

57.439

LAZAR, R., 1981/82

KLJMA RADKERSBURG



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	1
1. Allgemeine Klimazüge	2
2. Temperaturverhältnisse	5
2.1 Methodik (Stationsnetz, Meßfahrten)	5
2.2 Erläuterungen zur Kaltluftkarte	7
2.2.1 Der Kaltluftabfluß	7
2.2.2 Ergebnisse der Meßfahrten (zu Karte 1 - Stationen, Meßpunkte und Meßrouten - sowie zu Tab.1)	9
2.2.3 Kaltluftströmungen im Untersuchungsgebiet	15
2.2.4 Wahl der Kaltluftgefährdungszonen	21
2.2.5 Mittlere tägliche und absolute Minima als Maß für die Kaltluftgefährdung	29
2.2.6 Zahl der Tage mit Frost	34
2.2.7 Frühfrost- und Spätfrostgefährdung	36
2.2.7.1 Erläuterungen zu Tab.8	37
2.2.7.2 Erläuterungen zu den Frostdaten während des Beobachtungszeitraumes (Juni 1980 bis August 1981) / Tab.9	46
2.2.7.3 Letzter und erster Bodenfrost (Reif)	53
2.2.8 Die aperiodische Tagesschwankung	55
2.3 Die Temperaturmaximalkarte	58
2.3.1 Die Lage des Untersuchungsgebietes bezüglich der 24 <sup>h</sup> -Temperaturen und der Temperaturmaxima innerhalb des Vorlandes, speziell bei Schönwetterperioden	58
2.3.2 Berechnung des vertikalen Temperaturgradienten	63
2.3.3 Die Überwärmung von Hängen	65
2.3.4 Die mittleren täglichen Maxima bzw. die 14 <sup>h</sup> -Temperaturen als Maß für die Gunstverhältnisse tagsüber	71
2.3.5 Zahl der Sommertage	72
2.3.5.1 Definition und Vorbemerkungen	72

	Seite
2.4 Die Temperaturgunstzonenkarte	76
2.4.1 Grundlagen	76
2.4.2 Dauer der Vegetationsperiode (I für Tagesmittel $>5^{\circ}$ , II für Tagesmittel $>10^{\circ}$ ) als Grundlage zur Darstellung von Temperatur- gunstunterschieden	79
2.4.3 Formale Erläuterungen zu den Tabellen	85
2.4.4 Das Jahresmittel der Temperatur als Kriterium zur Unterscheidung von Gunst- und Ungunstlagen	87
2.4.5 Klimatologische Interpretation	89
2.4.6 Beschreibung der einzelnen Tempo- raturgunstzonen	92
2.4.7 Ergänzungen zu den Temperaturver- hältnissen des Raumes Bad Radkers- burg innerhalb des Vorlandes	102
3. Die Besonnungskarte	105
3.1 Formale Erläuterungen	105
3.2 Erläuterungen zur Besonnungskarte (1:25.000)	109
4. Sonnenscheindauer im Raum Bad Radkersburg	111
4.1 Tabellen	111
4.2 Erläuterungen zu den Tabellen der Sonnen- scheindauer im Raum Bad Radkersburg	112
4.2.1 Begriffsbestimmung	112
4.2.2 Das Beobachtungsmaterial	115
4.2.3 Klimatische Interpretation	116
5. Erläuterungen zu den Schneeverhältnissen im Raum Bad Radkersburg (Beobachtungszeitraum 1950/51 - 1979/80)	120
5.1 Tabellen	120
5.2 Formale Erläuterung der Tabellen	122
5.2.1 Datum des Beginns der (temporären) Schneedecke	122
5.2.2 Datum des Endes der (temporären) Schneedecke	122
5.2.3 Datum des Beginns der Winterschnee- decke	123

	Seite
5.2.4 Datum des Endes der Winterschnee- decke	124
5.2.5 Zahl der Tage mit Schneedecke (insgesamt)	124
5.2.6 Zahl der Tage mit Winterschnee- decke	124
5.2.7 Die Summe der Neuschneehöhe	125
5.2.8 Die höchste Schneehöhe	125
5.2.9 Die Schneedeckenzeit	126
5.2.10 Der "Erhaltungsquotient" der Schneedecke	126
5.3 Formale Erläuterung der Diagramme	127
5.3.1 Die Schneedeckenwahrscheinlichkeit in Prozenten	127
5.3.2 Die mittlere Schneehöhe ("Normal- wert")	127
5.3.3 Die maximale in 30 Wintern beob- achtete Schneehöhe	128
5.4 Die klimatische Interpretation der Ergeb- nisse	128
5.4.1 St.Peter am Ottersbach	128
5.4.2 Straden	130
5.4.3 Bad Gleichenberg	132
5.4.4 Zelting	132
5.5 Anwendung der Besonnungskarte für die Zahl der Tage mit Schneedecke	134
5.5.1 Die Besonnungskarte als Grundlage für die Zahl der Tage mit Schnee- decke	134
5.5.2 Die mesoklimatischen Einflüsse auf die Zahl der Tage mit Schneedecke	136
6. Die Niederschlagsverhältnisse im Raum Bad Radkersburg	138
6.1 Allgemeine Verhältnisse/Jahresgang	138
6.1.1 Formale Erläuterung der Tabellen	141
6.1.2 Klimatologische Interpretation	142
6.2 Häufigkeit bedeutender Regen- und Schnee- fälle im Raum Bad Radkersburg	148
6.2.1 Formale Erläuterungen zur Tab.23	150
6.2.2 Klimatische Interpretation	152

	Seite
6.3 Die Zahl der Gewittertage im Raum Bad Radkersburg	153
6.3.1 Formale Erläuterungen	153
7. Die Windverhältnisse im Raum Bad Radkersburg	158
7.1 Erläuterungen zu den Windverhältnissen im Raum Bad Radkersburg	162
7.1.1 Formale Erläuterungen	162
7.2 Klimatologische Interpretation	163
7.3 Der Jaukeinfluß im Bezirk Bad Radkersburg	173
8. Nebelverhältnisse im Raum Bad Radkersburg	178
8.1 Zahl der Tage mit Nebel	178
8.1.1 Formale Erläuterungen zu Tab.29	179
8.2 Klimatische Interpretation	182
8.3 Hinweise zu den einzelnen Stationen	184
8.4 Erläuterungen zur Nebelzonenkarte (1:50.000)	186
 Literatur	 191
 Anhang	
Diagramme (Schneeverhältnisse, Spät-, Frühfröste)	

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit wäre ohne die Unterstützung von mehreren Institutionen nicht realisierbar gewesen. Vor allem sei hier die gute Zusammenarbeit mit der hydrographischen Landesabteilung (ROBR Dipl.-Ing. W. GLANZ, H. HUNDEGGER), der Pflanzenschutzabteilung der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft (Dr. R. SEITH, Ing. H. FURLAN) und der Abteilung "Landeshygiene" (Vorstand Univ.Prof. Dr. J.R. MOSE, Mitarbeiter Dr. J. EDER) verwiesen.

Ihnen gebührt aufrichtiger Dank für die Mitarbeit (Bereitstellung von Wetterhütten, Thermohygrographen und Thermometern).

Ebenso sei der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien (Univ.Prof. Dr. H. REUTER; Leiter der Klimaabteilung Dr. F. NEUWIRTH) und dem hydrographischen Dienst in Slowenien, Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana, Leiter: Dipl.-Met. B. PARADIZ, für die Übersendung von Datenmaterial bezüglich der Basisstationen, speziell Murska Sobota (191 m) und Jerusalem (340 m) gedankt.

Die im Jahre 1974 errichtete und dankenswerterweise vom Institut für Geographie (Vorstand Univ.Prof. Mag. Dr. W. LEITNER; 1974: Univ.Prof. Dr. H. PASCHINGER) gesponserte Wetterstation Otternitz konnte weiterbetrieben werden (Betreuer: Familie PASSI). Ähnliches gilt für die im Jahre 1967 von Herrn ROBR Dr. H. OTTO aufgebaute Sonderstation Kraxner (560 m), die als Basisstation für die Riedellagen wertvolle Unterlagen lieferte (Betreuer: Familie RATHAUSKY). In dieser Zusammenhang sei auch den Betreuern der Sonderstationen Lichendorf (Herr SCHEP), Hof bei Straden (Herr SEIDL), Rosenberg (Familie LACKNER) und Klöch II (Familie MÜLLER) für den Streifenwechsel und die Temperaturablesungen gedankt.

## 1. Allgemeine Klimazüge

Bedingt durch seine Lage südlich des Alpenhauptkammes erhält das Klima im Bezirk Bad Radkersburg (innerhalb des Vorlandes) eine kontinentale Prägung; gegenüber dem nördlichen Alpenvorland sind infolge Abschirmung durch die Alpen die maritimen Einflüsse merklich abgeschwächt. Dies drückt sich zunächst in einer stärkeren Jahresamplitude der Temperatur mit kälteren Wintern und wärmeren Sommern aus. Die Riedellagen allerdings verzeichnen teilweise relativ milde Winter als Folge einer häufigen Temperaturumkehr. Diese wieder ist auf eine gegenüber dem nördlichen Alpenvorland wesentlich geringere mittlere Windgeschwindigkeit zurückzuführen (zwischen 1,1 und 2,3 m/sec), die die Ausbildung teils recht mächtiger Inversionen begünstigt und damit wesentlich zur Erhöhung der geländeklimatischen Gunstunterschiede beiträgt. Diese hängen außerdem von den Bewölkungsverhältnissen ("Strahlungsklima") ab, wobei die generell geringe Bewölkung in den Nachtstunden die Ausstrahlung fördert. Beide Faktoren - geringe mittlere Windgeschwindigkeit und Bewölkung - bewirken durch die intensive Ansammlung von Kaltluft in den Tallagen Temperaturgunstunterschiede, die auf derart kurze vertikale und horizontale Entfernungen in Österreich kaum noch verwirklicht sein dürften. So bestehen beispielsweise im Jahresmittel zwischen den Seitentallagen und den begünstigten Riedelrücken im Klöcher Gebiet Unterschiede bis zu  $1,5^{\circ}$  ( $8,4^{\circ}$  zu  $9,9^{\circ}$ ); im Winter erreichen diese Gegensätze noch ein größeres Ausmaß (bis zu  $2,5^{\circ}$ ). Das Maximum der Temperaturunterschiede wird schließlich im Hochwinter bei Schneedecke erzielt. Dann verzeichnen die Riedellagen um 15 bis  $18^{\circ}$  (sollten bis  $20^{\circ}$ ) höhere Temperaturen als die frostgefährdeten Seitentäler. Die Temperaturgunst der Riedellagen des Klöcher Raumes ist außerdem noch ganz zu erkennen, das letztere, bezogen auf dieselbe Seehöhe, als "Wärmepol" Österreichs angesprochen werden können, was ferner durch die auserlesenen Weine - zusätzlich dank des vulkanischen Bodens - bestätigt wird, die auch in schlechten Weinjahren die nötige Reife erlangen.

Bezüglich der Niederschlagsverhältnisse nimmt gegenüber dem nördlichen Alpenvorland der Anteil der Sommerniederschläge stark zu (Erhöhung der Gewitterhäufigkeit). Im Winter befindet sich der Untersuchungsraum bereits im Einflußbereich von Mittelmeertiefs, die ihm mehr Niederschläge bescheren als dem nördlichen und nordöstlichen Teil des Vorlandes (insbesondere des Raumes Hartberg-Fürstenfeld). Der Jahresgang der Niederschläge ist deshalb nicht so kontinental geprägt wie etwa in den inneralpinen Tälern (Verhältnis Winter zu Sommer 1:4 bis 1:5 gegenüber dem Raum Bad Radkersburg 1:3 bis 1:3,5).

Die im wesentlichen mesoklimatischen Eigenschaften des Untersuchungsgebietes wurden von H. Wakonigg (1978) jeweils noch geländeklimatisch weiter differenziert: so scheidet er insgesamt 4 Zonen aus - Zone 1 "Unteres Murtal"; Zone 2 "Talböden des Vorlandes"; Zone 3 "Übergangsklima der Terrassenstufe"; Zone 4 "Klima des Riedellandes".

Für die Anforderungen von Landwirtschaft und Raumplanung erscheint jedoch eine weitere Untergliederung sinnvoll: dies betrifft vor allem Unterschiede bezüglich Hangneigung und Exposition (Besonnung) und der Frostgefährdung (Fragen des Kaltluftabflusses und der Durchlüftung). Hier hat sich nun in den letzten Dezenien ein Zweig der Klimatologie entwickelt, die sogenannte Gelände- bzw. Lokalklimatologie, ihr Ziel ist es, klimatische Gunstunterschiede in ihrer Abhängigkeit vom Gelände mittels geeigneter Meßmethoden zu erfassen und anschaulich in Karten darzustellen. Als "Seegründer" der Geländeklimatologie darf K. Knoch (1963) angesehen werden, wenngleich auch schon früher kleinklimatische Studien durchgeführt worden sind (Schmidt 1936). In der Zwischenzeit liegen mehrere Studien vor, die vor allem auf dem neutechnischen Sektor beachtliche Fortschritte erzielten (z.B. Anwendung einer Thermoscannerüberfliegung, W. Endlicher, 1980). Aber auch von der Anwendung her ergaben sich neben der Landwirtschaft nun neue Schwerpunkte (z.B. Untersuchungen über Inversionen und Windverhältnisse im Zusammenhang mit

Standortfragen von Emittenten und Waldschäden in der Umgebung derselben, Lazer 1979, 1980). Zusammenfassend folgt daraus, daß vielfach das für die Praxis zu weitmaschige Stationsnetz den Anforderungen aus raumplanerischer Sicht nicht mehr genügt.

## 2. Temperaturverhältnisse

### 2.1 Methodik (Stationsnetz, Messfahrten)

In der Regel ist für geländeklimatische Untersuchungen das bestehende amtliche Stationsnetz zu weitmaschig angeordnet. Dies trifft vor allem auch für den Bezirk Radkersburg zu; längere Reihen (Temperatur) von Tal- und Nidelstationen fehlen. Deshalb wurde noch im Frühjahr 1980 mit der Errichtung eines Sondernetzes begonnen. Diese Sonderstationen waren mit Thermohygrographen und Extremthermometern ausgestattet und in möglichst repräsentativer Lage in 2 m Höhe über Grund aufgestellt. Die Wartung (Nachjustierung der Geräte) erfolgte monatlich; der Streifenwechsel bzw. die Ablesung der Extremwerte wurde dankenswerterweise von den Betreuern vorgenommen. Die Extremwerte dienten zur Korrektur des Registrierstreifens; um die Auswertung auf  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  genau durchführen zu können.

Eine wichtige Stellung innerhalb des Sondernetzes nahmen die beiden Nidelstationen Klöch II (400 m) und Rosenberg (450 m) ein. Sie sollten Aufschlüsse über die klimatischen Verhältnisse in den günstigsten Lagen des Untersuchungsgebietes bringen. Zur Erfassung der Kaltluftgeföhrdung in den Seitentälern als Ungunstlagen wurde die Station Hof bei Straßen (245 m) eingerichtet, die, wie Messfahrten bestätigten, noch nicht die Bedingungen für extrem frostgeföhrdete Standorte repräsentierte. Für derartige Lagen konnten allerdings die Thermohygrographenstreifen der Station Unterkaria<sup>1)</sup> ausgewertet werden. Innerhalb des Haupttales (Murtal) erschien es sinnvoll, den großen Abstand zwischen Leibnitz (267 m) und Unterpurkla (215 m) zu überbrücken. Tatsächlich zeigte die Station Lichendorf (250 m) oft beachtliche Unterschiede zu beiden Stationen.

<sup>1)</sup> Eine Messstelle des Saatgutvereines Halbenrain: Die Auswertung erfolgte unter Beiziehung der Talstationen Bad Radkersburg und Graz-Thalerhof.

Bei den Stationen des hydrographischen Dienstes ohne Extremtemperaturbeobachtung erfolgte die Auswertung ebenfalls an Hand der Temperaturstreifen; die Station Straden (340 m) wurde allerdings noch während des Beobachtungszeitraumes verlegt (Datenausfall). Die Stationen der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft (Abteilung Pflanzenschutz) - Dietersdorfbergen (300 m) und Klösch I (340 m) - wurden mit Extremthermometern ausgestattet, um die Auswertung sicherzustellen.

Die für geländeklimatische Untersuchungen unerlässlichen nächtlichen Temperaturmessungen wurden mit einem Thermistorfühler durchgeführt, der gegenüber dem Widerstandsthermometer Pt 100 (häufig in Deutschland verwendet, W. Endlicher 1980) eine größere Reaktionsschnelligkeit besitzt, aber auch mit seinem speziell für Lufttemperaturmessungen abgestimmten Meßumfang (-40 bis +140 °C) sehr exakte Werte ( $\pm 0,1$  °C) liefert. Daraus resultiert letztlich der Vorteil einer höheren Fahrtgeschwindigkeit (im Schnitt 40-50 km/h, in schwach differenzierten Tallagen bis 70 km/h) gegenüber dem Pt 100 (Schnitt 10-15 km/h) und damit einer längeren Meßroute. Die Messfahrten erfolgten teilweise sogar mit 2 Fahrzeugen (Meßhöhe 1,5 m), um die Datendichte zu erhöhen bzw. um funktionelle Zusammenhänge hinsichtlich des Kaltluftabflusses zwischen Seiten- und Haupttälern erkennen zu können. Die Datenaufnahme ließ sich mit einem Diktaphon wesentlich billiger bewerkstelligen als mit dem in Deutschland verwendeten Polycomb-12-Punktschreiber (Kostenpunkt ca. S 300.000.-). Jeweils am darauffolgenden Tag wurden die Temperaturwerte entlang der Meßroute auf eine Pause (1:50.000) übertragen; hierbei fand die während der Meßzeit entstehende Temperaturdifferenz (etwa 1-2 ° je Stunde) durch Interpolation Berücksichtigung.

Für die Messfahrten wurden ausschließlich Tage mit Hochdruckwetterlagen ausgewählt, da die nächtlichen Temperaturgegensätze bei wolkenlosem Himmel und geringer relativer Feuchte am besten zur Geltung kommen (im Winter zusätzliche Verstärkung durch Schneedecke). Die Unterschiede zwischen den einzelnen

Meßtagen hingen jedoch noch davon ab, ob das Vorland im Einfluß der kalten "Hochrückseite" bzw. bereits der warmen "Hochvorderseite" gelegen war. Letztere Situation wird auch als "übersteigertes" Schönwetter mit Warmluftadvektion bezeichnet und bringt in der Regel die größten Temperaturunterschiede (im Raum Klösch bis zu  $14^{\circ}$  zwischen Seitental und Rosenberg). Die Neigung zur Talnebelbildung war generell gering: bei Meßfahrten kommt es nach Verlassen der Nebelabschnitte zu Temperaturen unter den tatsächlichen Werten (Verdunstungskälte); allerdings dauert wegen der starken Belüftung die Abtrocknung nicht lange.

Im Herbst bzw. im Winter begannen die Meßfahrten gegen  $22^h$  und endeten meist gegen  $24^h$  (einige später); im Frühjahr setzten die Messungen etwa 1 bis 2 Stunden vor Sonnenaufgang ein und wurden 10-20 Minuten nach Sonnenaufgang abgeschlossen. Der Zeitbereich im Frühjahr erweist sich deshalb als notwendig, weil zu Mitternacht die Temperatur noch zu rasch absinkt, was die Reduzierung auf einen gemeinsamen Zeitpunkt durch Interpolation der Temperaturdifferenz erschwert.

Generell sollte bei Meßfahrten ein Zeitabschnitt mit einem Temperaturgradienten  $\leq 1^{\circ}/h$  gewählt werden. Im Winterhalbjahr werden schon wesentlich früher flache Gradienten erzielt; gleichzeitig nimmt gegen die Morgenstunden die Neigung zur Nebelbildung rasch zu.

## 2.2 Erläuterungen zur Kaltluftkarte

### 2.2.1 Der Kaltluftabfluß

Bevor auf die Ergebnisse der Meßfahrten und Stationen näher eingegangen wird, sollen zunächst die für die nächtliche Temperaturverteilung in Strahlungs Nächten wesentlichen Begriffe und Prozesse erläutert werden.

Die Intensität des Kaltluftabflusses hängt außer von den in Abb. 1 angeführten Faktoren noch von der Größe des Kaltluft-einzugsgebietes, aber auch von den Strahlungsbedingungen in der Nacht ab (Bewölkungsgrad, Gradientwindeinfluß (z.B. Nordföhn), relative Feuchte, Dampfdruck). Das Abfließen der Kaltluft geht ferner nicht konstant, sondern "tropfenweise" vor sich, wobei nach jedem abgeflossenen "Kaltluftpaket" wärmere Luft im Sog desselben nachströmt. Der nächtliche Temperaturverlauf ist deshalb vor allem in Hang- und Riedellagen deutlichen Schwankungen unterworfen (bis zu  $3^{\circ}$  und mehr).

Aus Abb. 1 (S. 16) läßt sich nun folgende Gliederung der Kaltluftgefährdung in Abhängigkeit von der Geländeform vornehmen. Am günstigsten schneiden Gipfellagen (Riedelkuppen, Meßpunkt 1 in Abb. 1), schmale Riedelrücken und steilere Oberhangbereiche mit raschem Kaltluftabfluß ab. Es folgen Mittelhanglagen (2), wobei mit abnehmender Hangneigung die Kaltluftgefährdung rasch steigt. Eine relativ hohe Gefährdung weisen Unter- und Schleppenhänge auf, bis schließlich an der Talsohle eine extreme Frostgefährdung eintritt, die durch eine Beckenlage noch verschärft wird (3). Als stark gefährdete Standorte sind auch Staubereiche an Waldrändern anzusehen (4).

Neben den Geländeeinflüssen spielen auch der Boden und die Vegetation eine wichtige Rolle für die Kaltluftproduktion bzw. den Kaltluftabfluß. Der Wald beispielsweise scheidet als "Produzent" nahezu aus, da die im Kronenbereich gebildete Kaltluft in den Stammraum absinkt und sich dort wieder erwärmt. Hingegen wird sich über einer feuchten Wiese, die sich auch tagsüber nur wenig erwärmt, rasch eine Kaltluftschicht entwickeln. Die Vegetation nimmt über den Faktor "Geländerauhigkeit" Einfluß auf die Abflußgeschwindigkeit. Dies führt beispielsweise in Johannisbeerkulturen, deren Zeilen isohypsenparallel angeordnet sind, zu einer Erhöhung der Frostgefährdung, da der Kaltluftabfluß behindert wird.

### 2.2.2 Ergebnisse der Meßfahrten (zu Karte 1 - Stationen, Meßpunkte und Meßrouten - sowie zu Tab. 1)

Karte 1 enthält eine Auswahl von Meßpunkten (insgesamt 39), für die jeweils aus den 4 Frühjahrs- und Herbstmeßfahrten die mittlere Temperaturabweichung zum Basismeßpunkt (Bad Radkersburg, Stationsbereich, MP 30) ermittelt und in Tab.1 (S.10) gegenübergestellt wurde. Deutlich kommen dabei die Überwärmungen ("Wärmeinsel") der Siedlungen - in Abhängigkeit von Größe und Dichte des Baukörpers - zum Ausdruck (Maxima mit 2-3 ° gegenüber Umland in Mureck und Bad Radkersburg). Ferner erkennt man die relativ starke Differenzierung des Murtales zwischen begünstigten Terrassenkantenlagen (z.B. Halbenrain) und benachteiligten Abschnitten auf der Niederterrasse bzw. in der Au (Raum Lichendorf, Dietzen, Selting). Sehr gut schneidet außerdem die Niederterrasse östlich von Bad Radkersburg ab (Laafeld-Sieheldorf). Die Differenzierung wird vornehmlich durch das Einströmen von Kaltluft aus den Seitentälern bewirkt (Verzahnung mit um 0,5 - 1,5 ° - lokal auch darüber - wärmerer Luft im Murtal). Die Seitentäler selbst weisen je nach Sohlenbreite, Einzugsgebiet bzw. Form (Talverengung) eine unterschiedliche Kaltluftgefährdung auf. Besonders auffallend ist gegenüber den Seitentälern in der Südweststeiermark die starke Temperaturzunahme von der Talsohle zum Schleppehang bzw. zum Hangfuß; diese Zunahme beträgt oft mehrere Grade für die ersten 10 Höhenmeter. Diese Werte werden durch die relativ geringe Strömungsintensität<sup>1)</sup> des Kaltluftabflusses in den meist breiten Seitentälern mit ihrem Gefälle ermöglicht. Auch die Mächtigkeit der Kaltluft in den kleinen Seitentälern bleibt deutlich hinter jenen in der Südweststeiermark zurück.

Die Gunst der Riedellagen drückt sich in den starken positiven Abweichungen zu Bad Radkersburg aus, wobei eine markante Abhängigkeit von der Seehöhe bzw. in größerem Ausmaß von der

<sup>1)</sup> Generell unter 1 m/sec, nur in Talausgangslagen durch Düseffekt auch etwas höher.

Tab. 1: Meßpunkte und Stationen im Untersuchungsgebiet (zu Karte 1) und ihre Abweichungen zum Basispunkt 30 (Bad Radkersburg).

