOEFF.*)*,/*(* (MEZ)*)*,20(3B,ZD)
        , • ( • DELTA (CC) • ) • , // • ) • , TG, MT, JR, SNAME1, SNAME2, ZNAME1, ZNAME2,
        (Q,Q:=1:23));
                                  ZAXE[3] =+1:
                   ZAXE[2] *= 0;
   ZAXE[1] = 0 :
   VEKTORPRODUKT (ZAXE, VEV, NREV);
   VEKTORPRODUKT (VEV, NREV, NOEV);
                                                          "ELSE"
                                                                    R0:=0;
    "IF" SRF=LEER "THEN" RO == .5 + DPR/ (6378000/.13)
    *FOR* T = 0 *STEP* 1 *UNTIL* 24 *DO*
                 DELTA:=0:
                                      PF := 0:
                                                      IT: =0;
    *BEGIN*
   *COMMENT*: UNTERSCHIEDLICHE VISUR-
                UNTERTEILUNGEN ZU VER-
               SCHIEDENEN TAGESSTUNDEN
                有方术有关者为有有关者的 经投资 有效 有效 有效 有效 化二氯甲基甲基甲基 化二氯甲基甲基甲基甲基 4.
       "IF" T=0 v MK(T]=1 "THEN"
        *BEGIN* Q:=1;
           FST:=F[T];
      NO! F2:=FMIN;
                                                *IF* Z=0 *THEN**GOTO* KO;
      NF21Z1=SIGN(F2-FST);
                                   VV = 0;
           "IF" Z>0 A Q>NI[F2] "THEN" VV#=NI[F2] - Q;
      LW: "IF" MI[Q,FST] < .5*(MI[Q+VV,F2] + MI[Q+VV-Z,F2]) "THEN"
           "BEGIN" "IF" Z≠+1 "THEN" "GOTO" KO;
                    VV:=VV-1; "IF" Q+VV>0 "THEN" "GOTO" LW "ELSE" "GOTO" KO;
           *END* MI[Q,FST] < ... *ELSE*
*BEGIN* *IF* Z≠-1 *THEN**GOTO* KO;
VV:=VV+1; *IF* Q+VV<NI[F2] *THEN**GOTO* LW;
           *END* MILQ,FST1 > ...;
       KO: KORR[FST.F2]:=VV:
                         "IF" F2 SFMAX "THEN" GOTO" NF2;
           F2#=F2 + 1;
           "IF" MI [Q,F[T]] < S1DR "THEN"
           *BEGIN* GF(INI,W ,F ); *GOTO* FPZ; *END* MI < $1DR ;
           "IF" MI(Q,F(T)) < S2DR "THEN"
"BEGIN" GF(INI,WM,FM); "GOTO" FPZ; "ENO" MI < S2DR;
           GF(INI, WZ, FZ);
      FPZ: "FOR" Z:=-5 "STEP" 1 "UNTIL" 24 "DO" FP[Q,Z]:=FT[Z];
                        *IF* Q < NI (F[T]] - 1 *THEN**GOTO* NQ;
           Q = Q + 1;
       *END * MK[T]=1;
```

```
*COMMENT* * GRUND - TEMPERATURGRADIENT ,
           KRUENNUNGSFAKTOR,
           VERZOEGERUNG DT.
           FUNDAMENTALFUNKTION F(T-DT),
           KORRIGIERTE HOEHE UE. GRUND
           FUER EIN VISURINTERVALL I
           M51:PVOR:=PST:
   *FOR* I:=1 *STEP* 1 *UNTIL* NI[F[T]]-1 *00*
             "IF" T=0 A IT=0 "THEN" KR[I] =13;
      EXPO:=LN(HI[I,F[T]])*1.4427;
                                   *IF* EXPO<1 *THEN* EXPO =1;
      *FOR* Q:=0 *STEP* 1 *UNTIL* C-1 *00*
      "BEGIN" IF MICE .FCT]]≥SKNCQ] A MICE .FCT]]<SKNCQ+1] "THEN"
         *BEGIN*
         "IF" I=1 "THEN" TIV:=TVIS(0,T) "ELSE"
                                               TIV:=TI;
         IF = (MICI, F[T]]-SKN(Q])/(SKN(Q+1]-SKN(Q]);
         TI:=TVIS[Q,T] + IF*(TVIS[Q+1,T]-TVIS[Q,T]);
         "IF" EXPO≤11 "THEN"
         TAUD:=TAUDK[Q,EXPO] + IF*(TAUDK[Q+1,EXPO]-TAUDK[Q,EXPO]);
         TBI:=TBOK(Q,T) + IF*(TBOK(Q+1,T)-TBOK(Q,T));
         · END ·:
      'END' Q;
      "IF" I=1 "THEN" ZMV = ZSIH "ELSE" ZMV = ZM;
                       D2:=0PR-D1;
      D1:=MI[[,F[T]];
      ZN1=(ZSIH*D2 + ZZSH*D1)/OPR - 6.8**-8*D1*D2; ZKM1=ZM*.001;
      "IF"EXPO>11"THEN" TAUD: ABLTO (DI,FI,ZKM, ZREG, C11[T], C21[T]);
      *IF* PZP≠0 *THEN*
      *BEGIN* PINT:=PST + (ZM-ZSIH)*(PZP-PST)/(ZZSH-ZSIH); *END*
      *ELSE*
                              TMMM:=0.5*(TIV + TI);
      "BEGIN" DZMM#=ZM - ZMV;
         80#=DZMM/(15980.8*(1 + 0.003665*(TMMM+103*EM0/PVOR)));
                                         PVCR1=PINT:
         PINT == PVOR + (1-80) / (1+80);
      "FND":
      KRF#=2280*PINT /((TI+273)*(TI+273));
       VZ:=C7*HILI,F[T]] + 0.1*(TI - TBI);
      *IF* VZ<0 *THEN* VZ*=0;
                               RVZ = (T-VZ) - TVZ;
      TVZ = ENTIER (T-VZ);
       *IF* TVZ<-5 *THEN**BEGIN* TVZ:=-5; RVZ:=0; *END* TVZ<-5;
                                    FPI:=FP[I,TVZ] + DFP*RVZ;
      DFP:=FP[I,TVZ+1] - FP[I,TVZ];
                                            ROMP:=RO - HLI*KRIP;
                           KRIP:=KR[I]*UMR;
      HLI *= .5*LI[I.F[T]];
       *IF* SRF=LEER *THEN* HIKORR(I] =HI(I,F(T)) + PF + HLI*ROMP
                   *ELSE* HIKORR[[] = HI[[, F[T]];
    *COMMENT** TEMPERATUR - UND
              DICHTEGRADIENT
              GRADIENT (FPI, DFP, HIKORREII, TAUO);
                                     GRADNV[1] = . 0293 + GRADTV[1];
       GRADTV(1) = GRAD + GNEV1(I, F(T));
                                     GRADNV[2] := . 0293*GRADTV[2];
       GRADIV[2] = GRAD + GNE V2[I, F[T]];
                                     GRADNV[3] = 1+.0293 + GRADTV[3]:
       GRADTVE31 = GRAD + GNEV3[I,F[T]];
       SKALARPRODUKT(GRADNV, NOEV, HGR);
      SKALARPRODUKT (GRADNV, NREV, SGR);
```

```
*COMMENT*: LICHTWEG-KRUEMMUNG
              UND - PFEILHOEHEN
              "IF" SRF=LEER "THEN" KR(I] = KRF*HGR
                                            'ELSE'
                                                     KR[I]:=KRF*SGR:
                               ROMD:=RO - HLI*KRID;
     KRID:=KR[I]*UMR;
     PF:=PF + LICI.FCT11*ROMO:
                                       RO:=RO - LI[I,F[T]]*KRID;
   *COMMENT*: REFRAKTIONSWINKEL
      WKGF == LICI, F(T)] +0.001 + (DPR - MICI, F(T)) / DPR;
      DELTAILI1:=KRLI1*WKGF;
      DELTA:=DELTA + DELTAI(I);
      *IF" I=NI(F(T)]-1 "THEN"
                                      "IF" ABS(PF)>.5 A IT=0 "THEN"
      *BEGIN* RO == DELTA*UMR*1000;
         *BEGIN* PF*=0; IT*=1; DELTA*=0; "GOTO" M51; "END" PF>.5;
      "END" I=NI;
   *END* I:
   REFRK#=20+DELTA/DPR;
"COMMENT": OUTPUT : REFRAKTION
           NACH TAGESSTUNDEN
           UND VISURINTERVALLEN
"IF" T<13 "THEN"
*BEGIN* *IF* T=0 v MK(T)=1 *THEN*
   *BEGIN* OUTPUT(61,*(*88*)*);*FOR*I:=1*STEP*1*UNTIL*NI(F(T)]-1*DC*
         CUTPUT(61, "("4ZD") ", LI[I, F[T]]);
      OUTPUT(61, "(""(" INTERVALL-LAENGE")", /88")");
      "FOR" I:=1 "STEP" 1 "UNTIL" NI[F[T]]-1 "00"
         CUTPUT(61, "("4ZO") ", HI[I, F[T]]);
     OUTPUT(61,*(**(* MITTL. HOEHE*)*,//*)* );
   "END" T=0 V ...;
   OUTPUT(61, "("48, ZD, 28")", T);
   *FOR* I:=1 *STEP* 1 *UNTIL* NI(F(T))-1 *DO*
   OUTPUT(61, "("-3ZD") ", HIKORR[I]);
   OUTPUT(61, "("/,88")");
   *FOR* It=1 *STEP* 1 *UNTIL* NI[F[T]]-1 *DO*
      OUTPUT(61, "("-3ZD")", KR[I]);
   "FOR" I := NI[F[T]] "STEP" 1 "UNTIL" 20 "DO"
      OUTPUT(61, "("58")");
   OUTPUT(61, "("-ZD.30,38,ZD,/88")", REFRK, T);
   "FOR" I = 1 "STEP" 1 "UNTIL" NI[F[T]]-1 "DO"
      OUTPUT(61, '('-ZO.D')', DELTAI(I1);
   *FOR* I := NI[F[T]] *STEP* 1 *UNTIL* 28 *DO*
      OUTPUT(61, "("58")");
   OUTPUT(61, "("-3ZD.O")", DELTA);
"IF" T=12 "THEN" PAGE "ELSE" OUTPUT(61, "("//")");
*END* T<13;
*IF* T>12 *THEN*
*BEGIN ** IF * T=13 * MK(T)=1 *THEN*
   *BEGIN* OUTPUT(61,*(*88*)*);*FOR*I:=1*STEP*1*UNTIL*NI(F(T))-1*DO*
         OUTPUT(61, "("4ZD") ", LI(I, F(T)));
      OUTPUT(61, '(''(' INTERVALL-LAENGE")', /8B")');
"FOR" I:=1 "STEP" 1 'UNTIL' NI[F[T]]-1 "DO"
         CUTPUT(61, * (*4ZD*) *, HI[I, F[T]]);
     OUTPUT(61,*(**(* MITTLERE HOEHE*)*,//*)* );
   *END* T=13 * MK[T]=1;
```

```
OUTPUT(61, "("4B,Z0,2B")",T);
"FOR" I:=1 "STEP" 1 "UNTIL" NI[F[T]]-1 "DO"
         OUTPUT(61, "("-3ZD")", HIKORR[I]);
         OUTPUT(61, "("/,88")");
         *FOR* I = 1 *STEP* 1 *UNTIL* NI[F[T]]-1 *DO*
            OUTPUT(61, *(*-3ZD*)*, KR[I]);
         *FOR* I:=NI[F[T]] *STEP* 1 *UNTIL* 20 *DO*
             OUTPUT(61, *(*58*)*);
         OUTPUT(61, "(*-ZD.3D.3B.ZD./8B*)*, REFRK.T);
*FOR* I:=1 *STEP* 1 *UNTIL* NI[F[T]]-1 *D0*
         OUTPUT(61, '('-ZD.D')', DELTAI(I));
"FOR' I:=NI(F(T)) "STEP" 1 "UNTIL" 20 "DO"
             OUTPUT(61, '('58')');
         OUTPUT(61, "("-320.0,//")",DELTA);
     "END" T>12;
     *ENO * T:
*END* KR,SKR, DELTAI, DELTSI, GHP, ...;
"GOTO" MO;
AUS: "END";
            · EOP •
           FINIS
```

5. PROGRAMMVERSIONEN, AENDERUNGEN

Je nach der mit dem Programm TGREFR zu lösenden Aufgabe sind gewisse Teile des hier vollständig vorgestellten Programms natürlich unnötig und können die Karten des betreffenden Abschnittes aus dem Kartenpaket entfernt werden:

- a) Wenn keine "Visur" vorliegt, also keine Refraktionswinkel, sondern nur das Feld der Temperaturen T(z,t) und Temperaturgradienten $\frac{dT}{dz}(z,t)$ über einer "Station" zu berechnen sind, so können drei grössere Programmteile weggelassen werden
 - der Input der Zielpunkdaten: letzter Teil von MO unmittelbar vor M20 ,
 - die Visur-Unterteilung mit der Berechnung der Daten der definitiven Visurintervalle: (M10) bis (M19) sowie (M30) und (M31),
 - die Berechnung der Refraktionswinkel: ab (M50).

 Diese gekürzte Programmversion wurde von uns TGR (TEMPERATURGRADIENT) genannt (s. Abschnitt 2.5 in Teil I).
- b) Wenn keine beobachteten Sondentemperaturen zur Verfügung stehen (SON=LEER, s. Abschnitt 2.1.1 dieses Teils II), also keine Berechnung von entsprechenden Temperaturkorrektionen K_T (nach 4.4.3.3 oder 4.4.3.4 des Teils I) möglich ist, kann der betreffende Programmteil M41 bis M44 entfernt werden.
- c) Wenn kein PLOT des Temperaturfeldes T(z,t) (s.Abschnitt 2.5 in Teil I) gewünscht wird, d.h. wenn ZCH=LEER (die entsprechenden Felder auf der "Steuerkarte" blank), so kann dieser Programmabschnitt (M40) weggelassen werden.

Weitere kleinere oder grössere Reduktionen des Programms um nicht benützte Teile können natürlich bei bestimmten Verwendungen stets möglich werden, seien aber dem Benützer überlassen.

Programm-Aenderungen sind von uns von Beginn der Arbeit bis zum Abschluss dieser Programmbeschreibung ständig vorgenommen worden, so dass der hier beschriebene Zustand ein völlig zufälliger ist und deshalb nach Aenderungen (Fehlerkorrekturen, Vereinfachungen, Erweiterungen, Verbesserungen) durch allfällige Benützer geradezu verlangt.

III BENÜTZERANLEITUNG

1. EINGABE DER DATEN

1.1 Allgemeines

Das Datenpaket besteht aus dem Record der vom Betriebssystem verlangten Steuerkarten, abgeschlossen durch eine EOR-Karte, und dem eigentlichen Input-Kartenpaket. Auf die Steuerkarten des Betriebssystems wird hier, weil maschinenabhängig, nicht eingetreten; bei den Beispielen in Abschnitt IV sind sie aber aufgeführt.

Die Input-Daten können zum Teil "formatfrei" eingegeben werden, wozu die Prozedur INZ(N) benützt wird, welche ihrerseits die ALGOL-Standardprozedur INCHARACTER verwendet. INZ liest nur die Zeichen + - . und alle Ziffern, während alle übrigen Zeichen und "blanks" überlesen werden: z.B. wird "X = 10 000" gelesen als 10000. Die einzugebende Zahl darf also im gegebenen Feld von N Positionen an beliebiger Stelle stehen und praktisch jede Form annehmen: l, l.0, l., -0.1, .l, . Ein ganzes leeres Feld (blank) ergibt die Zahl 0.

Die Daten des "eingegebenen" digitalen Geländemodells (samt seinen Ergänzungen durch das Programm) einer "Visur" werden mit der ALGOL-Prozedur PUTARRAY(...) gespeichert, um bei einer allfälligen Bearbeitung der gleichen Visur (VIS≠LEER, s. "Steuergrössen", Abschnitt 2.1.1 in Teil II) mittels der ALGOL-Prozedur GETARRAY(...) wieder abgerufen werden zu können. Dazu ist eine entsprechende CHANNEL-Karte vor den eigentlichen Daten-Karten in das Kartenpaket einzufügen, s. unten.

Andere ALGOL-Prozeduren (als INCHARACTER, PUTARRAY, GETARRAY) sind nicht verwendet worden.

Nach Beendigung eines "Durchlaufs": Berechnung des Temperaturfeldes eines Tages über einem "Stations"punkt, oder Berechnung der stündlichen Refraktionswinkel eines Tages für eine "Visur", nimmt das Programm selbständig den nächsten "Durchlauf" in Angriff. Ein Abbruch der Rechnung kann erreicht werden durch Lochung von -1 (oder einer andern negativen Zahl) im Feld "No" der "Steuerkarte" (dh. der ersten Zahl der ersten Karte) des nächsten "Durchlaufs", s. unten Abschnitt 1.2.1.

1.2 Das Input-Kartenpaket

Das Datenpaket - für <u>einen</u> "Durchlauf" - setzt sich wie folgt zusammen: s.unter Bemerkungen

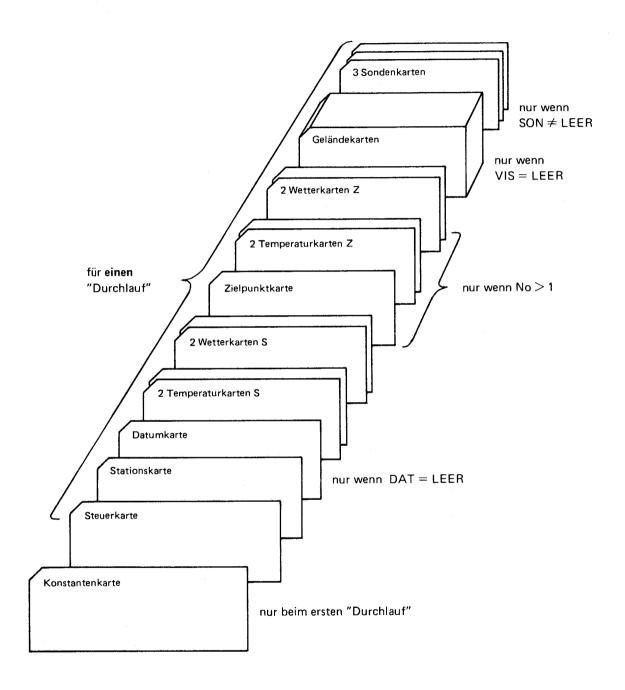
Abschnitt

. Steuerkarten für

das Betriebssystem

•								
EOR								
CHANNEL, 1=, A								
CHANNEL, END								
Konstantenkarte	1.2.0		nur beim ersten					
Steuerkarte	1.2.1		mit No "Durchlauf"					
Stationskarte	1.2.2							
Datumkarte	1.2.3		nur wenn DAT=LEER					
2 Bodentemperatur-Karten	1.2.4							
2 Wetter-Karten	1.2.5							
Zielpunktkarte	1.2.6)						
2 Bodentemperatur-Karten	1.2.7	}	nur wenn No>1					
2 Wetter-Karten	1.2.8		WIC FED					
x Gelände-Karten	1.2.9	{	nur wenn VIS=LEER x=3 wenn No=1					
3 Sonden-Karten	1.2.10		nur wenn SON≠LEER					

Input - Kartenpaket



Im folgenden werden die einzelnen Kartenarten näher beschrieben.

1.2.0 Konstantenkarte

Bei der hier beschriebenen Programmversion von TGREFR kann diese Karte nur <u>einmal</u> (vor der ersten Karte – der Steuerkarte – des ersten "Durchlaufs") eingelesen werden. Die eingelesenen Konstanten gelten dann auch für alle folgenden "Durchläufe".

1	10	1	20	1.1.1.1	30	1111	40		50	L	60		70	80
Ko	K1	K2	КЗ	K4	K5	К6	K7	К8	₩o	W1	W2	W3	TOL	LEER
													_	

Alle Werte werden mit INZ(5) (s. Abschnitt 1.1) gelesen, können also innerhalb ihres 5er-Feldes in beliebiger Form gelocht werden. - Das Feld "LEER" ist blank zu lassen! Für die Koeffizierten KO bis K8 haben sich die folgenden Werte als "vernünftig" erwiesen (bei den von uns untersuchten Fällen!):

		vgl.Abschnitt(leil l)
K0	0.01	4.3.4.3 u. 4.3.4.5 e)
K1	150 - 200	4.3.5.3
K2	1.5 - 2.0	4.3.5.3
К3	2.5 - 3.0	4.3.5.3
K4	0.05 - 0.10	4.3.5.3
K5	0.10 mit C5 = 0.015	4.3.4.3
	0.15 mit C5 = 0.010	7.5.4.5
K6	0.10 - 0.15	4.3.4.4
K7	3 - 5	4.3.6
K8	O bis höchstens O.1	4.3.4.4

Wird ein Feld leer (blank) gelassen, so erhält der betreffende Koeffizient den Wert 0; das Programm setzt also keine Ersatzwerte ein. Hiezu besteht allerdings die folgende Ausnahme: wenn für K5 kein Wert durch Eingabe festgelegt wird, setzt das Programm für die "Abstrahlungsgrösse" a = k_5 + $c_5 T_0$ (vgl. (26) in Abschnitt 4.3.4.2 von Teil I), im Programm als Variable K5K bezeichnet, den Wert von $\cos \zeta_S$ ein, den Durchschnitt des cos der Zenitdistanz der Sonne (genommen über 24 Stunden).

Für die Koeffizienten WO ... W3 in der Formel (28a) (Abschnitt 4.3.4.5 in Teil I) wurden von uns die folgenden Werte benützt:

Zur Bedeutung der Grösse TOL:

Wenn die berechneten* Modell-Bodentemperaturen von den eingegebenen beobachteten Bodentemperaturen im Durchschnitt um die Grösse A (in O Celsius) abweichen, wobei ${}^{T}_{Modell} + {}^{A} = {}^{T}_{beob.}$, so erfolgt eine "Anpassung" mittels der Temperaturkorrektion

$$K_T = f(z) = TOL + (A-TOL) \frac{1 + \cos \pi \frac{z - z_W}{z_G - z_W}}{1 + \cos \pi \frac{z_O - z_W}{z_G - z_W}}$$

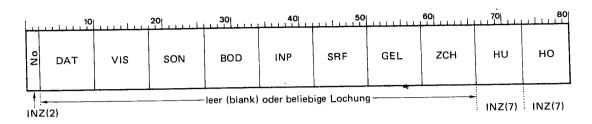
(4.4.3.5 und Figur 10).

In der Korrektur K $_{\mathsf{T}}$ wird also nur der den Wert TOL übersteigende "Rest" von A durch das sinusförmige Glied $\frac{1+\cos ...}{1+\cos ...}$ erbracht, während ein Anteil von der Grösse von TOL durch eine bei allen Meereshöhen z gleiche "konstante" Korrektion geleistet wird. - Bei der Wahl der Grösse des für TOL einzugebenden Wertes (Absolutbetrag, in ^OCelsius) sollte diesen Wirkungen Rechnung getragen werden: Wird TOL = O gewählt (z.B. durch Leerlassen des Feldes), so wird die ganze Temperaturanpassung A durch die Sinuskurve zwischen den Meereshöhen z $_{\mathsf{G}}$ und z $_{\mathsf{w}}$ (s. Bemerkungen zu HO und HU im nächsten Abschnitt) erbracht und oberhalb z_{G} ist die Temperaturkorrektion Null. - Wird TOL gross gewählt, so hat dies eventuell - wenn TOL> A - eine für alle Meereshöhen z bis 7000 m über Meer gleiche Temperaturkorrektion K_T = A zur Folge. - Beides kann unvernünftig sein, d.h. den tatsächlichen meteorologischen Gegebenheiten widersprechen.-TOL>4, d.h. Temperaturkorrektionen $K_{\overline{I}}$ an den gerechneten Standard-Modelltemperaturen von mehr als $4^{\rm O}$ Celsius bis auf eine Höhe von 7000 m, sind nach unseren Ueberprüfungen an den Sondentemperaturen von Payerne (Schweiz) doch ziemlich selten.

^{*} nach Abschnitt 4.4.2.3 (Teil I), ausgehend von der Standard-Temperatur T_0^{7km} für die Meereshöhe 7000 m nach Formel (10).

1.2.1 Steuerkarte

Für jeden "Durchlauf" ist eine eigene Steuerkarte nach folgendem Muster zu lochen:



No Anzahl der "ursprünglichen" Unterteilungspunkte einer "Visur" (inklusive Stations- und Zielpunkt!)

No = 1:

keine "Visur"; es wird das Temperatur- und Gradientenfeld über der betreffenden "Station" berechnet.

No = -1 (oder beliebig No<o):

Abschluss, Beendigung der Berechnungen.

No = leer (oder o):

Abbruch mit Fehlermeldung ANZAHL DER PROFILPUNKTE FEHLT

No>21:

Abbruch mit Fehlermeldung ZU VIELE PROFILPUNKTE

DAT siehe "Steuergrössen", Abschnitt 2.1.1 in Teil II;

: keine Lochung (blank): betr. Grösse = LEER,

ZCH beliebige Lochung (auch o!): betr. Grösse ≠ LEER.

HU siehe Abschnitt 2.3 "Konstanten" in Teil II.

Diese beiden Zahlen (in Meter) legen die Meereshöhen zg (= \overline{z}_{32000}^+ HO) und zw(= \overline{z}_{32000}^+ HU) der Temperaturkorrektion

$$K_{T} = TOL + (A-TOL) \frac{1 + \cos \pi \frac{z - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}}$$
 fest

z_o : Meereshöhe des Stationspunktes,

 \overline{z}_{32000} : Meereshöhe des "mittleren" Gelände der Seitenlänge 32km.

Wenn die Felder leer (blank) gelassen werden, so ist HU = 0 (also $z_W = \overline{z}_{32000}$) und durch das Programm wird gesetzt HO = 2000 (also $z_G = \overline{z}_{32000} + 2000$), d.h. der über den Wert von TOL

herausgehende "Rest" der total nötigen Temperaturanpassung A wird durch die Sinusfunktion $\frac{1+\cos\ldots}{1+\cos\ldots}$ unterhalb der Meereshöhe z_{32000}^+ 2000 m erbracht.

Wenn hinter dem Datensatz des letzten "Durchlaufs" die mit No<o als "Schlusskarte" gekennzeichnete "Steuerkarte" <u>fehlt</u>, so erfolgt wohl – je nach Betriebssystem – Abbruch der Rechnung mit entsprechender Fehlermeldung, etwa: UNCHECKED EOF.

1.2.2 Stationskarte

10	20	30	40	50	60	70 80
SNAME	SCODE	YS :-	xs :	ZS -	IH	FI ZREG
ALDHANIIMEDISCH -		-7 7D DD -7	ZD DD	37D DD		

SNAME Alphanumerische Punktbezeichnungen; dürfen leer sein, weil sie in den Berechnungen keine Rolle spielen und nur im Output auftreten.

YS,XS Stationskoordinaten in Meter, in einem ebenen rechtwinkligen Koordinatensystem mit positiver Y-Achse nach Ost, positiver X-Achse nach Nord (nur genähert).

ZS Meereshöhe in Meter des "Stations"punktes, genauer: desjenigen Punktes, über dem die "Instrumentenhöhe" IH gemessen ist.

IH "Instrumentenhöhe": Höhe desjenigen Punktes, für welchen der Refraktionswinkel δ zu berechnen ist, über dem Punkt, dessen Meereshöhe ZS ist.

LA Geographische Länge des Stationspunktes in Grad sexagesimal, negativ bei Längen östlich Greenwich!

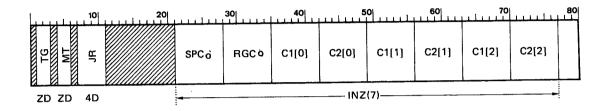
FI Geographische Breite des Stationspunktes in Grad sexagesimal.

ZREG "Regionale" Gelände-Meereshöhe in Meter, als Ausgangsniveau für die Standardtemperatur $T_{\rm o}$ nach Formel (10) in Abschnitt 4.3.3 (Teil I); kann leer (blank) gelassen werden: $z_{\rm Reg}$ ist dann o.

Die Grössen YS ... FI sind bei der vorliegenden Programmversion in den oben angegebenen Formaten zu lochen: Dezimalpunkt in den vorgeschriebenen Kolonnen, 1 Digit vor und 2 Digits nach dem Dezimalpunkt obligatorisch (auch wenn o !). - Da für die mit diesen Zahlen

vorgenommenen Berechnungen bei den Koordinaten und Höhen Meter-Genauigkeit, bei Länge und Breite Zehntelgrad genügen, sind die Dezimalpunkte eigentlich überflüssig und es könnten einfachere Inputvorschriften programmiert werden.

1.2.3 Datumkarte



TG Bürgerliche Zählung der Tage innerhalb eines Monats.

MT Monatszahl: 1 = Januar, 2 = Februar, ..., 12 = Dezember.

JR Jahreszahl (wird nicht für Berechnungen verwendet).

SPCo Ausgangswerte für die Berechnung (Lagrange-Polynom)

der Temperaturkorrektion $K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$

C2[2] (vgl. 4.4.3.4 in Teil I), SPCo und RGCo auch für $K_T = A' + B(t-11)$ (s. I 4.4.3.3).

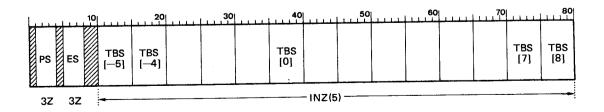
Diese Grössen sind durch Eingabe festlegbar, allerdings nur, wenn auf der "Steuerkarte" die Steuergrösse INP \(\neq \text{LEER} \)

(also nicht blank) ist; wenn INP = LEER ist, werden diese Grössen nicht gelesen.

Die Datumkarte $\underline{\text{muss}}$ fehlen, wenn auf der "Steuerkarte" DAT \neq LEER ist (und sie muss natürlich vorhanden sein, wenn DAT = LEER ist).

1.2.4 Temperaturkarten (für den Stationspunkt)

Es handelt sich um zwei Karten:



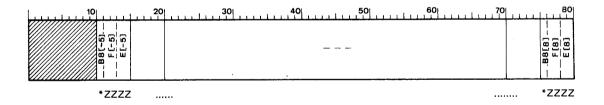
	10	20 30	40	50	60	70	80
TBS [9]	TBS [10]					TBS [23]	TBS [24]
-							_

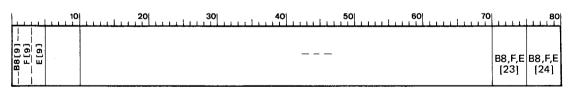
- PS Luftdruck (in mm Hg) auf dem Stationspunkt; darf bei Vorliegen einer "Visur" (No>l) nicht fehlen, da aus diesem Wert als Ausgangswert der Luftdruck längs der Visur nach der Rekursionsformel (51) zu berechnen ist.
- ES Dampfdruck (in mm Hg) auf dem Stationspunkt; darf fehlen (Feld blank): es wird dann der Standard-Wert nach Formel (29) eingesetzt.