Höhp.	Sh. [m]	Bezeichnung, Lage	F	H
1	265	Schwarzatal (Talschle, breit, offen)	-2,0	-1,5
2	244	Lichendorf, östl. Ortsbereich, Terrassen(hante)lage	0,1	0,3
3	242	Lichendorf/Sonderstation, Niederterrasse	-1,7	-1,2
4	243	Weitersfeld (Kreuzung), Terrassenkante	-0,5	0,2
5	245	Niederterrasse	-1,8	-1,3
6	250	Terrassensporn (Helfbrunner Terrasse)	-0,1	0,2
7	253	Saßbachtal (Weinburg), Talschle im Staubereich	-1,3	-1,8
8	238	Niederterrasse	-1,7	-1,1
9	237	Mureck/Hauptplatz	0,6	1,5
10	260	St. Peter/Ottersbach, Talschle in Talweitung	-4,0	-3,0
11	276	St. Peter/Ottersbach, Terrassenfuß, nördl. Ortsbereich	-1,8	-1,6
12	234	Gosdorf (Bahnübergang-Kreuzung), Niederterrasse	0,2	0,6
13	230	Katzmann, Niederterrasse	-1,4	-1,0
14	245	Hofstätten, Gnashachtal (Seitentäl-Talschle)	-2,1	-1,6
15	235	Unterspitz-Brücke /Talschle Gnashachtal	-2,5	-1,5
16	239	Oberspitz/Ortsbereich, Talaustragslage	-1,2	-0,7
17	242	Hart bei Straden, Talschlenlage im Staubereich (Poppendorfer Tal)	-3,3	-2,2
18	226	Fluttendorf, Niederterrasse	0,3	0,6
19	375	Straden/Kirchplatz (Riedelkuppe)	4,1	4,0
20	340	Straden-Station (Stüf flank des Saxonberges (380 m)), Mittelhanglage	2,0	1,8
21	229	Unterpurkla, Helfbrunner Terrasse	0,2	0,2
22	252	Hof bei Straden (Sonderstation), Talschlenbereich mit schwacher Neigung	-2,3	-1,4
23	247	Johannisbrunn, Talschle (Sulzbach)	-2,8	-1,8
24	216	Unterau - Au (Stationsnähe Unterpurkla, Station II)	-0,5	0,0
25	213	Dietsen/Westrand, Au	-2,0	-1,1
26	221	Halbenrain (Zentrum), Helfbrunner Terrassenkantenlage	0,5	0,7
27	250	Drauchenbachtal, Brücke, Seitental/Talschle	-2,0	-1,7
28	272	Fruttenbachtal, Brücke, Seitental mit Talverengung	-3,5	-2,8
29	450	Rosenberg (Sonderstation), Spornlage, windoffen	5,1	5,3
30	207	Bad Radkersburg/Altneudörfel, Au, noch einige 100 m vom westl. Stadtrand entfernt (ZA-Station)	0,0	0,0
30a	307	Bad Radkersburg - Hauptplatz	1,8	1,7
31	208	Lasfeld, Niederterrasse (locker verbauter Gelände)	1,2	0,4
32	208	Zelting (Stationsnähe, H)	-1,5	-0,7
33	208	"Große Scheibe", Vernässungszone südlich Goritz	-2,7	-1,9

Meßp.	sh. [m]	Bezeichnung, Lage	F	H
34	223	Waldlichtung im Bereich der Helfbrunner Terrasse	-3,1	-2,8
35	224	Pöltzen 1, Talsohlenlage / Kutschenitz	-2,8	-2,4
36	235	Pöltzen 2, Ortsbereich mit Terrassensporölage (Schweinabachwaldterrasse)	-0,1	-0,1
37	305	Pirchweingarten, Kuppenlage Rosenbergterrasse	2,5	3,4
38 (IX)	340	Klösch I (Station der Pflanzenschutzabt.), an der Südflanke des Ölberges gelegen	3,8	3,5
39 (VIII)	390	Klösch II (Sonderstation)	0,5	4,2
XI	305	Station der Pflanzenschutzabt., Südhang (Schweinabachwaldterrasse)	-	-
XII	240	Unterkarla, Talschle mit Staueinfluß <sup>1)</sup>	-	-

Abkürzungen:

- ZA Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
 H Hydrographischer Dienst/Landesregierung  
 F, H mittlere Abweichung von Basisstationen aus je 4 Meßfahrten  
 (F aus dem Frühjahr 1981; H aus dem Herbst 1980)  
 B Basismeßpunkt Bad Radkersburg

<sup>1)</sup> Station des Saatgutvereines Halbenrain, 1973

Tab. 2: Kurzbeschreibung der einzelnen Meßfahrten.

## a) Herbstmeßfahrten (Oktober/November 1980):

Meßfahrt Nr.	Datum / Dauer	Wetterlage
1	20.10./20 <sup>33</sup> -1 <sup>30</sup>	<p>Hoch Westeuropa: noch an kalter "Rückseite":</p> <p>Diff MT: MP9-MP8 = 1,6 °            Diff MT/ST: MP19-MP10 = 1,9 °            Diff ST/R: MP29-MP10 = 5,7 °</p> <p>Differenzen relativ gering; Nebelbildung westlich Diepersdorf, zunächst leicht, Terrasse z.T. frei; im Leibnitzer Feld sehr dicht und mächtig (aus Sulm- und Leánitztal);</p>
2	21.10./22 <sup>30</sup> -0 <sup>30</sup>	<p>Hoch mit Kern über Ostalpen:</p> <p>Diff MT: MP26-MP33 = 3,2 °            Diff MT/ST: MP26-MP10 = 4,7 °            Diff ST/R: MP29-MP10 = 7,7 °</p> <p>Differenzen, besonders zwischen den einzelnen Tallagen, wesentlich deutlicher ausgeprägt als am Vortag; lokale Bodennebelfelder nur im Leibnitzer Feld;</p>
3	27.10./28 <sup>30</sup> -1 <sup>30</sup>	<p>Hoch über Balkanhalbinsel mit Keil zu Alpen:</p> <p>Diff MT: MP9-MP5 (bzw. MP33) = 2,5 °            Diff MT/ST: MP9-MP23 = 3,5 °            Diff ST/R: MP29-MP23 = 7,1 °</p> <p>Differenzierung etwas geringer als Meßfahrt 2, relativ niedrige Temperaturen im Abstaller Feld (fast der Seitentallage entsprechend);</p>
4	25.11./21 <sup>30</sup> -2 <sup>30</sup>	<p>Antizyklonale Westströmung (Hochdrucklage mit Warmluftadvektion):</p> <p>Diff MT: MP30a-MP33 = 3,0 °            Diff MT/ST: MP30a-MP17 = 4,0 °            Diff ST/R: MP29-MP17 = 10,0 °            (kurzfristig 11,5 °)</p> <p>Generell sehr starke Differenzierung;</p>

## b) Frühjahrswandfahrten (März/April/Juni 1981):

Meßfahrt Nr.	Datum / Dauer	Wetterlage
5	28.3./3 <sup>30</sup> -6 <sup>20</sup>	<p>Skandinavienhoch mit Ausläufer zu den Alpen (Rückseitenlage); Wolken: Ci, Cs, 1/8, seitweise bis 3/8;</p> <p>Diff MT: MP30a-MP33(8.5) = 4,0<sup>0</sup>            Diff ST/MT: MP30a-MP17 = 5,2<sup>00</sup>            Diff ST/R: MP29-MP17 = 8,0<sup>00</sup></p> <p>Insbesondere Talabschnitte deutlich akzentuiert, Kaltluftbereich westlich Dietzen stärker ausgeprägt als im Herbst; Waldlichtung MP34 sehr kalt (tT 5,3 °C);</p>
6	13.4./3 <sup>30</sup> -6 <sup>30</sup>	<p>Hochbrücke Britische Inseln - Schwarzes Meer mit schwachem Druckgradienten;</p> <p>Diff MT: MP30a(9)-MP33 = 4,0<sup>0</sup>            Diff ST/MT: MP30a(9)-MP10 = 5,3<sup>0</sup>            Diff ST/R: MP29-MP1 = 9,7<sup>0</sup></p> <p>Vertikale Unterschiede stärker betont als bei Meßfahrt 5; am Rosenberg leichter bis mäßiger Südwestwind (häufig bei Vorderseitenlage); flache Nebelfelder im Bereich der Au westlich Radkeraburg (Raum Zelting nebelfrei);</p>
7	14.4./4 <sup>00</sup> -6 <sup>30</sup>	<p>Hoch über den Britischen Inseln mit Keil zu Alpen (im Abbau begriffen); Advektion noch relativ warmer Luft mit nördlicher Strömung (warme "Rückseitenlage"); Wolken: zunächst noch wolkenlos, ab 5<sup>30</sup> 1/8-3/8 Ac; Wind: ab 6<sup>30</sup> auffrischender N-bis NE-Wind, z.T. bis in Tal-lagen durchgreifend und Beseitigung der Kaltluft; auf den Riedeln schon ab 6<sup>h</sup>;</p> <p>Diff MT: MP30a(31)-MP33 = 5,0<sup>0</sup>            Diff ST/MT: MP30a(31)-MP10 = 7,1<sup>00</sup>            Diff ST/R: MP29-MP10 = 12,0<sup>00</sup></p>

Für Verhältnisse ohne Schneedecke beachtliche horizontale und vertikale Temperaturgegensätze: auch innerhalb der Seitentäler starke Temperaturzunahme von der Talsohle zum Hangfuß (2-4 °):

Meßfahrt Nr. Datum / Dauer  
8 3.6. 4<sup>00</sup>-5<sup>20</sup>

Wetterlage

Hoch Mitteleuropa:  
Wolken: größtenteils wolkenlos;  
1/8 Ci im Norden;

Diff MT: MP10a-MP33 = 3,2 °  
Diff ST/MT: MP30a-MP10 = 4,0 °  
Diff ST/R: MP29-MP10 = 6,6 °

Für sommerliche Strahlungsnächte typische Verteilung mit geringer Differenzierung gegenüber dem Frühjahr; im Raum westlich Radkersburg seichte Nebelfelder;

c) Wintermeßfahrt (Jänner 1981):

Meßfahrt Nr. Datum / Dauer  
9 22.1. 21<sup>00</sup>-23<sup>00</sup>,  
dann Abbruch:

Wetterlage

Antizyklonale Nordströmung;  
Wolken: anfangs wolkenlos; dann rasch zunehmend aus Nord; ab Mitternacht teilweise wieder auflockernd;

Sehr starke Differenzierung innerhalb des Murtalabschnittes Leibnitz - Raum Lichendorf (Leibnitzer Feld -10/-11 °, Lichendorf bis -14 °) bei Zunahme der Bewölkung, nach Osten zu rascher Temperaturanstieg (Gosdorf -7 °), bis schließlich in Halbenrain mit -2,5 ° die höchste Temperatur verzeichnet wurde, in diesem Bereich jedoch Windeinfluß und keine geländebedingten Unterschiede mehr, deshalb Abbruch der Meßfahrt;

Generelles Hauptproblem (messtechnisch) bei Meßfahrten in solchen Nächten: bei tiefen Temperaturen und hoher relativer Feuchte Vereisungsgefahr des Fühlers.

relativen Höhe über der Talsohle besteht. Die Temperaturgunst des MP 37 (Pirchweingarten) in 300 m Seehöhe (relative Höhe ca. 60 m) übertrifft jene im westlichen Bereich des Bezirkes gelegene Schweinsbachwaldterrasse deutlich (relative Höhe um 40 m). Dies gilt jedoch auch für die höheren Riedellagen. So verzeichnet die Station Rosenberg oft um 1-2 ° höhere nächtliche Temperaturen als die Station Kogelberg (460 m) im Saual.

Die Ergebnisse der Frühjahrs- bzw. Herbstmeßfahrten sind graphisch in der Legende zur Kaltluftkarte enthalten, wobei auch eine Zuordnung der Werte zu den Kaltluftgefährdungszonen vorgenommen wurde. Dabei zeichnet sich im Herbst eine geringere Differenzierung innerhalb der Tallagen ab, während die vertikalen Temperaturunterschiede nahezu unverändert bleiben. Dies wird gleichzeitig durch langjährige Temperaturvergleiche zwischen der Seitentalbeckenstation Otternitz (325 m) in der Südweststeiermark und der Station Graz-Thalerhof (342 m) bestätigt (maximale Unterschiede im Winter und Frühjahr, Minimum im Spätherbst).

In Tab. 2 wurden die einzelnen Meßfahrten aufgelistet und hinsichtlich ihrer Temperaturunterschiede analysiert.

### 2.2.3 Kaltluftströmungen im Untersuchungsgebiet

In Karte 2 wurde zwischen Kaltluftabfluß in Hangmulden, kleinen Tälchen (Tobeln), Seitentälern bzw. im Murtal unterschieden, um den jeweiligen Massenstrom<sup>1)</sup> zu berücksichtigen. Dieser beträgt in den Seitentälern etwa  $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{sec}$ , in den Tobeln nur noch Bruchteile davon. Für die Seitentäler wurden die Messungen mittels einer vereinfachten Fesselballonsonde herangezogen, die mit einem Temperaturfühler (über Kabelverbindung) Aufschluß über die ersten 30 Höhenmeter gab.

<sup>1)</sup> Lit.

Regionale Luftaustauschprozesse (1978), Tab.6/Abhängigkeit des Massenstromes von der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes für verschiedene Täler.

Unter Kaltluftabflußströmung versteht man diejenige Strömung, die als Folge der Abkühlung der bodennahen Luftschicht resultiert. Die spezifisch schwerere Luft "fließt" dabei hang- bzw. talabwärts und sammelt sich in Mulden bzw. kann auch an Hindernissen, wie Wald und Talverengungen, gestaut werden ("Kaltluftstau").

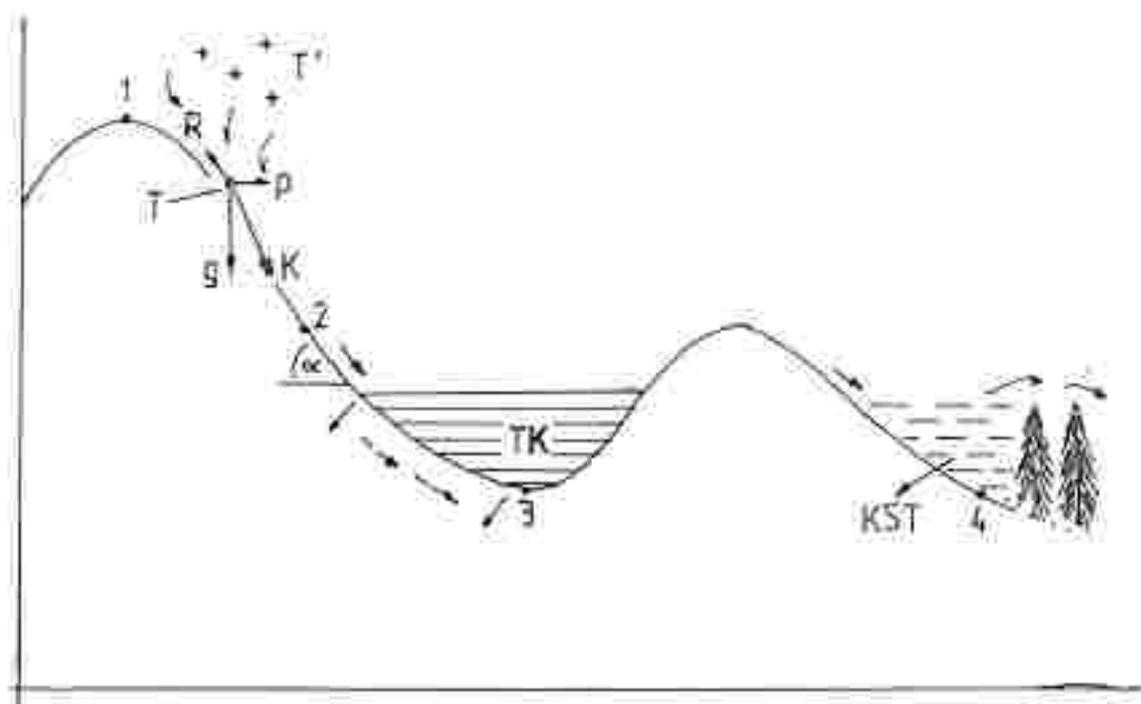


Abb. 1: Kaltluftabfluß schematisch (modifiziert nach W. Endlicher, 1980).

- a) Kräfte diagramm für ein Luftteilchen im Kaltluftabfluß (K) - Komponenten:

R - Reibung

g - Schwerebeschleunigung

p - Dichtegefälle der bodennahen Kaltluft (oft weniger als 2-3 m mächtig) T zur wärmeren Umgebungsluft T'

ferner abhängig von der Hangneigung  $\alpha$  (je steiler, desto rascherer Abfluß).

- b) Kaltluftbereiche

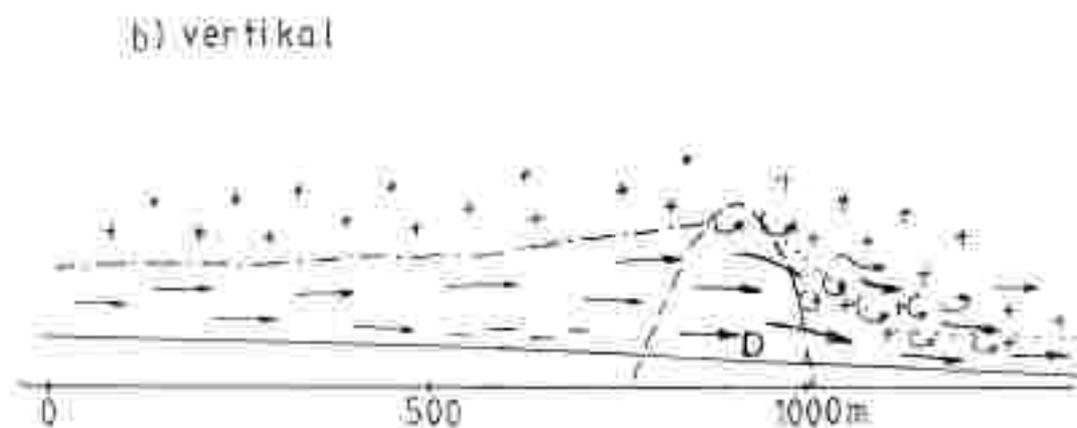
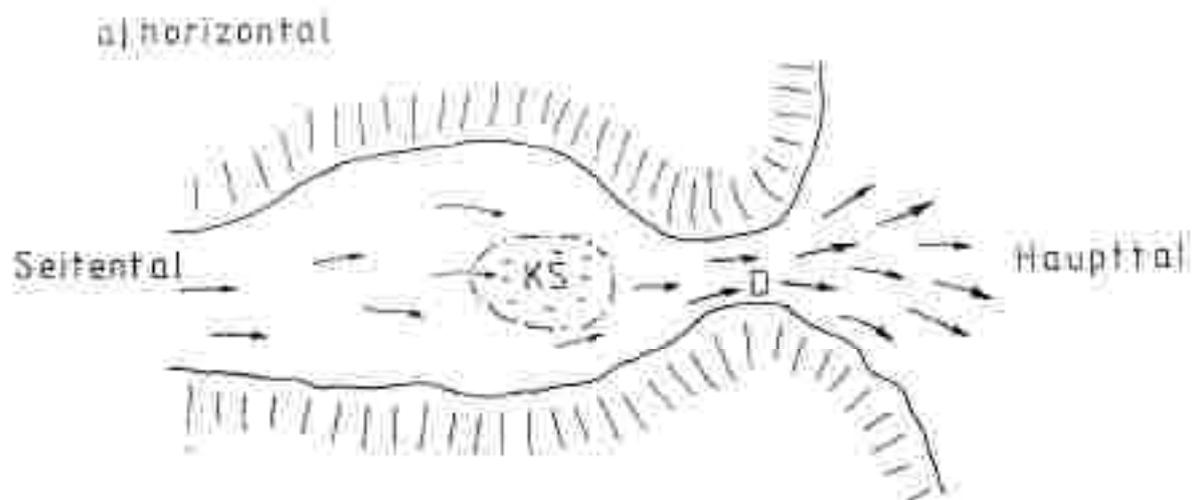
TK - Talkaltluft

verschieden mächtiger Luftkörper, mit Talwind verbunden (abhängig vom Talsohlengefälle und der Talgliederung im Becken, u.a.); an den Hängen nur schwacher Kaltluftabfluß;

KST - Kaltluftstagnation, extreme Kaltluftgefährdung infolge Stau am Wald;

1, 2, 3, 4 angenommene Meßpunkte (im Text erläutert)

Die Windstärke bzw. -richtung konnte auf Grund des Ballonabtriebes geschätzt werden. Für weitere Untersuchungen ist eine erweiterte Sonde (Steighöhe 80 m) mit einer Windgeschwindigkeitsregistrierung geplant. Die Messungen erfolgten im Saßbachtal an der Talsohle vor Weinburg. Dort konnte deutlich die beginnende Düsenwirkung der in das Haupttal einströmenden Kaltluft nachgewiesen werden; die Mächtigkeit der Kaltluftströmung ließ sich mit ca. 20-30 m abschätzen. Die folgenden Darstellungen sollen den Sachverhalt veranschaulichen.



D: Düsenwirkung im Bereich der Talenge.  
 KS: Kaltluftstaubereich

Abb. 2: Kaltluftströmung in vertikaler und horizontaler Darstellung bei Düsenwirkung (schematisch).

Die aus dem Seitental kommende Kaltluft wird zunächst durch die Talverengung blockiert (Stauwirkung und Temperaturabsenkung). Noch innerhalb der Talenge tritt infolge der Geschwindigkeitszunahme bereits eine Erwärmung ein, die sich durch den Düseneffekt nach Verlassen der Enge noch verstärkt. Dabei wird wärmere Luft in die turbulent werdende Kaltluftströmung einbezogen. Innerhalb des Haupttales kommt es außerdem noch zu einer Verzahnung mit der dort herrschenden großräumigen Talabwindströmung, die aus der Summe der aus den Seitentälern eingeflossenen Kaltluft resultiert. Exakte Angaben über den Massenstrom können zur Zeit wegen der noch fehlenden Sondenaufstiege im Unteren Murtal nicht gemacht werden. Nach vorläufigen Schätzungen liegt er in der Größenordnung von  $1 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Dabei muß angenommen werden, daß im Murtal - nach Aufnahme der Kaltluft aus Sulm- und Laßnitztal - ein Teil der Strömung den Raum Spielfeld in Jugoslawien überfließt, da das Umbiegen der Strömung um etwa  $80^\circ$  wegen der Trägheit einen erheblichen Aufwand bedeutet. Für das Untere Murtal sind auf Grund der Hausbrandfahnenbeobachtung westliche Strömungen auch an der Talsohle noch spürbar (Intensität jedoch meist unter  $0.5 \text{ m/sec}$ ). Dies erkennt man auch an der Asymmetrie der "Wärmeinsel" der Siedlungen (Westseite kälter als Ostseite). Im Raum Bad Radkersburg - quasi im Bereich einer schwachen Düse an der Ostgrenze des Abstaller Beckens gelegen - tritt dies ebenfalls markant zu Tage. Der Bereich östlich von Radkersburg zählt zu den wärmsten Talabschnitten im Murtal. Derart könnte auch der Kaltluftbereich westlich von Dietzen interpretiert werden: die langsam abfließende Kaltluft wird dabei an den Häusern gestaut.

Auf Grund der Meßergebnisse im Oberen Murtal (Lazar 1980), insbesondere aus dem Aichfeld, folgt auch für das Untere Murtal, daß es innerhalb dieses Talabwindfeldes an der Basis zur Ausbildung einer sehr seichten Kaltluftschicht kommt. Dies wird durch die geringe Intensität der Talabwindströmung begünstigt. Schon wenige hundert Meter nach dem Einfluß der Düsenwirkung (aus den Seitentälern) kann sich demnach eine eigenständige ortsfeste Kaltluft entwickeln (Abb. 3).

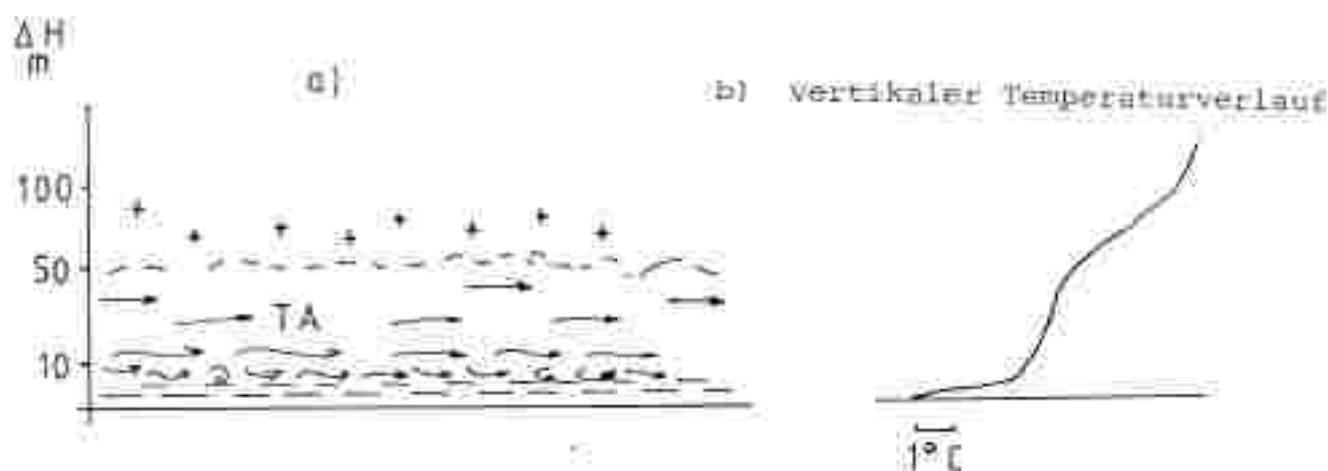


Abb. 3: Nächtliche Temperaturschichtung im Unteren Murtal (TA-Talabwindströmung, --- seichte Kaltluftschicht).