TBS[T] Beobachtete Bodentemperaturen (in O Celsius), soweit T[-5:24] vorhanden, in beliebiger Lochung (als Integer oder mit Dezimalstelle).

1.2.5 Wetterkarten (für den Stationspunkt)

Es handelt sich wie bei den Temperaturkarten um zwei Karten:





^{*}ZZZZ

Für jede Tagesstunde T (bei der vorliegenden Version von TGREFR ist vorausgesetzt, dass T in Mitteleuropäischer Zeit MEZ = UT + 1^h definiert sei) von -5^h (19^h des Vortages) bis 24^h ist ein Fünfkolonnen-Feld reserviert für die Eingabe der drei Grössen:

^{*} B8[] wird mit der ALGOL-Prozedur INCHARACTER gelesen

- B8 Bewölkung in Achtel: o = wolkenlos ... 8 = bedeckt
- F Windstärke (-geschwindigkeit) in km/std
- E Dampfdruck in mm Hg (im Programm ist diese Grösse mit ES bezeichnet, nicht mit E)

Alle Werte sind als Integer-Zahlen zu lochen, einstellige Zahlen in einem Zweikolonnen-Feld also rechtsbündig. Das erste Feld der ersten Karte (für -5^{h}) und das letzte Feld der zweiten Karte (fiir 24^h) missen für B8 und F (betr. E s. unten) Lochungen aufweisen; alle übrigen Felder dürfen leer sein: die betreffenden Wetterfaktoren W werden im Programm durch Interpolation bestimmt (ebenso die Windstärken F, nicht aber B8 und E). Zu E (Dampfdruck, Luftfeuchtigkeit): Wenn für E in allen Feldern, auch im ersten und im letzten, eine Lochung fehlt, so setzt das Programm für alle Stunden T den Standardwert E_{Ω} nach Formel (29) ein. Wenn im ersten Feld (für -5^h) oder im letzten Feld (für 24^h) eine Lochung für E vorliegt, so erfolgt diese Einsetzung von E_{Ω} nicht, so dass also in diesem Fall in allen denjenigen Feldern, wo Lochungen für B8 und F vorhanden sind, auch ein Wert für E zu lochen ist, weil sonst dort E den Wert o erhält, entsprechend dem blank gelassenen Feld.

1.2.6 bis 1.2.8 Zielpunktkarten

Die fünf Karten für den Zielpunkt (die "Datumkarte" fehlt hier natürlich) müssen vorhanden sein (eventuell teilweise als Leerkarten) bei No>l und müssen fehlen bei No=l.

1.2.6 Zielpunktkarte ("Stationskarte" für den Zielpunkt)

Alles in 1.2.2 über die "Stationskarte" gesagte gilt sinngemäss auch hier.

Statt der "Instrumentenhöhe" IH ist hier die "Signalhöhe"SH zu lochen: die Höhe (über dem durch die Meereshöhe ZZ definierten Punkt) desjenigen Punktes, der vom Stationspunkt aus anvisiert wurde, also des "Ausgangspunktes" des Lichtstrahles, für den bei seinem "Endpunkt" (dem Stationspunkt) der Refraktionswinkel zu berechnen ist.

Die Felder LA und FI sowie ZREG dürfen leer bleiben; sie werden nicht gelesen.

1.2.7 Bodentemperatur-Karten (für den Zielpunkt)

Es handelt sich wie beim Stationspunkt um zwei Karten. Alle Felder, auch die beiden ersten für PZ und EZ dürfen leer sein (wenn keine Beobachtungen vorliegen); aber die beiden Karten dürfen auch in diesem Fall nicht fehlen.

Wenn für den Luftdruck PZ ein Wert eingegeben wird, so erfolgt die Berechnung des Luftdruckes für die einzelnen Visurteilstücke nicht mittels der Rekursionsformel (51), sondern durch lineare Interpolation zwischen PS und PZ (vgl. Abschnitt 4.5.5 in Teil I).

1.2.8 Wetter-Karten (für den Zielpunkt)

Zwei Karten, die leer sein dürfen (auch das erste und das letzte Feld – im Gegensatz zu den Wetterkarten des Stationspunktes), die aber nicht fehlen dürfen. Für die Lochung gilt das in 1.2.5 gesagte.

Wenn sämtliche Felder leer sind (genauer: es müssen nur sämtliche B8-Felder leer sein), so werden für die Wetterfaktoren W und die Windstärken F des Zielpunktes für alle Stunden von -5^h bis 24^h die betreffenden (eventuell interpolierten) Werte des Stationspunktes durch das Programm eingesetzt (nicht aber für B8 und E!). Für den Dampfdruck E (im Programm als Variable EZ bezeichnet) gilt das gleiche wie beim Stationspunkt.

1.2.9 Geländekarten

Wenn VIS ≠ LEER muss das Kartenpaket "Geländekarten" fehlen.

Für jeden (Index: J) der No "ursprünglichen" Visur- Unterteilungspunkte (vgl. Abschnitt 4.5.3 in Teil I) sind eine, zwei oder drei "Geländekarten" von der folgenden Form zu lochen:

erste Karte (immer)

L	1	0	20		نبلا	30	40	50 60	70 80
₹	EXMAX[J]	ZGo[J]	ZG1	ZG2	 ZG3 ,1]	ZG4	ZG1 ZG4 [J,2]	ZG1 ZG4 [J,3]	ZG1 ZG4 [J,4]
ZDZ	ZD 4ZD	4ZD.D			zzzz	: — 			

zweite Karte (nur wenn EXMAX > 4)

			(-· ····· ·· · · · · · · · · · · · · · ·	
10	20	30	40	50 60	70 80
ZG1 ZG2 ZG3 ZG4					ZG1 ZG4 [J,9]
ZZZZ					

dritte Karte (nur wenn EXMAX > 9)

			a		,	
1	20)	30	40	50	60	70 80
ZG1 ZG2 ZG3 ZG4						ZG1 ZG4
[J,10]						[J,14]
	L		<u> </u>			

ZZZZ

Die abzulochenden Grössen haben die folgenden Bedeutungen:

EXMIN Die kleinste Zahl Q (s. unten, Seitenlänge der Geländequadranten = 2^Q Meter), für welche mittlere Geländehöhen zur Eingabe zur Verfügung stehen, z.B. EXMIN = 5: die Felder 17-32, 33-48, 49-64, 65-80 der ersten Karte tragen keine Lochung (Q<EXMIN). Die dort fehlenden Werte bleiben nicht O (als was sie "gelesen" werden), sondern werden durch Interpolation ergänzt (s. Abschnitt 4.3.2 in Teil I).

EXMAX Der höchste Wert von Q, für welchen Eingabewerte vorliegen, z.B. EXMAX = 12: die Felder 49-64, 65-80 der letzten (dritten) Karte tragen keine Lochung (Q>EXMAX). Die fehlenden Werte behalten ihren "eingelesenen" Betrag O nicht, sondern werden durch Interpolation ergänzt.

S[J] "Kilometrierung" (aber in Meter!) des Geländepunktes mit der J[o:No-1] Numerierung J: Abstand vom Stationspunkt (mit J=o und max20 S[o] = o.o) der Visur.

ZGo[J] Meereshöhe des Geländepunktes J.

Diese ersten vier Felder sind in den entsprechenden Formaten zu lochen (Massnahme, um zu verhindern, dass sie vergessen, d.h. blank gelassen werden). Wenn EXMAX<5 <u>müssen</u> die zweite und dritte Karte fehlen, wenn EXMAX<10 muss die dritte Karte fehlen!

Die Karten für die verschiedenen Geländepunkte J müssen in der Reihenfolge wachsender Werte von S[J] im Kartenpaket eingeordnet sein: das Programm leistet nicht selbständig die "richtige" Numerierung J der Daten, prüft aber die richtige Reihenfolge der S und druckt nötigenfalls eine Fehlermeldung FALSCHE REIHENFOLGE (mit Abbruch).

ZG1...ZG4 [J,Q] Q[EXMIN : EXMAX] min.1 max.14

Die mit Hilfe von topographischen Plänen oder Karten bestimmten mittleren Höhen (über Meer) der vier Quadranten von der Seitenlänge $2^{\mathbb{Q}}$ Meter rings um den Visurpunkt J.

ZG1 : nordöstlicher Quadrant

ZG2 : südöstlicher Quadrant

ZG3 : südwestlicher Quadrant

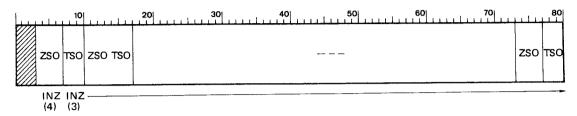
ZG4 : nordwestlicher Quadrant

Als Integer-Zahl rechtsbündig im Vierkolonnen-Feld zu lochen. Negative Werte (unter Meeresspiegel) können in der vorliegenden Programmversion nicht eingegeben werden. - Leere Felder (blank) sind gestattet, aber natürlich nur in aufeinanderfolgenden Blökken (Q<EXMIN und Q>EXMAX, s. dort) und natürlich nur für ganze Gruppen ZGl ... ZG4.

Für J=o (Stationspunkt) und J=No-1 (Zielpunkt) müssen EXMAX[o]=14 und EXMAX[No-1]=14 sein, und die dritten Geländekarten müssen entsprechend bis EXMAX=14 Lochungen für ZG1 ... ZG4 aufweisen; sonst sind die eventuell nötigen Interpolationen von ZG[J,Q] für o<J<No-1 nach Abschnitt 4.3.2 in I nicht möglich. Wenn dies nicht erfüllt ist, erfolgt Fehlermeldung GELAENDEHOEHEN DES STATIONS- (ZIEL-) PUNKTES NICHT VOLLSTAENDIG (ohne Abbruch). Für EXMIN besteht, auch bei J=o und J=No-1, keine Vorschrift.

1.2.10 Sondenkarten

Diese drei Karten müssen vorhanden sein, wenn SON ≠ LEER (s. "Steuerkarte") und dürfen nicht vorhanden sein, wenn SON = LEER. In der Anordnung der Lochungen sind alle drei Karten identisch; die erste gilt für den Sondenaufstieg -1^h (23^h des Vortages), die zweite für 11^h , die dritte für 23^h (das Programm TGREFR ist in der vorliegenden Fassung für diese Sondentermine – Sondenaufstiege in Payerne, Schweiz – ausgelegt und müsste bei Nichtzutreffen geändert werden).



ZSO Meereshöhe (in Meter) der Sondentemperaturbeobachtung TSO zugehörige Sonden-Temperaturbeobachtung (in ^OCelsius).

Es müssen nicht alle 11 Felder Lochungen aufweisen. Die Felder mit Lochungen müssen aber ab Kolonne 4 ohne Lücken sich aneinanderreihen. Genauer: wenn das Programm einen Wert ZSO=o findet, so wird das Lesen der Karte nicht weitergeführt (deshalb müsste für einen Sondentemperaturwert auf Meereshöhe nicht o, sondern z.B. 1 gelocht werden für ZSO). Ebenso wird der Input (der betreffenden Karte) abgebrochen, wenn ein ZSO>7000 angetroffen wird.

AUSGABE

2.1 Allgemeines

Eine separate Input-Kontrolle ist nicht vorhanden, jedoch sind praktisch alle eingegebenen Daten* in den verschiedenen Output-Tabellen zu finden und können so kontrolliert werden.

An Resultaten wird nur das Wichtigste ausgedruckt, wobei natürlich über Wichtigkeit sehr verschiedene Ansichten möglich sind. Z.B. werden wohl die je etwa 850 Werte des Temperatur- und Gradientenfeldes

^{*} Ausnahmen: Die "Steuergrössen" DAT ... ZCH und die rechtwinkligen Koordinaten YS, XS, YZ, XZ.

auf den Standardniveaus über Stations- und Zielpunkt meist nur zum kleinsten Teil benötigt und zur Kenntnis genommen werden; ihr Nicht-Ausdrucken wäre uns trotzdem als Informationsverlust erschienen. Auch die je drei Angaben für jedes Visurintervall zu jeder Tagesstunde in der Tabelle REFRAKTION mögen wohl selten alle "angeschaut" werden; aber auch hier wollten wir eine, vielleicht nicht einmal so seltene, wenigstens stellenweise Analyse dieser Daten nicht verunmöglichen.

Jedenfalls sind "Streichungen", besonders das Fallenlassen von ganzen Tabellen, im Programm bedeutend leichter vorzunehmen, als "Einflickungen" von zusätzlichem Output. Für die drei Tabellen GELAENDE, VISUR, und die graphische Darstellung des Temperaturfeldes wurde zudem die Möglichkeit eines wahlweisen Weglassen bereits programmiert. Leider konnte der grössere Teil der Output-Tabellen nicht auf das Format A4 komprimiert werden.

2.2 Input-Kontrolle

Eine Kontrolle des Inputs ist nicht nur erwünscht, um eigentliche Fehler (z.B. Lochungsfehler) auffinden zu können, sondern auch, um zu erkennen, aus welchen Daten die errechneten Resultate entstanden sind, und um die Wirkung von Aenderungen an den Eingabewerten auf die Ergebnisse feststellen zu können: etwa von Variationen der meteorologischen Grössen auf die Temperaturen und Temperaturgradienten oder von verbesserter Gelände-Information (z.B. in der Umgebung des Stationspunktes einer Visur) auf die Refraktionsverhältnisse.

Diese beiden wichtigsten Eingabegrössen, Wetter- und Gelände-Information, sind in den Output-Tabellen wiederzufinden: Die eingegebenen Wettergrössen Bewölkung (B8), Windstärke (F) und Dampfdruck (E) werden zusammen mit den aus ihnen berechneten "Wetterfaktoren" W (und dem Sonnenstand) in der Tabelle SONNE+WETTER für jede Tagesstunde ausgedruckt.

Die eingegebene Gelände-Information ZGo[J],ZG1...ZG4[J,Q-1] ist wiederzufinden (samt den durch Interpolation aufgefüllten Lükken) zusammen mit den abgeleiteten Grössen ZG[J,Q] (mittlere Höhe der Ebene des "mittleren" Geländes) und ZV[J] (Höhe der Visur) in der Tabelle GELAENDE.

2.3 Fehlermeldungen

Es sind einige Fehlermeldungen programmiert:

ANZAHL DER PROFILPUNKTE FEHLT

No ist o (oder blank)

ZU VIELE PROFILPUNKTE

No>21; diese Grenze könnte natürlich im Programm geändert werden (Aenderung der obern Grenze der betr. ARRAYS), aber es würden auch in der Output-Tabelle REFRAKTION Platzschwierigkeiten entstehen.

SON ≠ LEER IST NICHT ERLAUBT

- 1.) bei gleichzeitigem INP ≠ LEER
- 2.) bei gleichzeitigem DAT ≠ LEER.

EXPONENT IN PROZ.'GELAENDE'<1

Exponent (der Zahl 2, für die Seitenlänge des Quadrates des "mittleren" Geländes) wird 1 gesetzt; es erfolgt kein Abbruch! EXPONENT IN PROZ. 'GELAENDE'>15

Exponent von 2 (s. oben) wird 15 gesetzt; kein Abbruch! FALSCHE REIHENFOLGE

Die "Geländekarten" (s. 1.2.9) sind nicht nach wachsenden Abständen S vom Stationspunkt geordnet.

GELAENDEHOEHEN DES STATIONS- (ZIEL-)PUNKTES NICHT VOLLSTAENDIG Für den Stations- oder Zielpunkt sind die mittleren Höhen der Geländequadranten nicht bis zu einer Seitenlänge von 2¹⁴ gelocht; kein Abbruch! (aber eventuell Interpolation von fehlenden Geländeangaben falsch; vgl. auch nächste Fehlermeldung).

INDEX BEI S UND ZG<-1

Wegen Fehlens der vollständigen Gelände-Information (bis Q=14) auf Stations- und/oder Zielpunkt eventuell möglicher Fall bei der Ergänzung der Lücken des "eingegebenen" Geländes (es erfolgt unprogrammierter Abbruch durch das Betriebssystem wegen ARRAY BOUNDS ERROR).

EINGEGEBENE VISURLAENGE MEHR ALS 1 PROZENT FALSCH

Die durch die Eingabe (S[No-1]) definierte Länge der Visur (horizontal) ist um mehr als 1% verschieden von der aus den eingegebenen rechtwinkligen Koordinaten XS,YS/XZ,YZ berechneten Projektionslänge der Visur; kein Abbruch (die eingegebenen Abszissen S[J] werden ohnehin auf die Soll-Totallänge der Visur umgerechnet; die Fehlermeldung dient nur als Aufforderung zu einer Kontrolle).

H<0.7 M

Tritt auf, wenn für einen Visur-Unterteilungspunkt I ein Bodenabstand (über dem "mittleren" Gelände) von weniger als 0.7 Meter gefunden wird; kein Abbruch: der Exponent Q für ZG[I,Q] und für die Prozedur GELAENDE(I,Q) wird 1 gesetzt.

E[..]=..

Tritt auf, wenn für den Visur-Unterteilungspunkt I ein Exponent Q (s. oben) gefunden wird, der >15 ist; kein Abbruch: Q wird 15 gesetzt.

ZUVIELE PROFILPUNKTE

Bei der definitiven Visur-Unterteilung wurden so viele neue Punkte eingeschaltet, dass die Gesamtzahl der Visurintervalle >20 wurde; (noch) kein Abbruch: der Faktor 2 im Kriterium (48) für Notwendigkeit der Unterteilung eines Visurintervalles wird auf 3 erhöht (um die Zahl der zusätzlichen Unterteilungspunkte zu senken) und der Unterteilungsvorgang wiederholt (s. nächste Fehlermeldung).

IMMER NOCH ZUVIELE PROFILPUNKTE

Erfolgt, wenn trotz der Erhöhung des Faktors im Unterteilungskriterium (48) von 2 auf 3 mehr als 20 Visur-Intervalle entstehen; Abbruch!

ZU VIELE GELAENDEKNICKE

Fehlermeldung, wenn die Anzahl der Gelände-Knickpunkte (vgl. Abschnitt 4.5.4 in Teil I) – samt Anfangs- und Endpunkt der Visur! – grösser als 6 ist; kein Abbruch, Beginn des nächsten "Durchlaufs".

BODENTEMPERATUR DER SONDE FEHLT FUER..

Bei Anpassung an Sondentemperaturen (SON \neq LEER) müssen auf den "Temperaturkarten" des Stationspunktes (nicht auf den "Sondenkarten"!) für $T = -1^h$, 11^h , 23^h Bodentemperaturen gelocht sein.

Wenn bei obigen Fehlermeldungen nicht ein anderslautender Hinweis steht, erfolgt Abbruch (der ganzen Rechnung, nicht nur des gerade in Bearbeitung stehenden "Durchlaufs").

2.4 Resultat-Output

2.4.1 Tabelle SONNE+WETTER

In dieser Tabelle sind für jede Tagesstunde von -5^h bis 24^h (in der vorliegenden Fassung von TGREFR: MEZ) für den Stationspunkt zusammengestellt:

- -Azimut (von Süd über West) und Zenitdistanz der Sonne in Grad sexagesimal,
- die eingegebenen beobachteten Bodentemperaturen in ^OCelsius, die eingegebenen Werte der Wettergrössen
 - B8 (Bewölkung in Achtel)
 - E (Dampfdruck in mm Hg)
 - F (Windgeschwindigkeit in km/std),
- die aus den eingegebenen Wettergrössen abgeleiteten Wetterfaktoren $W_{\mathbf{c}}$ des Stationspunktes

mit *: direkt nach Formel (28) aus B8, E, F berechnet ohne *: interpoliert.

Für den Zielpunkt (bei Vorliegen einer "Visur") wird <u>keine</u> Tabelle SONNE+WETTER ausgedruckt, auch nicht, wenn auf den Bodentemperaturund Wetterkarten des Zielpunktes "eigene" Werte eingegeben worden sind. Zur Information werden aber die direkt (nicht durch Interpolation) bestimmten Werte der Wetterfaktoren des Zielpunktes (W_Z) neben denjenigen des Stationspunktes ausgedruckt.

Ferner sind am Fuss dieser Tabelle die Werte der Koeffizienten $k_0 \dots k_8$ aufgeführt samt der aus k_5 nach (26) berechneten "Abstrahlungsgrösse" a (=K5K) und dem Durchschnittswert (über 24 Stunden) von $\cos \zeta_S$ (=C), und weiter die zur Verwendung kommenden Werte für

die Grössen ZREG (s. 1.2.2) und HU/HO (s. 1.2.1).

Nicht ausgedruckt wird hier der Wert von TOL (s. 1.2.0), der aber, wenn er tatsächlich "benützt" wird, später in einer "Bemerkung" (s. unten 2.4.5) zur verwendeten Temperaturkorrektion K_{T} angegeben wird.

Auch sämtliche "Steuergrössen" (s. 1.2.1) DAT...ZCH werden nicht nachgewiesen; ihr "Wert" (= LEER oder \neq LEER) ist aus der Wirkung oder Nichtwirkung erkennbar.

2.4.2 Tabelle GELAENDE

Der Druck dieser Tabelle kann <u>verhindert</u> werden durch Lochung eines beliebigen Zeichens im Feld der "Steuergrösse" GEL (s.2.1.1 in Teil II). Dies kann, um nicht die gleiche Information mehrmals zu erhalten, erwünscht sein, wenn dieselbe Visur mehrmals "behandelt" wird, z.B. mit verschiedenen Wetterangaben, oder an verschiedenen Tagen.

Die Tabelle zeigt in leicht verständlicher Anordnung, entsprechend dem Schema in Abschnitt 4.3.2 (Teil I), für alle "ursprünglichen" Visur-Unterteilungspunkte J die mittleren Meereshöhen ZG[J,Q] samt den zu ihrer Berechnung benützten Quadrantenhöhen ZG1...ZG4[J,Q-1]

- mit * bezeichnet, wenn es sich um eingegebene (auf den "Geländekarten", s. 1.2.9) Werte handelt, ohne * bei interpolierten Werten. - Die Visurhöhen ZV[J] sind nach Formel (50b) (Abschnitt 4.5.5 in Teil I) berechnet.

2.4.3 Tabellen VISUR

Diese Tabellen sollten aus der an ihrem Anfang gegebenen Legende und aus ihren Kopfleisten verständlich sein. Sie zerfallen in zwei Teile:

im <u>vordern</u> Teil sind die für die Visur-Unterteilungs<u>punkte</u> geltenden, z.T. aus der Tabelle GELAENDE übernommenen Grössen J S ZGo ZV ZG H NN NE zusammengestellt, und zwar für die "ursprünglichen" Punkte (für welche Gelände-Information durch Eingabe vorliegt) wie für die zusätzlichen, interpolierten Unterteilungspunkte (für diese nur die Grössen S und H), aber nicht für die wegen "Zusammenfassung" aufgegebenen "ursprünglichen" Punkte (die aber angeführt werden); im hintern Tabellenteil sind die für die Visur-Intervalle gelten-

im <u>hintern</u> Tabellenteil sind die für die Visur-<u>Intervalle</u> geltenden, aus den Daten des vordern Teiles gemäss Abschnitt 4.5.3 (Teil I) abgeleiteten Grössen SM DS HM NNM NEM aufgeführt.

Für jede vorkommende Windstärke V_B (Beaufort) wird eine solche Tabelle ausgedruckt, da wegen Formel (21) die Seitenlänge des für die Geländehöhen ZG massgebenden "mittleren" Geländes und damit auch die Visurhöhen H = ZV - ZG verschieden sein können, was dann nach dem Kriterium (48) wiederum zu unterschiedlichen Visur-Unterteilungen führen kann.

Für die Durchschnitts-Windstärke (im Zeitraum -5^h bis 24^h) werden als zusätzliche Angaben die Abszissen S der Gelände-Knickpunkte (vgl. 4.5.4 in I), die aus Koordinaten berechnete Visurlänge (in der XY-Ebene) und zum Vergleich die "eingegebene" Visurlänge S[No-1] angegeben.

Wenn die "Steuergrösse" GEL eine (beliebige) Lochung aufweist, so werden die Tabellen VISUR <u>nicht</u> gedruckt. Ebenso werden bei VIS \neq LEER (vgl. Abschnitt 2.1.1 in Teil II), d.h. wenn in einem "Durchlauf" die gleiche Visur wie im vorangegangenen behandelt wird, nur noch für diejenigen Windstärken V_B die Tabellen VISUR gedruckt, welche im vorangehenden "Durchlauf" nicht bereits schon vorgekommen sind.

2.4.4 Tabellen TEMPERATUR für Stations- und Zielpunkt

Diese Tabellen geben die für die "Standard"höhen (über Grund, d.h. über dem "mittleren" Gelände) 2, 4, 8, ... 1024, 2048 Meter berechneten Temperaturgradienten (nach Abschnitt 4.3 in Teil I) und die

aus diesen abgeleiteten Temperaturen auf den "Standard"niveaus $1.5, 3, 6, \ldots 1536, 3072$ Meter (über dem "mittleren" Gelände), sowie die Temperatur auf 7000 m über Meer (nach 4.4.2.3 in Teil I). Für die Standardniveaus sind auch die Höhen über Meer angeführt. Alle diese Werte sind für die Tagesstunden (MEZ!) $0^h, 2^h, 4^h, 5^h, \ldots 19^h, 20^h, 22^h, 24^h$ gegeben (die Werte für $1^h, 3^h, 21^h, 23^h$ mussten aus Platzmangel weggelassen werden).

In der Kopfleiste dieser Tabelle sind die eingegebenen Werte "beobachtete Bodentemperaturen" (s. 1.2.4 bezw. 1.2.7) zu finden, zu deren Kontrolle und zum Vergleich mit den berechneten Bodentemperaturen. – Weiter sind die "Grundwerte" τ_0 des Temperaturgradienten (gemäss Abschnitt 4.3.3 in Teil I) für alle Standardhöhen 2^K gegeben. Nicht explizit werden die Temperaturkorrektionen K_T (nach 4.4.3 in I) und die daraus eventuell folgenden Korrektionen an den Temperaturgradienten τ_0 gezeigt: ausgedruckt werden die bereits korrigierten Gradienten τ_0 und $\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}z}$ (z,t). Jedoch werden vor den Tabellen TEMPERATUR Angaben über die eingeführten Korrektionen K_T gemacht, die eine Berechnung dieser Funktionen von t oder z oder (t,z) erlauben (s. nächsten Abschnitt).

2.4.5 Bemerkungen zu den Temperaturkorrektionen K_T

Den Tabellen TEMPERATUR sind Bemerkungen und Angaben zu den verwendeten, durch die "Steuergrössen" BOD und SON, eventuell INP (s. Abschnitt 2.1.1 in Teil II) gewählten Temperaturkorrektionen $K_{\overline{1}}$ vorausgeschickt. Diese Information, in Form von Text und numerischen Daten, sollte, zusammen mit den Ausführungen zu den Korrektionen $K_{\overline{1}}$ im Abschnitt 4.4.3 von Teil I, verständlich sein, so dass hier nicht näher darauf eingetreten wird.

2.4.6 Graphische Darstellung des Temperaturfeldes über dem Stations- und dem Zielpunkt

Für die beiden in 2.4.4 beschriebenen Tabellen TEMPERATUR ist das Ausdrucken einer graphischen Darstellung möglich: durch Anbringen einer beliebigen Lochung im Feld der "Steuergrösse" ZCH auf der "Steuerkarte" (s. oben Abschnitt 1.2.1).

Es handelt sich allerdings um eine sehr primitive Graphik, die nur aus Punkten (genauer: aus Ziffern!) besteht, die vom Benützer selber zu verbinden sind. Auch ist die Darstellung weder genau (wegen der "schrittweisen" Festlegung der beiden Koordinaten z = Meereshöhe und T = Temperatur) noch vollständig (es fehlen die Werte für 7000 m.ü.M. und für die beiden bodennächsten "Standardniveaus"); zudem ist sie schwer zu "lesen". Es sind nämlich eigentlich 23 einzelne (für 0^h, 2^h, 4^h, 5^h ... 23^h, 24^h MEZ) je zweidimensionale Darstellungen (Kurven) T(z), die je um einen bestimmten gleichen Betrag seitlich verschoben sind. Damit ergibt sich für die Links-Rechts-Achse (T-Achse) eine "gleitende", erst nach einigem Ueberlegen verständliche Bezifferung. Dazu muss die Darstellung noch in zwei verschiedenen Massstäben erfolgen. – Die im Teil IV bei den Beispielen gezeigten Muster mögen statt weiteren Erklärungen die Sache deutlicher machen.

Auf die Programmierung einer einwandfreien graphischen Darstellung von T(z) als Programmteil von TGREFR wurde aus dem Grund verzichtet, weil ein solches Plot-Programm stark auf den gerade zur Verfügung stehenden Plotter zugeschnitten sein muss.

2.4.7 Tabelle REFRAKTION

Diese Tabelle wird natürlich nur im Falle einer "Visur" (No>l) ausgedruckt.

Sie besteht aus einem Titel mit Angabe von Datum und Visur, aus einer Kopfleiste und aus für jede Tagesstunde gegebenen Zahlenblöcken.

Die Kopfleiste besteht aus drei Zeilen:

- fortlaufende Numerierung 1 bis 20 der Visurintervalle
- Längen der Intervalle
- mittlere Höhen (über dem "mittleren" Gelände) der Intervalle Diese Kopfleiste wird wiederholt (mit Ausnahme der ersten Zeile)
- für 13^h (immer), weil dort ein Sprung auf eine neue Seite programmiert ist,
- für alle Stunden T, wo die Visur-Unterteilung nicht identisch ist mit derjenigen von T-1.

Die für alle Stunden von O^h bis 24^h (bei der vorliegenden Version von TGREFR ist Mitteleuropäische Zeit MEZ gemeint) angegebenen Daten umfassen je drei Zeilen, welche die folgenden Grössen enthalten:

- die mittleren Höhen der Visurintervalle (über dem "mittleren" Gelände) in Meter; diese Höhen sind nicht notwendigerweise für alle Stunden gleich, wegen der unterschiedlichen Krümmungsverhältnisse des Lichtweges (vgl. die Abschnitte 4.5.1, 4.5.2, 4.5.6 in Teil I)
- die Krümmungen \varkappa_{i} der Visurteilstücke in $^{\mathrm{CC}}/\mathrm{km}$
- die Beiträge $\frac{\ell-s_i^{\prime}}{\ell}$ $\varkappa_i^{\Delta s}$ nach Formel (45) der Visur-Teilstücke (in CC) zum Refraktionswinkel δ im Stationspunkt der Visur.

Als letzte Kolonne dieser Tabelle, ganz rechts, wird für jede Stunde T der Refraktionswinkel δ im Stationspunkt der Visur in $^{\rm CC}$ ausgedruckt (als Summe der links stehenden Teilbeiträge aller Visurteilstücke) sowie der äquivalente Refraktionskoeffizient, der bei Annahme einer längs der ganzen Visur konstanten Lichtstrahlkrümmung (Lichtweg kreisbogenförmig) zum gleichen Refraktionswinkel δ führen würde.

3. PRAKTISCHE HINWEISE ZUR PROGRAMMBENUETZUNG

3.1 Vorbemerkung

Wie im Kapitel 1.2 der Programmbeschreibung (Teil II) erwähnt wurde, ist TGREFR eher ein Experimentierprogramm als ein "Produktionsprogramm", und es gelten daher die in /Elmiger, S. 25/ gemachten und im folgenden zitierten Bemerkungen in ganz besonderem Masse: "Die Anwendung des Programms ist im allgemeinen problemlos, doch ist das Programm nicht für unbedingt narrensichere Handhabung angelegt. Um das Programm nicht zu überlasten und um einen gewissen Spielraum in der Anwendung offenzulassen, sind die programminternen Kontrollen auf ein vernünftiges Minimum beschränkt, wobei die häufigsten, aber nicht alle möglichen Fehler erfasst werden. In besonderen Fällen ist eine genauere Kenntnis des Programms nötig:

Das in Abschnitt II beigefügte, vollständige Programmlisting gestattet, die Wirkung des Programms im Einzelfall nachzuverfolgen. ... Es dürfte sich aber empfehlen, die Resultate ... kritisch zu interpretieren, besonders wenn es sich um ungewöhnliche ... oder seltene Anwendungen handelt."

3.2 Weglassen von Programmteilen

Es werden nicht bei allen Verwendungsarten sämtliche Programmteile benützt, und es können deshalb in bestimmten Fällen einzelne solcher nicht benützter Teile aus dem Programm-Kartenpaket herausgenommen werden. Solche "fakultative" Programmabschnitte sind im Programmlisting (s. Abschnitt 4 in Teil II) bei den Ueberschriften ("Titeln") mit dem Vermerk "PROGRAMMTEIL UNNOETIG BEI..." versehen. Es handelt sich um folgende Möglichkeiten:

- a) Wenn keine "Visur" vorliegt (No=1), d.h. wenn nur das Temperatur- und Gradientenfeld eines "Stations"punktes zu berechnen ist, so können 3 grössere Partien des Programms weggelassen werden, nämlich
 - INPUT PUNKTKARTE UND METEOROLOGIEKARTEN FUER DEN ZIELPUNKT
 - DEFINITIVE VISURUNTERTEILUNG ... bis IST VISURUNTERTEILUNG IDENTISCH FUER T UND T-1? (total 5 Titel)
 - alle Titel ab BERECHNUNG DER REFRAKTIONSWINKEL AUF DEM STA-TIONSPUNKT

natürlich ist aber die letzte Karte des Programms:

_AUS: 'END'; (vor 'EOR' und FINIS) im Kartenpaket zu belassen!

Diese gekürzte Programmversion (ohne Refraktionsberechnung)

wurde von uns mit dem ebenfalls gekürzten Namen TGR - etwa:

"Temperatur + Gradient" - bezeichnet (vgl. Beispiele im folgenden Abschnitt IV).

- b) Wenn keine Sondenbeobachtungen zur Bestimmung der Temperaturkorrektion $K_{\overline{1}}$ vorliegen und SON = LEER ist, kann der Teil BERECHNUNG VON TEMPERATURKORREKTIONEN AUS SONDEN-TEMPERATURBEOBACHTUNGEN weggelassen werden.
- c) Wenn ZCH = LEER ist, kann der Abschnitt PLOT DER TEMPERATUR-FELDER ... entfernt werden.

Solche Reduktionen am Programm sind zu empfehlen, um für das übersetzte Programm benötigten Speicherplatz (und eventuell etwas Uebersetzungszeit) einzusparen.

Man beachte dazu die zur "Konstantenkarte" (Abschnitt 1.2.0) und zur "Steuerkarte" (1.2.1) gemachten Bemerkungen, aber auch die in Teil II im Abschnitt 2.3 am Schluss erwähnten, nicht zu vergessenden versteckten Eigenheiten des Programms.

Die Verwendung anderer als der von uns angegebenen "Standard"werte kann vernünftig oder sogar notwendig sein – aus diesem Grund ist ja auch die freie Wahl dieser Werte durch Eingabe vorgesehen statt der festen Wertzuweisung im Programm. Jedoch sind im Zweifelsfalle für KO bis K8 nicht allzu stark von den vorgeschlagenen Werten abweichende Zahlen und eventuell KO = 0, K8 = 0 (auch K4 = 0) zu wählen: mit diesen Werten entstehen mit einiger Sicherheit keine physikalischen Unmöglichkeiten in den Resultaten, während bei unglücklicher Wahl dieser Grössen physikalischer, eventuell auch mathematischer "Unsinn" erzeugt werden kann.

Aehnliche Bemerkungen gelten für die Wahl der Koeffizienten WO ... W3 im Ausdruck (28a) für den Wetterfaktor W. Von den vorgeschlagenen Zahlen (s.1.2.0) abweichende Werte können* eingegeben werden, aber die dann entstehenden Wetterfaktoren sollen natürlich weder zu klein sein (so würde die dem Programm zugrunde liegende Idee weitgehend zerstört) noch allzu gross (was – ceteris paribus – zu physikalisch unwahrscheinlichen Resultaten führen müsste).

Grosse Vorsicht ist auch zu empfehlen bei der Wahl der Temperaturkorrektionen K_{T} , allgemein und besonders bei

^{*} und sollen auch, wenn damit bessere Resultate erzielt werden (aber nicht nur in einem Beispiel, sondern in allen einigermassen vergleichbaren Fällen!)

 ${
m K_T}={
m TOL}+{
m (A-TOL)}\frac{1+{
m cos...}}{1+{
m cos...}},$ wo die durch Eingabe festzulegenden Werte für TOL, HU, HO (s. Abschnitt 4.4.3.5 in Teil I) sorgfältig zu wählen sind. Die Folgen einer unglücklichen Wahl von HU und/oder HO – unwahrscheinliche Werte für τ_0 – lassen sich wohl am besten anhand von Figur 10 in Teil I überdenken; besonders gefährlich sind: zu grosses HU, zu kleiner Unterschied zwischen HU und HO. Im Zweifelsfalle wähle man TOL gross (damit diese Art von Temperaturkorrektion überhaupt nicht auftritt) oder lasse HU und HO blank (was zu HU = 0 und HO = 2000 führt). Anderseits ist darauf hinzwuweisen, dass gewisse dauernd, d.h. einen ganzen Tag oder mehrere Tage vorhandene von der "Standard"temperatur T_0 abweichende Temperaturfelder über einer Station oder einer ganzen "Visur" eventuell eben nur durch diese Temperaturkorrektion einigermassen erfasst werden können, indem die Parabel der Temperaturkorrektion ${
m K}_T={
m C}+{
m D}z+{
m E}z^2$ dazu nicht flexibel genug ist.

Wie aber immer die Temperaturkorrektion gewählt wird: sie sollte meteorologisch "plausibel" sein, z.B. ein Kaltluftsee in einem Tal oder einem muldenförmigen Gelände nach einer Anzahl klarer und windstiller Tage, oder eine dauernd (nicht nur als tägliche Mittagshitze) in eine gewisse Höhe hinaufreichende Erwärmung nach einer Schönwetterperiode (über ein "normales", für die geographische Breite und die Jahreszeit typisches, in der "Standardtemperatur" T_0 nach (10) bereits berücksichtigtes Mass hinausgehend), oder sie sollte durch Sondentemperaturen bestätigt werden, auch in denjenigen Fällen, wo sie nicht aus solchen abgeleitet wurde.

Aehnliches gilt für ZREG: bei ungeschickter Wahl können nach Formel (10) und (11) physikalisch/meteorologisch wenig wahrscheinliche Werte für die "Standard"-Temperaturen T_0 und -gradienten τ_0 entstehen. Im Zweifelsfalle setze man ZREG = 0 (oder lasse das Feld einfach blank).

3.4 Prüfung der Resultate

In den meisten Fällen dürfte es empfehlenswert sein, alle Resultate etwas genauer anzusehen.

- Sind die eingegebenen Koeffizienten und Wahlgrössen die gewünschten (Tabelle SONNE+WETTER) ?
- Sind im Output SONNE+WETTER die Sonnengrössen "vernünftig", sind die meteorologischen Werte Bewölkung, Wind, Dampfdruck die gewünschten, und entsprechen die daraus abgeleiteten Wetterfaktoren W den über sie gemachten Vorstellungen?
- Passt in der Tabelle GELAENDE die Digitalisierung einigermassen zu den Geländevorstellungen und zur topographischen Karte; sind die Visurhöhen ZV (über Meer) in Ordnung?
- Zu den Tabellen VISUR: Sind zu viele zusätzliche Punkte interpoliert worden (mit * bezeichnet; eventuell das "eingegebene" Gelände verfeinern) oder sind zu viele Punkte als überflüssig fallengelassen worden (mit **; eventuell betreffende Karten aus dem Kartenpaket "Gelände" entfernen)? Sind die Höhen H der Visur (über Grund) und die Neigungen des "mittleren" Geländes "vernünftig" und entsprechen der Vorstellung und der topographischen Karte? Sind die Gelände-Knickpunkte vom Programm richtig festgelegt worden?
- Ist im Tableau TEMPERATUR nichts unwahrscheinliches ersichtlich: ${\rm T_{7000m. \ddot{u}.M.}}?, \ \tau_{\rm o}?, \ {\rm Temperaturg radienten} \ ({\rm Absolutwerte}{>}1000 \ {\rm sind} \ {\rm Ausnahmen})? \ {\rm Wie} \ {\rm ist} \ {\rm die} \ {\rm Uebereinstimmung} \ {\rm der} \ {\rm berechneten} \ {\rm Bodentemperaturen} \ {\rm mit} \ {\rm den} \ {\rm beobachteten}? \ {\rm Wie} \ {\rm stimmen} \ {\rm die} \ {\rm berechneten} \ {\rm Temperaturen} \ {\rm mit} \ {\rm eventuell} \ {\rm vorliegenden} \ {\rm Sondentemperaturen} \ {\rm \ddot{u}berein}?$
 - Wenn die zugehörige Graphik ausgedruckt wurde (mit ZCH ≠ LEER): fallen Unwahrscheinlichkeiten auf? (die Programmierung dieser Graphik erfolgte hauptsächlich mit dem Zweck einer solchen groben Kontrollmöglichkeit).
- Schliesslich die Tabelle REFRAKTION: Der linke Teil sollte auf "pausibles Verhalten" geprüft werden, sowohl "von oben nach unten" (ein bestimmtes Visurintervall zu den verschiedenen Tagesstunden) als auch "von links nach rechts" (alle Visurintervalle zu ein und derselben Stunde). Die Refraktionswinkel

werden ev. mit Vorteil graphisch aufgetragen (ev. dazu ein Plotprogramm schreiben).

3.5 Programmtests

Es sind keine speziellen Programmtests durchgeführt worden: die ungezählten Programmdurchläufe während der Jahre der Entwicklung und Verfeinerung des Programms hatten meist die Prüfung der meteorologisch-physikalischen "Richtigkeit" der Resultate zum Ziel und nur nebenbei natürlich auch das Kontrollieren des richtigen "Funktionierens" des Programms. Es ist uns daher nicht möglich, den Grad der Ausgeprüftheit des Programms, etwa in Prozent, auch nur einigermassen anzugeben: 45% oder 95% ?

Aber auch diese "physikalische Richtigkeit" (oder auch bloss "Vernünftigkeit") konnte wegen Fehlens von Vergleichsmaterial nur in einem recht engen Bereich geprüft werden. Es fehlen zum Beispiel Berechnungen

- über Wasser (Meer)
- über Schnee
- über Wüste
- über Wald
- in hohen Breiten
- in niedrigen Breiten

so dass uns für diese und weitere Anwendungsgebiete jede Information über die Brauchbarkeit von TGREFR fehlt.

Nur wenig umfangreiche oder nur Versuchs-Untersuchungen wurden von uns angestellt

- im Mittelmeerraum (mit Ausnahme eines Vergleichs mit Mittelwerten von griechischen Sondentemperaturen:/Patmios/ und von Seitenrefraktion:/Concini-Proverbio/ s. unten)
- zur Nivellementsrefraktion (mit Ausnahme eines nicht publizierten Versuches bei einem Gebirgsnivellement der Eidgenössischen Landestopographie)
- zur Seitenrefraktion (mit Ausnahme der Visur Opicina-Aquileia: /de Concini-Proverbio/, eines Versuchs in einem Diplomvermessungskurs der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich und des unten in Teil IV gezeigten Beispiels "Basis Heerbrugg").

3.6 Steuerkarten des Betriebssystems, Speicherbedarf, Rechenzeiten

Weil die Steuerkarten, welche vom jeweiligen Betriebssystem verlangt werden, von der benützten Rechenanlage abhängig sind, sollen sie hier nicht beschrieben werden. Die von uns verwendeten, auf die CDC-Anlage des Rechenzentrums der ETH Zürich (RZETH) abgestimmten Steuerkarten sind bei den Beispielen in Teil IV angegeben. Nicht zu vergessen ist auf alle Fälle die nach dem Steuerkarten-Record, vor dem Datenpaket einzureihende CHANNEL-Karte:

1 = ... für die im Programm verwendeten ALGOL-Prozeduren

PUTARRAY/GETARRAY(1, ...).

Für die Uebersetzung muss natürlich ein ALGOL-Compiler zur Verfügung stehen (bei uns war es ein CDC - ALGOL Compiler 3.0). Von Vorteil ist es, wenn für häufigen Gebrauch das übersetzte Programm auf einem permanenten File gespeichert werden kann, da die Uebersetzungszeiten nicht vernachlässigbar sind: etwa 50 sec für das vollständige Programm TGREFR, etwa 35 sec für das gekürzte Programm TGR (auf unserer Rechenanlage).

Der Speicherbedarf für das übersetzte Programm betrug bei uns mit einem optimierenden ALGOL-Compiler etwa $110'000_8$ für das vollständige Programm TGREFR, $70'000_8$ für das gekürzte Programm TGR. Für auszuführende Berechnungen erhöhte sich der Speicherplatzbedarf auf etwa $120'000_8$, bzw. $100'000_8$.

Die Rechenzeiten sind natürlich sehr unterschiedlich je nach Umfang der gestellten Aufgabe:

- nur "Station" ohne Refraktion (TGR) oder "Visur" (TGREFR),
- Anzahl der Visur-Unterteilungspunkte, überhaupt Umfang des zu bearbeitenden Inputs,
- Temperaturkorrektionen mehr oder weniger kompliziert,
- Output von GELAENDE und VISUR verlangt oder nicht,
- Graphische Darstellung der Temperaturfelder verlangt oder nicht,
- und vieles mehr.

Einige Auskunft mögen die Angaben bei den in Teil IV dargestellten Beispielen geben.

IV BEISPIELE

1. ALLGEMEINES

Während der Entwicklung des Programms sind hauptsächlich die folgenden Beispiele immer wieder durchgerechnet worden:

- mit dem Programm TGR (ohne "Refraktion"): die Temperaturfelder von 8 SYNOP-Stationen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (eingeschlossen die Sondenstation Payerne) für die vier Tage 15. Januar, 15. April, 15. Juli, 15. Oktober 1958
- mit dem vollständigen Programm TGREFR: die in /Levallois/ publizierten Refraktionswinkel (Höhenwinkel) der Visuren im Versuchsnetz Goult (Südfrankreich), meist allerdings nur der längsten Visur Goult ← Lubéron (gegenseitig), aber meist über alle Tage vom 20. bis 30. Juni 1950
- die von der Eidgenössischen Landestopographie Mitte August und Mitte Oktober 1944 auf vier Stationen im Genferseegebiet bei einer grossangelegten Refraktionsuntersuchung beobachteten Refraktionswinkel (Höhenwinkel).

Weniger als <u>Testrechnungen</u> (für verschiedene Programmvarianten und verschiedene Koeffizientenannahmen), sondern im Sinne grösserer <u>Versuche</u> zur Abklärung der Verwendbarkeit bei praktischen Aufgaben wurden zwei Höhenwinkelnetze mit TGREFR bearbeitet:

- im Vergrösserungsnetz der Basis Heerbrugg im Rheintal oberhalb des Bodensees (40 gegenseitige Visuren)/Wunderlin/,
- ein "Raumnetz" (dreidimensional) im Domleschg (Graubünden, Schweiz) mit 15 gegenseitigen Visuren.

Es war nicht leicht, aus dieser grossen Zahl von zur Verfügung stehenden Beispielen eine Auswahl zu treffen. Einerseits sollte nicht ein zu günstiges Bild der Leistungsfähigkeit des Programms geschaffen werden durch Weglassen "schlechter" Beispiele, aber ebenso war ein allzu negativer Eindruck zu vermeiden. Eher sollte gezeigt werden, wann das System gute Ergebnisse zu liefern vermag, und wann ein Versagen zu befürchten ist.

Besonders aus diesem Grund war es auch erwünscht, nicht einzelne, für sich stehende Beispiele zu wählen, sondern eher zusammengehörende <u>Reihen</u> mit Vergleichsmöglichkeiten, etwa eine und dieselbe "Visur" an verschiedenen Tagen, oder verschiedene Visuren am gleichen Tag.

Auch ein Beispiel auf meteorologischer Ebene: Vergleich von Modelltemperaturen mit Sonden- und Bodentemperaturen, sollte nicht fehlen, trotzdem zur Prüfung des Modells bezüglich Temperaturgradienten Refraktionswinkel ein schärferes Kriterium darstellen als Temperaturvergleiche.

Eines ist in den im folgenden gezeigten Beispielen streng eingehalten worden: mit ganz wenigen Ausnahmen, auf die jeweils hingewiesen wird und die übrigens keinen wesentlichen Einfluss auf die Resultate haben, ist stets die gleiche, hier publizierte Programmversion und sind stets die gleichen Koeffizienten \mathbf{k}_0 bis \mathbf{k}_8 verwendet worden. Dies ist zwar keineswegs unbedingt gefordert und vielleicht nicht einmal sinnvoll (vgl. Abschnitt 3.3 in Teil III), aber hier so gehalten worden, um jeden Anschein von "Manipulierung" der Resultate zu vermeiden.

Dagegen sind nicht in allen Beispielen die gleichen Temperaturkorrektionen K_T (nach Abschnitt 4.4.3 in Teil I) gewählt worden: es wäre dies einerseits ziemlich sinnlos gewesen, beinahe so sinnlos wie etwa die Wahl gleicher "Wetterfaktoren" W in sämtlichen Beispielen, anderseits war bei einem Teil der Beispiele, der Simulierung der Sondentemperaturen von Payerne und der SYNOP-Temperaturen, das Zeigen des Einflusses der Wahl der Temperaturkorrektionen gerade beabsichtigt.

Zum Schluss sind wir der Meinung, das Rechnen <u>eigener</u> Beispiele durch Benützer des Programms könne umfangreicheren und im einzelnen Fall gezielteren Aufschluss geben über Möglichkeiten und Grenzen des Programms TGREFR als noch so viele hier gezeigte Resultate.

2. BEISPIELE

2.1 Vergleich von Modelltemperaturen mit SYNOP- und Sondentemperaturen

2.1.1 <u>Daten</u>

Von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt MZA werden täglich die "Observations synoptiques suisses" veröffentlicht. Sie enthalten für 14 Stationen in normalerweise Dreistundenabständen Angaben im Zahlencode SYNOP über Bewölkungsgrad und -art, Windrichtung und -stärke, Niederschläge, Druck, Temperatur u.a. Hinzu kommen in den Codes TEMP und PILOT die Angaben der beiden Radiosonden-Aufstiege der Station Payerne für etwa 11^h und 23^h MEZ. Aus diesen Blättern lassen sich also die für das Programm TGREFR benötigten "Wettergrössen" für jeden Tag in zeitlich und räumlich (in der Schweiz) recht engem Raster entnehmen.

Da für unsere ersten Untersuchungen die SYNOP-Angaben des Jahres 1958 gedient hatten, wurden später diese Daten immer wieder verwendet.

Um den Aufwand in vernünftigen Grenzen zu halten, haben wir Modell-Temperaturfelder mit dem Programm TGR immer nur für je einen Tag, den 15., jedes Monats berechnet, meist sogar nur für den 15. Januar (als typisch für Winter), 15. April (Frühling), 15. Juli (Sommer) und 15. Oktober (Herbst). Im folgenden werden ebenfalls nur für diese 4 Tage Beispiele gezeigt, wobei diese Auswahl "fair" ist, indem sie weder nur "gute" Resultate noch ausschliesslich "schlechte" umfasst. – Auch haben wir von Anfang an eine Auswahl unter den 14 SYNOP-Stationen getroffen, von denen nur für 7 (plus die Sondenstation Payerne) die Modell-Temperaturfelder berechnet wurden. Diese Stationen seien im folgenden kurz charakterisiert: Payerne, Ort der Sondenaufstiege, 46°49' Nord, 6°57' Ost, 491 m über Meer, offenes, hügeliges Gelände.

Zürich-Kloten, Flughafen, 431 m.ü.M., offenes, hügeliges Gelände. Genève-Cointrin, Aéroport, 430 m.ü.M., am Jurasüdostfuss. Sion, Wallis, Aéroport, 480 m.ü.M., tiefeingeschnittenes Alpental (Umgebung 2000 bis 4000 Meter überhöht).

Locarno-Magadino, Aeroporto, 200 m.ü.M., Alpensüdfuss, breites Alpen-Randtal (Umgebung bis 2000 Meter überhöht).

Chasseron, 1600 m.ü.M., auf Jura-Hauptkamm.

Säntis, 2500 m.ü.M., Gipfel, Alpen-Nordrand.

Jungfraujoch-Sphinx, 3570 m.ü.M., Sattelpunkt, zentrale Alpenkette.

Diese Auswahl wurde getroffen, um sowohl <u>vergleichbare</u> Punktlagen als auch extrem <u>verschiedene</u> nach Höhe über Meer, Punktumgebung (Ebene, Tal, Gipfel, Grat, Sattel), geographisch/meteorologischer Lage (schweizerisches Mittelland, Jura, Alpen, Alpensüdseite) zur Verfügung zu haben.

2.1.2 Berechnungen

Als Illustration zu dem im Teil III, Benützeranleitung Dargelegten werden im folgenden für ein Beispiel, den 15. Juli 1958, das Input-Datenpaket (nur für die Station Payerne) samt den Steuerkarten für das Betriebssystem der CDC-Computers des RZETH und die ausgedruckten Resultattabellen SONNE+WETTER, TEMPERATUR und die graphische Darstellung T(z,t) gezeigt.

Jobname, Benützernummer, CM 100000, CT 30.

ALGOL(L,X,F)

RFL(100000)

LGO.

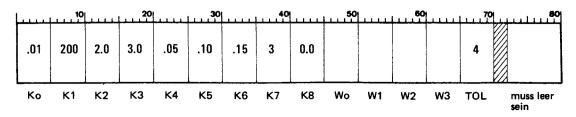
EOR

CHANNEL,1=NW,A

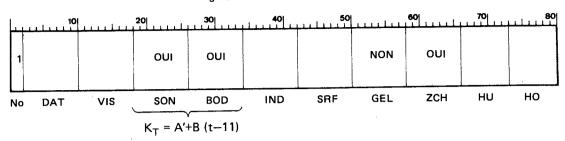
CHANNEL,END

Steuerkarten des Betriebssystems (spezifisch für das betreffende Betriebssystem)

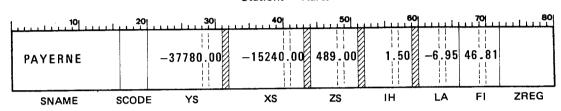
Konstanten – Karte (gültig für alle Stationen)



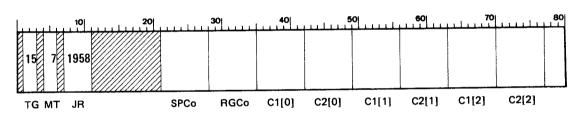
Steuer - Karte vgl. 2.1.1 in II und 1.2.1 in III



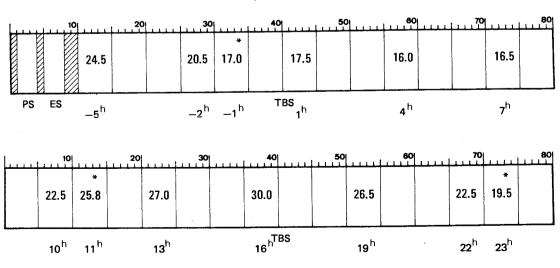
Stations - Karte



Datum - Karte

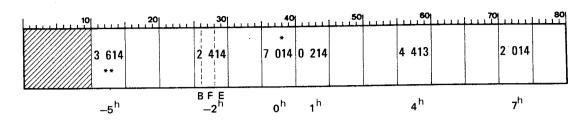


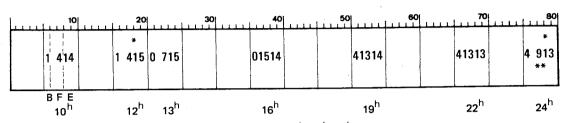
2 Temperatur – Karten



^{*} Bodentemperaturen der Sondenaufstiege (dürfen nicht fehlen)

2 Wetter - Karten

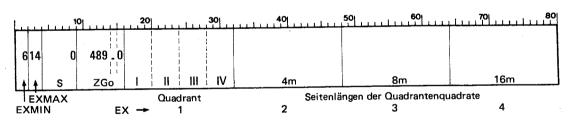


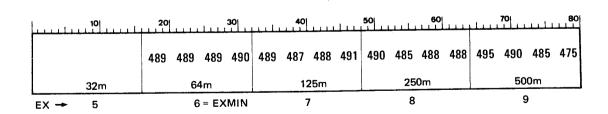


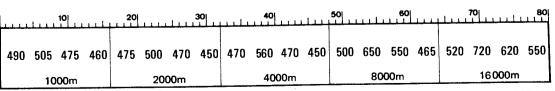
^{*} Angaben für die Sondenaufstiege (gehörten richtig nach -1^h , 11^h , 23^h)

** dürfen nicht fehlen!

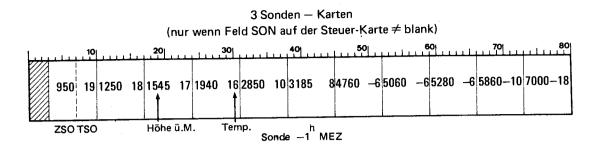
3 Gelände - Karten

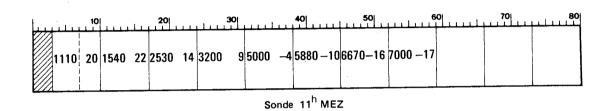


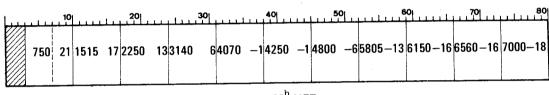




EX - 10 11 12 13 14 = EXMAX

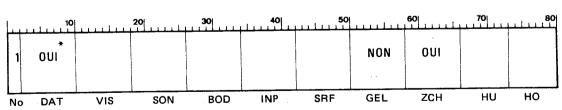






Sonde 23^h MEZ

Damit sind die Input-Angaben für die Station Payerne vollständig und es folgen im Kartenpaket diejenigen für die nächsten Stationen (es sind die "Durchläufe" aller 8 Stationen zum gleichen Datum in einem "Job" berechnet worden) in gleicher Form, mit den drei Abweichungen, dass die "Steuerkarten" jetzt folgendermassen aussehen:



^{*} bewirkt, dass die im vorangehenden "Durchlauf" (Payerne) bestimmte Temperaturkorrektion K_T auch für die vorliegende Station verwendet wird.

dass die "Datumkarten" fehlen müssen (weil DAT≠LEER) und dass natürlich auch keine "Sondenkarten" vorhanden sein dürfen.

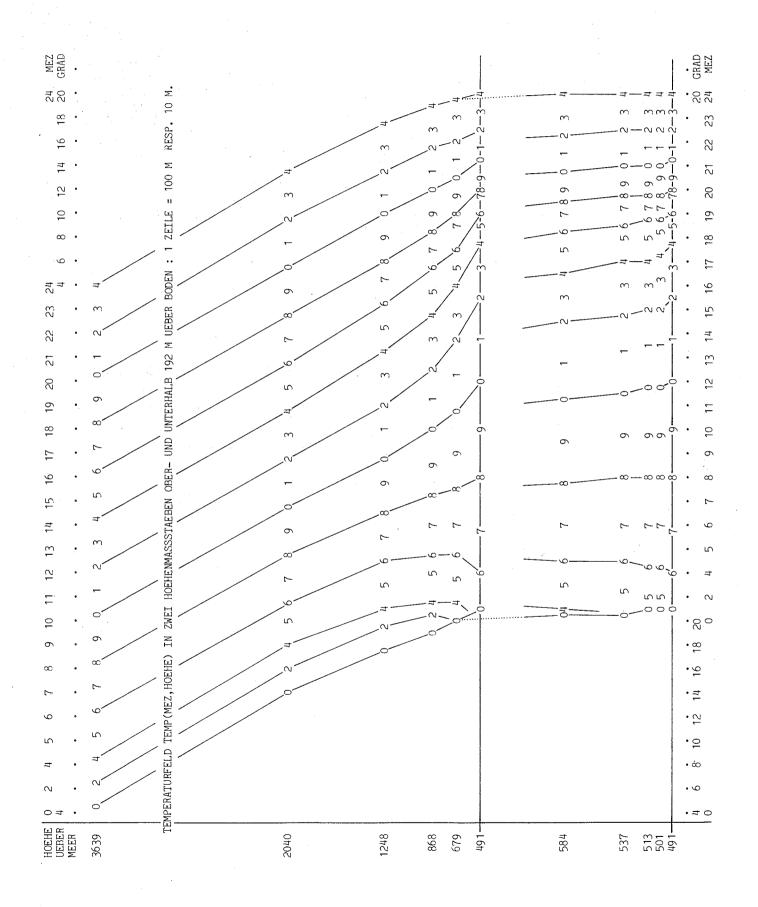
		MEZ	15.0	-3.0	-2.0	1.0	0.0	- d	3.0	4.0	l	0.0	7.0	8.0	0.6	10.0	11.0	12.0		13.0	15.0	16.0	17.0	18.0	2.0	0.07	21.0	22.0	24.0
46.81	M																												
BREITE	RFAKTOREN	ZM																											•
91.0-	ND WETTE	WS	* ∽	6	10*	9	*	12*	<u> </u>	*8	•	o L	*.	12	=	1,*	Ξ.	*	:	* 0_ •	6	*8	<i>ر</i> ا	*	† =	1	5	*	**
LAENGE	MM HG, L	ш	14		14		17	14		13			17	-		14		15		15		14		Ţ	<u>+</u>			13	13
L.	RUCK IN	(II.	9		7		0	7		7			C)		₽		7		7		15		ç	<u>.</u>			13	6
RNE AERC	, DAMPFI	E.	m		~:		7	0		ή-			^	J		-		-		0		0		=	1			77	17
AM 15. 7.1958 AUF PAYERNE AEROL.	IND IN KM/ST	H	24.5		20.5	17.0		17.5		16.0			16.5	•		22.5	25.8			27.0		30.0	•	L 90	6.02	Ü		22.5	0.6
NNE AM 15. 7.1	BEWOELKUNG IN ACHTELN, WIND IN KM/ST, DAMPFDRUCK IN MM HG, UND WETTERFAKTOREN W										SONNENAUFGANG								WAHRER MITTAG							SONNENUNTERGANG			
ANZ DER SC	BEWOELKUNG	ZD	>90.0	>90.0	>30.06	0 . 06<	0°06<	0.06	0.06	>90.0	90.0	89.7	7.07	60.5	50.3	40.6	32.0	26.4	25.2	25.6	38.5	47.8	57.9	68.1	- = 0 t	90.00	>0.06<	0.06<	0.06<
AZIMUT UND ZENITDISTANZ DER SONNE	TEMPERATUR IN GRAD,	AZ									-122.5	122.1 111.6	101.4	6.06-	-79.3	-65.3	-46.5	-20.1		12.0	61.0	0.97	88.1	98.7	7.00.		•		
AZIMUT UN	TEMPERATUI	MEZ	15.0	-3.0	-2.0	0.1.	0.0	- 0		0.4	5.0	v. v	0.0	8.0	0.6	10.0	11.0	12.0	12.6	13.0	15.0	16.0	17.0	18.0	0.00	20.00	21.0	22.0	24.0

MIT * : AUS EINGEGEBENEN WERTEN B, F, E BERECHNET OHNE * : INTERPOLIERT

KOEFFIZIENTEN IM AUSDRUCK FUER DEN TEMPERATURGRADIENTEN:

	2000	0
ZREG =	HO =	H
00.		