In den Abb. 4a, b, c und d) handelt es sich um Perioden mit vorherrschend heiteren Strahlungsnächten mit Schneedecke. Besonders fällt daher der Temperaturverlauf an der Station Lichenendorf auf (Schwankungen bis zu  $5^{\circ}$ ). Die Erwärmung wird jeweils durch die kurzfristig erhöhte Intensität des Talabwindes mit einer Durchmischung der seichten Bodenkaltluft mit wärmerer Luft bewirkt. In Nächten ohne Schneedecke betragen diese "Schwankungen" maximal  $1-2^{\circ}$ . Die Schneedecke verschärft infolge ihrer isolierenden Wirkung die Temperaturzunahme in den ersten Dekametern entscheidend ( $5-8^{\circ}$ , mitunter auch darüber). Bemerkenswert sind nun die Unterschiede zwischen den Talstationen einerseits bzw. der Station Lichenendorf und Rosenberg. In der ersten Periode (nach Kaltluftadvektion) erreichen die vertikalen Unterschiede höchstens  $11^{\circ}$  bis  $12^{\circ}$ , in der zweiten Periode hingegen  $15^{\circ}$ . Die horizontale Differenzierung zeigt auffallend hohe Gegensätze ( $5^{\circ}$  und mehr); dabei erweist sich der Raum Bad Radkersburg als relativ wenig winterfrostgefährdet. Allerdings macht sich in Zeltling bereits der Seiteneinfluss der Kutschenitze durch merklich tiefere Temperaturen bemerkbar (in Abb. 4c bis zu  $4^{\circ}$  kälter).

Abb. 4a, b: Temperaturverläufe an Talstationen im Unteren Murtal bei Strahlungswetter mit Schneedecke; zu beachten sind die Temperaturumkehr und die wesentlich tieferen Temperaturen an der Station Lichendorf.

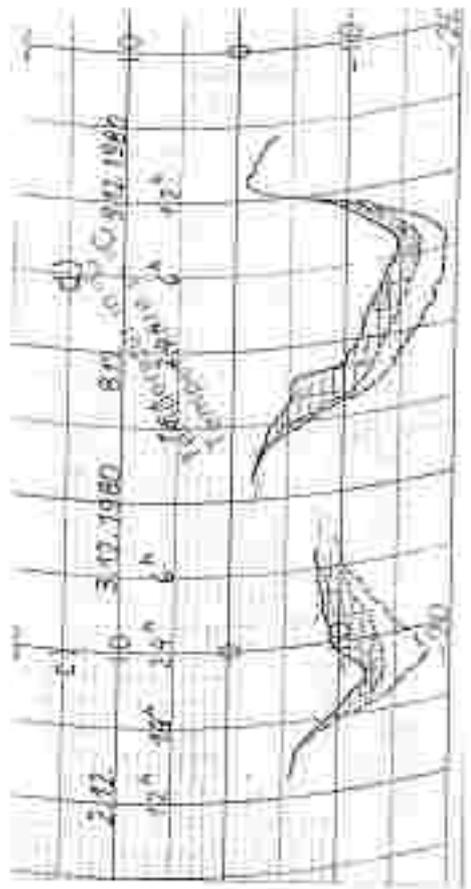
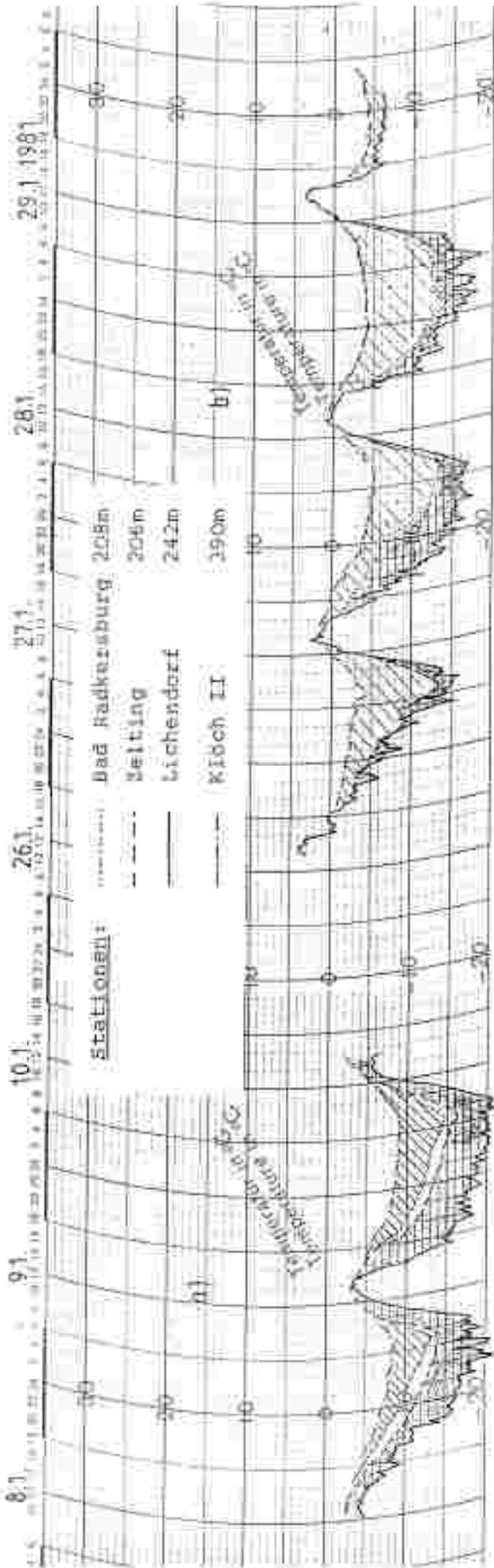


Abb. 4c, d: wie a, b jedoch mit höheren Temperaturen in Lichendorf infolge unterschiedlicher Bewölkungsverhältnisse



Infolge unterschiedlicher Bewölkungsverhältnisse kam es in dieser Periode sogar zu einer Umkehrung der Verhältnisse im Unteren Murtal; ausnahmsweise verzeichnete Bad Radkersburg tiefere Temperaturen als Lichendorf.

Diese Beispiele könnten beliebig fortgesetzt werden; sie zeigen vor allem, daß - abgesehen von Geländeeinflüssen - auch unterschiedliche Strahlungsbedingungen (Bewölkung, Wind) entscheidend in die nächtliche horizontale Temperaturverteilung eingreifen und beträchtliche Gegensätze auf relativ kurzer Entfernung bewirken können. So ergab sich bei der Meßfahrt am 22.1. von Halbenrain mit  $-2,5^{\circ}$  ein Temperaturgefälle nach Lichendorf ( $-14^{\circ}$ ) von fast  $12^{\circ}$ . Insgesamt dürfte deshalb der Bezirk Radkersburg in geländeklimatischer Hinsicht viel weniger einheitlich (im nächtlichen Temperaturverhalten) sein als etwa die Südweststeiermark. Als mögliche Ursache kann die zunehmende Entfernung vom Gebirgsrand bei gleichzeitiger Offenheit nach Osten angeführt werden.

Schließlich sei noch auf den Kaltluftstau, insbesondere durch Wald, hingewiesen; umfangreiche Messungen im Zusammenhang mit Frostbekämpfungsversuchen (Lazar 1981) unterstreichen die Bedeutung dieses Phänomens für die Landwirtschaft. So wurden an einem Hang bei Raaba/Graz als Folge von Kaltluftstau am Wald Temperaturerniedrigungen bis  $4^{\circ}$  festgestellt (Abb.5, S.22). In der Kaltluftkarte scheinen diese Bereiche als lokal eng begrenzte Flächen mit hoher Frostgefährdung auf. Auch an Hand der Station Dietersdorferbergen läßt sich der Kaltluftstau deutlich nachweisen. Die Temperaturen in klaren Nächten liegen bis zu  $3^{\circ}$  tiefer als in Lagen in selber Seehöhe im Klöcher-Raum; zuletzt gab es im Mai 1979 Frostschäden in den Obstkulturen.

#### 2.2.4 Wahl der Kaltluftgefährdungszonen

Für die Wahl der Kaltluftgefährdungszonen waren neben den Ergebnissen der Meßfahrten die Auswertungen der Temperatur-

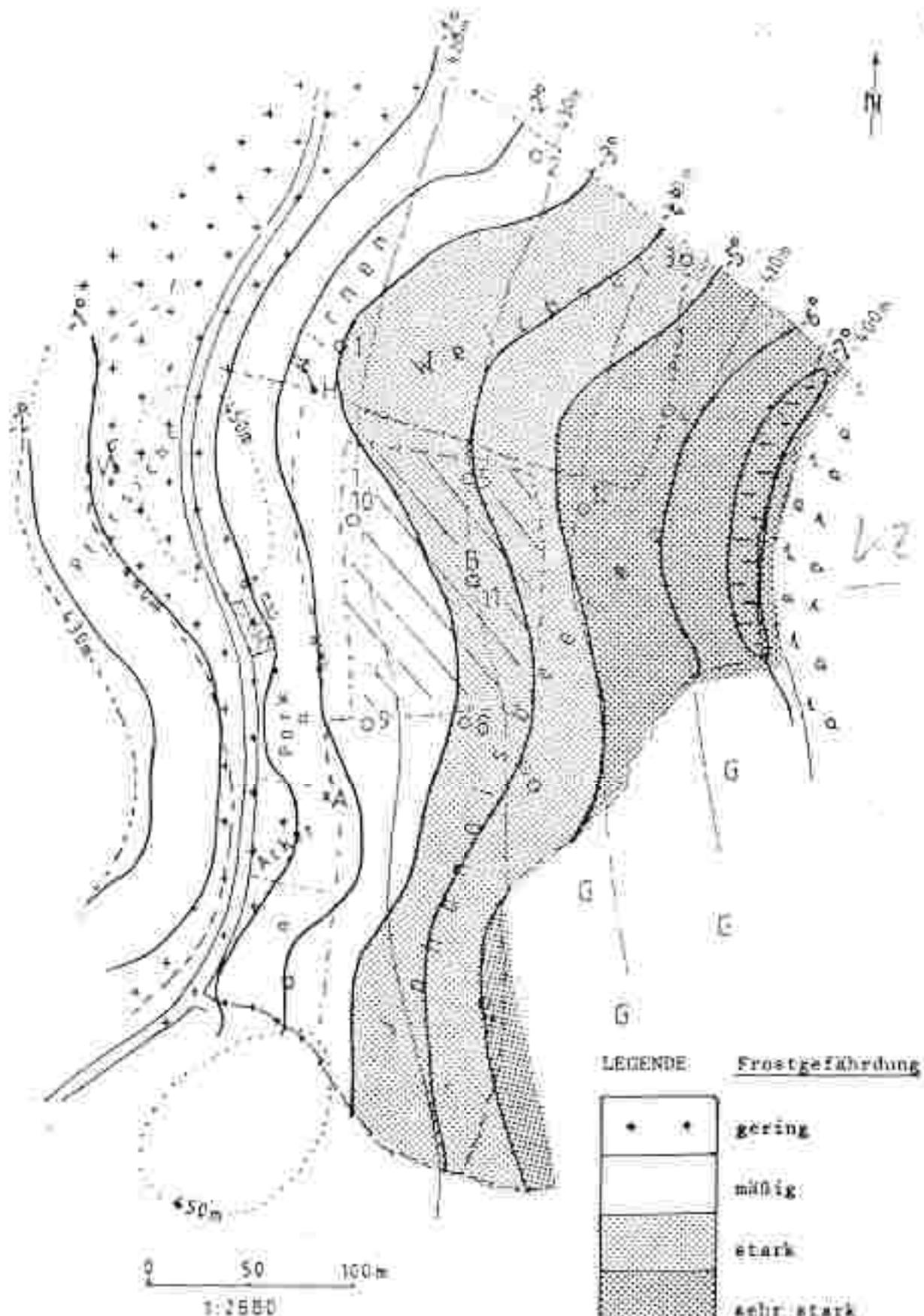


Abb. 5: Temperaturverteilung zum Zeitpunkt des Minimums (gegen 6h) am 10.4.81; Meßhöhe 1 m über Grund; zu beachten ist die Temperaturniedrigung infolge Kaltluftstau am Wald (Ziffern bedeuten Meßpunkte - Minimumthermometer).

<sup>1)</sup> höher als in Größer Feld

Tab. 3: Mittlere tägliche Minima (hoheare Nächte).

Monat/Jahr	GT	OT	LE	LI	MI	Z	HA	Hof	BC	DO	FI	KTI	IB	KH	HO	MB	LH	MA	VB	K
Aug. 80	9,4	7,3	10,5	8,6	9,7	9,0	10,0	8,1	9,8	10,9	12,8	13,4	14,0	13,1	11,7	-	12,7	13,2	-	-
Juli	10,3	9,1	11,6	10,7	11,1	11,3	12,0	9,8	12,2	12,3	15,4	15,8	16,6	15,1	13,5	-	15,1	15,7	-	-
Aug.	9,4	8,3	10,0	9,4	10,1	9,7	9,3	9,0	10,9	10,3	13,0	12,9	14,5	13,3	12,1	-	12,7	12,3	-	-
Sept. 80	6,3	5,1	7,2	6,6	6,9	6,0	6,5	5,8	7,0	-	10,0	10,2	10,7	10,3	7,6	-	9,8	9,5	9,6	-
Okt.	-0,5	-1,0	0,6	0,1	0,9	0,7	0,5	0,1	0,6	-	3,9	4,6	4,6	4,7	2,3	-	3,8	3,5	3,8	4,5
Nov.	-3,7	-5,4	-3,6	-3,2	-2,3	-2,8	-2,8	-3,1	-1,9	-	3,0	3,5	3,8	4,9	0,3	-	4,6	3,4	3,7	5,1
Dec. 80	-10,0	-12,6	-9,8	-10,9	-6,7	-9,9	-7,0	-7,0	-5,6	-	-2,7	-2,0	-1,7	-1,1	-3,7	-	-1,8	-2,4	-2,1	-1,1
Jan.	-13,0	-16,5	-14,5	-15,7	-12,2	-14,2	-13,0	-13,0	-10,2	-	-6,1	-5,4	-4,9	-4,5	-6,9	-	-5,6	-	-6,2	-5,0
Feb.	-6,8	-9,8	-7,1	-8,0	-5,4	-6,1	-5,8	-6,1	-3,6	-	-0,9	0,6	0,9	0,2	-2,0	-	-0,8	-	-1,0	0,1
März 81	-0,6	-2,6	-0,7	-0,7	0,6	0,1	0,4	-0,9	1,4	1,6	5,1	5,3	5,7	5,1	3,8	4,0	5,6	5,1	5,0	3,7
Apr.	1,7	-0,9	1,9	1,6	3,1	1,3	3,4	2,0	3,8	4,4	7,9	7,6	8,4	7,0	5,2	5,9	6,5	7,3	6,0	6,6
Mai	7,1	6,4	7,0	5,9	6,3	5,8	6,3	5,4	7,6	8,7	11,0	10,9	11,4	10,6	9,5	9,3	10,3	10,6	10,0	10,5
Juni 81	11,7	10,5	12,6	11,3	12,8	11,8	12,5	-	12,8	13,4	16,1	16,4	17,2	16,5	14,7	14,7	16,6	16,0	16,0	16,6
Juli	10,6	9,3	11,5	10,3	11,3	10,9	11,2	-	11,8	12,0	16,5	16,2	17,2	15,2	13,4	13,5	15,0	13,7	14,6	13,3
Aug.	11,8	10,0	12,0	11,2	12,4	11,7	12,3	-	13,4	13,6	16,1	16,4	17,1	16,3	14,8	15,0	16,0	-	-	-
Jun. 80-Aug. 81 (Cöln Winter)	6,1	4,5	6,7	6,0	7,0	6,3	6,8	-	7,4	-	10,9	11,2	11,8	11,1	9,1	-	10,6	-	-	-
Winter 1980/81	-9,9	-13,0	-10,5	-11,5	-8,1	-10,1	-8,6	-	-6,6	-	-3,2	-2,3	-1,9	-1,8	-4,2	-	-2,7	-	-	-
Jub. 80-Aug. 81	2,9	1,0	3,3	2,5	4,0	3,0	3,7	-	4,6	-	8,1	8,5	9,0	8,5	6,5	-	7,9	-	-	-

Anmerkung (gilt auch für die folgenden Tabellen):

Klammersetzung der Abkürzungen in einem beliebigen Stationsverzeichnis (S.24).

## STATIONSVZEICHNIS

Klimafaten - Radkersburg

Erläuterung der Abkürzungen (Lokaltationen) in den Legenden und Abbildungen im Text:

Abk.	1) Lokaltationen	Sh[m]	L a g e
OT	Otternitz	325	Seitentälbecken
GI	Gras/Thalerhof	342	Haupttal
LE	Leibnitz	276	Haupttal
RR	Bad Radkersburg	308	Haupttal
Z	Zeltling	206	Haupttal
LI	Liechendorf	242	Haupttal
MS	Murska Sobota I (II)	191(184)	Haupttal
PTP	St. Peter/Ottersbach	276	Seitentäl
SG	Bad Gleichenberg	292	Seitentäl (Unterhang)
UD	Unterpunkla	220	Haupttal
Hof	Hof bei Straden	252	Seitentäl

Abk.	2) Riedelstationen	Sh[m]	L a g e
HO	Messendorfberg	429	Riedelkamm (ostseitig)
LH	Lafnitzhöhe	540	Riedelkuppe
KD	Kramar bei Deutschlandsberg	560	Sporn (Koralpenrand, nordseitig)
J	Jerusalem	340	Riedelkamm
KI	Klösch I	340	südexponierte Spornlage
KII	Klösch II	390	Riedelkamm
RD	Rosenberg/Straden	450	Riedelkamm
ST	Straden	340	südexponierte Spornlage
WB	Wörtherberg	400	Riedelrücken
K	Kitzeck	520	Kammlage / Sausal
LD	Dietersdorferbergen	305	niedere Riedellage
KB	Kogelberg bei Leibnitz	460	Kuppenlage / Sausal

Tab. 4: Gliederung der Kaltluftgefährdungszonen im Vergleich mit jenseit der Süwesttalermark.

a)		b)	
Zone Nr.	Zonen / Dadroereburg	Zone Nr.	Zonen / Hühnerstetlermark
1	Abschnitte in Seitentälern (Talsolie)	2	Seitentäler, Abschnitte/Haupttäler
2	Seitentäler, kalte Abschnitte im Haupttal (Nurcal)	3	Haupttäler (Solar, Ladnitscal)
3	Haupttalstufe I; Hangfuß- und Schlepplänge in Seitentälern	4	Graser- und Lehnritzer Feld
4	Haupttalstufe II (Raum Kadkeraburg bzw. Terranzenbereiche); Unterhanglagen in Seitentälern	5	Niederer Biedel
5	Vorwiegend Mittelhanglagen, teils niedrigere Biedelzsporne	6	Mittelhoher Biedel
6	Vorwiegend Oberhangbereiche, teils mittlere Biedellagen	7 (teile 8)	Hohes Biedel
7	Vorwiegend Kammlagen (hohe Biedelstufe)	8	Kammlagen ab ca. 470 m (Sausal), günstige Lagen
8	Kamm- und Kopplagen im Klöcker und Strader Gebiet ab ca. 420 m		günstigste Lagen

Tab. 4: Gliederung der Kaltluftgebirgszonen - Fortsetzung

a) Zonierung nach Klimalaufschichten (H. Makonigg, 1978)

Zonen-Nr.	Zonen	repräsentative Stationen	nach a)	entsprechend nach b)
1	"Unteres Murtal"	Bad Radkersburg Leibnitz	(205 m) (175 m)	3,4 6,5
2	"Tälchen des Vorlandes"	Gras/Thalerhof St. Peter/Ottersbach Ottensitz	(392 m) (178 m) (125 m)	1,2 1,2,3,4
3	"Übergangsklima der Terrassenstufe"	Bad Gleichenberg	(292 m)	4, toils 5 5,6
4	"Klima des Büchelandes"	Messendorferberg Lahnitzhöhe Kirneck	(429 m) (340 m) (510 m)	6,7,8 6,7,8,9

Tab. 5: Mittlere tägliche Minima (Beobachtungszeitraum Juni 1980 bis August 1981).

Monat/Stat.	OT	GT	LR	BG	BR	LI	Z	TP	HoE	UB	KI	NA	KII	RS	MS	UH	NR	K	RF	WB
Juni 80	9,7	10,8	11,3	10,3	11,6	10,7	11,0	11,7	10,5	11,7	12,6	12,7	12,7	12,9	11,6	11,9	12,0	-	-	-
Juli	10,6	11,6	12,5	12,0	12,3	11,6	11,8	12,2	11,4	12,4	13,9	14,0	14,0	14,4	12,7	13,2	13,4	-	-	-
Aug.	12,2	12,9	13,6	13,7	13,5	13,3	13,2	13,3	12,8	13,8	15,2	14,9	14,9	15,6	14,1	14,6	14,8	-	-	-
Sept.	9,2	10,1	10,3	10,0	10,0	10,1	9,8	9,9	9,6	-	11,2	11,3	11,8	11,8	11,0	11,2	11,7	-	11,2	-
Oktober	2,8	3,3	4,1	4,8	4,6	3,9	4,2	4,4	4,3	-	6,3	6,0	6,4	6,4	5,0	5,6	5,8	6,2	5,9	-
Nov.	-3,6	-2,5	-2,4	-1,5	-1,6	-2,2	-2,0	-2,0	-2,1	-	0,2	0,2	0,6	0,5	-0,7	-0,3	0,6	-	0,3	-
Dez. 80	-7,9	-6,5	-6,4	-4,8	-6,3	-7,1	-7,0	-6,5	-6,0	-	-3,0	-2,5	-2,2	-1,9	-3,0	-2,6	-1,6	-3,2	-2,1	-2,4
Jan. 81	-14,0	-11,4	-11,6	-7,7	-10,0	-13,4	-11,6	-10,3	-10,7	-	-5,0	-4,8	-4,6	-3,9	-5,9	-4,9	-3,9	-6,5	-5,3	-5,6
Feb.	-7,4	-4,9	-5,1	-3,1	-3,7	-5,5	-4,4	-4,2	-4,4	-	-1,7	-1,5	-1,3	-1,1	-2,6	-2,3	-1,9	-2,0	-2,2	-2,2
März	-1,6	0,5	0,4	2,3	1,4	0,2	1,0	1,2	0,5	-	4,0	4,2	4,3	4,3	3,0	4,0	4,0	4,1	3,7	3,5
Apr.	1,1	3,1	2,9	4,1	3,8	2,9	3,0	4,0	3,3	4,6	6,3	6,0	6,1	6,4	4,9	5,0	5,3	6,7	4,7	4,8
Mai	6,5	8,3	8,1	8,7	8,2	8,3	7,9	8,2	7,3	9,3	10,2	10,1	10,1	10,5	9,2	9,6	9,5	9,5	9,6	9,2
Juni	9,9	12,1	12,4	12,4	12,5	11,8	12,1	12,4	-	13,0	13,7	13,6	13,7	14,3	13,0	13,5	13,5	13,2	13,6	13,0
Juli	10,6	11,6	12,4	12,7	13,1	13,6	13,8	13,0	-	13,5	14,3	14,4	14,6	15,2	13,2	13,9	14,3	14,4	14,0	13,3
Aug. 81	10,8	12,0	12,4	13,1	12,5	11,7	11,8	12,5	-	13,4	14,6	14,2	14,9	15,6	13,6	14,4	14,7	-	-	14,1

MINIMA des gesamten Stationsnetzes entscheidend, wobei besonderer Wert auf die Verhältnisse in den heiteren Strahlungsnächten gelegt wurde. Diese sind in Tab.3 (S.23) zusammengefaßt; außerdem wurden sie in der Legende zur Kaltluftkarte berücksichtigt. Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Monate fällt sofort der Jänner auf. Bedingt durch den anhaltenden Hochdruckeinfluß bei überwiegend nördlichen Strömungskomponenten gab es einen überaus hohen Anteil an klaren Strahlungsnächten (19). Die Temperaturdifferenzen zwischen wärmster und kältester Station erreichten - verschärft durch die Schneedecke - ein Ausmaß bis zu  $12^{\circ}$  (Otternitz bei Deutschlandsberg  $-16,5^{\circ}$  zu Kraxner  $-4,5^{\circ}$ ; im Bezirk Radkersburg: Lichendorf  $-5,7^{\circ}$  zu Rosenberg  $-4,9^{\circ}$ ). Ähnlich wie bei der Gliederung des Untersuchungsgebietes in der Südweststeiermark in Kaltluftgefährdungszonen erfolgte die Wahl in Anlehnung an die morphologische Differenzierung. Infolge der relativ bedeutenden Temperaturunterschiede innerhalb des Murtales mußte jedoch eine weitere Unterscheidung vorgenommen werden, ohne daß sie wenigstens teilweise auch morphologisch interpretierbar gewesen wäre. Die Ursachen liegen offensichtlich in den wechselnden Bodenverhältnissen begründet (trockenere Böden relativ warm, Vernässungszonen kühl); Untersuchungen mit einem speziellen Fühler sind noch für das Frühjahr 1982 geplant.