К8		
K7 = 3 K8 =		
K6 = 0.15		
10 K6	33	37
.0	K5K = 0.33	C = 0
)5 K	K5	_
K3 = 3.0 K4 = 0.05		
Υ <u>Υ</u>		
3.0		
Ω		
200 K2 = 2.0		
Ω.		
200		
K1 =		
.01 K1 = 3		
K0 =		

15. 7.1958 PAYERNE	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR	GRADIENT	HOEHE UE.M. TEMPERATUR TEMP.7KM
24	491 19.9	43	492 20.0	10	495	-	501 20.0	7	513 20.0	-1.7	537 20.0	-2.2	584 19.9	-2.7	679 19.6	-3.3	868 19.0	-4.1	1246 17.4	5.0	2043 13.4	5.8	3637 4.2 -18.2
22 22.5	491 21.0	8	492	i S	495	15	501 21.0	7	513 20.9	η. η-	537	4.5	584 20.6	9.4-	679 20.2	4.5	868 19.3	-4.5	1253 17.6	5.2	2050	5.8	3644 4.2 18.1
0.0	491 22.3	-55	492	<u>~</u>	495	6	501	9	513 22.0	ج. 8	537 21.9	-5.7	584 21.6	5.8	679 21.0	-5.7	868 20.0	5.6	1253 17.8	₹.	2050 13.5	5.8	3644 4.2 -18.1
19 26.5	491	-63	492	-29	495 22.9	13	501 22.9	6	513 22.7	-7.9	537 22.6	-7.5	584 22.2	-7.3	679 21.5	-6.7	868	-5.9	1253 18.0	5.6	2050 13.6	8-5-	3651 4.2 18.1-
0.0	491 24.0	-129	492	-38	495 23.7	-17	501 23.6	=======================================	513 23.5	1.6	537 23.3	-8.6	584 22.9	8.2	679 22.1	-7.5	868 20.7	9.9	1253 18.1	7.5	2050 13.6	5.8	3651 4.2 -18.1
0.0	491 25.3	181	492	120	495 24.9	-22	501 24.7	1	513 24.6	-11.7	537 24.3	-10.8	584 23.8	-10.1	679 22.8	6.8	868 21.1	-7.3	1253 18.3	6.5	2050 13.6	5.8	6 3617 3644 3649 3649 3649 3616 3617 3644 3649 3649 3649 3649 3649 3649 3649
16 30.0	491	-230	492 25.9	9	495 25.7	-26	501 25.5	116	513 25.3	-13.8-11.7	537 25.0	-13.0-	584 24.4	-11.9	679 23.2	-10.1	868 21.3	4.7.	1253 18.3	5.9	2050	5.8	3651 4.3 -11)
0.0	491 27.2	-271	492 26.7	5	495 26.5	-29	501 26.4	-19	513 26.1	-15.7-	537 25.8	-15.3-	584 25.0	-13.9	679 23.7	11.4·	868 21.6	.8.3	1246 18.4	9.9	2043	8. بل	3644 3644 3644 3 4.3 5.2 - 0.02 (t 18.0 - 18.0
14	491 27.3	-275	492 26.9	-7 2	495 26.6	130	501 26.5	-20	513 26.2	-16.6	537 25.8	-15.4-	584 25.1	-14.0	679 23.8	-11.5	868 21.6	8.3	1246 18.5	9.1	2043	5.8	544 3644 4.4 4.3 +5.2 – (8.0–18.0
13 27.0	491 27.3	282	492 26.9	±7.4	495 26.7	-30	501 26.5	-50	513 26.2	13.2-15.5-16.7-16.9-16.6-15.7	537 25.8	.0-12.3-14.8-16.4-16.1-15.4-15.3-13.0-10.8	584 25.1	.8-10.9-13.1-14.8-14.5-14.0-13.9-11.9-10.1	679 23.7	.3-10.2-11.7-11.8-11.5-11.4-10.1	868 21.5	-8.3	1246 18.3	-5.9	2043	5.8	+ 3644 + 4.4 T = + 5. -18.0
12	491 27.0	-265	492 26.6	-70	495 26.4	-29	501 26.2	-19	513 25.9	-16.7-	537 25.5	-16.4	584 24.8	14.8	679 23.4	-11.7	868	-8.0	1246	.5.6	3 2043	5.8	3616 3617 3644 3644 4.6 4.6 4.4 4.4 Temperaturkorrektion K _T -17.9-17.9-17.9-18.0-
11	491 25.6	204	492 25.3	- 55	495 25.1	-25	501 25.0	1/8	513 24.8	-15.5	537 24.4	-14.8	584 23.7	-13.1	679 22 . 5	-10.2	868	0.7-	1246	5.3	, 2043	7-5.8	7 3644 5 4.4 korrekti 9–17.9-
10	491 23.9	128	492 23.7	-38	495 23 . 6	-19	501 23.5	±1.	513 23.3	-13.2	537 23.0	-12.3	584 22.4	-10.9	679 21.4	φ	868	5.8	1246	5.0	5 2017	7.5-7	3617 5 4.6 eraturk 3-17.9.
0.0	491 21.9	-43	492 21.9	138	495 21.8	.12	501 21.7	10	513 21.6	-6.5-	537 21.4	9	584 21.0	F	679 20 . 2	5.9	868	7.4.7	1246	7.4-1	3 2016 5 13.8	7.5.7	4 3616 5 4.6 : Tempe 9-17.9.
8	491 20.0	32	492 20 . 0	3	495 20.0	7	501 20.0	9	513 19.9	9.0	537 19.8	-5.7	585 19.5	•	679	-3.6	868	-3.5	1246	4.4	3 2043	7-5-7	4 3644 5 4.5 mit 1 9-17.9-
7	491 17.7	131	492 17.9	33	495 18.0	80	501 18.0	-	513 18.0	9	537 18.0	7.0	585 18.0		679		868	-1.9	, 1246 2 17.0	14.2	t 2043 7 13.7	7-5-7	5 3644 5 4.5 8-17.9-
0.0	491 15.8	248	492 16.2	99	495 16.4	22	501 16.5	10	513 16.6	6.8	537 16.8	5.1	585		680		869	4.1-	1247	7.4.	3 2044	3 -5.7	4 3645 5 4.5 8-17.8
0.0	491 14.9	361	492 15.4	101	495 15.7	37	501 15.9	20	513 16.2	14.2	537 16.5	10.8	584 17.0		679		868	-1.9	1246 (17.2	.4.3	7 2043 9 13.8		7 3644 7 4.5 8-17.8-
4 16.0	491 15.5	283	492 15.9	78	495 16.1	27	501 16.3	14	513 16.5	9.7	←	7.3	584		679	1.3	8 868 3 17.7	2.0	5 1246 7 17.0	0.4-6	6 2017 9 13.9	7 -5.8	6 3617 7 4.7 8-17.8
0.0	491 16.1	280	492 16.5	77	495 16.7	27	501 16.9	14	513 17.1		•			4.5	679		86 18.	7-1 (12⊈ 17.	7	201 13.	ψ̈́	
0.0	491 21.0	&	492 2 1. 0	t,	495 21.0	9	501 21.0	Ľ	513 20.9	-6.5	537	-6.2	585 20.4	-5.6	679 19.9	8.7	868 19.0	-3.9	1246 17.5				•
CI14T	н (12 UHR) .5	4		ላ		5		Į,		7.4-7		7.4-		7. h-		7.4-		7.4-		5.0		-5.8	7.9-
MEZ TEMP.	н (12 1.5	. ~	3.0	ħ	0.9	œ	12.0	16	7r	35		64		128	192	256	384	512	768	1024	1536	2048	3072
MEZ BEOB.TEMP.	EXP .	-		~		٣		⇒		72		9		7	-	œ		6		10		Ξ	



2.1.3 Resultate und Diskussion

Die Resultate der in 2.1.1 und 2.1.2 beschriebenen Berechnungen von Modell-Temperaturfeldern mit der Programmversion TGR sind in Figur 16 bis 23 als graphische Darstellungen den beobachteten SYNOP-Bodentemperaturen und – für Payerne – den Sondentemperaturen gegenübergestellt. Das Bild der Ergebnisse dieser Simulationen von Temperaturfeldern ist sehr vielfältig und unübersichtlich und deshalb nicht leicht interpretierbar. Es seien im folgenden einige Feststellungen herausgehoben.

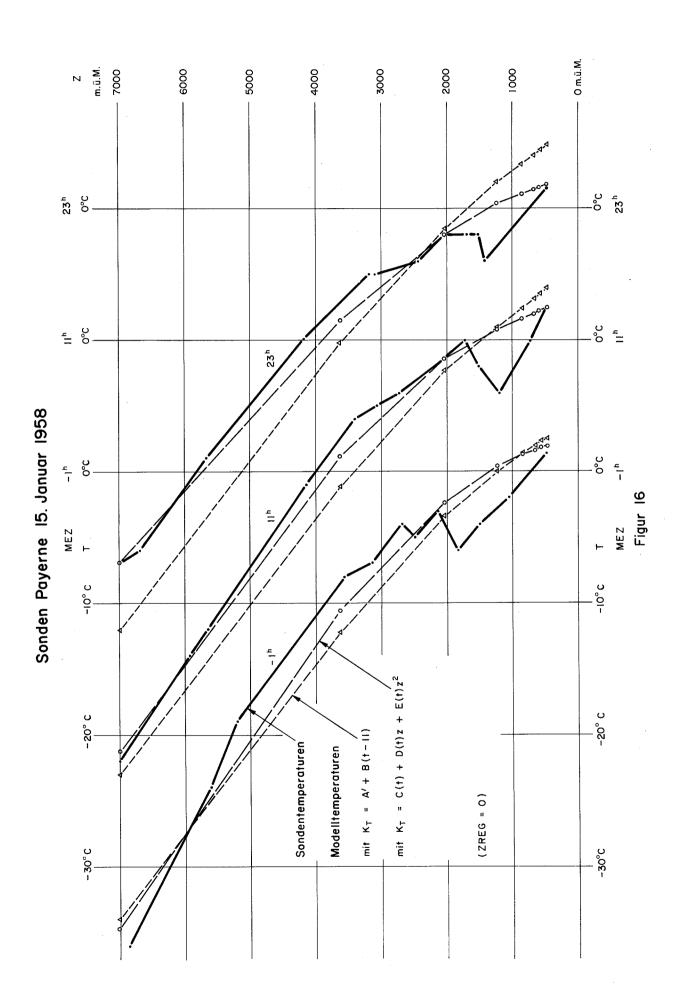
2.1.3.1 Uebereinstimmung der berechneten Modelltemperaturen mit beobachteten Sondentemperaturen

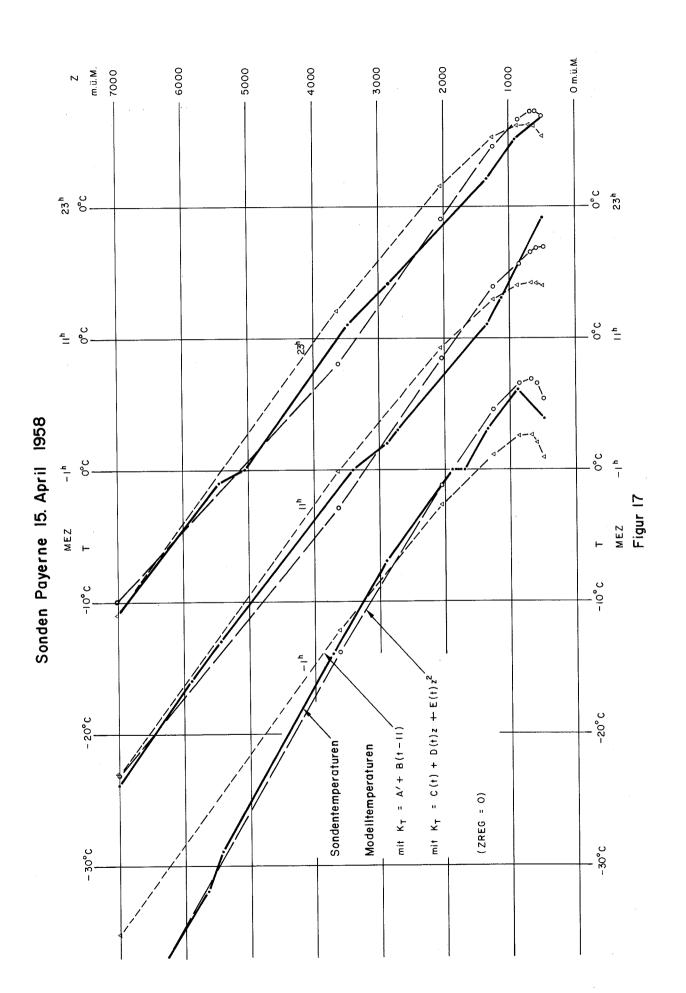
Die Figuren 16 bis 19 zeigen neben den beobachteten Sondentemperaturen der aerologischen Station Payerne zwei Varianten der mit TGR berechneten Modelltemperaturen bei Verwendung der Temperaturkorrektionen K $_{\rm T}$ = A' + B(t-11) bzw. K $_{\rm T}$ = C(t) + D(t)z + E(t)z 2 . Den Berechnungen liegt die Annahme z $_{\rm Reg}$ = 0 zugrunde, d.h. der "Grundwert" $\tau_{\rm O}$ des Temperaturgradienten wurde nach Formel (11) in Abschnitt 4.3.3 in Teil I berechnet:

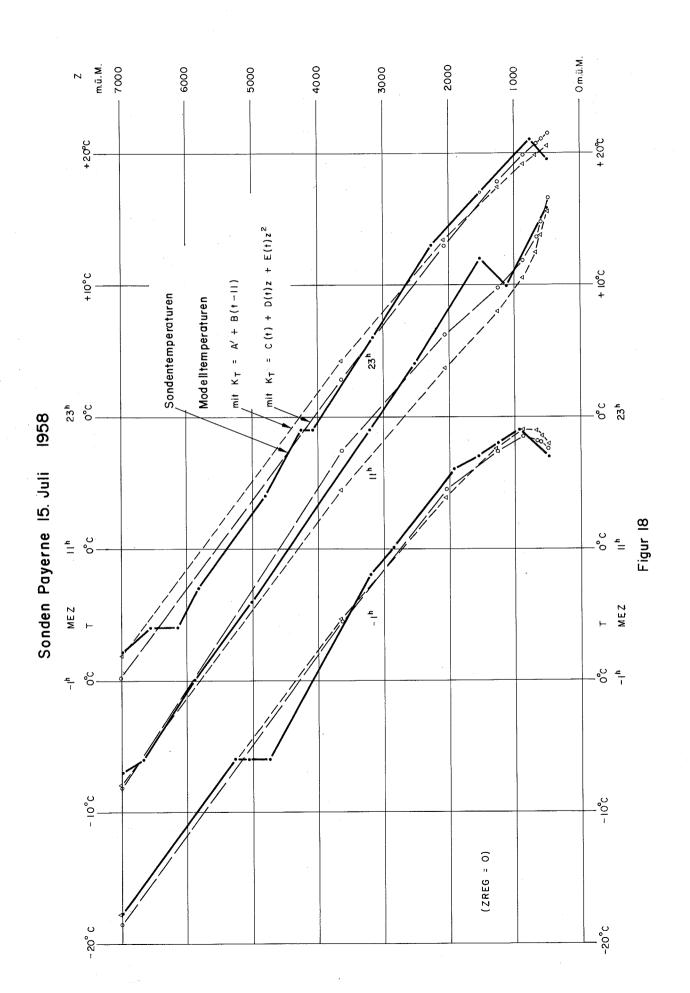
$$\tau_{o} = \frac{-7.3 z}{\sqrt{6.5 + z^{2}}} - 6 e^{-z} \cos(\varphi - \delta) - 0.34 \left(1 - \frac{e^{-z}}{4}\right) \sin(\varphi - \delta) \cos(D - 110 - 2z)$$

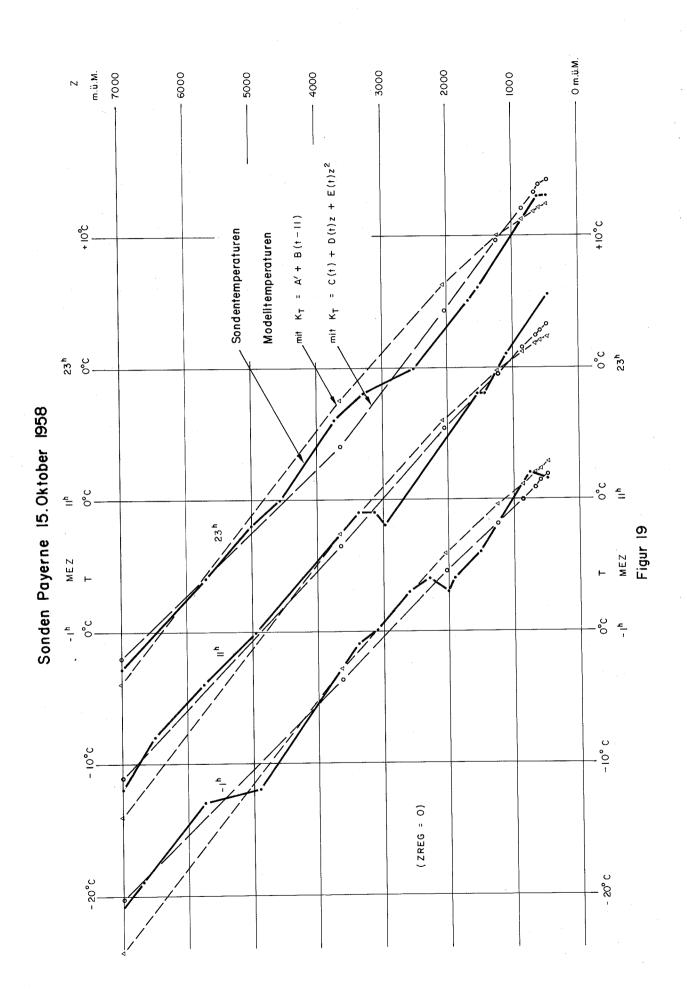
wobei z = Höhe des Stationspunktes <u>über Meer</u> (in km), also <u>nicht:</u> z = Höhe über - oder unter - einer regionalen Geländehöhe z Reg. Die Unterschiede von τ_0 (oder hier der entsprechenden "Grundtemperaturen" T_0 nach (10) in 4.3.3) sind allerdings für Payerne bei Verwendung von z oder z-z nur unbedeutend (|Differenzen| von T_0 <10) wegen der kleinen regionalen Meereshöhe z Reg 0.6 km. - Die dritte Variante mit der Temperaturkorrektion K_T =A wurde der besseren Uebersichtlichkeit wegen nicht eingetragen; sie ist ja in ihrem höhenmässigen Verlauf (als Funktion von z) identisch mit der Variante K_T = A' + B(t-11) und nur in ihrem <u>zeitlichen</u> Verlauf weniger angepasst als letztere.

Das aus den graphischen Darstellungen Fig 16 bis 19 recht deutlich ablesbare Resultat kann etwa folgendermassen zusammengefasst werden: Das Modell kann den <u>allgemeinen</u> Verlauf der Tempera-









tur mit der Meereshöhe auf wenige Grad Celsius wiedergeben. Die Anpassung an Sondenwerte mit der Temperaturkorrektion $K_T = C(t) +$ $D(t)z + E(t)z^2$ liefert selbstverständlich bessere Resultate als die Verwendung der z-unabhängigen Korrekturfunktion $K_{\tau}=A'+B(t-11)$, welche natürlich Temperaturabweichungen (von der "Standardtempera $tur"T_0$) und zeitliche Temperaturänderungen, die nicht für alle Höhenstufen z identisch sind, nicht zu korrigieren vermag, weil sie ja keine Aenderung des Temperaturgradienten bewirkt, so dass sie eine abnormale "Steilheit" der Kurve der Sondentemperaturen nicht nachahmen und einem "Sichaufrichten" oder "Sichzurücklegen" dieser Kurve im Laufe eines Tages nicht folgen kann. Aber auch die in dieser Beziehung biegsamere Temperaturkorrektion $K_T = f(z,t)$ kann nie allen Windungen der beobachteten Sondentemperaturen in z folgen. Z.B. können zwar die Inversionen in Bodennähe einigermassen erfasst werden, aber nie die in grösserer Höhe auftretenden Abnormalitäten (etwa die Inversion zwischen 1000 und 2000 m über Meer am 15. Januar, oder diejenigen zwischen 2000 und 4000 m am 15. Oktober), wobei allerdings zu bemerken ist, dass die Sondentemperaturen wohl auch nicht immer als völlig zuverlässige Werte zu betrachten sind.

2.1.3.2 Uebereinstimmung der Modelltemperaturen mit beobachteten SYNOP-Bodentemperaturen

Diese Resultate sind in den Figuren 20 bis 23 dargestellt. Da in diesen graphischen Tabellen auch die für die Modell-Rechnungen verwendeten Werte für Bewölkung, Windgeschwindigkeit und Dampfdruck (SYNOP) und die aus ihnen nach (28b) (Abschnitt 4.3.4.5 in Teil I) abgeleiteten "Wetterfaktoren" W enthalten sind, wird der Zusammenhang zwischen "Wetter" und (Boden)Temperatur deutlich – für beobachtete wie für Modell-Temperaturen! – Wie beim Vergleich mit den Sondentemperaturen sind auch hier nur die mit $z_{\rm Reg}$ o erhaltenen Modelltemperaturen dargestellt. Die mit $z_{\rm Reg}$ o erhaltenen Resultate weichen – je nach Station und Tag – zum Teil spürbar (bis einige $^{\rm O}$ C) von den hier gezeigten Werten ab, sind aber für eine Station während eines Tages beinahe konstant.

Legende:

Modelltemperaturen berechnet mit folgenden Temperaturkorrektionen (für Payerne)

$$K_T=A$$
 Anpassung nur an Bodentemperaturen $K_T=A'+B$ († -11)
$$K_T=C$$
 (†) + D (†) Z + E (†) Z 2 Anpassung an Boden- und Sondentemperaturen

Bewölkungsgrad B

in Achtel

als Dezimalbruch

0 0,25 0,5 1,0

in halber Beaufort-Skala

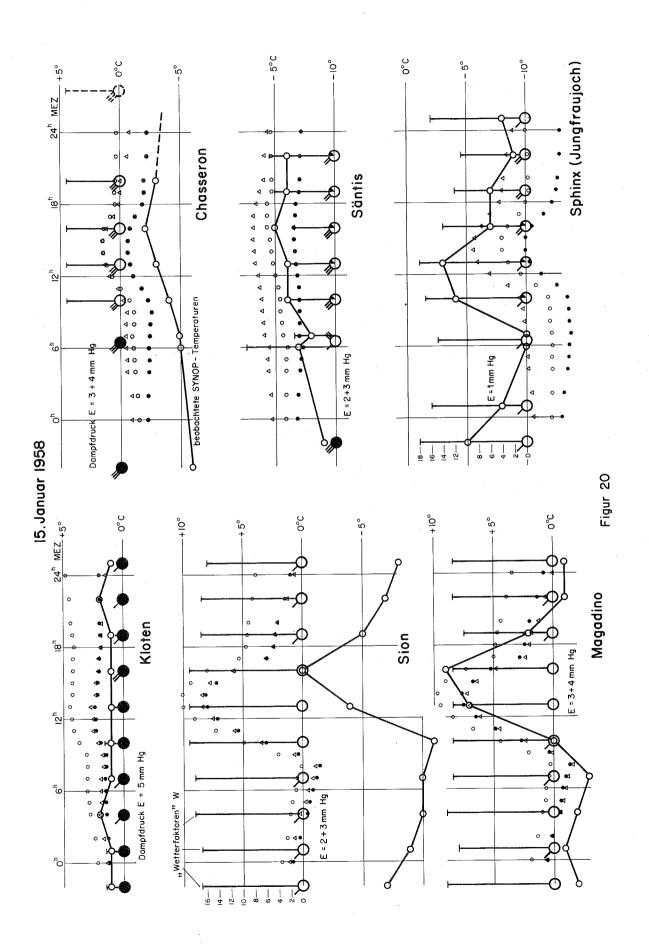
E = 2 + 3

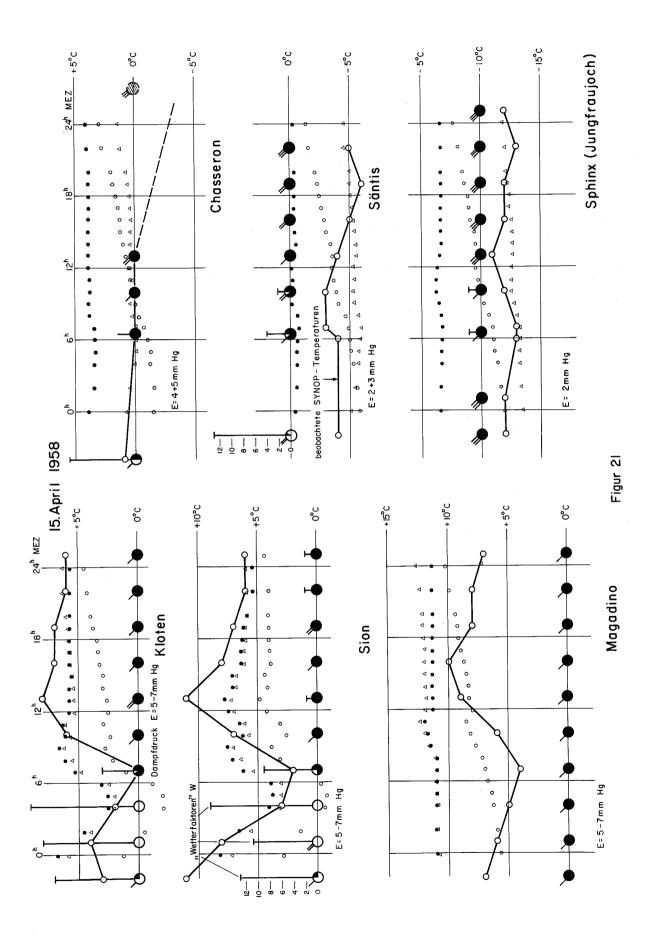
Wetterfaktor
$$W = 20 - 3 (B + 4 B^2) - \frac{V}{3} - \frac{E}{2}$$

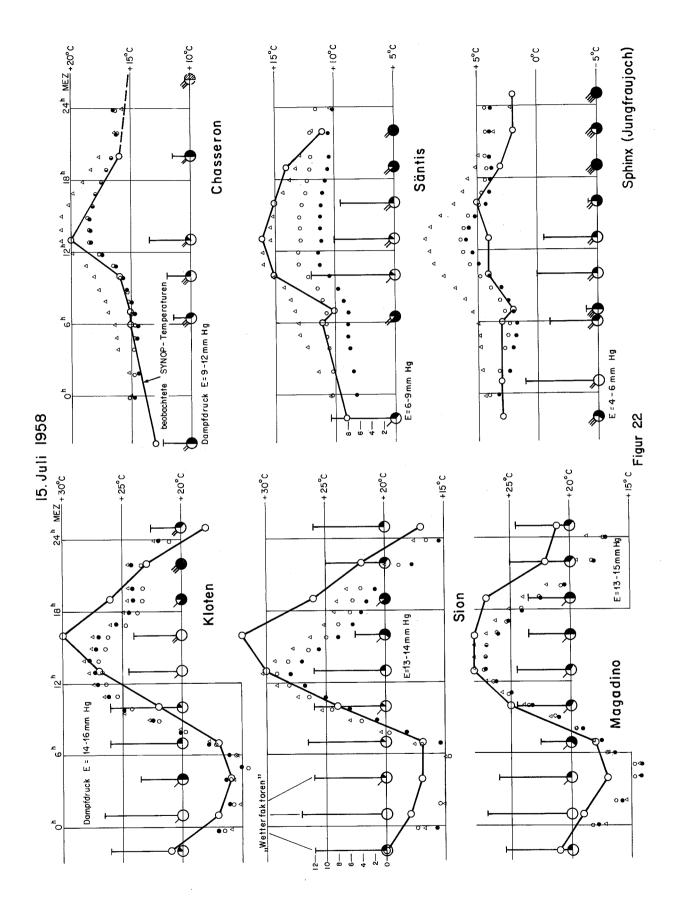
Bals Dezimalbruch

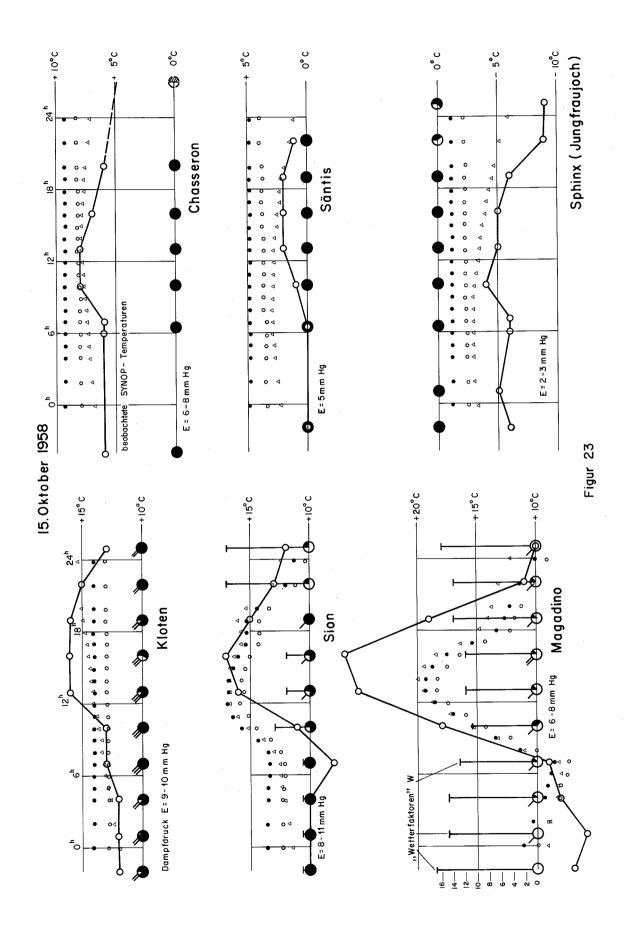


beobachtete Temperaturen (SYNOP)









Um die aus den graphischen Darstellungen abzulesenden, schlecht überblickbaren, allgemeinen Eindrücke etwas zu quantifizieren und damit fassbar und nachweisbar zu machen, sind für alle 192 Temperaturfelder (8 Stationen, 4 Stichtage, 3 Varianten der Temperaturkorrektion K_T, alles je für z_{Reg}= 0 und z_{Reg} \neq 0) die mittleren Abweichungen der berechneten Modelltemperaturen von den beobachteten SYNOP-Temperaturen nach d_m = $\sqrt{\frac{[dd]}{n}}$ bestimmt und in der Tabelle 1 zusammengestellt worden.

Die aus dieser Tabelle 1 ablesbaren scheinbar eindeutigen Schlüsse:

Temperaturkorrektion III $K_T = C(t) + D(t)z + E(t)z^2$ besser als die unter sich etwa gleichwertigen Korrektionen

II
$$K_T = A' + (t-11)B$$
 und I $K_T = A$ und $z_{Reg} = 0$ besser als $z_{Reg} \neq 0$

müssen jedoch sofort etwas in Frage gestellt werden:

- Es handelt sich nur um den Vergleich von berechneten mit beobachteten Bodentemperaturen; für das gesamte Temperaturfeld über einer Station sofern dort Temperaturbeobachtungen erhältlich wären könnte das Resultat anders aussehen, z.B. eher zugunsten von $z_{\text{Reg}} \neq 0$, denn die Wahlmöglichkeit von $z_{\text{Reg}} \neq 0$ ist ja gerade im Blick auf die Temperaturen in Nicht-Bodennähe vorgesehen worden.
- Es darf nicht vergessen werden, dass die Temperaturkorrektionen K_T aus den Sondentemperaturen der Station Payerne abgeleitet worden sind und für <u>diese</u> Station gelten; bei der Uebertragung auf weit entfernte Stationen mit sehr abweichender Topographie der Stationsumgebung könnten sich wesentlich "verfälschte" (statt "verbesserte") <u>Boden</u>temperaturen ergeben, so dass die beiden obigen Schlüsse nicht unbedingt gültig sein können.
- Die Ueberlegenheit der Temperatur-Korrektionsfunktion $K_T = f(z,t)$ muss selbstverständlich gegenüber den andern beiden Funktionen $K_T = f(t)$ und $K_T = konst$ bessere Resultate ergeben, weil sie ja viel flexibler ist in ihrer Anpassungsmöglichkeit.
- Die Temperaturkorrektion $K_T = A' + B(t-11)$ müsste eigentlich schlechtere Resultate ergeben als $K_T = A$, weil sie aus Anpassung an Boden- <u>und</u> Sondentemperaturen abgeleitet wird, also nicht

Tabelle 1 Mittlere Differenzen SYNOP / Modelltemperaturen (Bodentemperaturen) $d_m = \sqrt{[dd]}$

			15. Jar	anuar	ì	15. April	li]	15.	Juli		15.	0ktober	ber	Durch	Durchschnitte	te
Tel	berechnet mit Temperaturkorrektion	 	11	III	н	II	1111	1	II	III	н	II	III	₩ .	11	111
										_						
	$\int ZREG = 0$	9.0	2.1	9.0	1.7	3.6	9.1	1.7	1.9	1.6	2.1	2.3	1.5	1.52	2.48	1.32
Payerne	{ ZREG ≠ 0	9.0	1.6	9.0	1.6	3.7	1.6	1.7	7.8	1.6	2.1	2.3	1.5	1.50	2.35	1.32
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		0.8	5.6	1.0	2.2	3.6	2.0	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	1.0	1.60	2.50	1.42
Kloten		0.8	2.1	1.0	2.2	3.6	2.0	1.7	9.	1.7	1.7	2.0	1.0	1.60	2.38	1.42
	jicht darqestellt ∫	0.8	1.8	8.0	2.9	2.0	2.7	2.9	3.3	2.7	2.0	1.7	1.4	2.15	2.20	1.90
	in den Fig. 20 – 23	0.8	1.4	0.8	2.9	2.0	2.6	2.9	3.1	2.8	2.0	1.8	1.4	2.15	2.08	1.90
		9.8	11.6	10.1	2.1	4.2	2.1	4.2	3.2	2.7	3.1	2.5	2.4	4.80	5.38	4.32
2101		4.2	5.9	5.0	5.0	8.2	5.4	6.4	5.7	5.4	3.0	3.7	2.8	4.65	5.88	4.65
() () () () () () () () () ()		2.2	3.3	2.1	4.7	1.7	5.0	5.6	2.4	2.0	4.6	5.2	4.0	3.52	3.15	3.28
Mayauino		2.2	1.8	2.3	3.3	1.5	3.6	3.7	3.5	3.4	5.7	6.5	5.2	3.72	3.32	3.62
	nicht berück-	2.0	3.8	4.0	(3.6)	(0.7)	3.6)(0.7)(0.3)	8.0	0.8	1.7	5.6	9.1	1.2	1.80	2.07	2.30
cnasseron	sichtigt: nur 4 SYNOP-Beob.	2.9	4.1	4.1	(4.1)	(0.8)	(4.1)(0.8)(0.4)*	0.8	0.9	2.0	3.2	2.0	1.3	2.30	2.33	2.47
:		1.0	1.5	2.7	4.1	2.3	1.6	3.3	2.0	1.6	3.8	2.7	1.8	3.05	2.12	1.92
Santıs		1.3	2.6	3.2	5.5	2.8	1.4	2.0	1.6	2.0	4.7	3.6	2.3	3.30	2.65	2.22
		5.6	4.0	2.4	5.7	2.7	8.0	-	1.4	3.1	4.8	3.7	2.3	4.30	2.95	2.15
XIII IIIdo		3.9	Э.	2.2	7				2.9	4.5	6.4	5.3	3.6	5.08	3.85	2.85
======== Durch-	======================================	2.85	3.84	2.96	3.34	2.87	===== 2.26	2.29	2.10	2.14	3.09	2.71	1.9	2.85	2.87	
schnitte	ZREG ≠ O	2.09	9 2.81	2.40	3.94	3.71	2.53	2.72	2.66	2.92	3.60	3.40	2.39	3.05	3.12	2.57

frei ist, sich wie letztere nur den Bodentemperaturen anzupassen; dass sie trotzdem gleich gute Resultate liefert, lässt sie als eher überlegen erscheinen.

- Die beiden Temperaturkorrektionen III und II erfordern die Kenntnis von Sondentemperaturen (wenn auch nicht unbedingt über der Station selbst, so doch auf einer möglichst benachbarten Station mit möglichst ähnlichen Verhältnissen); sie sind also unter Umständen praktisch nicht anwendbar und <u>müssen</u> durch die weniger "leistungsfähige" Korrektur K_T = konst ersetzt werden.
- Die Stichprobe ist sehr wenig repräsentativ; andere Stationen und andere Stichtage ergäben wohl ein recht verschiedenes Bild. Die Aussage: "Die Modell-Bodentemperaturen stimmen auf 2^{0} - 3^{0} mit SYNOP-Bodentemperaturen überein" gilt deshalb nur für die gewählten Stationen und die gewählten Stichtage.
- Die obige Aussage ist zwar sprachlich richtig formuliert, gibt aber für das Modell ein zu ungünstiges Bild. Die Differenzen rühren nicht einseitig von den Modelltemperaturen her, weil die SYNOP-Temperaturen keinesfalls als "wahre" Werte zu betrachten sind, sondern durch lokale Einflüsse (z.B. Besonnung oder Aehnliches) deutlich "verfälscht" * sein können: z.B. die SYNOP-Werte der Station Magadino vom 15. Oktober.

Zum Schluss ein Wort zu den möglichen <u>Ursachen</u> dieser Unterschiede Beobachtung/Modell. Neben der erwähnten "Unrichtigkeit" oder doch Nicht-Repräsentativität der Beobachtungen ihrerseits sind als Fehler oder Mängel des Modells zu nennen:

- Nichterfassung der "Geschichte" des Temperaturfeldes, d.h. Nichtübereinstimmen der Funktion T_o mit diesem. Beispiel: der Kaltluftsee im tiefeingeschnittenen Gebirgstal des Wallis (Sion) am
 15. Januar 1958 nach zwei windstillen, klaren Tagen.
- Nichtübertragbarkeit der Temperaturkorrektion K_T von einer "Sondenstation" auf entfernte Punkte mit andern meteorologischen Verhältnissen. Beispiele: die deutlich schlechteren Ergebnisse für Sion, Magadino, Säntis, Sphinx als diejenigen der mit der Sondenstation Payerne vergleichbaren Stationen Kloten und Cointrin.

^{*} eher im Sinne von "nichtrepräsentativ" als "fehlerhaft"

- Nichtberücksichtigung der <u>indirekten</u> Einstrahlung und Abstrahlung durch Gelände (z.B. Talflanken bei Sion und Magadino),
 Bewölkung (Säntis?), Seen, Gletscher (Sphinx?).
- Nichtberücksichtigung der "Dynamik" der Meteorologie: Einströmen kalter oder warmer Luftmassen, zeitlich verschieden in verschiedenen Höhenlagen, Windeinflüsse (Bise, Föhn) etc.
- Unsicherheit, zu geringe zeitliche Dichte, Nichtrepräsentativität der zur Verfügung stehenden meteorologischen Daten (Bewölkung, Wind).
- Den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechende Wahl der Modell-Parameter \mathbf{k}_0 \mathbf{k}_8 und anderer.
- 2.2 Vergleich von Modell-Refraktionswinkeln mit beobachteten Werten: Goult (Südfrankreich)

2.2.1 Daten

/Levallois, Masson d'Autume/ publizierten 1953 neue Ideen zur rechnerischen Bestimmung von Refraktionswinkeln und legten als Resultat Vergleiche mit Höhenwinkelbeobachtungen vor, welche 1947 und 1950/51 in der Gegend um Goult (Südfrankreich) durch das Institut Géographique National Paris durchgeführt worden waren.

Da unsere Untersuchungen durch jene grundlegende Arbeit angeregt worden waren und nur als deren Weiterführung zu betrachten sind, seien im folgenden unsere Resultate jenen Beobachtungen gegen- übergestellt. Diese stellen mit ihrem reichen und zuverlässigen Material und der beispielhaften Dokumentation der begleitenden Umstände einen Prüfstein für jede Refraktionstheorie dar und sind denn auch schon früher in diesem Sinne benützt worden, z.B. durch /Past/, /Keppke/.

Im folgenden sind für die gegenseitige Visur Goult - Lubéron die mit dem Programm TGREFR berechneten Modell-Refraktionswinkel den vom IGN beobachteten Werten gegenübergestellt, und zwar lükkenlos für die Tage vom 20. bis zum 30. Juni 1950, um einem Vor-

wurf willkürlicher Auswahl zu begegnen, aber auch, weil eine solche Reihe gewisse Aufschlüsse über die "Geschichte" eines Temperaturfeldes geben kann, etwa den Zusammenhang mit der Meteorologie des vorhangehenden Tages.

Die graphischen Darstellungen enthalten neben den Resultaten, den berechneten Refraktionswinkeln und Bodentemperaturen, auch die Ausgangsdaten:

- die meteorologischen Daten aus der Publikation /Levallois/: Bewölkung gemäss den Angaben der Publikation, Windgeschwindigkeit in km/std aus Beaufort-Angaben, Dampfdruck als Annahme,
- die aus den meteorologischen Daten nach (28b) (Teil I, Abschnitt 4.3.4.5) berechneten Wetterfaktoren W,
- die beobachteten Bodentemperaturen (die zur Bestimmung der an die Standard-Modelltemperaturen anzubringenden Temperaturkorrektionen nach Abschnitt 4.4.3 in Teil I dienten).

Zu dem für die Refraktionswinkelberechnungen benötigten digitalisierten Gelände (Abschnitt 4.3.2 in Teil I) konnten in der Publikation /Levallois/ praktisch keine Angaben gefunden werden; sie wurden von uns den offiziellen Karten im Massstab 1:50000 entnommen, was aber für die Stationsumgebungen nicht in genügend feinem Raster möglich war: ein ziemlich einschneidender Nachteil für unsere Berechnungen.

Ein Beispiel für den Karten-Input würde gegenüber dem in Abschnitt 2.1.2 Dargestellten nichts wesentlich Neues zeigen. – Es sind auch die dort gezeigten Werte für die Konstanten k_0 ... K_8 verwendet worden, mit der Ausnahme, dass k_4 = 0.10 gesetzt wurde (statt k_4 = 0.05). – Für die "Regionalhöhe" z_{Reg} in den Formeln (10) und (11) (Abschnitt 4.3.3 in Teil I) wurde der Wert 350 m ü.M. für Goult und 400 m ü.M. für Lubéron gewählt.

Ueber die Wahl der ebenfalls beim Input festzulegenden Werte für die Grössen TOL, HU, HO der Temperaturkorrektionsfunktion

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}})$$

sind Angaben bei den einzelnen Tagen zu finden.
Als Beispiele für <u>Output</u> (s. Abschnitt 2.4 in Teil III) sind die Tabellen GELAENDE und VISUR (für verschiedene Beaufort-Windstärken) für Goult-Lubéron gegeben sowie die eigentliche Resultat-Tabelle REFRAKTION für diese Visur am 28.6.1950.

	ADGAT	ANCAL	ZV[J]	264.3		265.2		284.7		303.8		329.5		366.8	
	15 000	E000		328	460* 360* 220* 270*	328	460 360 220 270	332	465 364 224 274	335	469 367 228 278	340	475 371 233 283	348	483 378 240 290
	14	7 2000		313	250* 350* 300*	313	250 350 350 300	317	256 361 357 293	321	261 372 364 286	326	268 386 374 276	334	278 407 388 262
	13	0000		216	225* 225* 200* 215*	216	225 225 200 215	217	224 224 208 214	219	223 223 215 215	220	222 222 225 225 212	223	220* 220* 240* 210*
IBE				203	235* 195* 180* 200*	202	235 195 180 200	201	230 - 189 183 200	199	226 183 186 200	196	220* 175* 190* 200*	189	185* 170* 190* 210*
				189	205* 190* 170* 190*	189	205 190 170 190	189	213 177 165 200	189	220* 165* 160* 210*	193	230* 160* 215*	177	180* 158* 160* 210*
				200	210* 205* 190* 195*	200	210 205 190 196	203	205* 190* 190* 225*	201	225* 195* 175* 210*	196	215* 165* 185* 220*	160	160* 154* 150* 175*
J,0-1]			. •	230	240* 220* 230* 230*	230	239 220 229 230	213	215* 205* 205* 228*	198	208* 190* 190* 202*	509	228* 190* 202* 215*	156	157* 154* 152* 160*
]#92	∞ (50		248	255 * 240 * 250 * 245 *	248	255* 240* 250* 245*	220	220 218 215 225	194	200* 190* 195*	213	220* 210* 208* 212*	155	154 * * 156 *
:	2	\$ 2		253		252		220		192		214		155	
[J,Q-1	9 ;	5		255		254		220		191		214		155	
	D.	×		257		255		220		190		215		155	
EHOERI V[J]	4	9		257		255		220		190		215		155	
ND ZUG ISUR Z	m	œ		258		256		220		190		215		155	
	⟨\	7		258		256		220		190		215		155	
EN ZG[HOEHE	-	~		258		256		220		. 8		215		155	
рЕНОЕН J] UND	ø,	240	[1]	8.0		0.9		0.0		0.0		15.0		55.0	
el aen Zgo[. ZGO											0 15	
SRE GI 10EHE			DIST	0		10.		450		880.		1460.		2300.	
MITILI			MR:J	0		-		2		Μ		7		5	
	MITILERE GELAENDEHOEHEN ZG[J,Q] UND ZUGEHOERIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] *: EINGABE BODENHOEHE ZG0[J] UND HOEHE DER VISUR ZV[J]	UND ZUGEHOERIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] *: EINGABE VISUR ZV[J] 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	UND ZUGEHOERIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] *: VISUR ZV[J] 3 4 5 6 7 8 9 10 8 16 32 64 125 250 500 1000 20	ERE GELAENDEHOEHEN ZG[J,Q] UND ZUGEHOERIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] *: EINGARE HIOGHE ZG0[J] UND HOEHE DER VISUR ZV[J] Q 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 2+Q 2 4 8 16 32 64 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000 32000M DIST. ZG0[J]	ERE GELAENDEHOEHEN ZG[J,Q] UND ZUGEHOERIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] **: EINGABE HIOGHE ZG0[J] UND HOEHE DER VISUR ZV[J] Q 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 Z+Q 2 4 8 16 32 64 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000 32000M DIST. ZG0[J] 0.0 258.0 258 258 258 257 257 255 258 248 230 200 189 203 216 313 328	FINE GELAENDEHOCHEN ZG[J,Q] UND ZUGEHOCRIGE ZG1[J,Q-1] ZG4[J,Q-1] ** EINGARE GO 1 UND HOCHE DER VISUR ZV[J] 2,Q 1 2 3 4 5 6 4 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000 32000M DIST. ZG0[J] 0.0 258.0 258.0 258 258 257 257 255 253 248 230* 190* 190* 195* 225* 350* 360* 360* 260* 360* 360* 360* 360* 360* 360* 360* 3	HINDEHE ZGOLJ UND HOEHE DER VISUR ZVLJJ 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2	HIORHE ZGG LJ UND HOCHE DEN VISUR ZVLJJ 2-0, 258.0 258 258 255 255 259 248 230 200 1904 1954 225 250 240 1904 1904 2004 2004 2004 2004 2004 2004 2004 2	HIGGHE ZGG[J] UND HOEHE DER VISUR ZV[J] 1. 2	HIGHE ZGGLJJ UND HORFIE DER VISUR ZVLJJ LOG 256.0 256	Figure California Figure California	HINDER ZGG_LAFINDEHOPHER DER VISUR RV[J]	Fig. Fig.	Part Part	Part Part

AREAL	[ʃ] NZ	537.0		613.8		668.2		851.0		934.0		429 1131.7	
15 2000M		382	521 407 274 324	397	538 421 289 339	408	550 * * 300 * 350	416	558 428 318 360	420	562 427 326 364	, 62h	570* 425* 345* 375*
13 14 15 8000 16000 32000M AREAL		369	325* 500* 450* 200*	387	369 559 391 229	400	460 600 350 250	6911	469 600 453 353	200	200* 200* 4000*	491	455* 560* 540* 410*
13		276	240* 400* 265* 200*	335	330* 470* 340* 200*	386	385* 525* 400* 235*	564	540* 740* 550* 425*	620	580 * 780 * 640 * 480 *	648	650* 600* 660* 680*
12 4000 8		230	220* 310* 215* 175*	333	330* 450* 330* 220*	408	400 * 440 * 300 *	558	540* 540* 500*	999	620* 820* 700* 520*	800	870* 690* 790* 850*
11 2000 2		219	220* 255* 215* 185*	324	330* 390* 325* 250*	430	440 * 440 * 370 *	518	520 * * 500 * 510 *	630	.620* 700* 700* 500*	943	1000* 850* 950* 970*
1000		211	212* 235* 208* 190*	310	305* 320* 280*	1460	480* 490* 430*	513	500 * * * * 500 * * * * 500 * * * * * *	625	*009 *029 *069	1030	1030* 980* 1050* 1060*
9 500 1		210	205* 225* 212* 198*	304	290* 315* 320* 290*	483	468* 460* 475*	909		613		1089	1085* 1070* 1100* 1100*
.8 250		506	198* 215* 200*	300	290* 305* 308* 295*	6617	500* 500* 492*	503		909		1120	1120* 1120* 1120* 1120*
7		203		300		499		505		603		1125	
6 46		201		300		200		501		602		1127	
32		201		300		500		900		601		1128	
± 91		200		300		500		500		009		1128	
m∞		200		300		500		200		009		1129	
C 7		200		300		500		200		009		1129	
~~ N		200		300		200		200		009		1129	
210	[1]	200.0		300.0		200.0		500.0		0.009		129.0	
	DIST. ZGO[J]											.0 11	
	DISI	6100.0		7800.0		0.0006		9 13000.0		10 14800.0		11 19050.0 1129.0	
	NR:J	9		7		œ		6		10		=======================================	

GOULT TURM LUBERON TURM

J NUMERIERUNG DER PROFILPUNKTE (*: INTERPOLIERT **: ZUSAMMENFASSUNG)

NUMERIERUNG DER PROFILINTERVALLE

ABSTAND VOM STATIONSPUNKT

30 HOEHE DES BODENS UE. MEER ZV HOEHE DER VISUR UE. MEER

ZG HOEHE DES MITTLEREN GELAENDES UE, MEER [QUADRAT MIT SEITENLAENGE (2+.5*F*F)*H

F = 0

NW(NE) NOERDL. (OESTL.) NEIGUNG DES MITTLEREN GELAENDES

H HOEHE DER VISUR UEBER MITTLEREM GELAENDE

SM INTERVALLMITTE DS INTERVALLAENGE

HM MITTLERE VISURHOEHE (UEBER MITTLEREM GELAENDE) IM INTERVALL

NNM(NEM) MITTLERE GELAENDENEIGUNG IM INTERVALL

(ZUSAMMENFASSUNG) NEM -.0010 .0293 .0142 .0435 .0391 00400 .0566 .0425 314.8 -.0542 262.0 -.0146 156.0 -.0488 268.4 -.0049 244.6 -- 0439 323.7 -.0537 MNN .0527 164.0 8.6 16.7 44.3 87.5 113.5 Ξ 1199.8 110.0 429.9 579.9 839.8 3799.3 4249.2 10.0 329.9 3999.2 1799.6 1699.7 DS 9.8469 1879.6 8398.4 6.76601 5.0 65.0 284.9 6.499 1169.8 4199.2 13897.3 16921.7 Š 0000 0000 .0195 .0098 0000 -.0107 .0479 된 0000 8700.- 6940. .0391 .0391 .0977 .0303 .0391 .0391 .0586 .0547 325.8 -.0400 338.5 -- 0098 309.0 -.0977 303.8 -.0684 185.4 -.0195 0000 Z 2.9 65.0 7.5 8.6 110.0 117.0 211.1 I 155.8 512.5 211.3 310.0 482.8 625.0 193.8 257.3 255.5 219.8 212.5 19046.3 1129.0 1131.6 1128.7 26 934.0 284.7 537.0 613.8 668.2 851.0 329.5 366.8 265.2 303.8 264.8 Λ2 258.0 220.0 500.0 14797.1 600.0 190.0 215.0 155.0 200.0 300.0 500.0 ZG0 8888.2 6.644 8.628 12997.5 2299.6 8.8609 7798.5 ζ. ∞ 'n

KNICKE IM GELAENDEPROFIL:

19050

EINGEGEBENE VISURLAENGE:

19046

GERECHNETE VISURLAENGE:

NR S ZGO 6 6098.8 200.0 8 8998.2 500.0 9 12997.5 500.0

.0000	6400	.0020	.0068	h400°-	.0186	.0435	.0684	.0537	6#00		•		0000	0010	0100	6500.1	0200.	- 0044	1	\$ 10.	.0435	1000	.0537	• 0046	0000
. 0391			.0791			0542	0430	0146	0537	8810	0010		.0391	00170		6040.	1200.	1670.	6100.	0049	0542	1.0439	 0146	 .0537	 0488
8.9	144.6	9.78	115.4	163.9									9.2	17.0			50.5	163.9		-				318.7	153.6
110.0	329.9	429.9	579.9	839.8	3799.3	1699.7	1199.8	3000	1799 6		4649.6		10.0	1 0) - (369.9	4.34. y	830 B	0.850	3799.3	1699.7	1199.8	3999.2	1799.6	4249.2
5.0	0.00	664.9	1169.8	1879.6	4199.2	4 8 Moy	8398.4	10000	13807 3	1,0001	1.12601		7,0	, u	5 5	6.407	6.400	1870 6	0.670	4199.2	6948.6	8398.4	10997.9	13897.3	16921.7
00000		0078	.0117	.0020	0107	6240.	.0391	7260.	.0098	0000.	0000		0000.	0000.		0078	.0117	.0020	0107	6240*	.0391	.0977	.0098		
.0391		. 6940.	9850.	9660.	.0303	0400	0684	0195	0098	-,0977	0000	F1 2	.0391	.0391		.0469	.0586	9660•	.0303	0400	- 0684	0195	-,0098		0000
7.5	24.0	65.2	110.0	120.7	207.1	325.8	303.8	185.4	338.5	309.0	2.9		8.1	10.3	24.0	65.2	106.3	120.7	207.1	318.3	290.0	208.2	333.5	304.0	3.2
257.3		219.5	193.8	208.8	159.8	211.3	310.0	482.8	512.5	625.0	1128.7		256.7	254.9		219.5	197.5	208.8	159.8	218.8	323.8	0.094	517.5	0.089	1128.4
264.8		284.7	303.8	329.5	366.8	537.0	613.8	668.2	851.0	0.486	1131.6		264.8	265.2		284.7	303.8	329.5	366.8	537.0	613.8	668.2	851.0	034.0	1131.6
258.0		220.0	190.0	215.0	155.0	200.0	300.0	500.0	500.0	0.009	1129.0		258.0	256.0		220.0	190.0	215.0	155.0	200.0	300.0	500.0	500.0	600.0	
0.0	120.0	6.644	8.678	1459.7	2299.6	8.8609	7798.5	8998.2	12997.5	14797.1	19046.3		0.0	10.0	120.0	6.644	879.8	1459.7	2299.6	8.8609	7798.5	8998.2	12997.5	14797.1	
← (ν r	n =	ד ע	٧ ح) [~ c	0 0	پ ز	≥ ;	= 1	12		-	- (V	· .	⇒	ς ,	Ç	2	œ	0	10	Ξ	12
0 -	*	2	\sim	4	ſζ	9	7	œ	6	10	1		0	-	*	7	m	4	7	9	7	∞	σ	, 6	= =====================================

-

	OEFF. (CC)		0	~	~	m	1	S	9	-	∞	6	10	=	12
TURM	REFR.KOEFF. DELTA (CC)		0.205 194.8	0.211 201.4	0.223	0.231	0.240 228.5	0.251	0.246	0.210	0.187	0.166	0.149	0.137	0.132
ERON	20														
NACH LUBERON TURM	19														
NAC	18									·					
-	17														
DER VISUR GOULT TURM	EINZELNEN INTERVALLEN 12 13 14 15 16	INTERVALL-LAENGE MITTL. HOEHE													
1950 AUF	EINZ 12	4254 156	156 17 7.9	156 18 8.5	156 18 8.7	156 20 9.4	156 20 9.7	156 22 10.4	157 19 8.9	156 16 7.8	156 14 6.7	156 12 5.8	156 11 5.1	157 10 4.8	156 10 4.7
	I DEN 11	1802 324	325 16 8.0	325 17 8.1	325 17 8.4	325 18 8.5	325 18 8.9	325 19 9.0	325 19 9.4	325 17 8.3	325 15 7.5	325 14 6.8	324 13 6.2	325 12 5.8	325 11 5.6
. 6.	GE IN 10	. 4004	263 18 29.9	263 18 30.7	263 19 32.3	263 19 32.7	263 20 34.3	263 21 34.9	264 22 37.0	263 19 32.1	263 17 28.9	263 15 25.7	263 14 23.0	263 13 21.4	263 12 20.5
AM 28,	TEILBETRAEGE 3 8 9 10	245	246 19 12.5	246 19 12.9	246 20 13.5	246 20 13.8	246 21 14.4	246 22 14.7	246 23 15.6	246 20 13.5	246 18 12.2	246 16 10.9	246 14 9.7	246 13 9.0	246 13 8.6
TION	TEILE 8	702 1 315	316 19 20.6	316 19 21.0	316 20 21.8	316 20 22,23	316 21 22.9	316 22 23.3	316 23 24.4	316 21 22.4	316 19 20.4	316 17 18.6	316 16 16.9	316 15 15.8	316 14 15.2
EFRAK	7	3804 1 266	267 20 60.7 2	267 21 62.2 2	267 22 63.8 2	267 22 66.6 2	269 23 67.8 2	269 23 69.5 2	270 25 72.8	267 21 63.4	267 19 57.7	267 18 52.3	267 16 47.3	267 15 43.3	267 14 41.7
ND -R	9	841 164	164 23 17.6	164 24 18.2 6	164 25 19.2 (164 26 19.9 6	165 27 20.7 (165 29 21.8	165 27 20.4	164 23 17.5 (164 20 15.4	164 18 13.5	164 16 11.9	164 14 10.8	164 14 10.4
UNG U	72	581 115	116 24 13.3 1	116 26 13.9 1	116 28 15.0 1	116 29 15.6 1	114 30 16.5 2	114 32 17.7	114 30 16.2	116 24 13.0	116 20 11.2 ′	116 18 9.6	116 15 8.3	116 14 7.5	116 13 7.3
RUEMM	27	430 88	88 26 10.9 1	88 28 11.4	88 30 12.5 1	88 31 13.0 1	88 33 13.8 1	88 36 15.0 1	88 31 12.9	88 25 10.3 1	88 21 8.7 1	88 18 7.4	88 15 6.4	88 14 5.7	88 13 5.6
HOEHENKRUEMMUNG UND -REFRAKTION AM	\sim				45 35 11.4 1					45 26 8.3 1	45 21 6.8	45 17 5.7	45 4.9	45 13 4.4	45 13 4.3
HO	N	110	17 33 3.6	17 36 4.0 1	17 43 4.7 1	17 47 5.1 1								17 13 1.4	
	-													911.	