In der folgenden Tabelle 4 werden die einzelnen Zonen jenen der Südweststeiermark gegenübergestellt. Die Klimagunst des Bezirkes Bad Radkersburg drückt sich in einer Verschiebung um mindestens eine Zone aus: für die Zone 8 (teilweise schon für die Zone 7) gibt es in der Südweststeiermark (Sausal eingeschlossen) kein Äquivalent. Für die weiteren Darstellungen in Diagrammen, insbesondere in der Legende zur Kaltluftkarte, bleibt die Anzahl der Zonen gleich, allerdings verändern sich die Abstände innerhalb der Zonen: beim Spätfrost fallen sogar Zone 7 und 8 zusammen. Trotz der sehr guten Korrelation zwischen der Kaltluftgefährdung und den einzelnen Temperaturparametern, wie Frostdaten, u.a., ergeben sich geringe Abweichungen (etwa keine strenge Linearität) in der Zuordnung der Zonen. In den folgenden Abschnitten wird jeweils der

Zusammenhang zwischen den Parametern und den mittleren jährlichen Minima als Maß für die Kaltluftgefährdung beleuchtet.

#### 2.2.5 Mittlere tägliche und absolute Minima als Maß für die Kaltluftgefährdung

In Tab.5 (S.27) sind zunächst die Ergebnisse (mittlere tägliche Minima) aus dem Beobachtungszeitraum Juni 1980 bis August 1981 angeführt. Die Temperaturunterschiede erreichen noch 60-70 % der Werte aus den heiteren Strahlungsnächten: in einigen wenigen Monaten, wie etwa im Jänner 1981, steigt der Anteil gegen 80-90 %. Jahreszeitlich gesehen kommt die geländeklimatische Differenzierung bezüglich des Elementes Kaltluftgefährdung am besten im Hochwinter mit Schneedecke zur Geltung (Dezember 1980, Jänner 1981). Allerdings können langanhaltende Hochnebelperioden, wie etwa im Jänner 1972, eine kräftige Dämpfung der Unterschiede bewirken, da während dieser Zeit die Riedel generell gegenüber den Tallagen benachteiligt sind. Insgesamt zeichnen sich die Unterschiede im Winter durch eine weitaus höhere Streuung der Werte gegenüber den anderen Jahreszeiten aus (Differenz Kraxner zu Otternitz  $10,1^{\circ}$ /Jänner 1981;  $4,0^{\circ}$ /Jänner 1977). Sehr deutlich sind die Gegensätze im Frühjahr ausgeprägt: in heiteren Nächten können Inversionen über  $10^{\circ}$  auftreten. Bei allgemeiner geringerer Bewölkung und relativer Feuchte gestalten sich die Bedingungen für die Ausstrahlung sehr günstig. Hinzu kommt, daß der auf den Riedeln oft noch anhaltende Gradientwind (verbunden mit föhnigen Effekten - "Jank" bzw. Nordföhn) zu einer Verstärkung der Temperaturgegensätze führt. Mitunter greift jedoch der Wind - insbesondere aus dem Sektor Süd bis Südwest - bis zur Talsohle durch und beseitigt die bodennahe Kaltluft.

Etwas abgeschwächt gegenüber dem Frühjahr erscheinen die Unterschiede im Herbst, vor allem durch die höhere relative

Feuchte (Nebelbildung). Dies betrifft überwiegend die Differenzierung zwischen den Tallagen (Minimum der Differenzierung Graz/Thalerhof-Ottornitz im November). Vertikal gesehen erreichen die Unterschiede das Ausmaß des Frühjahres, insbesondere im Oktober. Am günstigsten werden die Gegenseite im Sommer. Als Gründe können neben der Bewölkung (Gewitterrestbewölkung) der höhere Dampfdruck als dämpfende Faktoren angeführt werden.

Für die Periode 1951-1980 enthält die Tab. 6 (S. 31) die mittleren täglichen Minima (Riedel- und Talstationen getrennt). Als kältester Messpunkt im Untersuchungsgebiet wurde der Standpunkt einer Mühle östlich von St. Peter/Ottersbach in die Tabelle aufgenommen (Werte extrapoliert). Wie sich eine Stationsverlegung drastisch auswirken kann, läßt sich am Beispiel der beiden Stationen Murska Sobota I (bis 1970) und II (ab 1970) ablesen. Die Temperaturunterschiede erreichen ihr Maximum im Spätsommer und Herbst (bis  $1,2^{\circ}\text{C}$ ): im Winter ergibt sich keine Änderung. Die Spätfrostgefährdung der jetzigen Station ist als extrem zu bezeichnen (höher als am Thalerhof, z.B. am 2. Juni 1977 Frost!). Durch die Daten wurden ferner die Ergebnisse der Messfahrten bestätigt (relativ starke Differenzierung innerhalb des Murtales). Offen bleibt allerdings die Frage, warum sich nicht auch im Winter Unterschiede einstellen, wie etwa im Vergleich Zeltling - Bad Radkersburg.

Hinsichtlich der Temperaturverhältnisse auf den Riedellagen schneidet die Vergleichsstation Jerusalem<sup>1)</sup> (340 m) sehr gut ab und wird nur noch von den höheren Riedel- und Kammlagen im Klöcher Raum übertroffen.

Für die Temperaturgunstzonenkarte (Karte 4) mit der Dauer der Vegetationsperiode wurde die Verteilung der Temperaturminima von März bis November in die Legende aufgenommen.

<sup>1)</sup> Jerusalem liegt ca. 25 km südöstlich von Bad Radkersburg entfernt in den Windischen Bükeln.

Tab. 6: Mittlere tägliche Minima (Periode 1951-1980).

Talstationen	Sh (m)	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Oktober	Nov.	Dez.	Jahr
Grat-Thalerhof	362	-8,0	-5,3	-1,6	2,9	7,6	11,1	12,3	12,0	8,7	3,7	-0,3	-3,0	3,7
Bad Radkersburg	206	-6,5	-3,9	-0,3	3,6	8,0	11,8	13,1	12,6	9,6	6,7	1,3	-3,4	3,2
Murau-Söbota I	191	-7,6	-4,7	-0,2	3,8	8,0	11,6	13,1	12,7	9,3	6,7	1,0	-3,6	4,1
Murau-Söbota II	184	-7,6	-4,7	-1,6	3,1	7,3	11,1	12,3	11,5	8,3	3,7	0,8	-3,6	3,3
G. Radgona	205	-5,1	-3,0	0,5	4,3	8,7	12,3	13,5	13,2	9,9	5,2	1,6	-3,4	4,8
Leibnitz	276	-7,0	-4,6	-0,8	3,6	7,8	11,6	12,9	12,6	9,2	6,3	0,7	-3,9	3,9
Zelting	205	-7,2	-4,5	-0,9	3,1	7,5	11,4	12,7	12,3	9,1	6,3	0,8	-3,9	3,7
Unterklaria	240	-8,0	-5,6	-2,0	2,6	7,0	10,9	12,2	11,7	8,6	3,6	0,1	-4,8	3,0
St. Peter/Ottersbach/Mühle	270	-9,0	-6,1	-2,5	1,9	6,3	10,3	11,8	11,6	8,2	3,2	-0,7	-3,8	7,5
Ottermitz	325	-9,9	-6,9	-3,2	1,1	5,7	9,8	11,1	10,7	7,3	2,7	-1,1	-6,6	1,6
<u>Riedelstationen</u>														
Gras-Messendorfberg	429	-4,6	-2,6	0,6	6,7	9,2	12,5	13,7	13,5	10,6	5,8	1,6	-2,9	5,2
Lohnitzhöhe	530	-6,0	-2,7	1,1	5,1	9,5	12,8	16,1	16,1	10,8	6,3	1,7	-2,5	5,6
Krametz/Deutschlandsberg	560	-3,2	-1,6	1,3	5,2	9,6	12,9	16,1	16,0	11,0	6,5	2,1	-1,8	5,8
Jerusalem	340	-3,6	-1,6	1,0	5,3	9,7	13,2	16,6	16,3	11,2	6,9	2,6	-1,8	6,0
Klösch I	360	-3,7	-1,7	1,5	5,7	9,6	13,1	16,6	16,3	11,1	6,8	2,2	-2,0	5,9
Klösch II	400	-3,3	-1,4	1,7	5,5	10,0	13,3	16,7	16,5	11,6	6,9	2,4	-1,8	6,1
Rosenberg	450	-3,0	-1,2	1,9	5,8	10,3	13,6	16,8	16,7	11,6	7,0	2,5	-1,7	6,3

Tab. 7: Absolute Nierima (Periode Juli 1980 - August 1981).

Monat/Stat.->	GT	GT	LE	BC	BS	LI	Z	HA	HaE	MO	ET	MA	KII	RB	MS	EH	ER	K	KF	NR
Juni 80	2,3	5,0	6,2	5,0	5,7	4,7	4,5	5,0	3,7	6,8	8,4	8,9	-	9,1	7,5	7,7	8,3	-	-	-
Juli	5,8	5,9	7,5	8,8	8,1	7,2	6,9	-	6,0	7,4	9,4	10,3	9,8	10,4	8,9	9,6	9,5	-	-	-
Aug.	4,0	5,0	5,8	5,8	4,9	5,3	4,7	4,3	4,0	5,8	7,2	8,0	7,7	8,2	8,0	8,0	8,0	-	-	-
Sept.	2,8	3,5	4,8	4,8	4,5	4,3	3,8	3,5	4,0	-	6,5	6,5	7,2	7,6	6,1	6,8	7,2	=	7,0	=
Okt.	-4,0	-3,9	-2,5	-2,3	-2,5	-2,7	-3,0	-2,4	-3,4	-	-2,0	-3,0	1,3	1,4	-1,7	-0,6	1,7	1,2	0,1	-
Nov.	-13,5	-8,4	-8,6	-8,0	-7,0	-8,7	-7,8	-8,0	-6,5	-	-5,9	-5,3	-5,3	-3,5	-6,9	-6,5	-5,0	-5,5	-6,4	-
Dez. 80	-16,9	-16,2	-14,7	-14,7	-16,6	-15,4	-18,7	-17,2	-15,4	-	-11,3	-10,3	-9,8	-10,0	-9,5	-10,1	-8,7	-8,8	-9,4	-10,1
Jan. 81	-20,0	-17,3	-18,6	-15,3	-16,0	-21,4	-18,2	-16,8	-17,0	-	-13,2	-12,0	-11,0	-11,1	-11,5	-12,2	-10,3	-10,0	-11,6	-13,1
Feb.	-17,0	-10,5	-11,0	-8,6	-8,9	-11,3	-9,8	-9,0	-10,0	-	-7,3	-6,5	-6,0	-6,0	-7,0	-7,3	-6,5	-6,8	-8,0	-6,6
März	-8,4	-5,2	-4,6	-3,6	-3,0	-3,7	-3,3	-3,5	-4,4	-	-3,0	-2,7	-2,7	-3,0	-3,3	-3,5	-4,0	-4,5	-6,0	-2,5
Apr.	-6,1	-3,1	-4,6	-1,2	-2,3	-3,7	-3,2	-2,7	-3,8	-0,8	-0,2	-1,0	-0,8	-1,0	-1,1	-2,3	-1,3	-1,6	-1,0	-3,1
Mai	-2,0	0,3	0,0	0,6	1,1	-0,4	0,0	0,8	-0,7	1,7	2,0	2,2	2,3	2,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,5	2,8
Juni	5,5	7,4	7,6	7,0	8,1	6,3	7,2	7,8	-	7,5	6,4	8,0	8,1	7,7	7,6	7,6	7,0	7,4	7,5	6,6
Juli	4,8	5,7	6,7	7,0	7,2	6,0	6,2	7,0	-	7,5	10,1	10,0	9,0	8,7	7,2	9,3	9,8	9,4	9,7	8,4
Aug. 81	3,4	5,9	6,0	6,4	7,0	5,3	5,7	6,8	-	7,0	6,5	6,0	8,3	8,0	7,7	8,5	9,8	9,8	-	8,0

Tab. 7a: Mittlere absolute Minima (1951-1980).

Stationen	sh[m]	Jan	Feb	Mär	Apr	Maï	Jun	Jul	Aug	Sep	Okz	Nov	Dez
Gras-Thalerhof	342	-17,3	-13,3	-9,7	-3,6	0,1	5,0	7,1	6,0	1,5	-3,6	-7,8	-14,0
Bad Radkersburg <sup>2)</sup>	206	-16,1	-12,5	-7,7	-2,0	1,4	6,0	8,0	7,3	2,9	-2,2	-6,8	-12,5
Ofternitz <sup>1)</sup>	325	-21,0	-16,5	-12,5	-6,0	-1,8	3,0	5,3	4,7	-0,1	-4,6	-10,0	-17,0
Nuraka Sobota II <sup>3)</sup>	184	-18,7	-14,7	-11,1	-3,8	-1,1	4,5	6,8	5,1	1,0	-4,5	-8,3	-14,3
Messendorfberg	429	-13,0	-9,5	-6,1	-1,3	2,6	7,1	8,6	8,3	4,3	-0,6	-4,3	-8,7
Kramer/D.Landsberg <sup>3)</sup>	560	-10,8	-8,0	-5,1	-0,5	3,2	7,8	9,2	9,1	5,5	0,9	-3,1	-7,2
Jeruzalem <sup>4)</sup>	360	-13,4	-9,6	-5,7	-0,8	3,0	7,3	9,3	9,6	6,0	0,0	3,0	-7,6

1) reduziert aus 1974-1981

2) reduziert aus 1973-1981

3) reduziert aus 1966-1981

4) reduziert aus 1971-1980

Besonders für den Weinbau sind die absoluten Minima von großer Bedeutung, einerseits wegen der Winterfrostgefährdung (kritische Temperatur  $-15^{\circ}$ ), andererseits wegen der Spätfrostgefährdung. Tab. 7 (S. 32) zeigt für ausgewählte Stationen die markanten Gegensätze zwischen den Seitentalbecken mit einem mittleren absoluten Minimum<sup>1)</sup> im Jänner unter  $-20^{\circ}$  und den Riedellagen mit Werten um  $-11^{\circ}$ . Murska Sobota übertrifft dabei den Thalerhof um  $1-4^{\circ}$ , bezüglich des absoluten Minimums fällt der Unterschied noch krasser aus (Thalerhof  $-27^{\circ}$ , Murska Sobota  $-31^{\circ}$ ). Mit großer Wahrscheinlichkeit wurde im Winter 1962/63 bzw. im Februar 1956  $-30^{\circ}$  in den Seitentälern, teilweise aber auch im Murtal selbst (z.B. Lichendorf) unterschritten. Die Differenzen der Station Lichendorf zum Thalerhof waren im Jänner 1981 beachtlich (absolutes Minimum: Lichendorf  $-21,4^{\circ}$ , Graz-Thalerhof  $-17,3^{\circ}$ ).

An Hand der absoluten Minima (Tab. 7) im Mai 1981 erkennt man deutlich die Benachteiligung einiger Abschnitte des Unteren Murtales gegenüber Radkersburg. Hinsichtlich der Frostgefährdung auf den Riedeln fällt die Temperaturgunst der hohen Lagen (Kraxner, Kitzeck) auf, die nur selten Fröste unter  $-15^{\circ}$  verzeichnen. Im Winter 1962/63 bzw. im Februar 1956 sanken die Werte auf  $-17^{\circ}$  bis  $-19^{\circ}$  ab. Hingegen verzeichnete Jerusalem am 10.2.1956 ein Minimum von  $-21^{\circ}$ , was in Anbetracht des verangegangenen milden Janners Schäden an den Weinkulturen bedeutet haben muß. In der Vegetationsperiode ist die Differenzierung der Riedellagen relativ gering. Mitunter bleibt bereits der April frostfrei und nur bei extremen Kälterückfällen im Mai kann leichter Frost erwartet werden.

#### 2.2.6 Zahl der Tage mit Frost

In Abb. 6 (S. 35) ist der Zusammenhang zwischen dem mittleren täglichen Minimum und der Zahl der Frosttage dargestellt, wobei als Grundlage der Zeitraum September bis Mai verwendet wurde. Am unteren Ende des Diagrammes scheint die Seitentalbeckenstation Otternitz auf, deren Wert (155 Frosttage) mittels

<sup>1)</sup> in Tab. 7a (Periode 1951-1960) enthalten

Reduzierung aus einer siebenjährigen Periode (1974-1981) bestimmt würde. Die maximale Abweichung zur Basisstation Graz/Thalerhof betrug dabei 34 Tage (1978), die kleinste 22 (1975). Bei einem Vergleich mit der Station Zeitweg zeigt sich die extreme Frostgefährdung dieser Seitentäligen: die Werte sind nahezu identisch. In den Seitentälern des Untersuchungsgebietes werden jedoch 140 Frosttage kaum mehr unterschritten. Für den kältesten Talabschnitt (St. Peter/Ottersbach-Mühle, MP10) können etwa 140 Tage erwartet werden. In der Zone 3 steigen die Werte auf über 130 Tage an (Seitentäler im allgemeinen). Innerhalb des Murtales schwanken die Werte zwischen 125 in den ungünstigen Abschnitten und 105 Tagen auf den Terrassen. Im Vergleich mit der Station Murska Sobota I (191) ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung mit Bad Radkersburg (112 Tage). Die weitere Abnahme je Zone wird geringer (innerhalb der Zone 4 noch um 10 Tage, innerhalb der Zone 7 um 5 Tage). Das Minimum wird schließlich in den günstigsten Lagen der Zone 8 (Rosenberg) mit etwa 83 Frosttagen erzielt; es liegt dabei um 5 Tage unter dem Wert von Jerusalem.

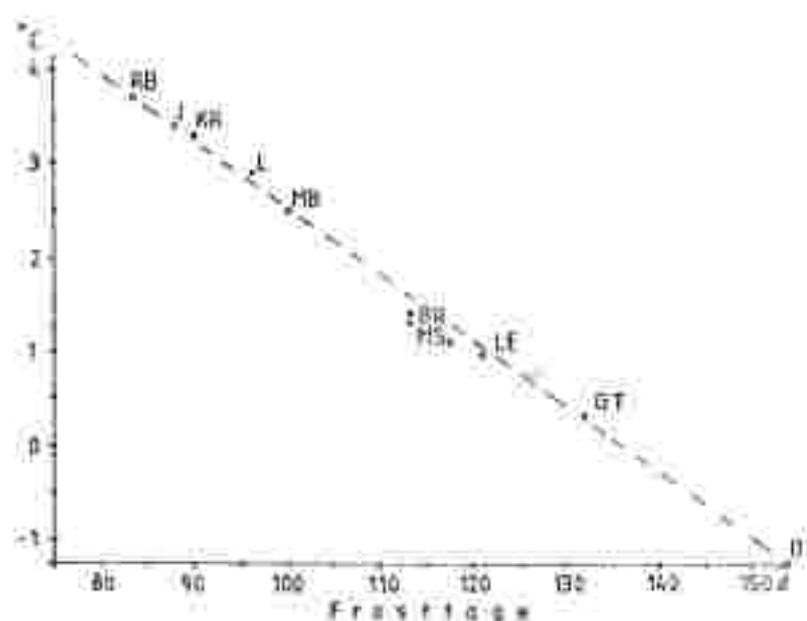


Abb. 6: Zusammenhang zwischen mittlerem täglichem Minimum (September bis Mai).

## 2.2.7 Frühfrost- und Spätfrostgefährdung

Tab. 8:  
KINTRIVTBOLESEN VON FRÜH- UND SPÄTFRÖSTEN

N = Normalwert der Periode 1951-1980  
 s = Standardabweichung in Tagen  
 a.Max. = absolutes Maximum  
 o.Des. = oberes Dezil  
 o.Q. = oberes Quartil  
 u.Q. = unteres Quartil  
 u.Des. = unteres Dezil  
 a.Min. = absolutes Minimum  
 FFP = Dauer der frostfreien Periode in Tagen

## 1.) Würtherberg (402 m)

	Spätfrost		Frühfrost	
	m i n d e s t e n s			
	-2,0 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-2,0 <sup>o</sup>
N	28.3.	18.4.	26.10.	13.11.
s	12,8	13,5	13,7	15,6
a.Max.	27.4.	12.5.	6.10.	17.10.
o.Des.	15.4.	7.5.	8.10.	20.10.
o.Q.	6.4.	29.4.	15.10.	30.10.
Median	26.3.	20.4.	24.10.	14.11.
u.Q.	19.3.	7.4.	6.11.	26.11.
u.Des.	14.3.	1.4.	17.11.	2.12.
a.Min.	2.3.	23.3.	18.11.	9.12.
	FFP 190			

## 2.) Thalerhof (341 m)

	Spätfrost		Frühfrost	
	m i n d e s t e n s			
	-2,0 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-2,0 <sup>o</sup>
N	20.4.	1.5.	10.10.	18.10.
s	14,5	13,4	10,5	13,6
a.Max.	22.5.	5.6.	18.9.	21.9.
o.Des.	10.5.	21.5.	25.9.	4.10.
o.Q.	30.4.	9.5.	1.10.	8.10.
Median	21.4.	30.4.	11.10.	17.10.
u.Q.	7.4.	23.4.	18.10.	25.10.
u.Des.	1.4.	16.4.	22.10.	3.11.
a.Min.	27.3.	29.3.	31.10.	23.11.
	FFP 161			

## 3.) Leibnitz (175 m)

	Spätfrost		Frühfrost	
	m i n d e s t e n s			
	-2,0 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-2,0 <sup>o</sup>
N	9.4.	25.4.	14.10.	31.10.
s	14,3	13,2	11,5	15,7
a.Max.	11.5.	23.5.	18.9.	6.10.
o.Des.	28.4.	12.5.	27.9.	12.10.
o.Q.	21.4.	4.5.	7.10.	17.10.
Median	6.4.	25.4.	15.10.	28.10.
u.Q.	30.3.	16.4.	22.10.	16.11.
u.Des.	22.3.	8.4.	28.10.	21.11.
a.Min.	14.3.	29.3.	2.11.	24.11.
	FFP 171			

## 4.) Bad Gleichenberg (290 m)

	Spätfrost		Frühfrost	
	m i n d e s t e n s			
	-2,0 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-2,0 <sup>o</sup>
N	11.4.	25.4.	16.10.	3.11.
s	17,3	11,9	12,0	14,2
a.Max.	12.5.	22.5.	18.9.	7.10.
o.Des.	7.5.	10.5.	30.9.	16.10.
o.Q.	24.4.	2.5.	9.10.	22.10.
Median	10.4.	25.4.	16.10.	4.11.
u.Q.	28.3.	19.4.	23.10.	18.11.
u.Des.	19.3.	10.4.	30.10.	22.11.
a.Min.	14.3.	29.3.	14.11.	24.11.
	FFP 173			

## 5.) Bad Radkersburg (208 m)

	Spätfrost		Frühfrost	
	m i n d e s t e n s			
	-2,0 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-0,1 <sup>o</sup>	-2,0 <sup>o</sup>
N	26.3.	27.4.	19.10.	4.11.
N red.	31.3.	25.4.	19.10.	31.10.
	FFP 176			
	red.: 176			

1977-1980  
 reduziert nach der Methode  
 der konstanten Differenzen  
 mit Hilfe von Leibnitz

### 2.2.7.1 Erläuterungen zu Tabelle 8

#### a) Das Beobachtungsmaterial

Die Registrierung der äußersten Fröste erfolgt mit Minimumthermometern in den üblichen Thermometerhütten in 2 m Höhe über Grund (Grasboden), es handelt sich also durchwegs um "Hüttenfröste" und nicht um Fröste in der bodennahen Schicht ("Bodenfrost" in 5 cm über Grund, bzw. "Reif"). Für letztere muß man je nach Bewölkung um 1-4 °, im Extremfall bis zu 7 ° tiefere Werte annehmen. Auch verspätet sich deren letztes Auftreten im Frühjahr gegenüber den "Hüttenfrösten" um 1-3 Wochen bzw. sind sie im Herbst um ein paar Tage bis 2 Wochen früher als die "Hüttenfröste" zu erwarten.

Da von den amtlichen Stationen nur jene der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik mit Extremthermometern ausgerüstet sind, konnten auch nur von diesen die entsprechenden Frostdaten ausgewertet werden, weshalb bei der Weitmaschigkeit der Stationen der "MZA" auf weiter entfernt liegende Stationen zurückgegriffen werden mußte. Im engeren Untersuchungsraum liegt eigentlich nur Bad Radkersburg, wo die Beobachtung aber erst im Frühjahr 1972 aufgenommen wurde.

Hinsichtlich der Lage der verwendeten Stationen repräsentiert der Thalerhof die Verhältnisse in den Seitentälern bzw. ungünstigen Abschnitten des Unteren Murtales; Wörtherberg hingegen charakterisiert die Verhältnisse der Riedellagen, entsprechend der Kaltluftgefährdungzone 6. Die Ergebnisse der Station Mesaendorfberg zeigen noch etwas günstigere Werte (in den Diagrammen bzw. in Abb. 7a,b enthalten), liegen aber insgesamt noch immer deutlich unter dem Gunstniveau der Zone 8 im Klöcher Raum.

b) Formale und aerologisch-synoptische Bedingungen bei Früh- und Spätfrösten

Das durchschnittliche Eintrittsdatum des letzten Spätfröstes (jeweils-sinngemäß die umgekehrte Situation beim ersten Frühfrost im Herbst) wird bei Vorliegen einer geschlossenen Beobachtungsreihe aus den 30 Werten der spätesten Fröste der Einzeljahre ohne Rücksicht auf die Stärke und Dauer der Fröste berechnet. Dadurch werden zahlreiche Fälle miteinbezogen, in denen die Temperatur nur wenige Zehntelgrade unter Null abgesunken war, und die somit kaum als empfindliche Schadensfröste anzusprechen waren, was für den jeweils letzten Frost gar nicht so untypisch ist. So waren von 30 letzten Frösten in Wörtherberg 26, Thalerhof 21, Leibnitz 25 und Bad Gleichenberg 27 wärmer als  $-2,0^{\circ}$ , das sind 87, 70, 83 und 73 %, also im Durchschnitt mehr als drei Viertel.