	ZEIT (MEZ)		0	-	2	٣	ដ	ſΩ	Ç	7	80	σ	10	-	2

0.153

13

0.130

0.131 124.7 0.141

0.134

19

0.167

50

0.180

21

22

0.204

0.213

INTERVALL-LAENGE MITTLERE HOEHE												
4254 156	156 10 4.7	156 10 4.9	156 10 4.9	156 11 5.0	156 11 5.2	156 12 5.7	154 13 6.4	154 15 7.2	156 16 7.6	156 16 7.8	156 17 8.1	156 18 8.4
1802 324	324 11 5.5	324 12 5.7	325 12 5.7	324 12 5.8	324 12 5.9	324 13 6.3	319 14 6.7	319 15 7.2	324 16 7.8	325 16 8.0	325 16 8.0	325 17 8.2
. 400h	263 12 20.2	263 12 21.0	263 12 20.2	263 12 20.8	263 13 21.4	263 -14 23.0	272 15 24.8	272 16 26.6	263 17 28.7	263 18 29.8	263 18 31.0	263 19 32.2
1201 ⁴ 245	245 13 8.5 2	245 13 8.8	246 13 8•4	245 13 8.7	245 13 8.9	245 14 9.5	250 15 10.3	250 16 11.1	246 18 12.0	246 19 12.5	246 19 13.0	246 20 13.5
1702 1 315	316 14 14.9	316 14 15.3	316 14 14.9	316 14 15.2	316 14 15.6	316 15 16.4	305 16 17.5	305 17 18.6	316 18 19.6	316 19 21.0	316 20 21.1	316 20 21.8
3804 1 256	267 14 41.1	267 14 42.6	267 14 41.3	267 14 41.9	267 15 44.1	267 16 47.2	263 17 50.6	263 18 53.9	267 19 57.0	267 21 61.3	267 21 61.8	269 22 65.2
841 <u>3</u> 164	164 14 10.3	164 15 11.0	164 14 10.5	164 14 10.8	164 15 11.7	164 17 12.9	164 19 14.3	164 20 15.5	164 22 16.5	164 23 17.3	164 24 18.6	165 26 19.5
581 115	116 13 7.2 1	116 14 7.8	116 13 7.3	116 14 7.6	116 15 8.3	116 17 9.3	114 19 10.5	114 21 11.6	116 23 12.5	116 24 13.1	116 26 14.4	114 28 15.4
430 88	88 13 5.6	88 15 6.0	88 14 5.7	88 14 5.9	88 16 6.5	88 18 7.3	86 20 8.3	86 22 9.3	88 24 10.1	88 26 10.7	88 29 11.9	88 31 12.8
330	45 13 4.3	45 14 4.7	45 13 4.4	45 14 4.6	45 16 5.1	45 18 5.9	45 21 6.8	45 24 7.8	45 27 8.7	45 28 9.2	45 33 10.7	444 36 11.7
110	17 1.3	13	17 12 1.4	17 13 1.4	17 1.6	17 18 1.9	17 21 2.4	17 26 2.8	17 30 3.3	17 32 3.5	17 40 4.4	17 46 5.0
10	9 10 0.1	9 10 0.1	9 10 0.1	9 10 0.1	9 13 0.1	9 16 0.2	22 0.2	9 28 0•3	9 35 0.3	39 0.4	9 51 0.5	61 0.6
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	2u

2.2.2 Bemerkungen zu den Resultaten

20. Juni 1950 (Figur 24)

Wolkenlos, mittlere Windstärken, die gegen Abend zunehmen. Die beobachteten Refraktionswinkel sind für Lubéron, verglichen mit andern Tagen, gross, nur wenig (etwa 10^{CC}) kleiner als für Goult: wahrscheinlich verhinderte der Wind eine grössere Erhitzung der bodennahen Luftschichten, die bei der Visur Lubéron → Goult eine besonders ausgeprägte Rolle spielen ("Abwärtsvisur"!) Die aus dem Modell erhaltenen Refraktionswinkel für Lubéron sind aber vor 10^h trotzdem zu hoch.

Die Modell-Temperaturen können für Lubéron die hohen beobachteten Bodentemperaturen nicht erreichen.

21. Juni (Figur 25)

Dieser Tag mit starker Bewölkung und etwas Regen um 18^h bei eher mässigem Wind zeigt entsprechend niedrigere Temperaturen und geringe Schwankungen der Refraktionswinkel im Laufe des Tages, was auch die Rechnung gut nachvollziehen kann, wobei aber die Refraktionswinkel für beide Stationen etwas zu hoch liegen (5^{CC} bis 10^{CC}).

22. Juni (Figur 26)

Nach der Abkühlung des Vortages und wohl auch noch der Nacht ein wolkenloser Tag. Tiefe Morgentemperaturen, besonders auf Lubéron. Man könnte sich die Temperaturverteilung etwa wie folgt vorstellen: kalte Luft, die vom unter starker Einstrahlung (klare Luft nach Niederschlag) stehenden Boden her erwärmt wird, wobei die erwärmte, zuerst nur wenig mächtige Luftschicht sich im Laufe des Tages nach oben ausdehnt, sich vielleicht sogar vom Boden abhebt. Dies könnte die Entstehung der besonders für Lubéron abnormalen Refraktionswinkel erklären: tiefe Werte während des Morgens wegen der stark negativen Temperaturgradienten von den bereits erwärmten bodennahen Luftschichten zu der noch kalten darüberliegenden Luft, ab Mittag Erwärmung auch der höheren Luftschichten mit entsprechend wenig negativen Temperaturgradienten über dem Boden. – Auch die beobachteten Bodentemperaturen zeigen den allgemeinen, am Abend noch lange andauernden Anstieg der Temperaturen.

Das Atmosphärenmodell von TGREFR versagt vor solchen relativ komplizierten und zudem zeitlich rasch ändernden Verhältnissen. Auch die Temperaturkorrektionen $K_{\overline{I}}$ können hier nicht helfen. Die Funktion

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{0} - z_{w}}{z_{G} - z_{w}})$$

welche sich der komplizierten Temperaturverteilung noch am ehesten anzupassen vermag, ist <u>zeitlich</u> nicht variabel, d.h. kann der allgemeinen Erwärmung im Laufe des Tages nicht folgen: hier wird eine Grenze der Möglichkeiten von TGREFR wegen des allzu einfachen Temperaturmodells sichtbar.

Beinahe das gleiche Bild wie am 22. Juni. Die Erwärmung des Vortages scheint keine Wirkung hinterlassen zu haben, gleichsam verloren gegangen zu sein.

Die Bodentemperaturen beider Stationen sind nun gestiegen, und wahrscheinlich noch stärker gestiegen sind die Temperaturen der darüber liegenden Luftschichten, so dass sich stärker positive (vor Sonnenaufgang) und weniger stark negative (im Laufe des Tages) Temperaturgradienten in den von der Visur durchquerten Luftschichten ergeben mit entsprechend höheren Werten für die Refraktionswinkel beider Visuren.

(Figur 29) 25. Juni

Die Temperaturen sind weiter angestiegen. Die Refraktionswinkel zeigen für sommerliche Verhältnisse hohe Werte: für Goult sind die niedrigsten Refraktionskoeffizienten (11^h bis 15^h) etwa 0.13! Offenbar ist bis einige hundert Meter über Boden die Luft stark erwärmt, so dass sich keine stark negativen Gradienten bilden können, am Morgen die Inversion im Kessel von Goult sogar schon recht ausgeprägt werden kann: Refraktionskoeffizient für die Visur Goult → Lubéron um 6^h über 0.20.

(Figur 30) 26. Juni

Wetteränderung: offenbar infolge Einströmens kalter Luft (auf allen Stationen starker Wind aus allgemeiner Richtung Nordwest) Zunahme der Bewölkung (bereits seit dem Abend des Vortages); dadurch vermutlich Bildung stark negativer Temperaturgradienten über dem noch warmen Boden aufwärts zu den herantransportierten kühlern Luftschichten, besonders ausgeprägt bei Lubéron, wo diese Temperaturdifferenz zwischen Bodennähe und freier Atmosphäre offenbar ausgeprägter war als bei Goult. - Tiefe Werte für die Refraktionswinkel, die bei Lubéron vom Modell nicht mehr erbracht werden können. Gegen Abend wieder Uebergang zu "normalem" Schönwetter.

(Figur 31) 27. Juni

28. Juni

Wieder wolkenloses Wetter mit relativ geringen Windstärken. Die Refraktionswinkel in Goult sind nach Sonnenaufgang gross, ab etwa 17^h klein: diejenigen von Lubéron sind etwas "normaler" geworden (gegenüber den Werten vom 26.), aber nach Sonnenaufgang immer noch tief. - Die Bodentemperaturen sind für Goult am Abend hoch, für Lubéron am Morgen (fast so hoch wie in Goult!). (Figur 32)

Ein Tag mit auffallend wenig Wind, jedoch mit einer mässigen Bewölkung, die aber offenbar die Einstrahlung wenig beeinträchtigte. Die auffallend hohen Morgentemperaturen auf Lubéron (höher als in Goult!), die auf eine von Tag zu Tag stärker werdende Inversion im Talkessel von Goult hinweisen, ergeben tiefe Werte für die Refraktionswinkel von Lubéron, hohe für Goult, was das Modell in diesem Ausmass nicht nachzuvollziehen vermag.

29. Juni (Figur 33)

Wolkenlos, geringe Winde, extrem warm (beinahe 10^{0} über einer auf der Standardtemperatur T_{0} beruhenden "Normaltemperatur": durch die Temperaturkorrektion K_{T} zu kompensierende Differenz $A = +9.5^{0}$!). – Das äusserst rasche Grösserwerden der Refraktionswinkel bei Lubéron nach Mittag zu Werten die um 18^{h} höher liegen als diejenigen von Goult lässt sich meteorologisch nicht leicht erklären. Hob sich die extrem erhitzte Luft über dem Bergrücken des Lubéron vom Boden ab, so dass bereits am Nachmittag inversionsähnliche Verhältnisse entstanden? In einem solchen abnormalen Fall versagt das Modell vollständig.

30. Juni (Figur 34)

Ein ähnlicher Tag wie der 29. Juni mit ähnlichem Verhalten der Refraktionswinkel: für Lubéron liegen die Werte um 18^h rund 30^{CC} höher als um 6^h ! - Auffällig übrigens, wie schon am Vortag, die starken Winde, die in Goult am späten Nachmittag erwähnt werden: handelte es sich um "Turbulenz", d.h. starke Aufwinde, die als "Wind" schlechthin registriert wurden?

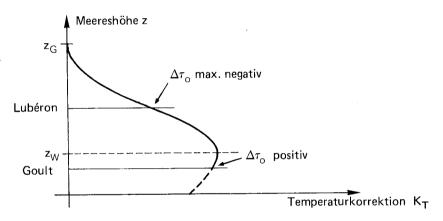
Zum Schluss noch einige allgemeine, nicht auf die täglichen Besonderheiten sich beziehende Bemerkungen:

Für die durch Eingabe festzulegenden Koeffizienten k_0 bis 8 wurden mit einer Ausnahme die gleichen Werte gewählt wie bei den SYNOP-Temperaturen (s. Konstanten-Karte in 2.1.2); für den Koeffizient k_4 im Ausdruck (33) für den Dämpfungsfaktor $k^2 = k_3 + k_4 \frac{dT}{dh}$ wurde hier gesetzt $k_4 = 0.10$ (statt 0.05 bei SYNOP), was etwas stärker positive (bzw. weniger stark negative) Temperaturgradienten ergibt, aber im Ganzen ohne wesentliche Bedeutung ist.

Als Temperaturkorrektion K_{T} kam an allen 11 Tagen der Ansatz

$$K_{T} = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_{O} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}}} (1 + \cos \pi \frac{z_{G} - z_{W}}{z_{G} - z_{W}})$$

nach Abschnitt 4.4.3.5 (Teil I) zur Verwendung. Jedoch wurden nicht immer die gleichen Werte für die Grössen $z_G = \overline{z}_{32km} + \text{HO}$ und $z_W = \overline{z}_{32km} + \text{HU}$ verwendet*, indem die Wahl der Eingabegrössen HU und HO jeweils so getroffen wurde, dass möglichst günstige Ergebnisse (Refraktionswinkel) erreicht wurden: Wahl von z_W (Umkehrpunkt der sinusförmigen Temperaturkorrektion K_T) oberhalb der Meereshöhe von Goult ergab für diese Station eine Verschiebung des "Grundwertes" τ_O des Temperaturgradienten nach positiven Werten hin; Wahl von z_G (Niveau des "Beginns" der Temperaturkorrektion) so, dass sich bei Lubéron möglichst starke negative Aenderungen von τ_O ergaben.



Damit konnte erreicht werden, dass sich für Goult relativ hohe und für Lubéron gleichzeitig relativ kleine Werte für die Refraktionswinkel ergaben.

Gewiss handelt es sich dabei um eine gewisse Manipulation, "Frisierung" der Resultate, die natürlich nur möglich ist, wenn die zu erreichenden Ergebnisse im Voraus bekannt sind. Zur Rechtfertigung unseres Vorgehens seien die folgenden Tatsachen angeführt:

- Die grossen Unterschiede A zwischen den aus den "Standardtemperaturen" T_0 berechneten Modell-Bodentemperaturen und den beobachteten Temperaturen (bis $\pm 9^{\circ}$ C) konnten nicht durch eine

^{*} HU und HO sowie die Werte A und TOL sind in den graphischen Darstellungen für jeden Tag angegeben.

über alle Meereshöhen gleiche "Parallelverschiebung" der ganzen Modelltemperaturkurve T(z,t) um die Temperaturkorrektion $K_T=A=konst.$ zum Verschwinden gebracht werden: dies hätte zu Temperaturen geführt, die in grösseren Meereshöhen nicht mehr wahrscheinlich gewesen wären (nach Sondenbeobachtungen). Die Anpassung der "Standard"-Modelltemperaturen an die beobachteten Bodentemperaturen <u>musste</u> also mit der sinusförmigen Funktion, die erst unterhalb einer Grenzhöhe z_G einsetzt, erfolgen.

- Die in der Skizze Seite 208 dargestellte Form der Temperatur-korrektion K_{T} , die mit Variationen in z_{G} , z_{W} durch Wahl der Eingabegrössen HU, HO erzwungen wurde, ist nicht unwahrscheinlich: durch das anhaltende Schönwetter erwärmte Luftschichten, die sich im Laufe der Tage nach oben ausdehnen.
- Die durch diese "manipulierten" Temperaturkorrektionen erreichten Wirkungen sind betragsmässig nicht sehr bedeutend
 und haben die Resultate nicht entscheidend verbessert. Sie
 hätten auch weggelassen werden können, wurden aber beibehalten, um auf diese Möglichkeiten (aber auch auf ihre Zweifelhaftigkeit) aufmerksam zu machen.

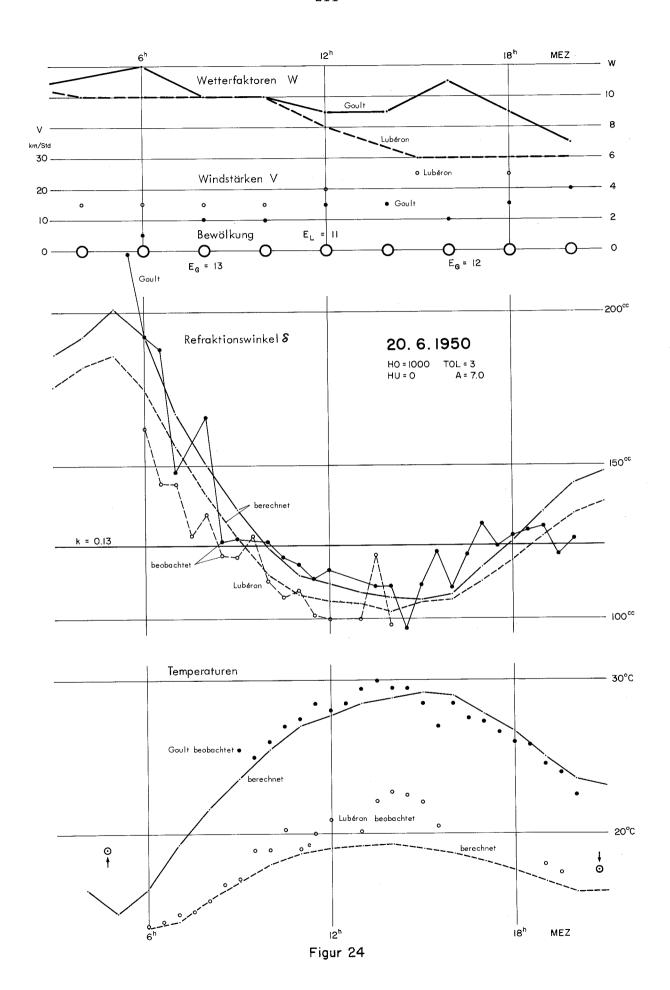
In der Tabelle 2 sind die Tagesmittel der Höhenwinkelbeobachtungen auf den beiden Stationen Goult und Lubéron zusammengestellt. Selbstverständlich wäre es für praktische Zwecke nicht sinnvoll, Messungen, die so offensichtlich systematisch beeinflusst sind, einfach zu mitteln. Wie könnte aber in der Praxis ein solches Beobachtungsmaterial tatsächlich verwendet werden? Eine Auswahl einzelner Messungen, etwa unter Streichung der extremsten Werte, oder Beibehaltung nur der tiefsten Werte, oder Weglassen der Beobachtungen bestimmter Tageszeiten, oder ähnliche Massnahmen, könnte ebenfalls zu "falschen" Resultaten führen, was immer unter "falsch" verstanden werden kann. So dürften zum Beispiel die Beobachtungen Goult → Lubéron an den meisten Tagen nicht mit einem allgemeinen Refraktionskoeffizienten k = 0.13 reduziert werden, auch nicht wenn nur die tiefsten Messungen von etwa 11^h bis 15^h berücksichtigt würden. Anderseits entsprechen die gleichzeitigen Höhenwinkel der Gegenvisur Lubéron \rightarrow Goult an der Mehrzahl der Tage einem Refraktionskoeffizienten von weniger als 0.13, selbst wenn die höchsten Werte mitbenützt werden, wobei jedoch auch krasse Ausnahmen zu finden sind. – Auch wenn die rechnerisch bestimmten Refraktionswinkel oft in enttäuschendem Masse von den beobachteten abweichen, ergäbe doch die Korrektion des Mittels der beobachteten Höhenwinkel mit dem Mittel der gerechneten Refraktionswinkel beinahe überall ein besseres Resultat als die Verwendung des üblichen Refraktionskoeffizienten k = 0.13.

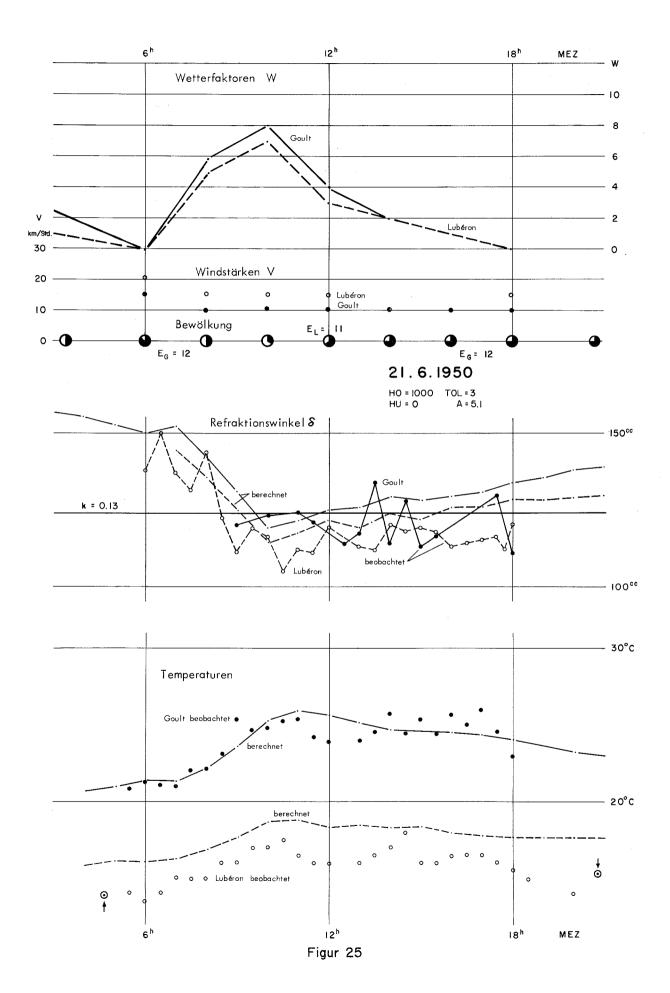
Tabelle 2: Tagesmittel der Refraktionswinkel

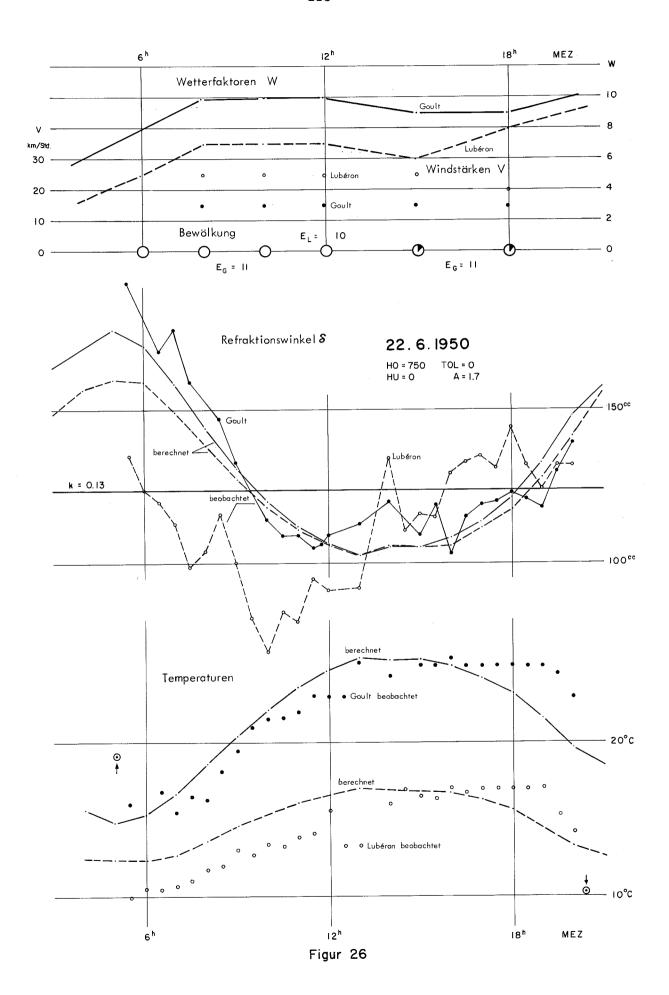
Т		Gou	lt → L	ubér	on			Lubé	ron →	Goul	t	
Tag		beobach	tet		Model1	ļ		beobach	tet		Modell	
Juni	n	δ	k	n	δ	k	n	δ	k	n	δ	k
		СС			СС			СС			СС	
20.	28	131.8	.138	15	129.7	.136	16	120.4	.126	9	126.0	.132
21.	13	120.4	126	10	127.4	134	26	120.4	126	13	125.9	132
22.	25	127.0	133	15	125.3	132	28	113.4	119	15	121.7	128
23.	26	142.8	150	15	144.9	152	27	122.3	128	15	123.5	130
24.	27	152.8	160	15	149.9	157	30	132.7	139	15	122.3	128
25.	27	153.8	161	15	147.2	155	25	129.8	136	15	125.5	132
26.	28	141.5	149	15	145.2	152	26	114.7	120	15	134.4	141
27.	27	152.0	160	15	149.7	157	19	126.0	132	10	133.0	140
28.	27	156.3	164	15	152.1	160	28	123.2	129	15	132.1	139
29.	27	164.2	172	15	153.4	161	27	138.6	146	15	121.8	128
30.	27	172.6	.181	15	161.1	.169	27	150.1	158	15	136.9	.144

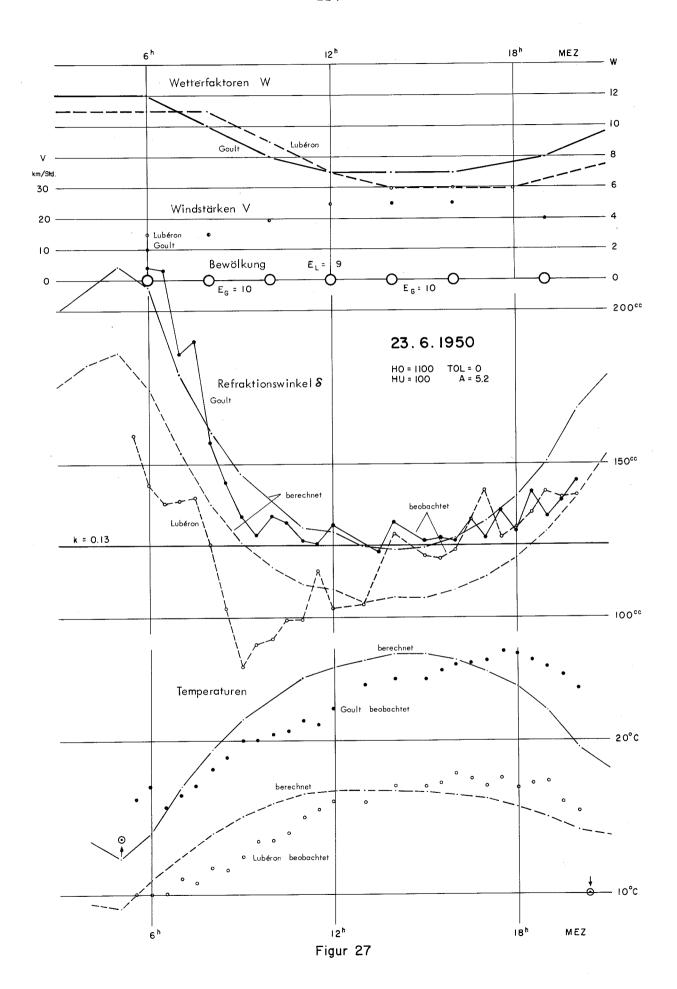
СC

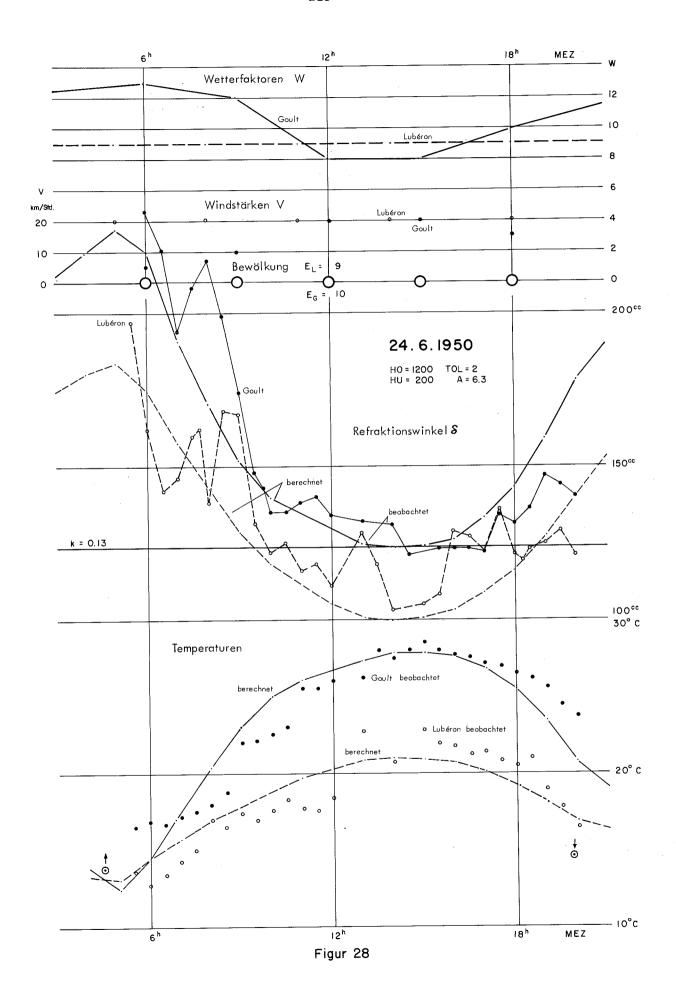
zum Refraktionskoeffizient k = 0.13 gehörender Refr.winkel: 123.8.

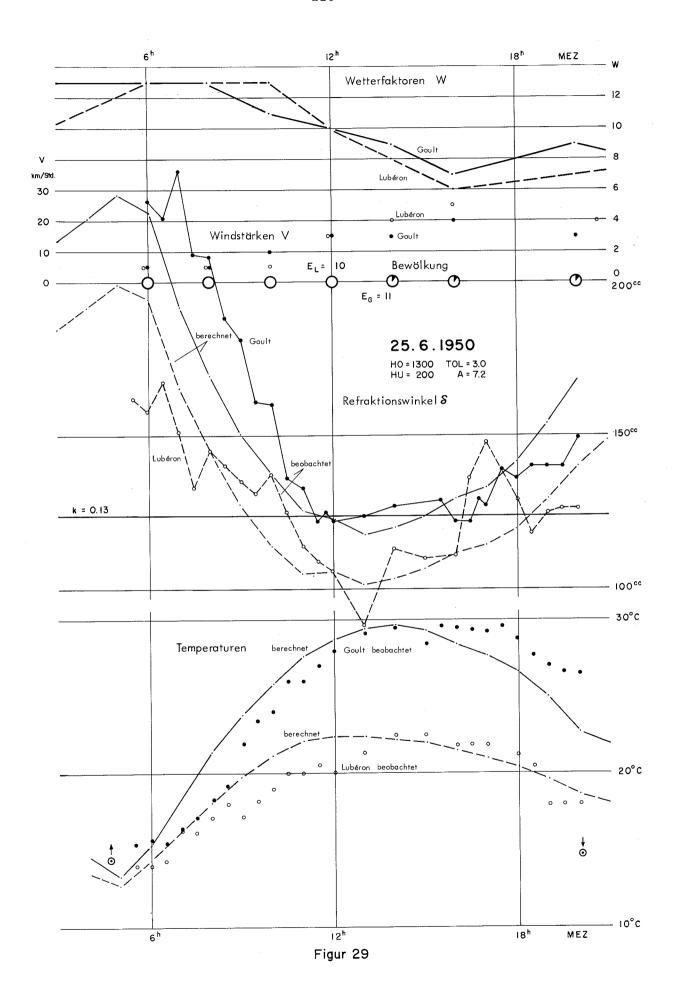


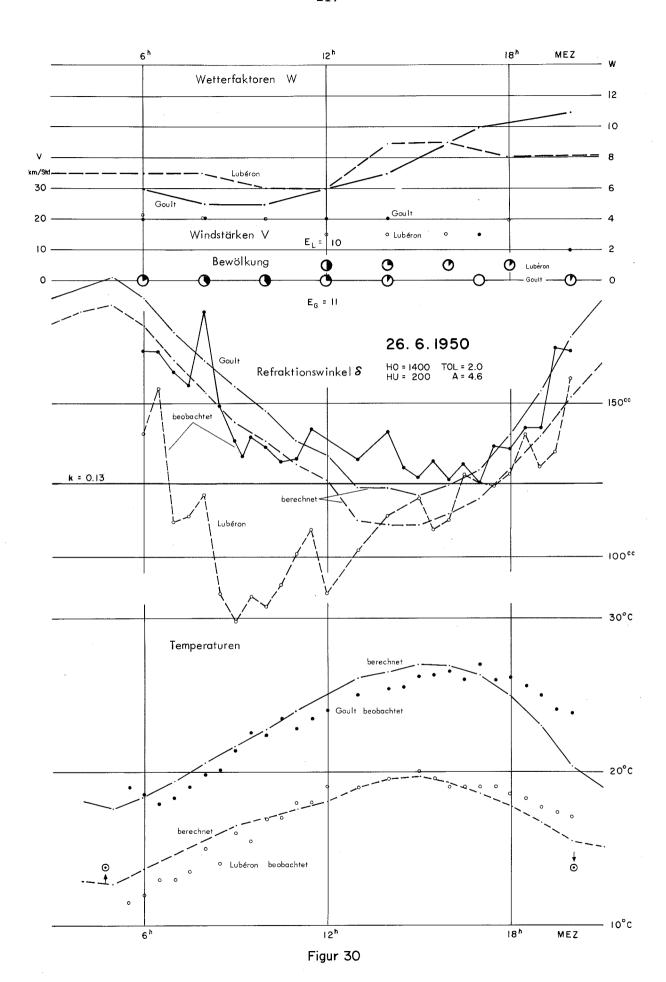


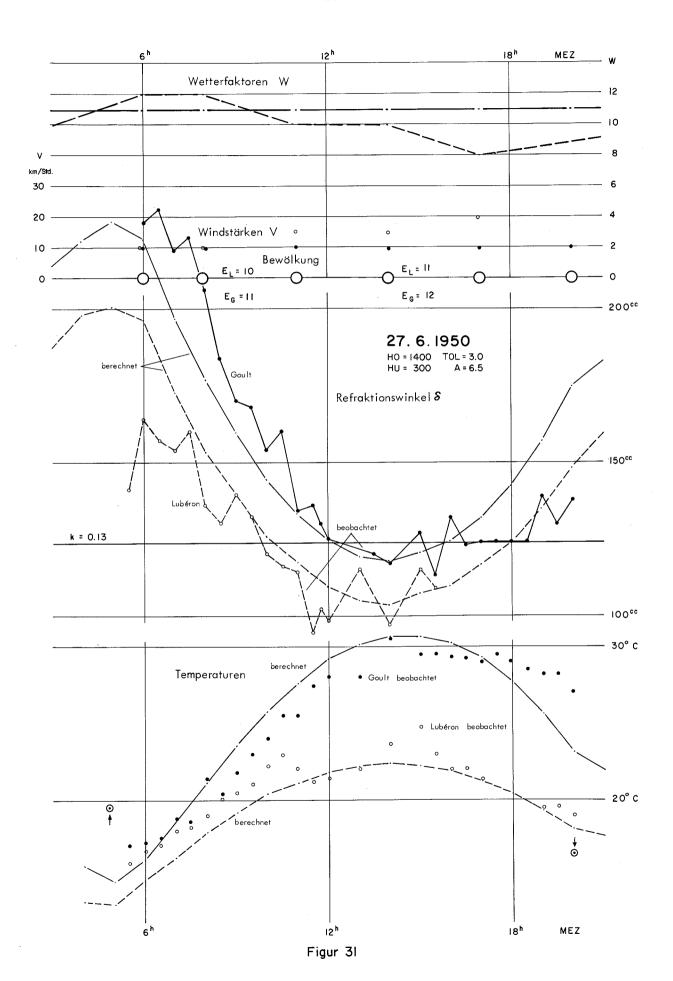


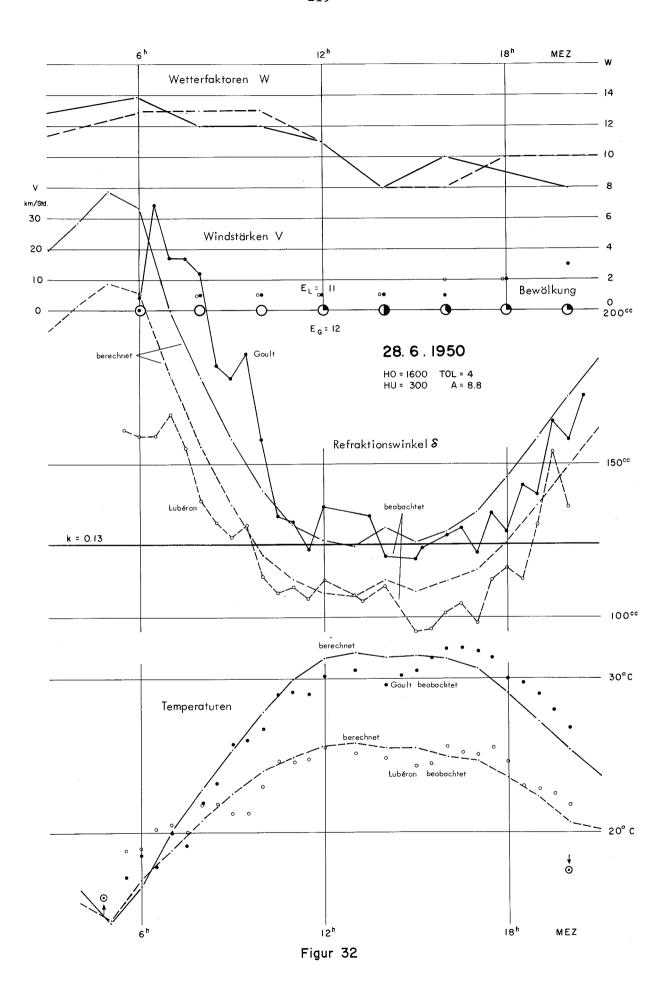


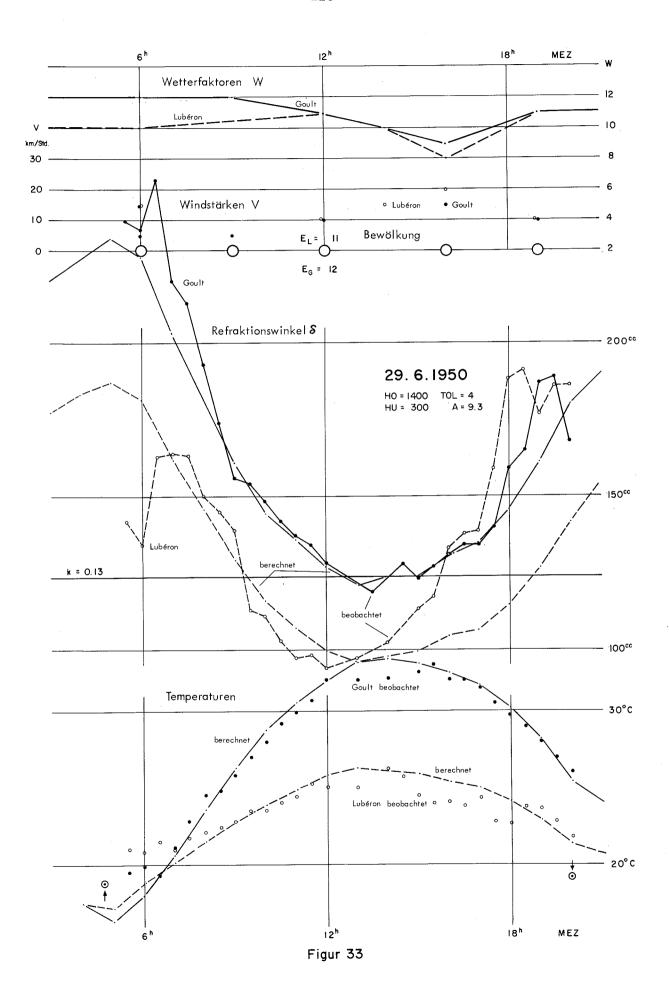


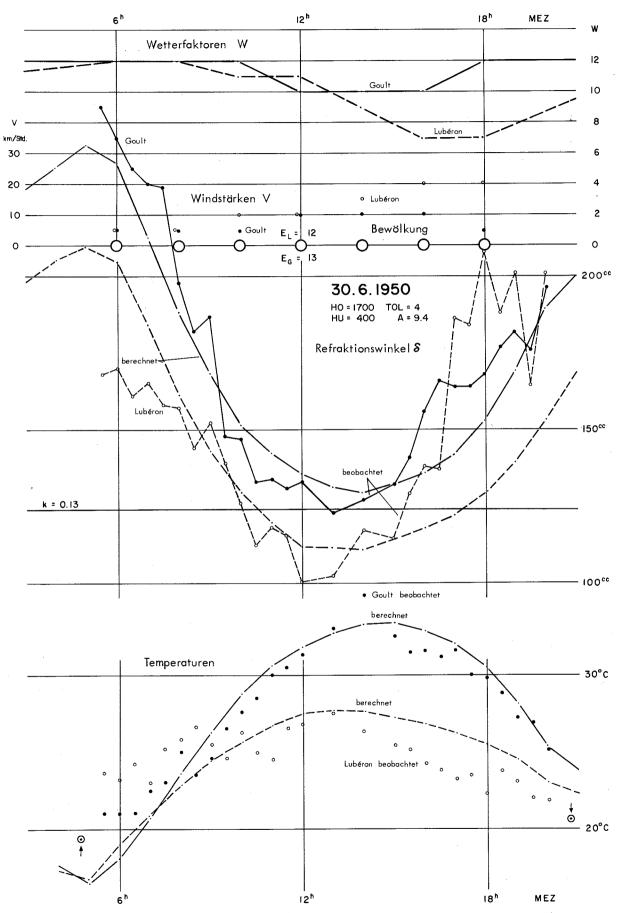












Figur 34

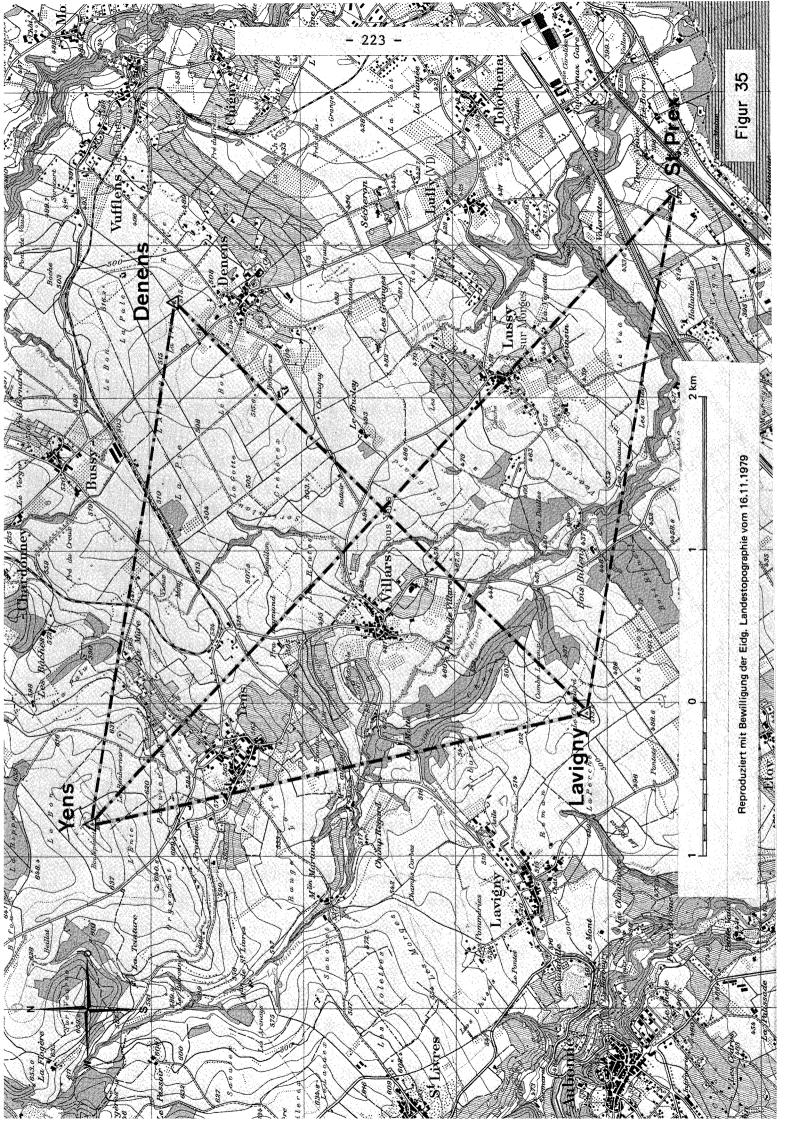
2.3 Vergleich von Modell-Refraktionswinkeln mit beobachteten Werten: Höhenwinkelbeobachtungen St.Prex - Lavigny - Denens - Yens (Genfersee, Schweiz)

2.3.1 Allgemeines, Daten

Im August und im Oktober 1944 wurden von der Eidgenössischen Landestopographie im Genferseegebiet westlich Lausanne umfangreiche Refraktionsuntersuchungen durchgeführt. Auf vier Stationen (s. Karte 1:25000 Fig. 35) wurden durch zwei ausgezeichnete Beobachter Höhenwinkel auf den fünf Netzverbindungen und zusätzlich nach einem Fernpunkt auf der Jurahöhe (Montendre, Entfernung 10-15 km) gemessen, meist von der Morgenhelle bis zum Dunkelwerden.

Aus Platzgründen mussten wir aus diesem vorzüglichen Beobachtungsmaterial, welches leider nie veröffentlicht wurde, eine Auswahl treffen. Es wurden alle gleichzeitig gegenseitig beobachteten Winkel ausgewählt. Auf diese Weise werden alle fünf Visuren und auch praktisch alle Beobachtungstage erfasst; es fehlen aber damit die nur einseitig beobachteten Winkel nach dem Fernpunkt Montendre. Von den mehr als 1600 Höhenwinkelmessungen kommen bei dieser Auswahl immerhin 634 zur Darstellung.

Leider wurden während den Beobachtungen wohl Temperatur und Feuchtigkeit mit Psychrometern erhoben, aber die für das Programm TGREFR nötigen meteorologischen Elemente Bewölkung und Wind nicht systematisch notiert. Immerhin sind in den Feldbüchern stets wieder Angaben zu finden wie: Schön, sonnig, bewölkt, bedeckt, Wind, Station und/oder Ziel in Sonne/im Schatten, und ähnliches, aus denen gewisse Rückschlüsse auf die interessierenden Grössen möglich waren. Auch konnten die "Annalen" der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt für 1944 zu Hilfe genommen werden, in denen für 7½, 13½, 21½, für die nicht allzu weit entfernten Stationen Genf und Neuenburg Angaben über Bewölkung und Wind (in Beaufort) zu finden sind. Trotz-



dem sind natürlich die meteorologischen Elemente, besonders die Windstärken, bei diesen Beispielen mit erheblicher Unsicherheit behaftet. Die benützten "Wetterfaktoren" W

W =
$$20 - \frac{3}{8}B_8(1 + \frac{B_8}{2}) - \frac{V}{3} - \frac{E}{2}$$
 (28c) in 4.3.4.5 (Teil I)

B_R Bewölkung in Achteln

V Windgeschwindigkeit in km/std

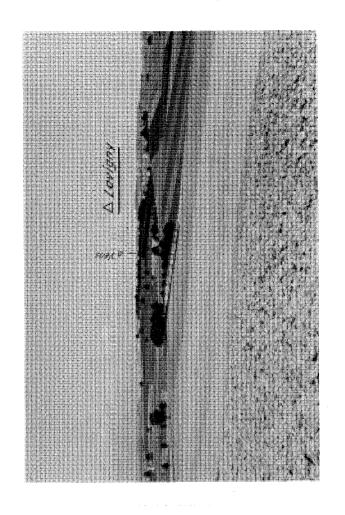
E Dampfdruck in mm Hg sind in den graphischen Darstellungen Fig. 36 bis Fig. 40 angegeben.

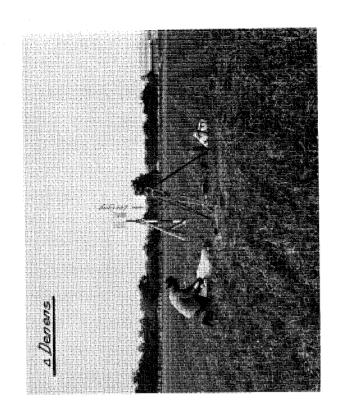
In diesen Darstellungen sind auch die Abstände zwischen Visur und massgebendem "mittlerem Gelände" (nach den Abschnitten 4.3.2 und 4.3.5.2 in Teil I) dargestellt, wobei auch die "Unterteilung" der Visuren nach Abschnitt 4.5.3 ersichtlich ist. Schliesslich sollen die Photographien S.225 einen Begriff des Geländes im allgemeinen und über die Besonderheiten der gezeigten Visuren im einzelnen geben.

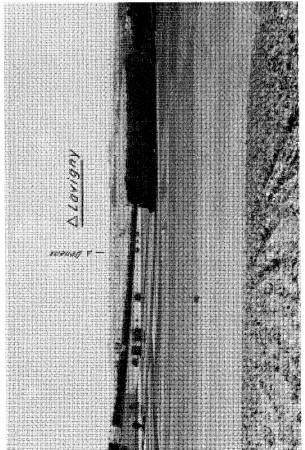
2.3.2 Berechnungen

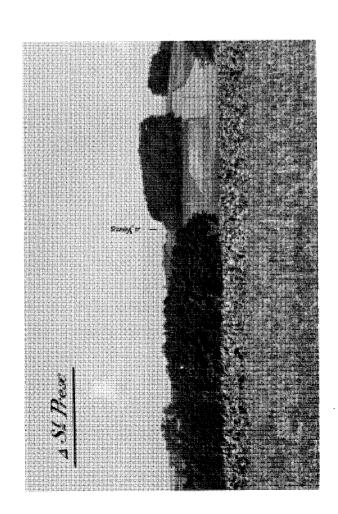
Es zeigte sich, dass die mit den "Standardtemperaturen" T_0 berechneten Modelltemperaturen im August bei schönem Wetter wesentlich kleiner waren als die beobachteten Bodentemperaturen. Als Temperaturkorrektion K_T zur Anpassung der "Standard"-Modelltemperaturen an die beobachteten Bodenwerte konnte deshalb nicht die einfache Parallelverschiebung K_T = A gewählt werden; dies hätte für Meereshöhen von etwa 3000 m bis 7000 m Temperaturen ergeben, die nach Sondenaufstiegen unwahrscheinlich gewesen wären. Es musste also wie bei Goult \leftrightarrow Lubéron (s. Abschnitt 2.2) in allen Fällen, wo die mittlere Differenz A zwischen den "Standard"-Modelltemperaturen (auf 1.5 m über Boden) und den beobachteten Bodentemperaturen grösser war als der tolerierte Wert TOL (zu 4^O angenommen) die Temperaturkorrektionsfunktion

$$K_T = TOL + \frac{A - TOL}{1 + \cos \pi \frac{z_0 - z_w}{z_0 - z_w}} (1 + \cos \pi \frac{z - z_w}{z_0 - z_w})$$



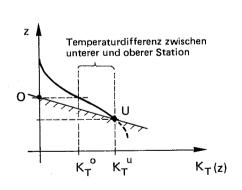


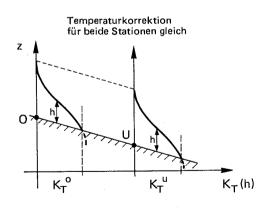




zur Anwendung kommen. Die abnormal erwärmten Luftschichten schienen hier nicht wie bei Goult in einer gewissen Höhe über Boden zu liegen, sondern lagen wahrscheinlich dem Boden ziemlich direkt auf, was die Visuren nach Montendre vermuten liessen die in beträchtlichem Bodenabstand verlaufen und ziemlich normale Refraktionsverhältnisse zeigen. Die Parameter $\mathbf{z}_{\mathbf{W}}$ und $\mathbf{z}_{\mathbf{g}}$ (d.h. natürlich HU und HO) wurden daher so gewählt, dass sich die grössten – negativen – Korrektionen an den "Standard"-Temperaturgradienten $\tau_{\mathbf{Q}}$ für die Luftschichten von etwa 1000 m über Boden bis zum Boden ergaben.

Diese Temperaturkorrektion ist eine Funktion der Meereshöhe z. Das führt zu der folgenden unerwünschten Erscheinung: Die angestrebte starke Erwärmung in den von einer Visur durchlaufenen Luftschichten (mit den gewünschten stark negativen τ_0) hat natürlich auch eine entsprechende Temperaturdifferenz zwischen unterer und oberer Station zur Folge, was durch die beobachteten Bodentemperaturen nicht bestätigt wurde; diese waren wohl abnormal hoch, aber auf allen Stationen ziemlich dieselben. Es wäre eine Temperaturkorrektion K $_{\rm T}$ als Funktion der Höhe h über Boden, nicht als Funktion der Meereshöhe z nötig gewesen:





Wir versuchten, eine solche von der Höhe h über Boden abhängige "Temperaturkorrektion" auf folgende Weise zu erreichen: durch Wahl eines relativ hohen Wertes für den Koeffizienten \mathbf{k}_1 und gleichzeitig eines relativ kleinen Wertes für \mathbf{k}_2 im Wirkungsfaktor $\frac{\mathbf{k}_1}{\mathbf{h}^{\mathbf{k}_2}}$ des "Kukkamäki-Gliedes" (Formeln (13) und (34) in Teil I) ergeben sich für die Tagesstunden mit positivem F(t) die

erwünschten stärker negativen Temperaturgradienten in den bodennächsten Luftschichten (leider natürlich auch stärker positive Gradienten während der Nacht, was nicht erwünscht war: die erwärmte Luft in Bodennähe war wahrscheinlich auch nachts vorhanden). Als Kompensation dieser Verstärkung der Tagesamplitude von $\tau(h,t)$ für kleine h setzten wir für den Wirkungsfaktor k^2 des "Levallois-Gliedes", d.h. für die grösseren Bodenabstände h, relativ kleine Werte für die beiden Koeffizienten k_3 und k_4 ein. Es wurde schliesslich mit folgenden Werten für die Konstanten k_1 bis k_8 gerechnet (Goult \leftrightarrow Lubéron zum Vergleich):

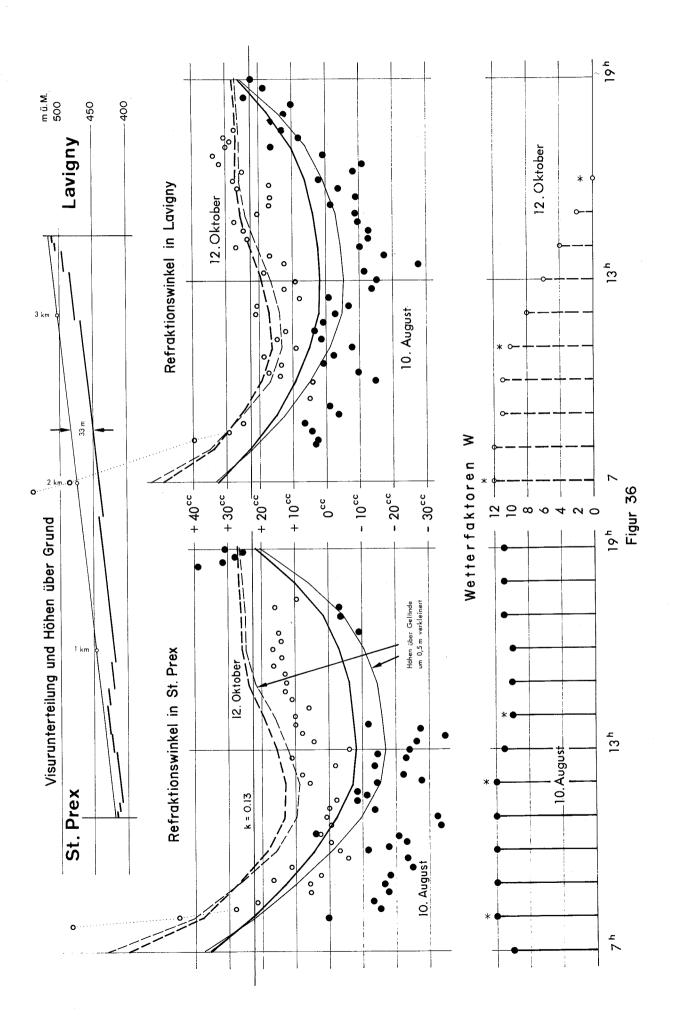
	k _o								
Genfersee	.01	300	1.8	2.5	.05	.15	.15	3	.1
Goult	.01	200	2.0	3.0	.10	.10	.15	3	.0

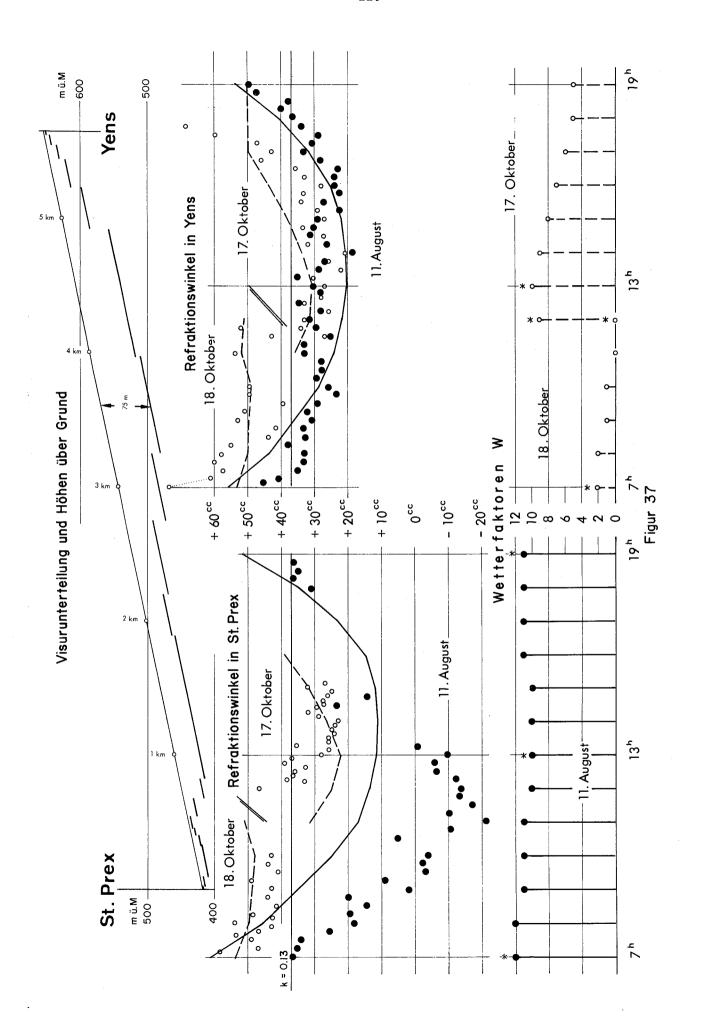
Auch hier kann, wie beim Beispiel Goult → Lubéron, zur Verteidigung solcher "Manipulationen" gesagt werden, dass das mit ihnen Erreichte das Bild nicht entscheidend verändert, denn die Wirkungen sind im allgemeinen verhältnismässig gering, auch nicht in allen Fällen (an allen Tagen und bei allen Visuren) im günstigen Sinne, und sie können diejenigen Beispiele, wo das Programm gründlich versagt, meist auch nicht "retten". Wir wollten auch hier wieder nur auf die Möglichkeiten hinweisen, die allenfalls ergriffen werden können, wenn dies einigermassen begründet, "vernünftig" und sinnvoll erscheint.

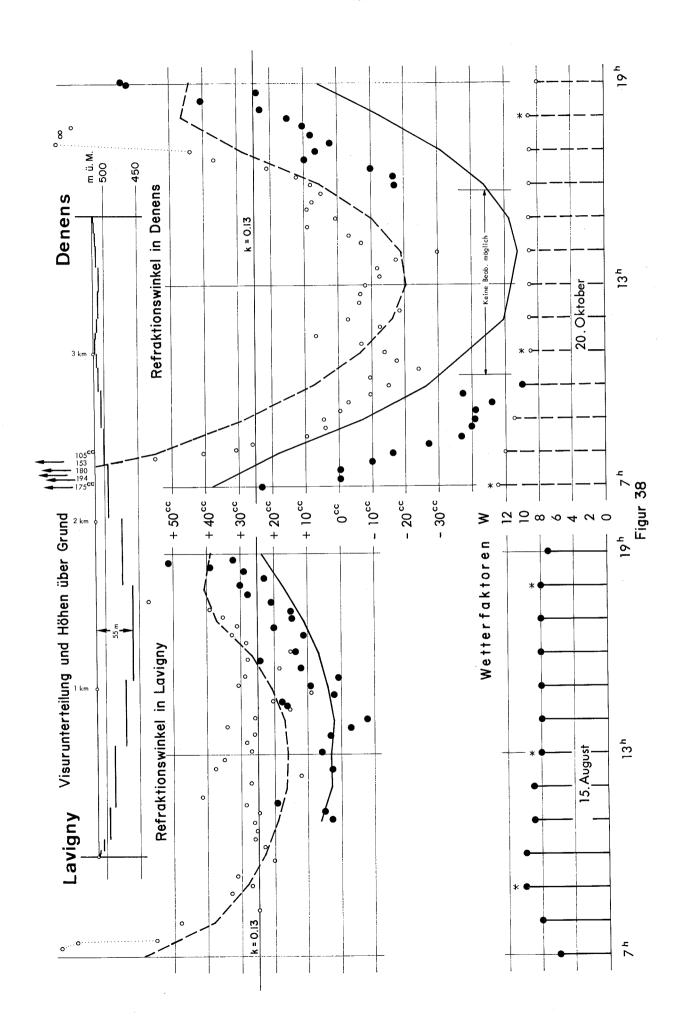
2.3.3 Resultate

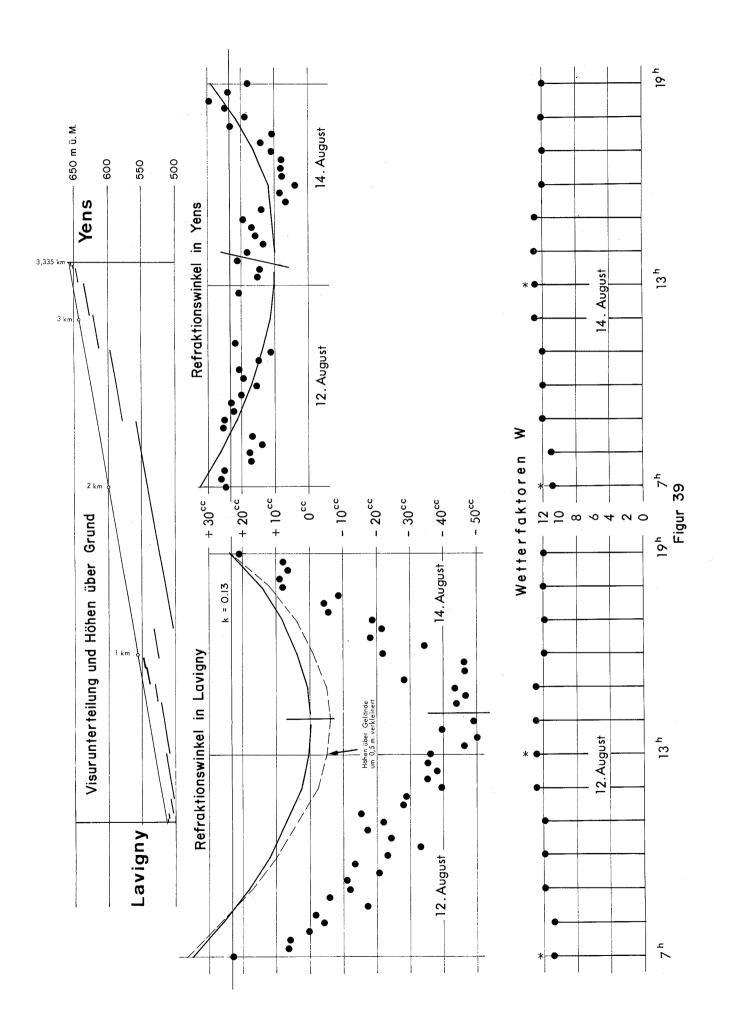
Die Figuren 36 bis 40 zeigen in graphischer Darstellung die Resultate für die in 2.3.1 erwähnten ausgewählten Beispiele.