Aus diesem Grund wurden unabhängig davon die äußersten Eintrittsdaten der Fröste mit wenigstens  $-2,0^{\circ}$  ermittelt, um über die wirklich einschneidend wirksamen Schadensfröste Auskunft zu erhalten. Sie sind im Frühling entsprechend früher, im Herbst später zu erwarten als die äußersten Fröste mit wenigstens  $-0,1^{\circ}$ .

Die äußersten Fröste können entweder Strahlungsfröste oder Advektivfröste sein. Dabei kommen in den Niederungen ausschließlich Strahlungsfröste vor, und selbst in den Riedellagen ist der Großteil aller Spätfröste als Strahlungsfröste anzusprechen, bzw. nur wenige Ausnahmen als Advektivfrost.

Allerdings kann auch die Entstehung von äußersten Strahlungsfrösten nicht ohne die Wirkung vorheriger Zufuhr von Kaltluftmassen verstanden werden. So sind praktisch alle Fälle unmittelbar mit verspäteten Wetterstürzen im Frühjahr oder mit verfrühten Wetterstürzen im Herbst in Verbindung zu bringen, also mit Situationen, die wesentlich

kälter als die Normalwerte des entsprechenden Datums sind. Nur in wenigen Ausnahmen sind die letzten Spätfröste so früh, bzw. die ersten Frühfröste so spät beobachtet worden, daß sie durchaus im "normalen Erwartungsbereich" lagen, d.h., daß das mittlere tägliche Minimum ebenfalls nahe Null Grad verbleibt.

Dazu einige Beispiele: Für die in Frage kommenden Datumszahlen wurden die mittleren täglichen Minima der einzelnen Stationen näherungsweise bestimmt, wobei folgende Methode eingeschlagen wurde:

- 1.) Die Monatsnormalwerte der Periode 1951-1980 werden für den mittleren Tag jeden Monats (meist der 16.) als gültig angenommen.
- 2.) Die Hälfte der aperiodischen Tagesschwankung (bekannt für den Zeitraum von 1951-1970) der einzelnen Monate wird vom Monatsnormalwert abgezogen, wodurch man näherungsweise das mittlere tägliche Minimum für die jeweilige Monatsmitte erhält.
- 3.) Die Bestimmung des mittleren täglichen Minimums für die übrigen Tage erfolgt durch lineare Interpolation.

Daneben sind aber die wahren mittleren täglichen Minima für den Thalerhof bekannt. Die Differenzen zu den nach der oben angegebenen Methode bestimmten Werten betragen im:

März	April	Mai	Juni	Sept.	Okt.	Nov.	
-0,3	-0,2	0,1	0,1	-0,5	-0,9	-0,4	Grad

Die Differenzen sind demnach im Frühjahr unwesentlich, im Herbst aber doch störend. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Mittlere, näherungsweise bestimmte tägliche Minima (MTM) zu den Eintrittszeiten der letzten Spätfröste bzw. ersten Frühfröste mit wenigstens  $-0,1^{\circ}$ . Beim Thalerhof stehen die wahren Werte der Periode 1951-1980 in Klammern.

## 1.) Würtherberg (402 m)

	Datum	MTM	Datum	MTM
H	18.4.	4,4	26.10.	3,7
a.Max.	12.5.	7,9	6.10.	6,6
o.Des.	7.5.	7,2	8.10.	6,3
o.Q.	29.4.	6,0	15.10.	5,2
Median	20.4.	4,7	24.10.	4,0
u.Q.	7.4.	2,9	6.11.	2,3
u.Des.	1.4.	2,1	17.11.	0,9
a.Min.	23.3.	0,9	18.11.	0,7
	17.3.	0,0	24.11.	0,0

## 2.) Thalerhof (341 m)

	Datum	MTM	Datum	MTM
	1.5.	5,1 (5,1)	10.10.	3,9 (4,7)
	5.6.	10,0 (9,9)	18.9.	7,8 (8,4)
	21.5.	8,1 (8,0)	25.9.	6,6 (7,2)
	9.5.	6,4 (6,3)	1.10.	5,3 (6,2)
	30.4.	4,9 (5,0)	11.10.	3,7 (4,5)
	23.4.	3,8 (4,0)	18.10.	2,6 (3,4)
	16.4.	2,7 (2,9)	22.10.	2,1 (2,9)
	27.3.	0,0 (0,3)	21.10.	1,1 (1,8)
	27.3. (29.3.)	0,0	14.11. (10.11.)	0,0

## 3.) Leibnitz (275 m)

	Datum	MTM	Datum	MTM
H	25.4.	4,8	14.10.	3,8
a.Max.	23.5.	8,8	18.9.	8,3
o.Des.	12.5.	7,6	27.9.	7,1
o.Q.	4.5.	6,1	7.10.	5,0
Median	25.4.	4,8	15.10.	3,7
u.Q.	16.4.	3,4	22.10.	2,8
u.Des.	8.4.	2,2	28.10.	2,2
a.Min.	29.3.	0,8	2.11.	1,6
	24.3.	0,0	17.11.	0,0

## 4.) Bad Gleichenberg (292 m)

	Datum	MTM	Datum	MTM
	25.4.	5,0	16.10.	4,2
	12.5.	8,8	18.9.	8,5
	10.5.	7,2	30.9.	6,6
	2.5.	6,0	9.10.	5,3
	25.4.	5,0	16.10.	4,2
	19.4.	4,1	23.10.	3,6
	10.4.	2,9	30.10.	2,6
	29.3.	1,2	14.11.	0,8
	10.3.	0,0	20.11.	0,0

Selbst wenn man in Betracht zieht, daß die Werte für die mittleren täglichen Minima im Herbst nicht ganz richtig sind, so zeigt sich doch, daß alle äußeren Frostergebnisse unternormale Temperaturverhältnisse sind, im Extremfall bis über  $10^{\circ}$ . Voraussetzung dafür sind auf jeden Fall Wetterstürze mit Einbruch polarer oder arktischer Luftmassen, deren Haupteigenschaft neben den tiefen Temperaturen vor allem sehr niedrige absolute Feuchtwerte bzw. Taupunkte sind. Sehr häufig ist mit solchen Ereignissen die Erscheinung des Nordföhns am Südostrand der Alpen verbunden, wobei die Luftmassen durch Niederschlagsausfällung in den Staugebieten der Nordalpen auffallend

tiefe absolute wie relative Feuchtwerte am Südsouffel der Alpen erreichen können.

In Graz liegen die typischen Feuchtwerte bei Nordfohn um 30 % und darunter, können aber bis 13 % absinken (20.11.1973), auch kann noch im April der Dampfdruck auf 1,6 mm und der Taupunkt auf  $-13,3^{\circ}$  (4.4.1973) zurückgehen. Bei nächtlichem Aufklaren ist nach solchen Wittersituationen Morgenfrost in den Niederungen wenigstens im April, in den Seitentälern auch in der ersten Maidekade noch die Regel.

c) Erläuterung der Diagramme (Beilage)

Dargestellt wird, bis zu welchem Datum bzw. ab welchem Datum mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit des Eintritts von wenigstens einem einmaligen Frostergebnis zu rechnen ist: getrennt für einen Mindestwert von  $-0,1^{\circ}$  bzw.  $-2,0^{\circ}$ .

Beispiel: In Wörtherberg ist bis zum 1. März in jedem Jahr noch mit Frösten bis  $-2^{\circ}$  zu rechnen, der Mai bleibt von solchen Frösten ganz verschont. Die Wahrscheinlichkeit, daß es ab dem 27. März noch einmal zu einem solchen Frost kommt, beträgt noch 50 %, usw..

Absolute Frostfreiheit (bezogen auf  $-0,1^{\circ}$ ) gibt es in Wörtherberg von Mitte Mai bis Anfang Oktober, am Thalerhof aber nur von Anfang Juni bis Mitte September. Die Zeitunterschiede zwischen dem Eintritt von leichten ( $-0,1^{\circ}$ ) und empfindlichen ( $-2,0^{\circ}$ ) Frösten sind recht variabel und betragen im äußersten Fall 25 Tage (Wörtherberg im Frühjahr bei 50 % und Bad Gleichenberg im Herbst bei 70-80 %) bzw. nur 4 Tage (Bad Gleichenberg im Frühjahr bei 10-15 %).

Diese variablen Zeitunterschiede sind geländeklimatisch eigentlich nicht interpretierbar. Einzig zu erwartende Eigenheit wäre eine knappere Aufeinanderfolge von leichten

und empfindlichen Frösten bei Tal- und Talbeckenstationen mit kontinentaler (steilerer) Form des Temperaturjahresganges gegenüber einer stärker verzögerten Aufeinanderfolge bei der Riedelstation mit ausgeglichenerer (flacherer) Form der Jahreskurve der Temperatur, doch sind die Unterschiede zwischen Wörtherberg und Thalerhof viel zu groß, um auf diese Weise allein interpretierbar zu sein, bzw. müßten einander die Verhältnisse dann von Thalerhof und Leibnitz viel ähnlicher sein und nicht jene von Wörtherberg und Leibnitz.

Entscheidender ist vielmehr der Vergleich der Stationen untereinander, wozu anhand der beiden extremen Stationen Wörtherberg und Thalerhof noch ein paar Beispiele erwähnt seien: Während in Wörtherberg die Wahrscheinlichkeit zu wenigstens einem Spätfrostereignis nach dem 1. Mai nur 20 % beträgt, sind es am Thalerhof noch 45 %,  $-2^{\circ}$  sind dort noch mit 23 % zu erwarten, in Wörtherberg gar nicht mehr. Umgekehrt sind am Thalerhof bis zum 20. September zu 23 % leichte, zu 6 % empfindliche Fröste zu erwarten, während Wörtherberg ganz frostfrei bleibt; bis zum 31. Oktober gibt es am Thalerhof auf jeden Fall einmal leichten und zu 88 % wenigstens empfindlichen Frost, in Wörtherberg beträgt die Wahrscheinlichkeit leichten Frostes die Ende Oktober nur 65 %, für empfindlichen Frost gar nur 27 %. Im äußersten Fall wurden  $-3^{\circ}$  in Wörtherberg erst am 9. Dezember erreicht.

#### d) Erläuterungen zur Karte

In den beiden Diagrammen (Abb. 7a,b) wurde versucht, für die Zone 8 anhand des Zusammenhanges zwischen mittlerem täglichem Minimum und Eintrittsdatum die Früh- und Spätfrostgefährdung abzuschätzen. Die klimatische Gunst dieser Zone drückt sich durch eine große frostfreie Periode (241 d) aus, die jene von Wörtherberg (190 d) deutlich übertrifft. Beim Spätfrost fallen allerdings Zone 7 und 8

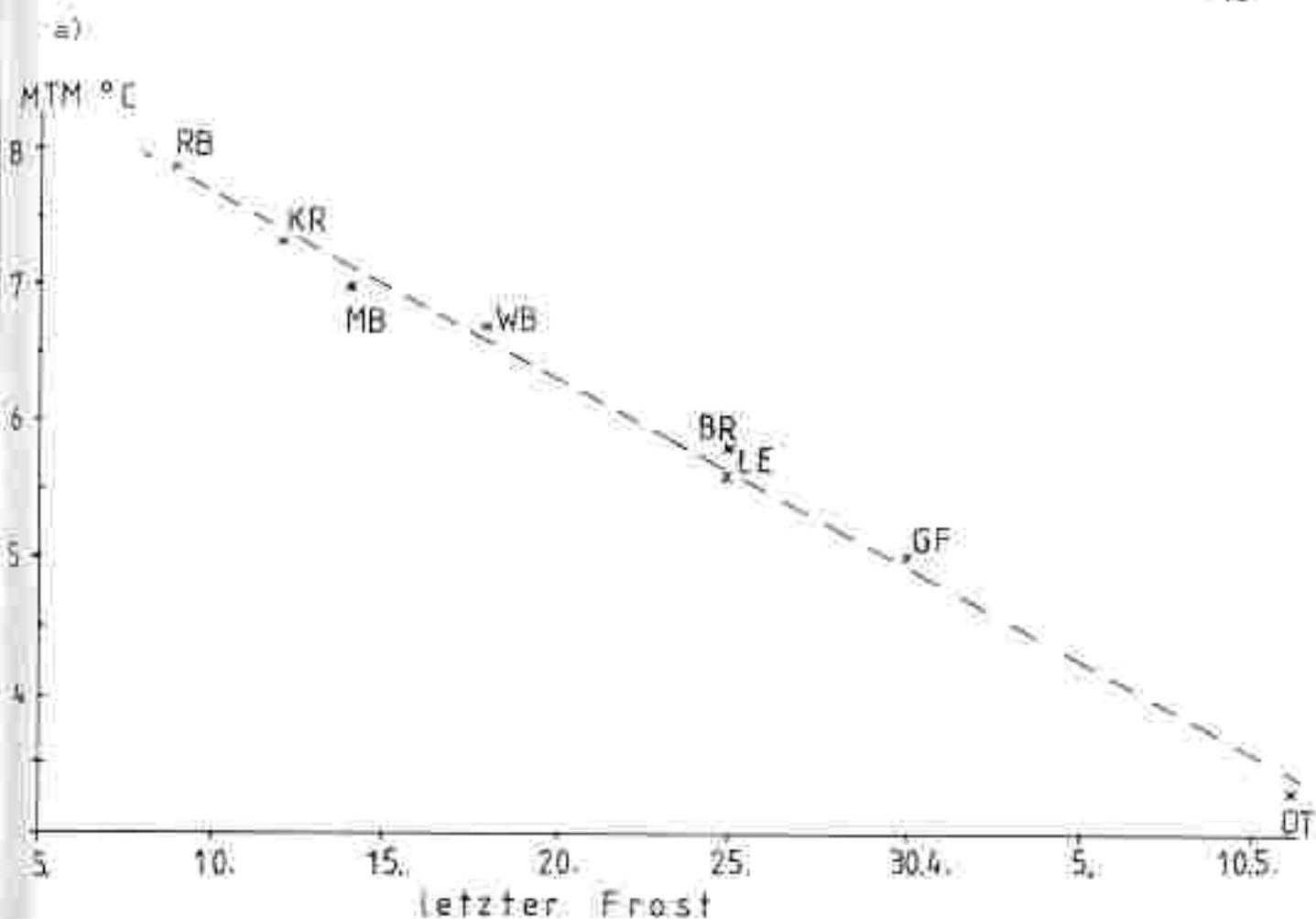
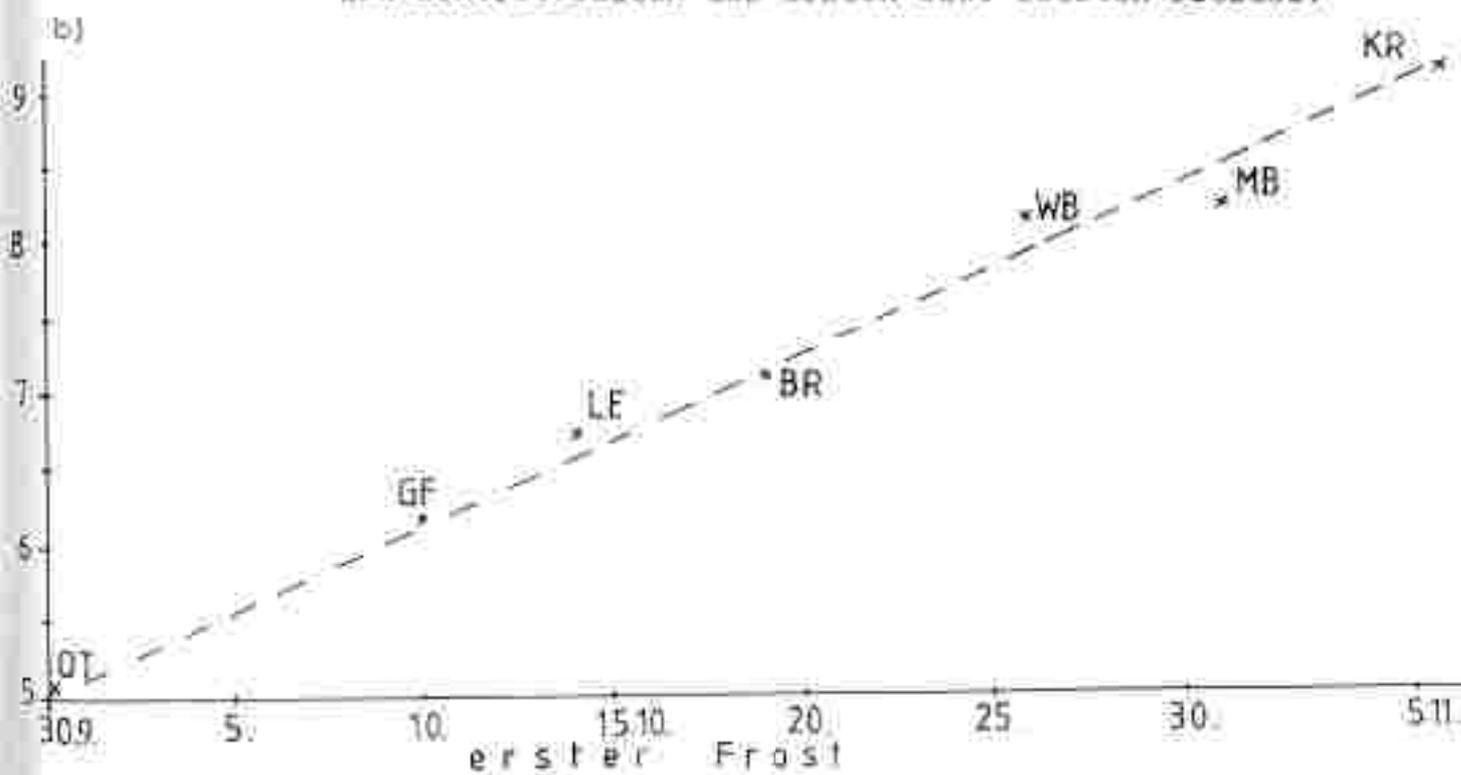


Abb. 7a, b: Zusammenhang zwischen mittlerem täglichem Minimum (für a) April, Mai; für b) September, Oktober) und den Eintrittsdaten des ersten bzw. letzten Frostes.



zusammen, da wegen des teilweise advektiven Charakters der Fröste (Wind, in geringem Ausmaß auch Schneefall) nach oben keine weitere Gunstaunahme gegeben ist. Ein typisches Beispiel dafür stellt der Kaltlufteinbruch vom 17.-20.4.1981 dar. Während dieser Periode hielt auch nachts der Nordwind an, der teilweise bis zur Talsohle durchgriff und die Kaltluft beseitigte. Er bewirkte vor allem eine starke Durchmischung der Atmosphäre mit deutlicher Temperaturabnahme nach oben ( $0,7-0,9^{\circ}/100\text{ m}$ ), sodaß insgesamt tiefere Riedellagen begünstigt waren; die Station Klösch I (340 m) blieb sogar den ganzen April frostfrei.

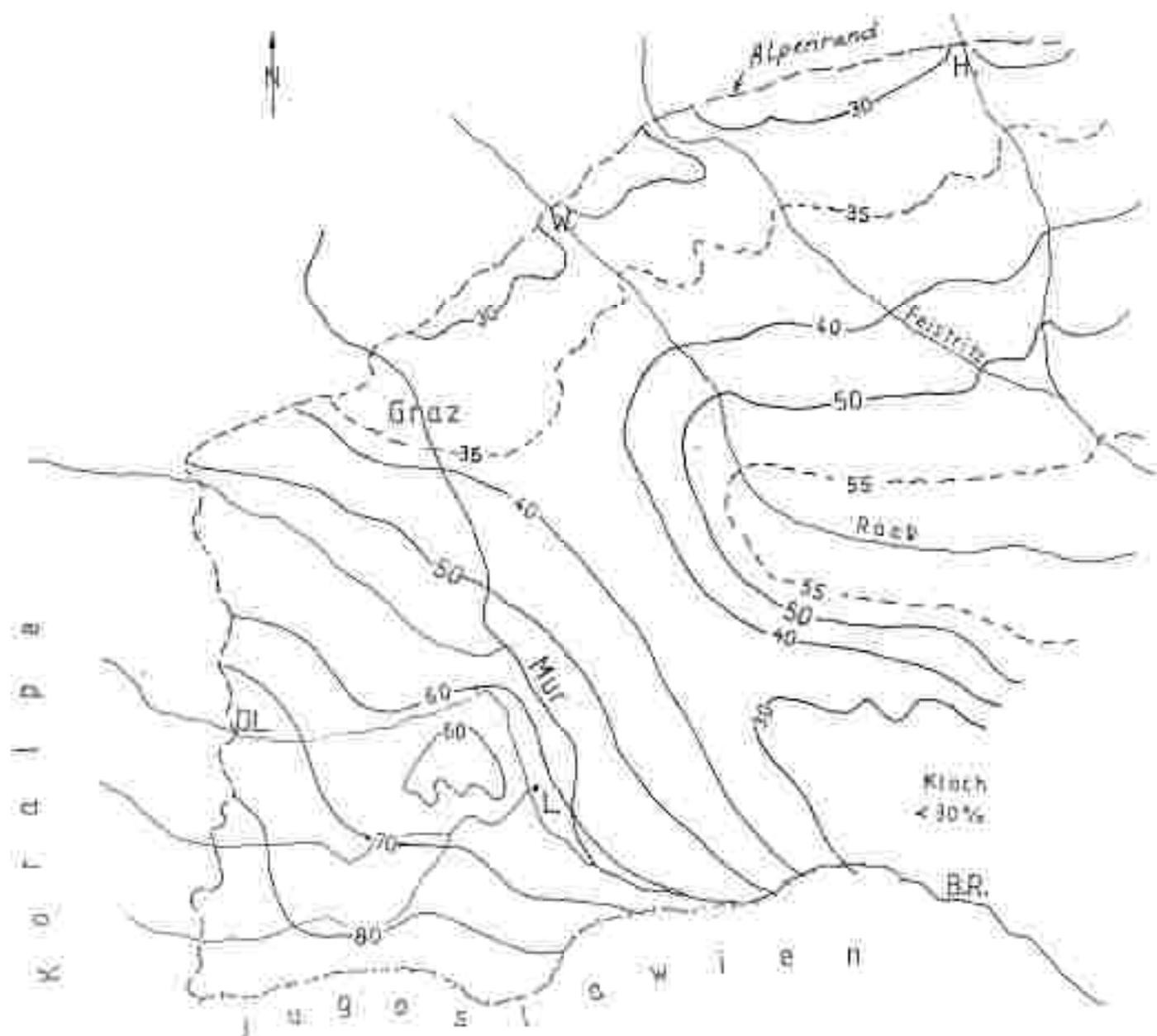
In den 70er Jahren gab es bereits zwei Advektivfröste, im März 1977 und Mai 1979. Beide bewirkten lokal auch Schäden im Bezirk Radkersburg. In Abb.8(S.45) wurde versucht, anhand der Schäden an Johannisbeerkulturen eine Gliederung des Vorlandes hinsichtlich der Spätfrostgefährdung vorzunehmen. Das Untersuchungsgebiet schneidet dabei sehr gut ab, das Ausmaß der Schäden blieb deutlich unter 30 %. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß der Anteil der Anbauflächen im Vergleich mit den anderen Bezirken relativ gering ist und die Werte nicht so repräsentativ sind wie etwa in der Südweststeiermark. Als Grund für die Günstposition des Klöcher Raumes hinsichtlich der Spätfrostgefährdung kann einerseits die teilweise deutlich niedrigere Seehöhe bzw. die große relative Höhe der Talbasis angesehen werden.

In der Kaltluftkarte kommt die Differenzierung zwischen den spätfrostgefährdeten Seitentalböden (letzter Frost zwischen 30.4. und 5.5.) und den begünstigten Riedellagen (zwischen 9.4. und 17.4.) gut zur Geltung. Ähnliches gilt für den Frühfrost, wobei wegen des stark überwiegenden Strahlungscharakters der Fröste die hohen Riedellagen am besten abschneiden. Die Spannweite zwischen Zone 1 und 8 beträgt ca. 35 d, beim Spätfrost hingegen 26 d; die Gunstunterschiede sind somit markanter ausgeprägt.

Abb. 8: Zusammenfassung der Frostschäden an schwarzen Johannisbeerkulturen - ausgedrückt in % des zu erwartenden Ertrages - durch die Spätfröste 1976, 1977, 1978 und 1979. Zu beachten ist die Benachteiligung der Südweststeiermark bzw. die Begünstigung des Klöcher Raumes und des Abschnittes Graz-Weiz-Hartberg entlang des Alpenrandes (nach Lavar 1981).