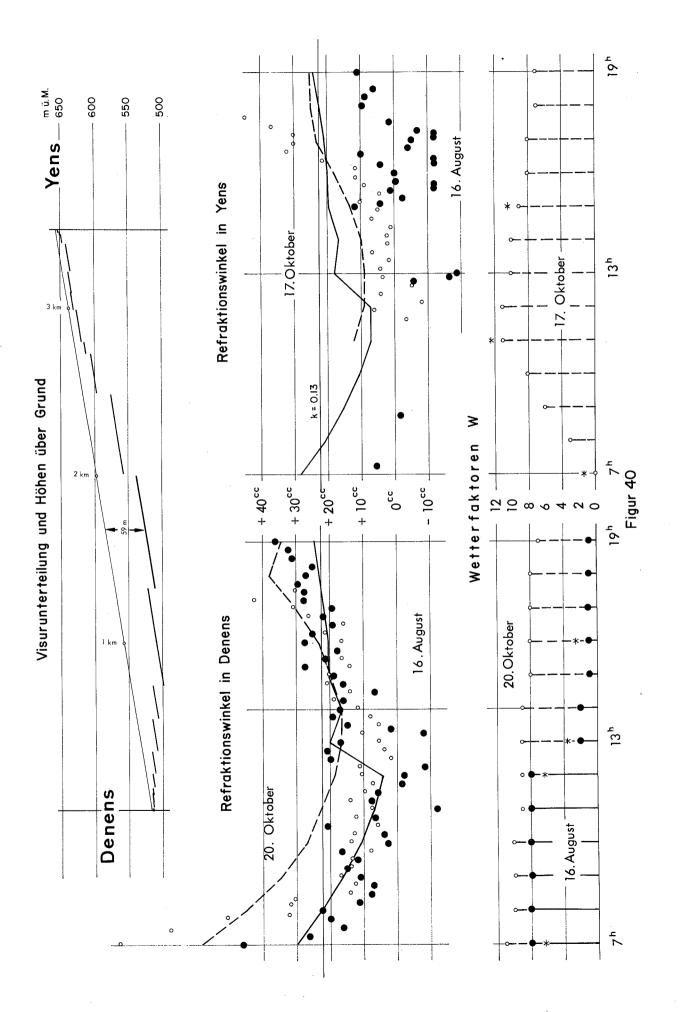
Bevor auf die erreichten Resultate des Programms TGREFR etwas näher eingetreten wird, möge die Gelegenheit benützt werden, einige allgemeine Bemerkungen über Höhenrefraktion vorauszuschikken:











Wie aus den <u>Beobachtungen</u> ersichtlich ist, wären die Annahmen, wie sie etwa bei der Bestimmung von Refraktionskoeffizienten k als Unbekannte in Ausgleichungen verwendet werden, nämlich:

- a) individueller Refraktionskoeffizient für jede <u>Station</u>
 (aber identisch für alle von einer Station ausgehenden Visuren und eventuell auch für alle Beobachtungstage),
- b) individueller Refraktionskoeffizient für jede <u>Visur</u> (aber für die beiden Endpunkte identisch, eventuell auch für alle Beobachtungstage gleich),
- c) individueller Refraktionskoeffizient für jeden Beobachtungstag (aber für alle Stationen identisch), hier alle nur unter Inkaufnahme von mehr oder weniger grossen Abweichungen von der Wirklichkeit anwendbar gewesen. Als Gegenbeispiele seien etwa erwähnt:
- zu a) St.Prex → Lavigny hat tiefere Werte für k als St.Prex → Yens, Lavigny → St.Prex höhere k (um o) als Lavigny → Yens (stark negativ). Ferner haben die hier nicht gezeigten "Vergleichsvisuren" nach dem Fernpunkt Montendre auf allen Stationen stets ziemlich normale Refraktionskoeffizienten (um 0.13), im Gegensatz zu den doch oft recht stark von 0.13 abweichenden k-Werten der Netzvisuren; schliesslich sind bei allen Stationen die k-Werte im Oktober höher als im August (bei vergleichbaren meteorologischen Bedingungen); es müssten also mindestens als Stations-Refraktionskoeffizienten verschiedene Unbekannte für verschiedene Beobachtungstage eingeführt werden.
- zu b) Auf der Visur St.Prex Yens zeigt die Station St.Prex viel tiefere k-Werte als die Gegenstation Yens, ähnlich bei Lavigny Yens (Lavigny mit tieferem k) und natürlich bei der "kritischen" Visur Lavigny Denens (Denens mit extrem stark negativen k).
- zu c) Da in unseren Beispielen nur gleichzeitige Beobachtungen gezeigt werden, müssen hier die unter b) genannten Beispiele nochmals aufgeführt werden:
 - 11. August (St.Prex mit tieferem k als Yens),12./14. August (Lavigny mit tieferem k als Yens),

15. August und 20. Oktober (tiefere k-Werte für Denens als für Lavigny).

Wohl handelt es sich bei unseren Beispielen um zum Teil etwas "schwierige" Visuren was die Refraktion betrifft – sie waren ja für diese Untersuchung bewusst so gewählt worden –, jedoch handelt es sich keineswegs um ein völlig "anormales" Gelände, wie die Photographien S.225 zeigen, auch waren die meteorologischen Verhältnisse für Höhenwinkelmessungen (ebenfalls gewollt) ungünstig, aber doch ebenfalls nicht aussergewöhnlich, und zudem waren die Visurlängen verhältnismässig gering (3.4 – 5.7 km), so dass ähnliche Fälle bei trigonometrischen Höhenbestimmungen in der Praxis sehr wohl möglich sein können.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen nun zur Frage: Wie ist das Programm TGREFR mit diesen eher schwierigen Verhältnissen – zum Teil sehr bodennahe Visuren mit zudem wohl nicht überall genügend genau (auf einige dm) bestimmbaren Bodenabständen und eher extreme und dazu nicht genügend bekannte meteorologische Bedingungen – "fertiggeworden"?

Am auffälligsten sind wohl die auf allen Stationen und allen Visuren auftretenden niedrigen Werte der \underline{im} August beobachteten Refraktionswinkel. Sie können nur in 3 der 10 Fälle durch die Modellrechnung einigermassen so gefunden werden, nämlich bei Yens \rightarrow St.Prex und Yens \rightarrow Lavigny (wo aber die Refraktionskoeffizienten beinahe normal sind, d.h. bei 0.13 liegen) und bei Lavigny \rightarrow Denens. Bei weiteren 3 Fällen ist die Uebereinstimmung auf etwa 10^{CC} bis maximal 20^{CC} gelungen, nämlich bei Lavigny \rightarrow St.Prex \rightarrow Lavigny und Denens \rightarrow Yens. Die übrigen 4 Beispiele zeigen durchwegs zu hohe rechnerisch bestimmte Refraktionswinkel, d.h. zu stark positive oder zu wenig stark negative (auch die 3 "mittleren" Fälle zeigen übrigens generell \underline{zu} hohe Refraktionswinkel). Die Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung können bei den "schlechten" Fällen bis \underline{zu} $\underline{40^{CC}}$ betragen.

Am schwierigsten erklärbar ist nicht das schlechte Resultat auf der ohnehin kritischen Visur Denens → Lavigny, welche äusserst bodennahe Partien in Stationsnähe besitzt, die zur heissesten Tageszeit den Zielpunkt Lavigny optisch verschwinden lassen konnten, sondern sind die stark negativen Refraktionswinkel der Visur Lavigny → Yens, die vom Modell niemals erbracht werden können, selbst durch Verkleinerung der Bodenabstände in Stationsnähe um 0.5 m nicht. Ob hier die Höhe und die Art der Bodenbedeckung (Getreide?), die sich nicht mehr abklären liessen, eine Rolle spielten? Allgemein scheint also im August in der Gegend eine starke Erwärmung der bodennächsten Luftschichten von 0 m bis etwa 10 m über Boden mit entsprechend stark negativen Temperaturgradienten geherrscht zu haben, welche die tiefen Werte der Refraktionswinkel verursachten, die vom Modell in diesem Ausmass nicht erbracht werden konnten.

Besser sind die Resultate <u>im Oktober</u>. Hier könnte man alle Visuren der "mittleren" Güteklasse zuweisen (mittlere Abweichung der Rechnung von der Beobachtung $< 10^{CC}$). Aber hier sind eben die beobachteten Refraktionswinkel viel "normaler", d.h. näher bei Werten, welche einem Refraktionskoeffizienten von 0.13 entsprechen (ausser bei Denens \rightarrow Lavigny und allenfalls noch auf der Visur Denens \rightarrow Yens).

Allgemein und zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Modell die <u>systematischen</u> Verhältnisse einigermassen widerspiegelt, die Tagesamplituden ziemlich gut erfasst, die Unterschiede auf verschiedenen Stationen, auf verschiedenen Visuren derselben Station, in verschiedenen Monaten, bei verschiedenem Wetter usw. qualitativ, wenn auch nicht immer genügend genau quantitativ, aufzuzeigen im Stande ist, aber niemals die <u>zufälligen</u> und kurzfristigen Schwankungen der Refraktion nachzuahmen vermag.

Dieses Resultat steht nicht in Widerspruch zu dem bei andern Verhältnissen auf der Visur Goult – Lubéron gefundenen und dürfte – im Positiven wie im Negativen – allgemeine Gültigkeit haben.

2.4 Ein Beispiel zur Seitenrefraktion

2.4.1 Allgemeine Bemerkungen

Obwohl verhältnismässig viel von Seitenrefraktion die Rede ist und grössere Widersprüche bei Richtungsbeobachtungen, z.B. grosse Dreieckswidersprüche oder grosse Richtungsverbesserungen bei Ausgleichungen geodätischer Netze, gerne der Wirkung von Seitenrefraktion zugeschrieben werden, war es gar nicht so einfach, Beispiele zu finden, wo Seitenrefraktion eindeutig oder doch mit grosser Wahrscheinlichkeit feststellbar ist.

Das beste uns bekannte Beispiel aus neuerer Zeit für durch gezielte Beobachtungen nachgewiesene Seitenrefraktion von /de
Concini+Proverbio/ liess sich leider mit dem Programm TGREFR
nicht "nachrechnen": zu viele der benötigten Daten und Angaben
konnten dem Aufsatz nicht entnommen werden (Angaben zum Instrumentenstandpunkt, zum Wetter, zur Topographie der Visur nach
der rückwärtigen Mire, u.a.).

Neuere "eigene", in der Schweiz durchgeführte, Beobachtungen ähnlicher Art (über längere Zeitspannen – z.B. auch in der Nacht – bei verschiedenen Wetterbedingungen auf Visuren mit "refraktionsgünstigem" Gelände mit Instrumenten genügender Genauigkeit vorgenommene Richtungsmessungen) sind nicht vorhanden. So eignen sich z.B. die Winkelmessungen 1959 im Vergrösserungsnetz der Basis Heerbrugg /Schweizerische Geodätische Kommission/ wegen der grossen Streuungen der einzelnen Winkelmessungen bei jeweils verhältnismässig kurzer Beobachtungszeit nicht für eine Untersuchung, obwohl Seitenrefraktion, allerdings von nur wenigen ^{CC}, zu vermuten ist. Um nicht ein "erfundenes", rein hypothetisches Modell-Beispiel zeigen

zu müssen, entschieden wir uns für die im folgenden beschriebenen Winkelmessungen, die allerdings wohl auch einen in der Praxis kaum vorkommenden Sonderfall darstellen.

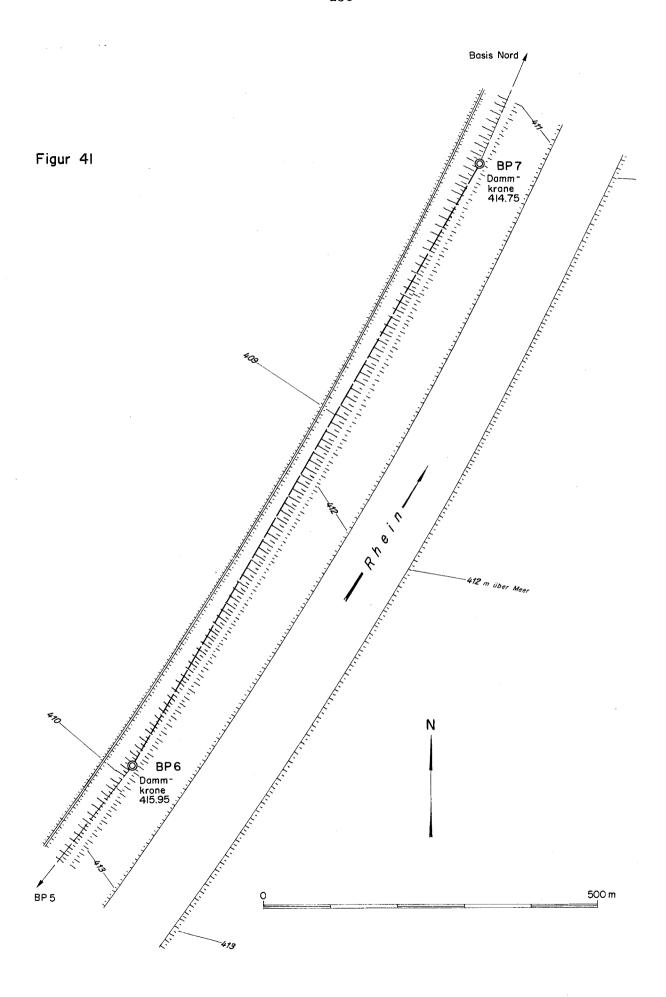
2.4.2 Die Beobachtungen

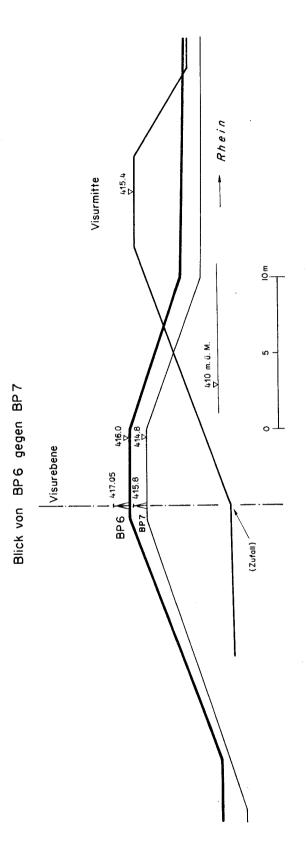
Die 24 m-Teilstücke der mit Invardrähten gemessenen Basis Heerbrugg liegen zum grössten Teil nicht in einer Geraden, sondern folgen dem gekrümmten Verlauf des Rheindammes /Schw.Geod.Komm./. Für die Reduktion auf die eigentliche Basisgerade war u.a. auch die Messung der Brechungswinkel auf den Haupt-Brechungspunkten BP 1 - BP 7 vorzunehmen. Wegen der charakteristischen Geländeverhältnisse (vgl. Figur 41 und Figur 42) musste auf den Punkten BP 5, BP 6, BP 7 mit dem Auftreten von Seitenfraktion gerechnet werden, was denn auch bei der Messung der Polygonwinkel spürbar wurde, so dass diese bei weniger "refraktionsgünstiger" Witterung ein zweites und zum Teil ein drittes Mal gemessen wurden. Figur 44 zeigt die Resultate für den Polygonwinkel BP 5 - BP 7, gemessen auf der Station BP 6, zusammen mit den aus den Feldbüchern entnommenen Wetterangaben. Auf BP 7 ergab sich ein praktisch identisches Bild für den Winkel BP 6 - Basis Nord, während auf dem Punkt BP 5 die Verhältnisse weniger eindeutig sind, weil dort einerseits nur auf einem Schenkel des Winkels (nach BP 6) Seitenrefraktion auftreten kann, anderseits der zweite Winkelschenkel (nach BP 4) wegen extremer Bodennähe der Visur sehr schlecht zu beobachten war, was zu entsprechend grosser Streuung der Messungen führte.

2.4.3 Die mit TGREFR berechneten Seitenrefraktionswinkel

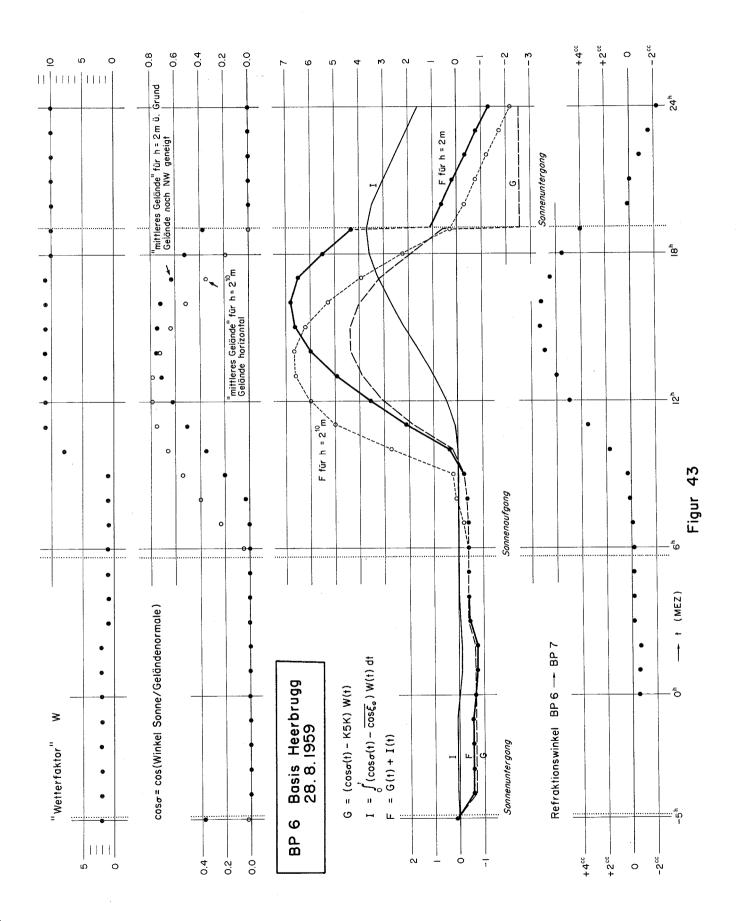
Für den einen Schenkel BP 6 \rightarrow BP 7 des Polygonwinkels BP 5 - BP 7 auf der Station BP 6 wurden mit dem Programm TGREFR für die drei Beobachtungstage 28. 8. 1959, 17. 9. 1959 und 18. 8. 1960 die Modell-Refraktionswinkel rechnerisch abgeleitet.*

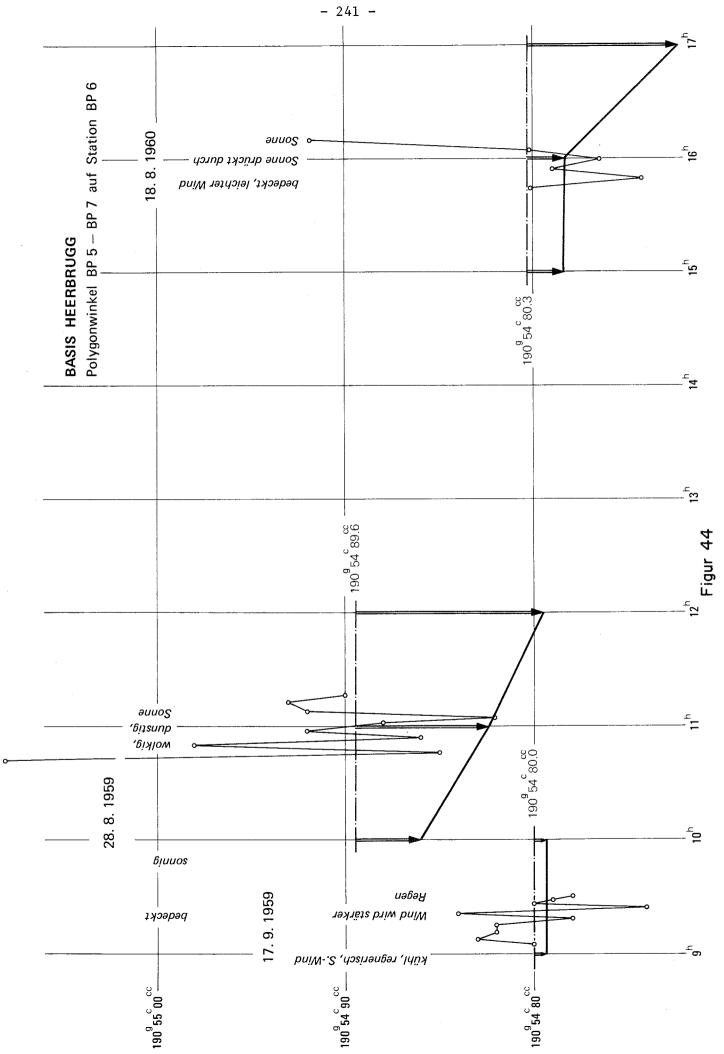
^{*} Für den zweiten Schenkel BP 6 → BP 5 liegen völlig identische Geländeverhältnisse vor, wobei einzig eine leicht andere Orientierung zur Sonne zu berücksichtigen gewesen wäre.





Figur 42





Das für die Berechnungen benötigte digitalisierte Geländemodell wurde einem nach den Profilen Figur 42 erstellten Höhenkurvenplan 1:1000 mit 1 m Aequidistanz entnommen. Aus Figur 43 ist der "Einstrahlungswinkel" σ beim Stationspunkt BP 6 ersichtlich, und in der gleichen Figur ist für den 28.8.1959 der Verlauf der für TGREFR fundamentalen Funktion F(t) zusammen mit den "Wetterfaktoren" W als Beispiel (siehe auch Abschnitt 4.3.4.6 in Teil I) gezeigt.

Die berechneten Modell-Refraktionswinkel (für den 28. 8. 59 ebenfalls dargestellt in Figur 43) für den Winkelschenkel BP 6 \rightarrow BP 7 wurden verdoppelt wegen des identischen Einflusses auf dem zweiten Schenkel BP 6 \rightarrow BP 5 und die zu den Beobachtungszeiten gehörigen Werte in Figur 44 als Pfeile eingetragen.

2.4.4 Bemerkungen zum Resultat

Ein Blick auf Figur 43 zeigt, dass wegen des nach Nordwesten geneigten "mittleren Geländes" (bei kleinem Umkreis dieses Gebietes, d.h. bei kleinen Höhen h der Visur über Grund, wie sie hier vorliegen) der Winkel σ zwischen der Geländenormalen und der Richtung zur Sonne erst etwa 2 Stunden nach Sonnenaufgang (5.7 MEZ) kleiner als 90° und damit $\cos\sigma > 0$ wird, und dass bei Sonnenuntergang (19.1 MEZ) die Sonne noch relativ hoch über der Ebene des "mittleren Geländes" steht ($\cos\sigma = 0.35$). Deshalb ist die Kurve der Fundamentalfunktion F(t) gegenüber derjenigen für horizontales Gelände um etwa zwei Stunden "verspätet". Entsprechend treten die negativen Temperaturgradienten in Bodennähe (welche im Uhrzeigersinn wirkende Seitenrefraktionswinkel zur Folge haben) erst ab etwa 8^h MEZ auf und fallen bei Sonnenuntergang von einem noch relativ hohen Wert ($+4^{CC}$) direkt auf etwa Null ab.

Die Werte für die "Wetterfaktoren" W, welche ja die Funktion F wesentlich bestimmen, sind entsprechend den Feldbuchangaben

nach (28c) berechnet worden mit: Windstärke = 5 km/std für den ganzen Tag, Dampfdruck = 11 mm Hg für den ganzen Tag, berechnet nach Formel (29, Teil I), Bewölkung (in Achtel):

Die bei der Berechnung verwendeten Konstanten k_0 - k_8 sind diejenigen von Abschnitt 2.1.2 in diesem Teil IV mit der Ausnahme, dass für k_8 nicht wie dort o.o gewählt wurde, sondern 0.1, womit das Integralglied II in F(t) bei jedem Stundenschritt der numerischen Integration um 1·0.1 vermindert (absolut) wurde (der Faktor 1 ist die Windstärke in halber Beaufortskala), vgl. Abschnitt 4.3.4.4 in Teil I. In unserem Beispiel ergab dies praktisch keinen Unterschied gegenüber k_8 = 0.0.

Für den ganzen Brechungswinkel BP 5 - BP 7 auf der Station BP 6 erhält man die folgenden Seitenrefraktionswinkel:

$$2 \cdot 1.7^{\text{cc}} = +3.4^{\text{cc}}$$
 um 10^{h} MEZ 28. 8. 1959
 $2 \cdot 3.6^{\text{cc}} = +7.2^{\text{cc}}$ um 11^{h}
 $2 \cdot 5.0^{\text{cc}} = 10.0^{\text{cc}}$ um 12^{h}
 $2 \cdot 0.3^{\text{cc}} = +0.6^{\text{cc}}$ ganzer Tag 17. 9. 1959
 $2 \cdot 1.0^{\text{cc}} = +2.0^{\text{cc}}$ um 15^{h} MEZ 18. 8. 1960
....
 $2 \cdot 4.0^{\text{cc}} = +8.0^{\text{cc}}$ um 17^{h}

mit zeitlich nicht genau angebbarem Uebergang zwischen den Werten von 15^h und 17^h (wahrscheinlich erst <u>nach</u> 16^h rascher Anstieg von etwa 2^{CC} auf 8^{CC} : hier ist der zeitliche Raster des Programms zu grob).

Diese Refraktionswinkel sind nach Figur 44 etwas zu klein; sie korrigieren die betreffenden Beobachtungen nicht völlig auf die bei "schlechtem" (bedecktem, windigem) Wetter gemes-

senen Werte, welche wohl weitgehend frei sind von Refraktionseinflüssen.

Etwas grössere Werte liessen sich leicht finden, etwa durch höhere Werte für die Wettergrössen W, oder durch andere Wahl der Konstanten, etwa \mathbf{k}_1 = 250 statt 200, oder durch kleinere Bodenabstände h der Visur. Da es hier aber darum ging, ein Beispiel für Seitenrefraktion zu rechnen und nicht darum, die Qualität des Programms TGREFR zu zeigen oder zu prüfen, wurde dies unterlassen.

Zitierte Literatur

- Angus-Leppan, P. V. A Study of Refraction in the Lower Atmosphere.

 Empire Survey Review, N^{OS}120, 121, 122, London 1961.
- Best, A. C. Transfer of Heat and Momentum in the lowest layers of the Atmosphere. Geophysical Memoirs N⁰65, 1935 (zitiert aus /Kukkamäki/).
- Bomford, G. Geodesy. Clarendon, Oxford 1952.
- Bretterbauer, K. Beiträge zur Distanzmessung mit Mikrowellen. Oesterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 57. Jahrgang, Nr. 1, Baden bei Wien 1969.
- Brocks, K. Meteorologische Hilfsmittel für die geodätische Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen,
 - 75. Jahrgang, Hefte 3 5, Stuttgart 1950.
- de Concini, C. und Proverbio, E. Studio e determinazione della rifrazione atmosferica laterale e verticale in Opicina.
 - Bolletino di Geodesia e Scienze affini, Anno XXV, N^O4, Firenze 1966.
- Deumlich, F. Zum Einfluss der bodennahen Refraktion bei der optischen Distanzmessung mit vertikaler Latte.

 Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts der Technischen Universität Dresden, Heft 4, Dresden 1963.
- Elmiger, A. ALGOL-Programm NETZ-3D. Vermittelnde Netzausgleichung in Lage und Höhe oder dreidimensional.

Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Computerprogramme Nr. 1, Zürich 1972.

Jordan-Eggert-Kneissl Handbuch der Vermessungskunde,

Band III Höhenmessung - Tachymetrie.

- 10. Ausgabe, Metzler, Stuttgart 1956.
- Keppke, U. Kritische Betrachtungen zur Genauigkeit von Höhenwinkelmessungen im Landesnetz I.O. unter besonderer Berücksichtigung der terrestrischen Refraktion.

Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 115, München 1968.

Kukkamäki, T. J. Ueber die nivellitische Refraktion.

Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes, Nr. 25,

Helsinki 1938.

- Levallois, J. J. et de Masson d'Autume, G. Etude sur la réfraction géodésique et le nivellement barométrique.
 - Institut Géographique National, Paris 1953.
- Moritz, H. Zur Geometrie der Refraktion. Oesterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 50. Jahrgang, Nr. 1,
 Baden bei Wien 1962.
- Past, F. Kritischer Vergleich der Refraktionsformeln für trigonometrische Höhenmessung und Versuch einer systematischen Ordnung.

 Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 75, München 1965.
- Patmios, E. N. Contribution to the study of temperature lapse rate in the Greek area. Thessaloniki 1971.
- Pötzschner, W. Höhenmessung mit Feinbarometern. Dissertation, Technische Hochschule Hannover, Hannover 1955.
- Schweizerische Geodätische Kommission (Herausgeber)

 Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz.

 Dreissigster Band: Basismessung Heerbrugg (mehrere Teilbände, ab 1974).
- Stahl, W. Der systematische Einfluss der Wetter- und Bodenverhältnisse auf die Refraktion bei optischer Distanzmessung mit vertikaler Latte.

 Dissertation,
 - Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 106, München 1967.
- Tardi, P. et Laclavère, G. Traité de Géodésie. Gauthiers-Villars, Paris 1954.
- Thams, Chr. Die Strahlung von Sonne + Himmel in Zürich

 (5. Globalstrahlung und Bewölkung). Annalen der Schweizerischen

 Meteorologischen Zentralanstalt, 79. Jahrgang 1942, Zürich 1943.
- Wunderlin, N. Verwendung rechnerisch bestimmter Refraktionswinkel in einem Höhenwinkelnetz.
 - Zeitschrift für Vermessungswesen, 95. Jahrgang, Heft 11, Stuttgart 1970.

Mitteilungen aus dem Institut für Geodäsie und Photogrammetrie an der ETH Zürich

Institut	für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Honggerberg, 8093 Zurich	
ab 1975		
18 1975	Der Beitrag der Photogrammetrie zum heutigen Stand der Geodäsie. Prof. Dr. Hellmut Schmid	15.—
19 1976	Das Amtliche Vermessungswesen der Schweiz, Rückblick, Umschau und Ausblick, Prof. Dr. Herbert J. Matthias	25
20 1978	Das Geoid in der Schweiz. Dr. Werner Gurtner	25.—
21 1978	Mehrzweckkataster. Vorträge an der Informationstagung vom 18./19. Februar 1977	15.—
22 1978	Ein allgemeiner Ausgleichungs-Algorithmus für die numerische Auswertung in der Photogrammetrie. Prof. Dr. Hellmut Schmid	15.—
23 1978	Räumliche Koordinatentransformation. Eine pseudo-lineare Formulierung als Annäherungslösung für eine strenge Ausgleichung mit entsprechendem Fortran-Programm, Prof. Dr. Hellmut Schmid und Siegfried Heggli	15.–
24 1978	Der Uebersichtsplan der amtlichen Vermessung. Bedeutung, Erhaltung, Erneuerung. Vorträge an der Informationstagung vom 10./11. Februar 1978 an der ETH Hönggerberg	25.–
25 1979	Der Mehrzweckkataster im Flughafen Kloten. Paul Kasper	15.—
26 1979	ALGOL - Programm TGREFR. Modellatmosphäre und Refraktion. Niklaus Wunderlin	20
2 7 1979	Statistische Methoden zur Beurteilung der Qualität einer Vermessung. Christian Just	15