Abkürzungen:

- L. Leibnitz  
 B.R. Bad Radkersburg  
 DL. Deutschlandsberg



2.2.7.2 Erläuterungen zu den Frostdaten während des Beobachtungszeitraumes (Juni 1980 bis August 1981) / Tab. 9 (S.47)

Für die Darstellung der Frostgefährdung wurde eine Klasseneinteilung in 5 Stufen gewählt. Damit wird neben der Zahl der Frosttage auch die Intensität berücksichtigt. Die mit Abstand kälteste Station Lichendorf verzeichnete 147 Frosttage, die wärmste (Rosenberg) 89. Bei milderem Winter wäre der Gegensatz wohl noch krasser ausgefallen, wie Beispiele aus der Südweststeiermark zeigen (Saison 1974/75: Otternitz 151 d, Grav-Messendorfberg 81 d, Kraxner 60 d). In Lichendorf sank im Jänner 1981 die Temperatur dreimal unter  $-20^{\circ}$ , am Rosenberg nur zweimal unter  $-10^{\circ}$ . Insgesamt kommt die relativ geringe Winterfrostgefährdung - auch im Vergleich mit Riedellagen in der Grazer Bucht - im Klöcher Raum sehr gut zum Ausdruck. Bemerkenswert ist vor allem, daß mittlere und niedere Riedellagen im April während eines Advektivfrostes deutlich begünstigt waren (letzter Frost bereits am 17.3.). In den kaltauftgefährdeten Tallagen hingegen verzögerte sich der letzte Frost bis zum 6. Mai (Zelting, Lichendorf, Seitentäler, aber nur lokal im Grazer Feld, Thalerhof  $0,3^{\circ}$ ). Der erste Frost im Herbst 1980 in den Tallagen wurde generell um den 20.10. beobachtet (Strahlungsfrost). Auf den Riedelstandorten im Klöcher Raum trat er erst im Gefolge eines Advektivfrostes am 1.11. ein.

Tab. 9: Ergänzung zu den Frostdaten (Ergebnisse aus dem Beobachtungszeitraum).

LF = Letzter Frost  
EF = Erster Frost

Station:	Otternitz, 325 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	5	5	-	-	-	10
Nov	9	16	1	3	-	29
Dez 80	6	3	10	9	3	31
Jan 81	-	1	5	9	16	31
Feb	2	8	10	7	1	28
Mär	6	12	4	-	-	22
Apr	5	5	1	-	-	11
Mai 81	1	1	-	-	-	2
	34	51	31	28	20	164
	LF: 6.5. (-2,0 <sup>o</sup> )					EF: 20.10. (+0,1 <sup>o</sup> )

Station:	Graz-Thalerhof, 342 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	4	4	-	-	-	8
Nov	9	14	5	-	-	28
Dez 80	6	4	11	6	-	30
Jan 81	-	-	12	14	5	31
Feb	2	12	11	1	-	26
Mär	4	8	1	-	-	13
Apr	6	2	-	-	-	8
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	29	44	30	24	5	142
	LF: 23.4. (+0,1 <sup>o</sup> )					EF: 20.10. (+0,9 <sup>o</sup> )

Station:	Leibnitz, 276 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	6	2	-	-	-	8
Nov	11	11	4	-	-	26
Dez 80	5	7	9	9	-	30
Jan 81	1	1	9	14	6	31
Feb	5	8	12	2	-	27
Mär	4	10	-	-	-	14
Apr	5	1	-	-	-	6
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	37	40	34	25	6	142
	LF: 23.4. (-1,2 <sup>o</sup> )					EF: 21.10. (+0,8 <sup>o</sup> )

Tab. 9 Fortsetzung

Station: Bad Gleichenberg, 292 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	4	2	-	-	-	6
Nov	13	4	4	-	-	21
Dez 80	5	9	11	3	-	28
Jan 81	2	5	16	7	1	31
Feb	6	13	5	-	-	24
Mär	7	3	-	-	-	10
Apr	3	-	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	40	36	36	10	1	123
	LF: 22.4. (-0,5 <sup>o</sup> )		EF: 21.10. (-1,3 <sup>o</sup> )			

Station: Bad Radkersburg, 208 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	3	2	-	-	-	5
Nov	13	8	3	-	-	24
Dez 80	5	7	12	5	1	30
Jan 81	-	4	11	14	2	31
Feb	5	10	11	-	-	26
Mär	7	5	-	-	-	12
Apr	1	1	-	-	-	2
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	34	37	37	19	3	130
	LF: 22.4. (-1,1 <sup>o</sup> )		EF: 21.10. (-1,4 <sup>o</sup> )			

Station: Zelting, 206 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	4	4	-	-	-	7
Nov	13	8	4	-	-	25
Dez 80	5	7	10	6	3	31
Jan 81	-	3	7	11	10	31
Feb	3	13	10	-	-	26
Mär	7	6	-	-	-	13
Apr	4	3	-	-	-	7
Mai 81	1	-	-	-	-	1
	37	43	31	17	13	141
	LF: 6.5. (-0,1 <sup>o</sup> )		EF: 21.10. (-2,2 <sup>o</sup> )			

Tab. 9 Fortsetzung

Station: Lichendorf, 362 m

Proststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	5	3	-	-	-	8
Nov	11	11	3	-	-	25
Dec 80	6	5	9	10	1	31
Jan 81	-	2	3	12	14 <sup>*</sup> )	31
Feb	2	11	10	4	-	27
Mär	9	9	-	-	-	18
Apr	2	4	-	-	-	6
Mai 81	1	-	-	-	-	1
	36	45	25	26	15	147

LF: 6.3. (-0,4<sup>o</sup>)      EF: 21.10. (-2,0<sup>o</sup>)

Station: Roß bei Straden, 245 m

Proststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	3	4	-	-	-	7
Nov	14	8	4	-	-	26
Dec 80	6	6	11	8	-	31
Jan 81	-	5	8	11	7	31
Feb	2	12	11	1	-	26
Mär	8	9	-	-	-	17
Apr	4	2	-	-	-	6
Mai 81	1	-	-	-	-	1
	38	46	34	20	7	145

LF: 6.3. (-0,3<sup>o</sup>)      EF: 21.10. (-2,3<sup>o</sup>)

Station: Messendorferberg, 429 m

Proststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	2	-	-	-	-	2
Nov	11	6	3	-	-	20
Dec 80	10	4	11	-	-	25
Jan 81	2	8	17	3	-	30
Feb	5	9	6	-	-	20
Mär	4	4	-	-	-	8
Apr	3	-	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	37	31	37	3	-	108

LF: 19.4. (-1,1<sup>o</sup>)      EF: 22.10. (-1,7<sup>o</sup>)

Tab. 9 Fortsetzung

Station: Lahnitzhöhe, 540 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	< -15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt. 80	1	-	-	-	-	1
Nov	8	9	2	-	-	19
Dez. 80	6	2	10	1	-	19
Jan. 81	3	12	12	2	-	29
Feb	5	7	9	-	-	21
Mär	1	5	-	-	-	6
Apr	2	1	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	26	36	33	3	-	98

LF: 19.4. (-1,5<sup>0</sup>)      KF: 22.10. (-0,4<sup>0</sup>)

Station: Kitzack, 510 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	< -15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt. 80	-	-	-	-	-	-
Nov	10	8	1	-	-	19
Dez. 80	6	4	8	-	-	18
Jan. 81	3	12	11	2	-	28
Feb	4	8	9	-	-	21
Mär	4	3	-	-	-	7
Apr	3	-	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	30	35	29	2	-	96

LF: 19.4. (-1,0<sup>0</sup>)      KF: 1.11. (-1,2<sup>0</sup>)

Station: Rogelberg, 460 m						
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	< -15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt. 80	-	-	-	-	-	-
Nov	9	9	1	-	-	19
Dez. 80	6	4	8	-	-	18
Jan. 81	3	10	14	2	-	29
Feb	6	9	6	-	-	21
Mär	4	3	-	-	-	7
Apr	2	1	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	30	36	29	2	-	97

LF: 20.4. (-1,0<sup>0</sup>)      KF: 1.11. (-1,0<sup>0</sup>)

Tab. 9 Fortsetzung

Station:	Waltra, 380 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	<-15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt 80	1	-	-	-	-	1
Nov	11	6	1	-	-	18
Dez 80	6	6	6	2	-	20
Jan 81	4	11	12	3	-	30
Feb	6	12	5	-	-	23
Mär	3	3	-	-	-	6
Apr	1	-	-	-	-	1
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	32	38	24	5	-	99
	LF: 18.4. (-0,9 <sup>0</sup> )		EF: 21.10. (-1,0 <sup>0</sup> )			

Station:	Klösch II, 390 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	<-15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt 80	-	-	-	-	-	-
Nov	10	7	1	-	-	18
Dez 80	7	4	8	-	-	19
Jan 81	4	13	10	2	-	29
Feb	5	11	3	-	-	19
Mär	3	3	-	-	-	6
Apr	1	-	-	-	-	1
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	30	38	22	2	-	92
	LF: 18.4. (-0,8 <sup>0</sup> )		EF: 1.11. (-0,7 <sup>0</sup> )			

Station:	Klösch I, 360 m					
Froststufe:	0/-2 <sup>0</sup>	-2/-5 <sup>0</sup>	-5/-10 <sup>0</sup>	-10/-15 <sup>0</sup>	<-15 <sup>0</sup>	Gesamt
Okt 80	1	-	-	-	-	1
Nov	10	7	1	-	-	18
Dez 80	8	5	10	-	-	23
Jan 81	1	11	15	2	-	29
Feb	7	10	3	-	-	20
Mär	4	3	-	-	-	7
Apr	-	-	-	-	-	-
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	31	36	29	2	-	98
	LF: 27.3. (-1,3 <sup>0</sup> )		EF: 21.10. (-2,0 <sup>0</sup> )			

Tab. 9 Fortsetzung

Station: Rosenberg, 450 m

Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	-	-	-	-	-	-
Nov	7	10	1	-	-	18
Dez 80	6	4	7	1	-	18
Jan 81	4	12	9	2	-	27
Feb	5	13	1	-	-	19
Mär	3	3	-	-	-	6
Apr	1	-	-	-	-	1
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	26	42	18	3	-	89
	LF: 18.4. (-1,0 <sup>o</sup> )		EF: 2.11. (-1,0 <sup>o</sup> )			

Station: Kezmar bei Deutschlandsberg, 560 m

Froststufe:	0/-2 <sup>o</sup>	-2/-5 <sup>o</sup>	-5/-10 <sup>o</sup>	-10/-15 <sup>o</sup>	< -15 <sup>o</sup>	Gesamt
Okt 80	-	-	-	-	-	-
Nov	9	9	1	-	-	19
Dez 80	4	5	8	-	-	17
Jan 81	5	10	10	2	-	27
Feb	3	8	9	-	-	20
Mär	3	3	-	-	-	6
Apr	3	-	-	-	-	3
Mai 81	-	-	-	-	-	-
	27	35	28	2	-	92
	LF: 19.4. (-0,5 <sup>o</sup> )		EF: 1.11. (-1,5 <sup>o</sup> )			

### 2.2.7.3 Letzter und erster Bodenfrost (Reif)

Für Sonderkulturen, im speziellen Gemüsearten, ist die Kenntnis der Bodenfrostgefährdung von großer Bedeutung. In Österreich wird allerdings nur an wenigen Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik die Messung der "Erdbodentemperatur" mittels eines 5 cm über kurzgehaltenem Rasen waagrecht liegenden Minimumthermometer (eigentlich "Erdbodenminimum") durchgeführt. Bei E. Jesser (1949) findet sich ein Vergleich von Stationen mit unterschiedlichen Differenzen zwischen 2 m Höhe (Hütte) und 5 cm (Boden).

Differenzen hinsichtlich des letzten bzw. ersten Frostes zwischen 2 m (Hütte) und 5 cm über dem Boden.

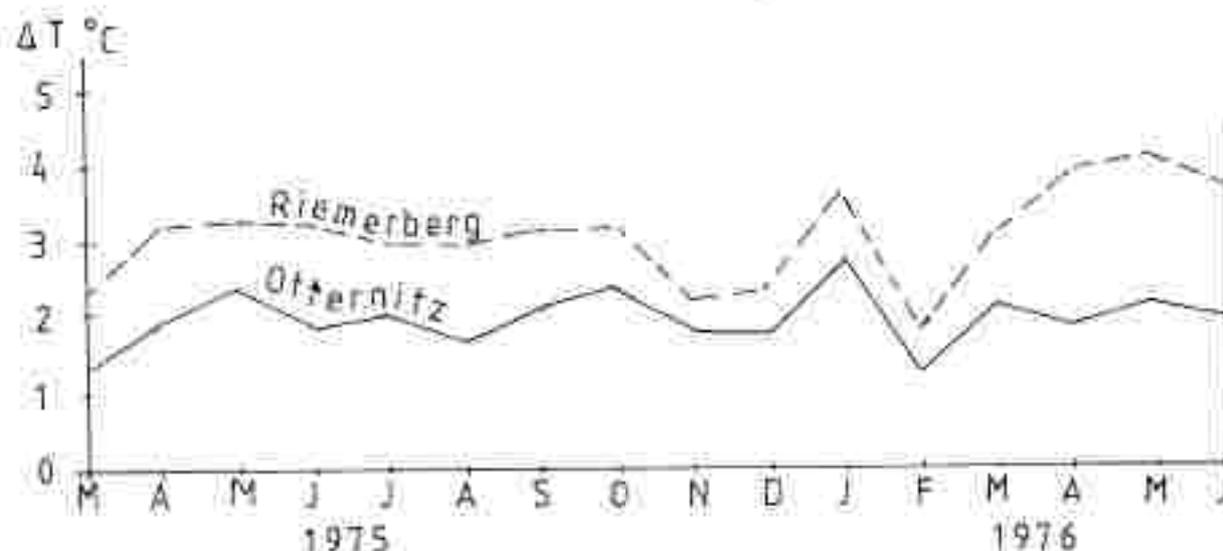
	Sh [m]	letzter Frost 2 m	5 cm	Diff. [d]	erster Frost 2 m	5 cm	Diff. [d]	Gesamtdifferenz (frostfrei Zeit)
Weiz <sup>1)</sup>	480	16.4.	30.4.	14	16.10.	5.10.	11	25
Weiz <sup>2)</sup>	480	22.4.	6.5.	14	18.10.	10.10.	8	22
Riedellagen <sup>3)</sup> Vorland	350- -450	15.4.	3.5.	20	25.10.	11.10.	14	34
Tallagen <sup>3)</sup>	um 250	5.5.	20.5.	15	7.10.	27.9.	10	25

<sup>1)</sup> aus E. Jesser (1949) für die Periode 1940-1948

<sup>2)</sup> nach H. Wakonigg (1978) für die Periode 1951-1970

<sup>3)</sup> extrapoliert auf Grund der Ergebnisse in der Südweststeiermark unter der Berücksichtigung des mittleren absoluten Minimums

Die Differenzen zwischen 5 cm und 2 m Höhe hängen generell von folgenden Faktoren ab. Entscheidend sind zunächst die Wind- und Feuchteverhältnisse in den ersten 10 m über Grund. Bei geringer relativer Feuchte und Windgeschwindigkeit werden sich große Unterschiede einstellen (Riedellagen), wobei auf den Riedeln auch leichter bis mäßiger Wind wehen kann, der die seichte, nur wenige Dezimeter umfassende Schicht



Differenzen zwischen 5 cm und 2 m Höhe der Stationen Otternitz (Tallage, 325 m) und Riemerberg (430 m, Riedellage) von März 1975 bis Juni 1976.

noch nicht erfasst und durchmischt (Differenzen bis zu 6 ° möglich). Bei Windstille wächst die sich abkühlende Luftschicht von unten her und wird immer mächtiger, sodaß schließlich auch die Kütte in den Kaltluftbereich eintaucht. Eine Ausnahme besteht nur an steilen Hanglagen, wo die gebildete Kaltluft abfließen kann. Für Tallagen gilt dies in verstärktem Maße: dort erreicht die Mächtigkeit der Kaltluft mehrere Zehnermeter, in einigen Tälern 100 m und mehr (Jahntal bei Fresing). Es folgt daraus, daß infolge der relativ hohen Luftfeuchte und damit der verminderten Ausstrahlung vom Boden her das Ausmaß der Differenzen gering bleibt, ja bei Talnebel nahe 0 ° gehen kann, vor allem dann, wenn die Nebelbildung früh einsetzt und die Talnebelkaltluft sich noch weiter abkühlt. Im Frühjahr bei später Nebelbildung liegt das Minimum meist noch deutlich tiefer als das Minimum in 2 m Höhe. Ganzheitlich ist demnach in nebelreichen Tallagen mit den geringsten Unterschieden, auf Riedellagen mit den höchsten zu rechnen. Dabei spielt noch die Witterung in den einzelnen Jahreszeiten eine wichtige Rolle. Im Frühjahr überwiegen bei weitem Perioden mit relativ niedriger relativer Feuchte (Föhneffekt), im Herbst dominieren eher windschwache und deutlich feuchtere Verhältnisse, die die Ausstrahlung erheblich dämpfen.

Daneben können noch unterschiedliche Böden einen Einfluß ausüben, der jedoch bei korrekt gehaltener Wiese gering bleiben dürfte.

Schließlich hängt das Ausmaß des Unterschiedes noch von den Strahlungsbedingungen während der Frostnacht selbst ab. Bei Advektivfrost, wie er in Deutschland und im nördlichen Alpenvorland häufiger vorkommt, wird der Unterschied nur gering ausfallen; bei Strahlungsfrost wird er nach vorangegangenen Nordföhn sein Maximum erzielen.

Die Station Weiz charakterisiert die Verhältnisse für eine relativ nebelarme Tallage. Die angegebenen Werte aus beiden Perioden stimmen recht gut überein; für den letzten Frost darf eine Verzögerung von 14, für den ersten Frost eine Verfrühung von 10 Tagen angenommen werden. Für eine "echte" Riedellage sind die Werte noch höher anzusetzen, für die Tallagen etwas niedriger.

Speziell im Bezirk Bad Radkersburg muß in den Seitentälern mit einer Verzögerung des letzten Frostes am Boden gegenüber dem Hüftenfrost von ca. 14 Tagen gerechnet werden. Im Unteren Murtal kann sich dieser Wert geringfügig erhöhen (im Schnitt 13 bis 16 Tage). Auf den Riedeln, speziell auf Riedelrücken in begünstigter Lage, erreicht die Verzögerung ein Ausmaß von 20 bis 24 Tagen. Für den Herbst sind diese Werte für eine Verfrühung um ca. 30 %, der Lage entsprechend, zu erniedrigen.

### 2.2.8 Die aperiodische Tagesschwankung

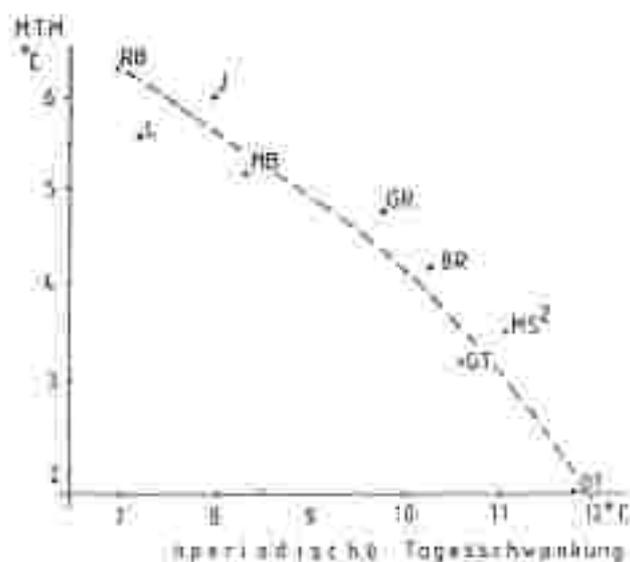


Abb. 9: Zusammenhang zwischen mittlerem täglichem Minimum (Jahr, MTM) und der aperiodischen Tagesschwankung (Jahr).

Tab. 10a: Mittlere aperiodische Tagesschwankung (Juni 1980 bis August 1981).

Monat/Stat.+	OT	GT	LE	BC	BR	LI	Z	RA	Hof	KI	WA	KIL	BA	MB	LH	KR	KB	WB
Juni 80	12,5	11,6	12,3	12,2	11,5	11,2	11,9	11,3	12,1	9,8	7,8	6,8	8,9	10,5	8,9	7,2	-	-
Juli	12,7	12,0	12,3	11,5	11,4	11,5	12,7	12,1	12,5	10,0	8,6	9,0	8,1	10,5	8,6	7,9	-	-
Aug.	11,9	11,8	12,2	10,8	12,0	11,4	12,3	11,7	12,3	9,7	8,7	9,3	8,0	9,9	8,4	7,6	-	-
Sept.	10,1	9,4	10,6	9,8	10,8	10,1	11,0	10,7	11,0	8,8	7,6	7,6	7,2	8,3	7,3	6,4	-	-
Okt.	11,5	10,8	11,1	9,5	10,4	11,1	10,5	10,6	10,3	7,7	7,1	7,2	7,1	8,7	7,9	7,2	7,3	-
Nov.	8,9	7,8	8,7	7,7	8,0	7,4	7,9	8,2	8,1	6,0	5,5	5,1	5,2	6,1	6,0	5,0	4,9	-
Dez. 80	9,3	8,6	10,2	7,2	8,5	9,1	8,4	8,5	7,6	5,7	5,2	5,3	5,0	6,6	6,3	5,2	5,1	6,0
Jän. 81	16,1	13,1	15,2	10,0	12,0	14,3	12,7	10,8	12,7	7,3	6,2	6,2	6,3		7,8	9,1	6,6	7,6
Feb.	11,5	9,3	11,0	7,9	8,6	9,5	8,6	8,9	9,1	6,5	5,2	5,3	5,2	7,7		5,7	6,2	6,7
März	14,0	12,3	13,7	11,3	12,6	12,6	12,8	12,6	13,3	9,6	7,8	8,1	7,8	9,9	7,9	6,8	9,0	8,9
Apr.	14,5	12,9	14,6	12,3	12,8	13,3	13,5	13,7	13,1	9,8	9,0	9,3	8,4	11,7	9,6	8,9	8,4	9,2
Mai	12,5	11,5	12,7	11,3	12,6	12,1	11,3	8,2	13,2	8,8	7,7	9,0		9,8	7,9	7,7	8,6	9,8
Juni	13,6	13,3	12,5	11,6	12,2	12,2	12,6	12,2	-	10,1	8,9	8,4	8,2	10,8	8,6	8,5	9,2	9,8
Juli	13,8	12,9	12,1	12,1	13,4	13,2	13,8	13,5	-	10,1	9,4	9,6	8,0	10,8	8,7	7,7	9,3	10,3
Aug. 81	13,5	12,6	12,7	11,6	12,5	13,7	13,3	12,5	-	9,9	9,4	8,9	8,2	10,5	8,6	7,7	-	9,6

Tab. 10b: Aperiodische Tagesschwankung (1951-1980).

Talstationen	Stütz	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Gras/Thalerhof	362	8,9	9,6	11,2	12,1	12,2	11,7	12,0	11,8	11,7	11,2	8,1	7,7	10,6
Bauf-Badkersburg	206	8,6	8,9	10,5	12,0	12,2	11,7	11,9	11,8	11,6	10,7	7,4	6,6	10,3
Murska Sobota I	191	9,0	9,0	10,5	12,1	12,2	11,9	11,9	11,8	11,7	10,8	7,6	6,8	10,4
Murska Sobota II	184	9,0	9,0	11,7	12,8	12,9	12,4	12,7	12,6	12,7	11,8	7,8	6,8	11,1
Gornja Radgona	205	7,1	8,4	9,8	10,9	11,5	11,3	12,0	11,4	11,2	10,6	7,3	6,6	9,8
Laibnitz	276	9,0	9,5	11,2	12,4	12,7	12,4	12,6	12,3	12,1	11,4	8,0	7,1	10,8
Ottendorf	375	11,0	11,2	12,4	13,4	13,2	12,6	12,9	12,7	12,8	12,1	9,0	8,7	11,8
<u>Kiedestationen</u>														
Gras/Messendorfberg	429	5,9	6,7	8,6	9,8	9,6	9,8	10,2	9,7	9,5	8,6	6,3	5,4	8,7
Laifn/Tabühls	500	5,6	6,0	7,1	8,3	8,2	8,3	8,6	8,0	8,4	7,3	5,4	5,4	7,2
Kranzer/D. Landsberg	500	4,7	5,2	6,6	7,7	7,6	7,7	7,9	7,5	7,5	6,5	4,4	4,0	6,6
Jeruzalem	300	5,6	6,4	7,8	9,4	9,6	9,5	9,7	9,5	9,1	8,0	6,1	5,2	8,0
Klösch I	300	5,7	6,6	8,1	9,7	9,8	9,8	10,0	9,5	9,4	8,2	6,1	5,3	8,2
Klösch II	390	5,3	6,0	7,3	8,8	8,7	8,8	9,1	8,4	8,5	7,5	5,4	4,9	7,5
Rosenberg	450	4,9	5,6	6,8	8,1	8,1	8,1	8,4	8,0	7,9	7,1	5,0	4,7	7,0

Mit gewissen Einschränkungen lassen sich die Ergebnisse der Kaltluftkarte auf die Verteilung der Tagesschwankung der Temperatur anwenden. In Abb.9 (S.55) erkennt man den nicht ganz linearen Zusammenhang zwischen dem mittleren täglichen Minimum/Jahr und der aperiodischen Tageschwankung. Demnach weisen tatsächlich die kaltluftgefährdeten Tallagen auch eine entsprechend hohe Tagesamplitude auf, während der Tagesgang auf den Kammlagen sehr flach verläuft. Im Vorland wird der Wert der Station Rosenberg ( $7^{\circ}$ ) nur noch vom Schöckl mit  $5,9^{\circ}$  unterboten (H. Wakonigg, 1978).

Aus der Legende zur Kaltluftgefährdung entnimmt man ferner, daß die Spannweiten in den Zonen der Tallagen (Zonen 1-4) wegen der nur gering variierenden Maxima bedeutend kleiner sind als in den Zonen der Riedellagen, wo neben der zunehmend geringer werdenden Kaltluftgefährdung auch die Maxima mit der Seehöhe abnehmen und daher rascher den Tagesgang dämpfen. Außerdem muß in Südexpositionen infolge Überwärmung mit Zuschlag bis etwa  $0,7^{\circ}$ , in Nordexpositionen mit einem Abzug im selben Ausmaß bei der Tagesschwankung gerechnet werden. Die Ergebnisse aus dem Beobachtungszeitraum bzw. für die Periode 1951-1980 sind jeweils in den Tab. 10a und 10b zusammengefaßt.

## 2.3 Die Temperaturmaximalkarte

### 2.3.1 Die Lage des Untersuchungsgebietes bezüglich der $24^{\text{h}}$ -Temperaturen und der Temperaturmaxima innerhalb des Vorlandes, speziell bei Schönwetterperioden

Die Bedeutung der Temperaturgunstverhältnisse erkennt man daran, daß bei der amtlichen Bodenschätzung die  $14^{\text{h}}$ -Temperatur in der klimatischen Bewertung eines Standortes eine entscheidende Rolle spielt (Differenzierung nach Klimastufen; Steiermarkatlas, Ornig 1968). Die  $14^{\text{h}}$ -Temperaturen weichen dabei nur wenig von den Maxima ab (in Tallagen um  $1-2^{\circ}$ , auf den Riedeln um  $0,5 - 1,5^{\circ}$  niedriger). Für die Sonderstationen wurden deshalb die Maxima ausgewertet und mit jenen aus dem amtlichen Netz verglichen (Tab. 11). Bemerkenswert war die Tatsache, daß bei Hochdruckwetterlagen besonders im Frühsommer die Temperaturmaxima im Grazer Feld die Werte des Unteren Mur-

tales erreichten bzw. sogar übertrafen. Daraufhin wurden sämtliche amtliche Stationen im Vorland hinsichtlich ihres 14<sup>h</sup>-Temperaturverhaltens bei sommerlichem Schönwetter analysiert. Die Ergebnisse lassen auf eine Überwärmung des Alpenrandes im Abschnitt Stainz-Graz-Weiz schließen (der Raum Köflach-Voitsberg inbegriffen). Relativ (auf dieselbe Seehöhe bezogen) am kühleren schnitten Stationen im östlichen Teil des Vorlandes. Insbesondere Waltra, ab. Tab. 12 enthält nun einen Vergleich der Maxima während einer Schönwetterperiode im Juni 1980. Der Thalerhof verzeichnete dabei um 1-2 ° höhere Werte, am 14. war sogar die Station Zeltweg um 1 ° wärmer. Die südlichere Lage und die geringere Seehöhe bedingen demnach nicht immer höhere Temperaturen.

Tab. 12: Vergleich der Temperaturmaxima im Vorland während einer sommerlichen Schönwetterperiode (antizyklonale Südströmung) vom 12.-15. Juni 1980.

Station	Sh [m]	12.6.	13.6.	14.6.	15.6.	
Bad Radkersburg	206	28.1	29.8	31.0	29.8	
Zelting	208	28.3	30.2	31.2	30.6	
Bad Gleichenberg	292	28.0	28.4	30.3	31.0	
Lichendorf	242	27.8	28.6	31.0	31.2	
St. Peter/Ottersbach	270 (+)	30.1	30.7	31.8	33.3	
Leibnitz	276 (+)	30.1	30.6	33.2	31.9	
Graz/Thalerhof	342	29.9	29.8	32.8	31.2	[°C]
Otternitz	325	28.4	28.3	32.0	29.5	
Messendorfberg	429	28.3	27.9	30.7	30.8	
Laßnitzhöhe	540	26.4	27.0	29.5	30.2	
Kraxner	560	26.0	26.5	29.5	29.0	
Wiel	900	23.3	24.1	27.6	25.5	
Schöckl	1432	19.1	19.1	22.0	20.0	
Zeltweg	677	28.0	29.0	32.0	28.0	

Windverhältnisse (13<sup>h</sup>) [km/h] Thalerhof:

SE/13 E/14 SE/13 C

Bad Gleichenberg:

S/16 S/9 S/24 SE/16  
(19<sup>h</sup>  
S/33)

Tab. 11: Mittlere tägliche Maxima (Neobachtingzeitraum Juni 1980 bis August 1981).

Monat/Stat.	OT	GT	LE	EG	BR	LI	Z	MA	Hof	KI	WA	KII	RB	MB	LF	KR	KB	MR
Juni 80	22,2	22,6	23,6	23,5	22,9	21,9	22,0	23,0	22,6	22,4	20,5	21,5	21,8	22,1	20,8	19,7	-	-
Juli	23,3	23,4	24,8	23,5	24,4	23,1	26,5	24,3	23,9	23,9	22,6	23,0	22,5	23,2	21,8	21,3	-	-
Aug.	24,1	24,7	25,8	24,5	25,5	24,7	25,3	25,0	25,0	24,9	23,6	24,2	23,6	26,0	23,0	22,4	-	-
Sept.	19,4	19,5	20,9	19,8	20,8	20,2	20,8	20,4	20,6	20,0	18,9	19,4	19,0	19,3	18,5	18,1	-	-
Okto.	14,3	14,1	15,2	14,3	15,0	15,0	14,7	15,0	14,7	14,0	13,3	13,6	13,5	13,7	13,5	13,0	13,2	-
Nov.	5,5	5,3	6,3	6,2	6,4	5,2	5,9	6,2	6,0	6,2	5,7	5,7	5,7	5,4	5,7	5,4	5,2	-
Dez. 80	1,4	2,1	3,8	2,4	2,3	2,0	1,4	2,0	1,4	3,7	2,7	3,1	3,7	3,6	3,9	3,6	3,0	3,6
Jän. 81	2,1	1,7	2,6	2,3	2,0	0,9	1,1	0,5	2,0	2,3	1,4	1,8	2,4	2,0	2,7	2,2	1,3	2,0
Feb.	4,1	4,4	5,9	4,8	4,9	4,0	4,8	4,7	4,7	4,8	3,7	4,2	4,1	5,1	4,4	3,8	4,0	4,7
März	12,4	12,8	14,1	13,6	14,0	13,8	13,8	13,8	13,8	13,6	12,0	12,4	12,1	12,9	11,9	10,8	12,2	12,4
Apr.	15,6	16,0	17,3	16,4	18,6	16,2	16,5	16,7	16,4	16,1	15,0	15,4	15,0	16,0	14,6	14,2	15,1	14,0
Mai	19,0	19,8	20,8	20,0	20,8	20,0	19,2	20,7	20,5	19,8	17,8	19,1	18,5	19,0	17,5	17,2	18,0	18,0
Juni	23,7	24,4	24,9	24,0	24,7	24,3	24,7	24,6	-	23,8	22,5	23,1	22,5	23,8	22,1	22,0	22,6	22,6
Juli	24,4	24,5	25,7	24,8	25,4	25,0	25,6	25,3	-	24,4	23,8	24,2	23,2	24,0	22,6	22,0	23,3	23,6
Aug. 81	24,3	24,5	25,3	24,7	25,0	25,0	25,1	25,0	-	24,5	23,6	23,8	23,1	24,1	23,0	22,4	23,4	23,7

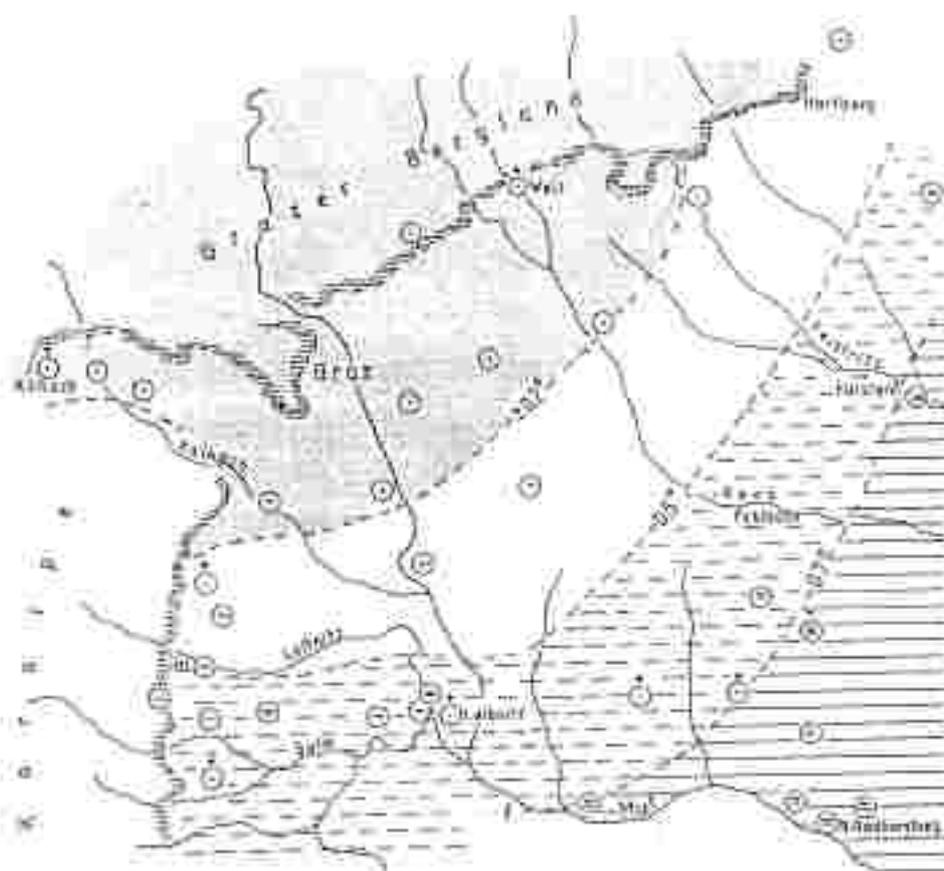


Abb. 10: Mittlere Temperaturabweichung der potentiellen mittleren täglichen Maxima aus strahlungsreichen und warmen Monaten (April bis September) unter Zugrundelegung eines Temperaturgradienten von  $-0,8^{\circ}/100\text{ m}$  und der Bezugsstationen Graz/Thalerhof (342 m, für die Talstationen) und Graz/Messendorfberg (429 m, für die Kiebelstationen).

#### Erläuterung der Symbole

Stationen	Abweichung im mittl. tägl. Max.	Abweichung im mittl. Max. einer Schönwetterperiode
	-0,2 bis +0,2	-0,4 bis +0,2
	-0,6 bis -0,2	-1,0 bis -0,4
	-1,0 bis +0,6	-1,5 bis -1,0
	-1,4 bis +1,0	-2,0 bis -1,5
+	Station mit Überwärmung (schützte Lage bzw. Exposition)	
-	Station mit Abzug im Maximum	

#### Anmerkung zum Temperaturgradienten:

Speziell in der Grazer Bucht muß mit stärkerer Temperaturabnahme gerechnet werden (um  $-1,0^{\circ}/100\text{ m}$ ).

In einer Karte (Abb. 10) wurde nun versucht, die Abweichungen hinsichtlich der Maxima aus sommerlichen Schönwetterperioden bzw. der mittleren täglichen Maxima aus Giesen Monaten vom Basisprofil Thalerhof (342 m, für die Talstationen) - Messendorfberg (429 m, für die Riedelstationen) darzustellen. Leider mußte bei der Auswertung mehrfach festgestellt werden, daß durch Stationsverlegungen Veränderungen im  $14^{\text{h}}$ -Temperatur- bzw. Maximum-Verhalten eintreten, die ein beträchtliches Ausmaß annehmen können. So wies beispielsweise die Station Würtherberg bis 1976 positive Abweichungen, danach deutliche negative Abweichungen zu Messendorfberg auf (Gesamtdifferenz  $0,8 - 1,2^{\circ}$ ). Ferner wurden standortbedingte Abweichungen, wie etwa die Überwärmung von ca.  $0,5^{\circ}$  in Leibnitz, berücksichtigt. Insgesamt zeigt die Karte eine deutliche Zunahme der Temperatur vom Vorland zum Alpenrand, wobei allerdings nur der Abschnitt Graz-Weiz bzw. das Köflich-Voitsberger Becken am günstigsten abschneiden. Durch die vermutlich geringere Stauwirkung der vorherrschend aus dem Sektor Süd bis Ost wehenden Winde liegen die  $14^{\text{h}}$ -Temperaturen im Bereich des Koralpenrandes merklich niedriger als in der Grazer Bucht. Die Stationen im Osten, aber auch im Südosten, zeigen die stärksten negativen Abweichungen (z.B. Bad Radkersburg in einzelnen Perioden  $1 - 1,5^{\circ}$ , im mittleren täglichen Maximum  $0,8 - 1,2^{\circ}$ , im selben Ausmaß etwa auch Fürstenfeld). Die Überwärmung der oben genannten Abschnitte des Vorlandes, insbesondere der Grazer Bucht, führt letztlich zu verstärkter Cb-Bildung und Gewittertätigkeit, während der Osten und Südosten noch nahezu wolkenfrei sein können (deshalb auch die höheren Werte der relativen Sonnenscheindauer im Klöcher Raum). Bemerkenswert ist jedoch, daß die Überwärmung der inneralpinen Tallagen (z.B. Zeltweg) so weit gehen kann, daß die Maxima gleich hoch, in einigen Fällen sogar darüber liegen können (z.B. Maxima vom 3.8.1980 Thalerhof  $30^{\circ}$ , Zeltweg  $32^{\circ}$ ).

Umgekehrt genießt der Südosten des Vorlandes eine Gunst bei kühlen Rückseitenwetterlagen. Gerade in schlechten Weinjahren mit häufigen Kaltlufteinbrüchen schnitten die Anbaugelände im Klöcher Raum noch am besten ab (erläutert in Abschn. 2.4.7, S.102).

### 2.3.2 Berechnung des vertikalen Temperaturgradienten

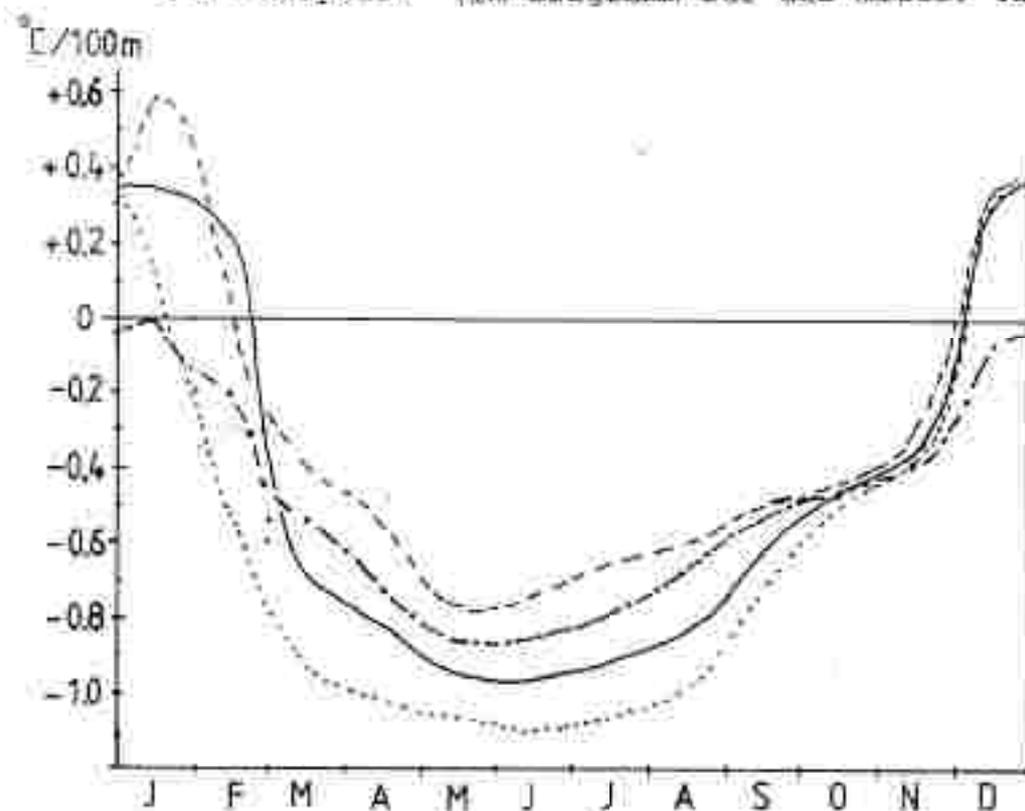
Für die Ermittlung der  $14^h$ -Temperaturen bzw. der mittleren täglichen Maxima war die Bestimmung der vertikalen Temperaturgradienten während der einzelnen Jahreszeiten notwendig. Da im Untersuchungsgebiet Stationen in höherer Riedellage fehlen, wurde auf das Profil Graz/Thalerhof-Messendorfberg-Laßnitzhöhe zurückgegriffen und aus der Periode 1976-1980 der Temperaturgradient errechnet (graphische Darstellung in Abb. 11). Entscheidend dafür war die neutrale Kuppenlage der Station Laßnitzhöhe. Im Jahresgang des vertikalen Temperaturgradienten stellt sich im Frühsommer ein Maximum ein, wobei häufig am frühen Nachmittag labile Verhältnisse in den untersten Hektometern bestehen (im Mittel  $-0,95 \text{ }^\circ/100 \text{ m}$  zwischen Thalerhof und Laßnitzhöhe). Daraus resultiert letztlich die hohe Gewitterbereitschaft zu dieser Tageszeit. Schon im August nimmt der Anteil an stabilen Schönwetterlagen zu, der Gradient wird zusehends flacher; im Herbst beträgt die durchschnittliche Temperaturabnahme nur noch etwa  $0,5 \text{ }^\circ/100 \text{ m}$  (Oktober). Sie sinkt im Spätherbst rasch ab; im Dezember tritt dann eine Umkehrung der Verhältnisse ein, wobei mit positiven Temperaturgradienten bis zu  $0,5 \text{ }^\circ/100 \text{ m}$  gerechnet werden muß (winterliche Inversionswetterlagen). Aus dem Vergleich der drei Kurven in Abb. 11 ersieht man ferner, daß der Gradient zur Station Messendorfberg flacher verläuft (schwache Überwärmung, vermutlich infolge zu geringer Ventilation - Waldnähe).

Für die Verhältnisse im Klöcher Raum müssen jedoch noch die Ergebnisse aus dem Sondernetz und des Stationsvergleiches im Vorland berücksichtigt werden. Wegen der höheren Windgeschwindigkeit im Klöcher Raum darf angenommen werden, daß der Anteil der labilen Schichtung<sup>1)</sup> merklich geringer ist als in der Grazer Bucht. Deshalb würde eine Übertragung dieser

<sup>1)</sup> Der Zusammenhang Windgeschwindigkeit und Temperaturgradient wird in der Tab. 6 der ÖNORM M 9440 (Ausbreitungsrechnung) genau erläutert.

relativ starken Gradienten, besonders im Frühsommer, zu einer Fehleinschätzung der Temperaturgunstverhältnisse führen. In der Abb. 11 sind die für den Bezirk Radkersburg angenäherten Werte enthalten. Bei einem Vergleich verringert sich der Gunstvorsprung der Gräzer Bucht auf wenige Zehntel Grad (für die Tal- und niederen Hiedellagen beträgt er noch 0,5 bis 0,70 (im Sommer).

Abb. 11: Vertikale Temperaturgradienten für das mittl. tägl. Maximum bzw. die mittl. 14<sup>h</sup>-Temp. (Jahresgang) an Hand ausgewählter Stationspaare (im Diagramm für das mittl. tägl. Max.)



Graz/Thalerhof(342m) - Laßnitzhöhe (540m) ———  
 Graz/Thalerhof(342m) - Messendorfberg (429m) - - - -  
 Messendorfberg(429m) - Laßnitzhöhe (540m) .....  
 Bad Radkersburg (208m) - Rosenberg (450m) (interpoliert) - · - · -

Stationspaar	Temp. grad. °C/100m mittl. tägl. Max. (IV-VIII)	Temp. grad. °C/100m mittl. 14 <sup>h</sup> -T. (IV-VIII)
Thalerhof-Laßnitzhöhe	-0,89	-0,89
Thalerhof-Messendorfberg	-0,67	-0,55
B. Radkersburg-Rosenberg	-0,76	-0,72

### 2.3.3 Die Überwärmung von Hängen

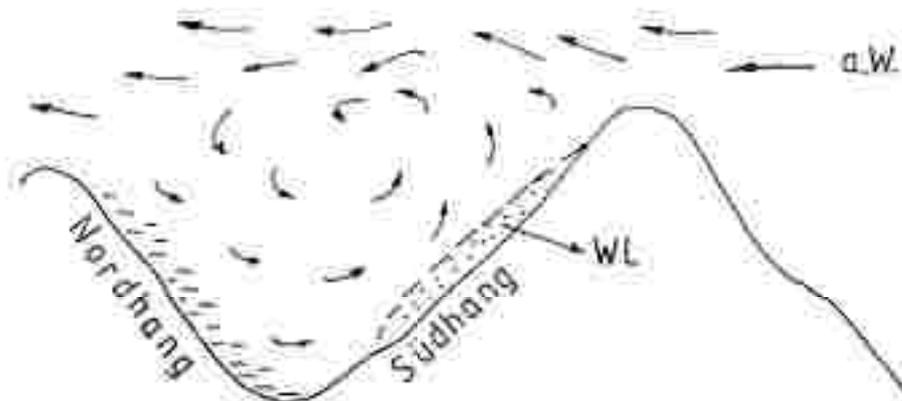
Aus Messungen in der Südweststeiermark, aber auch schon von früheren kleinklimatischen Studien (S. Morawetz, 1952), ist die Überwärmung an südexponierten Hängen bekannt geworden. Das Ausmaß hängt dabei von der Form des Hanges (konkav, konvex), der Hanglänge und der Windoffenheit (z.B. Gegenhang vorhanden) ab. Weiters spielt die Kulturart (als Faktor der Bodenreibung für den Windeinfluß) eine wesentliche Rolle. Eine maximale Überwärmung darf nach bisherigen Ergebnissen für eine nach SSW orientierte Hangmulde mit etwa  $20^\circ$  Neigung (und nach oben durch Wald abgeschlossen) erwartet werden: das Ausmaß beträgt dabei  $1,0 - 1,5^\circ$  im mittleren Maximum. Diese Bedingungen sind am ehesten in einer größeren Waldlichtung an einem Südhang realisiert: diese Bestandsklimata findet man auch bei R. Geiger (1961) wieder.

Speziell im Bezirk Radkersburg gibt es jedoch kaum derartige Extremstandorte: es überwiegen sogar die windoffenen Südlagen, vor allem im Raum Seindl-Klösch. Dort erreicht das Ausmaß der Überwärmung gegenüber Lagen in gleicher Seeshöhe nur noch  $0,3 - 0,5^\circ$ . Diese Werte beziehen sich auf die Meshöhe von 2 m über Grund und müssen für geringere Höhen, speziell für den Weinbau etwa 1 m - noch um  $1-2^\circ$  erhöht werden. In weiterer Folge tritt eine exponentielle Zunahme der Temperatur bis zur Bodenoberfläche ein (nach Morawetz, 1952, sind  $20^\circ$  keine Seltenheit). Diese bodennahe Schicht zeigt demnach extreme labile Verhältnisse. Zur "Abhebung" einer sogenannten Warmluftblase kommt es jedoch erst dann, wenn der überwärmte Luftkörper groß genug wird und die Bodenreibung überwindet. Damit setzt der Hangaufwind ein, den man vor allem bei ruhigem Spätsommerwetter deutlich spürt, wenn er die überwärmte Luft bis zu den Riedelrücken hangaufwärts bewegt. Dieser Prozeß der Warmluftablösung vom Hang wird auch als Thermik bezeichnet; sie ist im großen Stil an langen Südfanken von Bergen anzutreffen, insbesondere am Alpenrand bzw. am Alpenhauptkamm. Die Segler suchen bevorzugt diese Aufwindbereiche (Vertikalkomponente bis zu mehreren Metern

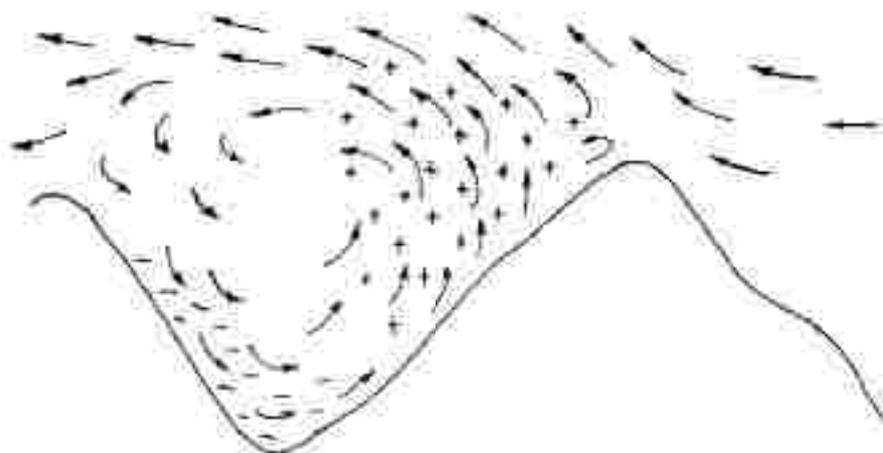
pro Sekunde) auf, um Höhe zu gewinnen. Abb. 12 veranschaulicht schematisch den Sachverhalt, wobei eine Gliederung des Prozesses in zwei Phasen sinnvoll erscheint.

Abb. 12: Überwärmung von Hängen und Entstehung des Hängaufwindes.

- a) Phase 1 "Aufheizung" bzw. "Ruhephase";  
 (nur schwache Winde vorherrschend, mit Ausnahme des Riedelrückens selbst - a.W. = angenommene Windströmung aus N mit ca. 2-4 m/sec; punktierter Bereich = überwärmte Hangluft (W.L. = "Warmluftthaut"); am Nordhang kühlere Luft (---) infolge ungünstiger Einstrahlung).



- b) Phase 2 "Ablösung" bzw. "bewegte Phase", Thermik;  
 (der Impuls der erwärmten Hangluft genügt zum Aufsteigen, dabei am Hang selbst Abkühlung durch nachströmende kühlere Luft vom Nordhang her; bei stärkerem Wind Ausbildung eines Rotors).



Der Temperaturverlauf an einem Südhang ist deshalb weit unruhiger als auf dem Riedelrücken, wo es durch die höhere Windintensität zur "Verblasung" des Temperaturmaximums kommt. Deutlich lassen sich diese ausgeprägt flachen Maxima an der Station Rosenberg verfolgen; der Temperaturunterschied zwischen 14<sup>h</sup> und dem Zeitpunkt des Maximums schrumpft auf wenige Zehntel Grad zusammen.

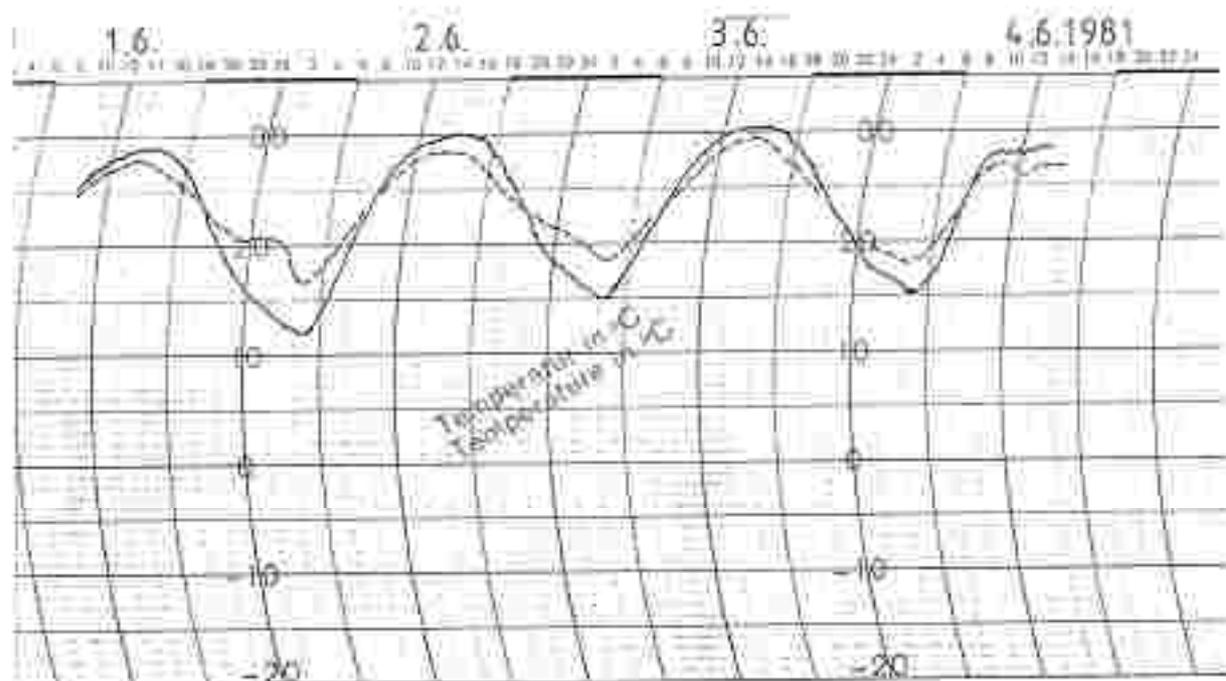


Abb. 13: Tagesgang der Temperatur bei hochsommerlichem Schönwetter an ausgewählten Stationen in Klöcher Raum.

(durchgezogene Linie - Zeltling, 206 m  
strichlierte Linie - Klösch II, 390 m)

Anmerkungen: Zu beachten sind das verspätete Maximum (gegen 16 Uhr) an der Talstation Zeltling und das Maximum an der Riedelstation Klösch II (gegen 14 Uhr); der Zeitbereich mit der stärksten Temperaturabnahme (zum Teil schwach labil  $< -1,0$  °/100 m) und damit der intensivsten vertikalen Durchmischung (meist bei Talwind aus SE) umfasst den Nachmittag von 14-18 Uhr; zwischen 22 und 9 Uhr herrscht generell Inversion vor (Riedel bis zu 7 ° wärmer als Talsohle).

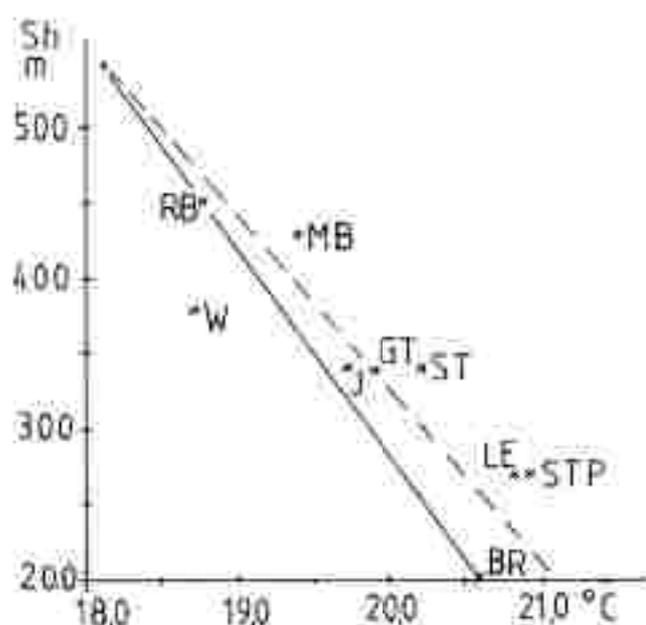


Abb. 14: 14<sup>h</sup>-Temperatur (April-August) für neutrale Lagen (unter Zugrundelegung eines Temperaturgradienten von  $-0,72^{\circ}/100\text{ m}$ ). Strichliert für die Grazer Bucht, durchgezogen für den Raum Klöchi.

In Abb. 14 wurde außerdem für neutrale Lagen die Abnahme der 14<sup>h</sup>-Temperatur mit der Seehöhe dargestellt und durch die Lage der einzelnen Stationen bezüglich der Gradienten ergänzt. Als wichtigste Folgerung aus der Übersicht in Tab. 15 (S. 71) ergibt sich die Tatsache, daß ohne Kenntnis der genauen Lage der Stationen beträchtliche Fehlinterpretationen bezüglich des Datenmaterials möglich sind. So wirkt sich die Überwärmung auch im Monats- und Jahresmittel der Temperatur aus.

In der Temperaturmaximalkarte wurde deshalb dem Expositionseinfluß weitgehend Rechnung getragen. Für die windoffenen Südlagen gab es eine Erhöhung um  $0,2-0,5^{\circ}$ , für die windgeschützten Hangabschnitte eine solche um  $0,5-0,8^{\circ}$ . In die Karte wurden ferner die Ergebnisse der 14<sup>h</sup>-Temperaturen (April/August) aufgenommen, die für die Bodenschätzung eine wichtige Rolle spielen. Die mittleren täglichen Maxima von März bis November dienen hingegen wieder als Grundlage für die Temperaturgunstzonenkarte.

Tab. 13: Mittlere tägliche Maxima (Periode 1951-1980).

Talstationen	Sh(m)	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	IV-VIII	Diff. zu 10h-Temp.
Graz/Dalorhof	342	0,9	4,3	9,6	15,0	19,6	23,0	24,5	23,8	20,4	14,9	7,8	2,2	13,8	21,2	1,3
Süd Radkersburg	206	2,1	5,0	10,2	15,6	20,2	23,5	25,0	24,4	21,0	15,4	8,6	3,2	14,5	21,8	1,2
Murska Sobota I (c.II) <sup>1)</sup>	191	1,6	4,9	10,3	15,7	20,2	23,5	25,0	24,5	21,0	15,5	8,6	3,2	14,5	21,8	1,2
Gornja Radgma	205	2,0	5,4	10,3	15,4	20,2	23,6	25,2	24,0	21,1	15,8	8,7	3,2	14,6	21,8	-
Leibnitz (+)	276	2,0	5,1	10,4	15,8	20,5	24,0	25,5	24,7	21,3	15,7	8,7	3,2	14,7	22,2	1,4
Ottremitz	325	1,1	4,3	9,2	14,5	18,9	22,4	24,0	23,4	20,3	14,8	7,9	2,3	13,6	20,6	-
<b>Riedelationen:</b>																
Graz/Messendorfberg	429	1,5	4,3	9,2	14,5	18,8	22,3	23,9	23,2	19,9	14,4	7,5	2,5	13,5	20,5	1,1
Lafnitzhöhe <sup>2)</sup>	540	1,6	3,8	8,2	13,4	17,7	21,1	22,7	22,1	19,2	14,0	7,4	2,9	12,8	19,6	1,3
Kraimer/D. Landsberg (-)	560	1,5	3,6	7,7	12,9	17,2	20,6	22,2	21,5	18,5	13,0	6,5	2,2	12,4	18,9	-
Jeruzalem (+)	340	2,0	4,8	9,4	14,7	19,3	22,7	24,3	23,8	20,3	14,9	8,5	3,4	14,0	21,0	1,3
Klüch I <sup>1)</sup>	340	2,0	4,9	9,6	14,9	19,6	22,9	24,6	23,8	20,5	15,0	8,3	3,3	14,1	21,1	1,3
Klüch II <sup>1)</sup>	390	2,0	4,6	9,2	14,3	18,7	22,2	23,8	23,1	19,9	14,4	7,8	3,1	13,6	20,6	1,2
Rosenberg <sup>1)</sup>	450	2,1	4,4	8,0	13,9	18,2	21,6	23,3	22,7	19,5	14,1	7,6	3,0	13,3	19,9	1,1

Erläuterungen:

- (+) Station mit Überwärmung
- (-) Station mit Abzug im Maximum

- 1) Werte auf die Periode 1951-1980 extrapoliert
- 2) reduziert aus 1976-1981 mit Hilfe von Graz-Messendorf
- 3) die Werte von Murska Sobota I und II sind nahezu identisch

Tab. 14: 14<sup>h</sup>-Temperaturen (1951-1980).

Talstationen	Shiml	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	IV-VIII
Gras/Thalerhof	342	8,4	13,8	18,2	21,5	23,1	22,7	19,3	14,1	19,9
Bsd Radkeraburg	206	9,0	14,6	18,8	22,7	23,9	23,4	19,9	14,6	20,6
Lehnitz (+)	276	9,1	14,6	19,1	22,5	24,2	23,6	20,3	15,0	20,0
Lichenndorf	242	8,8	14,3	18,6	21,9	23,7	23,2	19,7	14,4	20,3
Murava Sobota	184	9,1	14,6	18,9	22,3	23,9	23,5	20,0	14,7	20,6
St. Peter/Ottarshach (+)	270	9,2	14,7	19,1	22,6	24,2	23,7	20,3	15,1	20,9
<u>Riedelstationen</u>										
Gras/Messendorferberg	629	8,3	13,3	17,7	21,0	22,6	22,2	18,9	13,7	19,4
Laßnitzhöhe	540	7,1	11,9	16,4	19,7	21,4	21,0	17,9	13,2	18,1
Straten (+)	340	9,0	14,0	18,5	21,8	23,6	23,1	19,7	14,5	20,2
Klößch I (+)	340	8,7	13,7	18,2	21,4	23,1	22,7	19,4	14,2	19,8
Klößch II	390	8,0	13,1	17,4	20,8	22,4	22,1	18,8	13,7	19,2
Maltra (-)	180	7,6	12,5	17,0	20,2	21,9	21,6	18,4	13,2	18,7
Jeruzalem (+)	360	8,6	13,6	18,1	21,3	23,0	22,6	19,4	14,2	19,7
Rosenberg	650	7,6	12,6	16,9	20,3	22,1	21,7	18,4	13,4	18,8

2.3.4 Die mittleren täglichen Maxima bzw. die  $14^{\text{h}}$ -Temperaturen als Maß für die Gunstverhältnisse tagsüber:

Aus den Tab. 11, 13 und 14 ersieht man, daß eine Differenzierung der Stationen hinsichtlich Überwärmung bzw. Abzug im Maximum vorgenommen wurde: alle anderen Stationen sind als "neutral" anzusprechen. Die Gründe für die Abweichungen bzw. das Ausmaß derselben von den neutralen Werten sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Tab. 15: Stationen mit Überwärmung bzw. mit Abzug im Maximum.

Station	Sh[m]	Ursache der Überwärmung bzw. des Abzuges	Ausmaß der Abweichung [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Leibnitz	276	windgeschützte Lage im Klostergarten	+0,4/0,5 (im Juni/Juli bis +0,6)
St. Peter/ Ottersbach	270	windgeschützte Lage in einem Hof	+0,4/+0,5
Straden	340	Lage an der Südflanke des Saxianiberges	+0,5/+0,6
Waltra	380	schattige Lage (Bäume) an nordostexponiertem Hang	-0,5
Messendorfberg	429	ostseitige Riedelrückenlage mit Wald in der Nähe, geringere Ventilation	+0,2/0,3 (gegenüber Profil Thalerhof-Leibnitzhöhe gegenüber Klöcher Rasm. 0,5/0,6)
Jerusalem	340	genaue Lage unbekannt (Südosthang vermutet)	+0,2
Klöcher I	340	windoffener Südhang	+0,3

## 2.3.5 Zahl der Sommertage

### 2.3.5.1 Definition und Vorbemerkungen

#### a) Erläuterungen

Unter Sommertagen werden jene Tage verstanden, an welchen die Temperatur zu irgendeinem Zeitpunkt wenigstens  $25^{\circ}$  erreicht oder überschreitet, unabhängig von der tatsächlichen Höhe der Überschreitung bzw. von deren Dauer, wie auch unabhängig von den sonstigen Witterungsbedingungen.

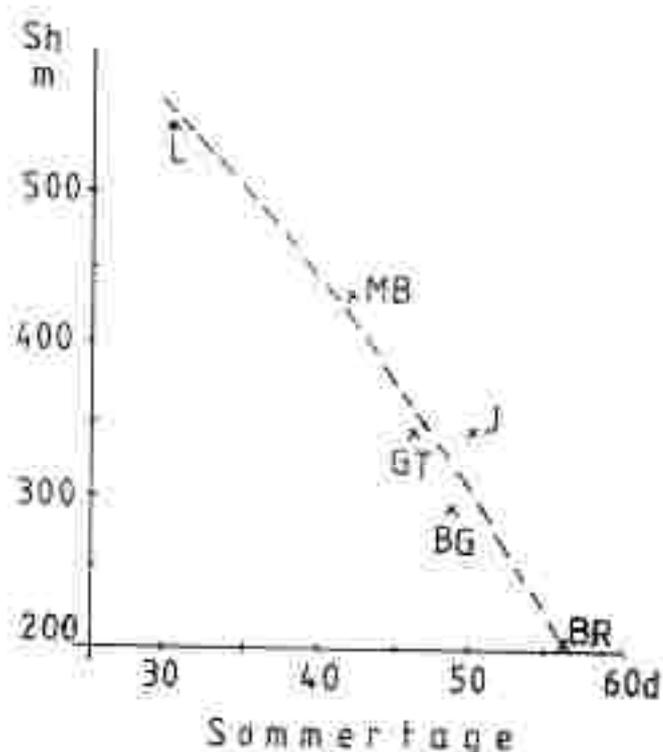
Tage mit Temperaturen von wenigstens  $30^{\circ}$  werden - ebenfalls nicht ganz befriedigend - als "Tropentage" bezeichnet. Sie sind sinngemäß in der Zahl der Sommertage (ebenso wie die "Eistage" in der Zahl der Frosttage) enthalten und werden hier nicht näher untersucht.

Normalerweise werden die Sommertage durch Registrierung mit dem Maximumthermometer (wie üblich in der Hütte) ermittelt, wodurch wieder nur Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik verwendet werden konnten und daher auf weiter entfernt liegende Stationen zurückgegriffen werden mußte.

Da das Ereignis eines Sommertages im Klima des Untersuchungsraumes (wie generell in Mitteleuropa) weitgehend durch die Bedingungen während der wärmsten Tagesstunden, meist sogar bei ausgesprochenem Schönwetter mit starker Einstrahlung bestimmt wird, ist die Zahl der Sommertage (ähnlich wie die der Frosttage) gegenüber geländeklimatischer Eigenheiten bzw. Besonderheiten der Aufstellung der Thermometerhütte und der Gestaltung ihrer Umgebung sehr empfindlich, insbesondere was die Exposition, den Untergrund und die bauliche Gestaltung der Umgebung betrifft. So kann die Zahl der Sommertage durch zu schattige oder nordexponierte wie auch zu windexponierte Standorte gegenüber den zu erwartenden "umgebungstypischen" Werten

zu niedrig bleiben, bzw. bei Südexposition, Standorten in praller Sonne oder bei reflektierenden Hauswänden deutlich zu hoch ausfallen (wie z.B. in Leibnitz). Bei weitgehend neutraler Stationslage nimmt die Zahl der Sommertage in der Steiermark mit zunehmender Seehöhe verzögert ab.

Abb. 15: Abnahme der Zahl der Sommertage (1951-1980) mit zunehmender Seehöhe.



Die jahreszeitliche Verteilung der Sommertage zeigt keine Besonderheiten; sinngemäß konzentrieren sie sich auf die Hochsommermonate. In den tiefsten Lagen des Untersuchungsgebietes sind Sommertage im März als einmalige Zufallsergebnisse in mehreren Jahrzehnten gerade noch möglich. Im April sind sie schon in jedem 2. bis 3. Jahr zu erwarten, wobei sich im Durchschnitt 1-2, maximal 5 Sommertage einstellen. Im Mai sind Sommertage fast alljährlich mit durchschnittlich 4-5, maximal etwa 15 Tagen, zu erwarten, der Juni bringt 5-22, durchschnittlich 12-13, der Juli 7-25, durchschnittlich 17-18, der August 1-25, durchschnittlich

14-15. und der September 0-15. durchschnittlich 5-6 Sommertage, während sie im Oktober nur etwa jedes 3. bis 4. Jahr zu erwarten sind, wobei sich ein Durchschnitt von einem halben Tag bei einem Maximum von 3-4 erwarten läßt.

## b) Die Ergebnisse

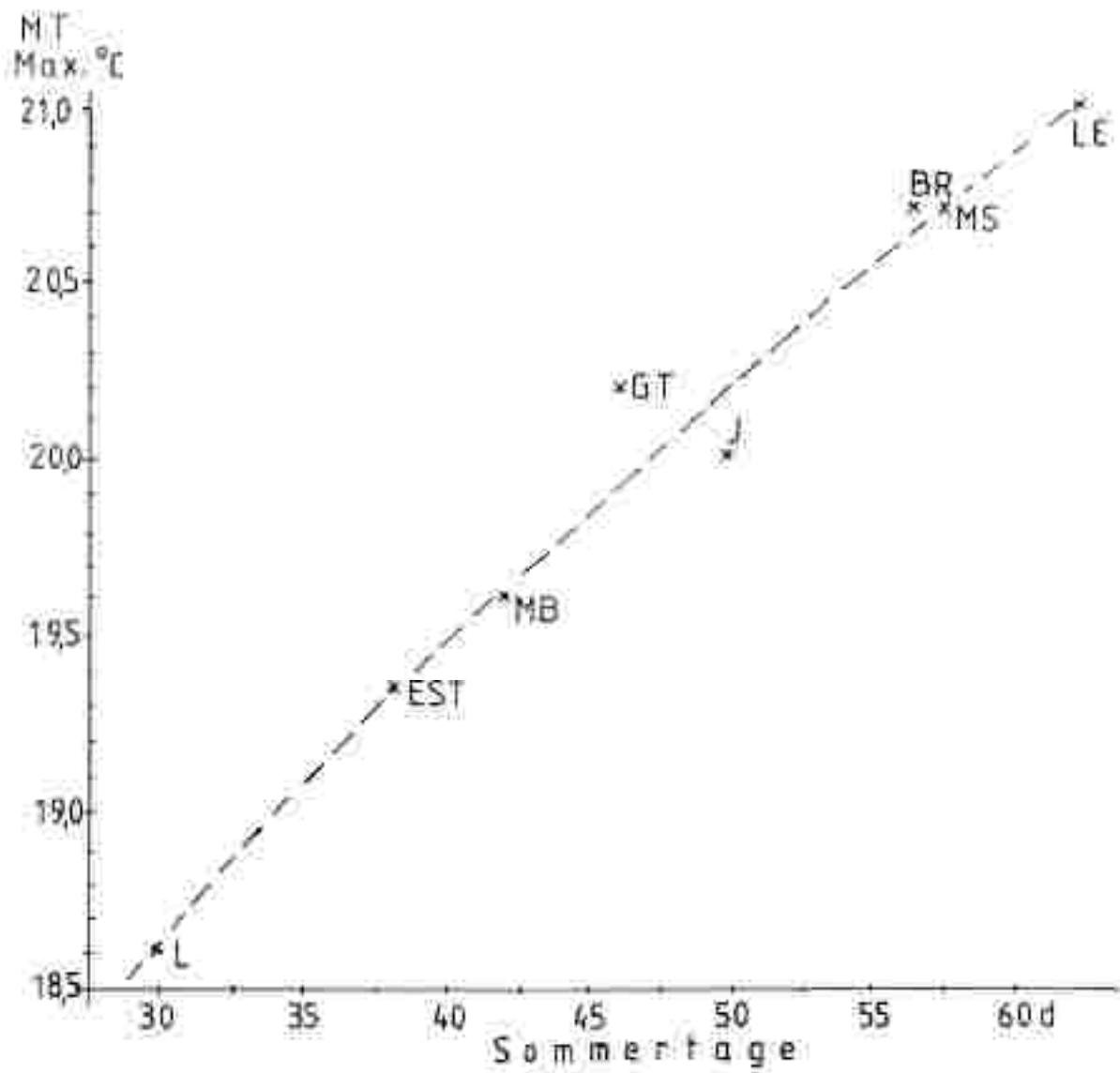
Tab. 16: Durchschnittliche Zahl der Sommertage pro Jahr der Periode 1951-1980 ( $\bar{N}$ ) und Standardabweichung in Tagen ( $\bar{s}$ ).

	$\bar{N}$	$\bar{s}$
Wörtherberg, 402 m	41,8	10,6
Thalerhof, 341 m	45,9	9,5
Leibnitz, 275 m <sup>1)</sup>	62,4	9,7
Bad Gleichenberg, 292 m	49,2	10,0
Bad Radkersburg, 208 m	56	(red. aus 1977-80)
Messendorfberg, 429 m	42	(red. aus 1951-70)
Jeruzalem, 340 m	50	(red. aus 1951-70)
Murska Sobota, 191 m	57	(red. aus 1951-70)
Lasnitzhöhe, 540 m	30	(red. aus 1951-70 bzw. 1976-80)

Abb. 16 zeigt schließlich den Zusammenhang zwischen dem mittleren täglichen Maximum (April-Oktober) und der Zahl der Sommertage. In den höchsten Lagen in Nordexposition sinkt demnach im Untersuchungsgebiet die Anzahl unter 30 Tage ab, während sie in den günstigen Tallagen des Murtales (etwa östlich von Gosdorf) über 50 ansteigt.

<sup>1)</sup> durch Überwärmung zu hoher Wert (effektiv 51)

Abb. 16: Zusammenhang zwischen mittlerem täglichem Maximum  
(April bis Oktober) und der Zahl der Sommertage



## 2.4 Die Temperaturgunstzonenkarte

### 2.4.1 Grundlagen

Ziel dieser Karte ist es, die Temperaturgunstunterschiede in ihrer Gesamtheit zu erfassen und sie - gegliedert in Gunstzonen - kartographisch darzustellen. Basierend auf der Kaltluft- und der Temperaturmaximalkarte ergibt sich nun folgendes Schema (Tab. 17), nach dem für jeden Standort die Temperaturverhältnisse bestimmt wurden.

Tab. 17: Schema zur Ermittlung der Temperaturgunstzonen (bezogen auf die Vegetationsperiode / Tagesmittel  $> 5^{\circ}$ , März bis November).

#### 1) Einfluß der Kaltluftgeföhrdung

Kaltluft-gef. Zone	mittlere Abweichung vom mittl. tägl. Minimum der Basisstation Graz/Thalerhof [ $^{\circ}$ C]
1	-0,6 (-0,9 bis -0,3)
2	± 0 (-0,3 bis +0,2)
3	+0,5 (+0,2 bis +0,7)
4	+1,0 (+0,7 bis +1,2)
5	+1,5 (+1,2 bis +1,7)
6	+1,9 (+1,7 bis +2,1)
7	+2,3 (+2,1 bis +2,5)
8	+2,6 (+2,5 bis +2,8)

#### 2) Einfluß der Seehöhe (mittl. tägl. Maximum bzw. $14^h$ -Temperatur)

Seehöhe [m]	mittlere Abweichung vom mittl. tägl. Maximum der Basisstation Graz/Thalerhof [ $^{\circ}$ C]
450	-1,0
400	-0,6
350	-0,2
300	+0,1
250	+0,4
200	+0,7

## 3) Einfluß der Exposition:

Südhang windoffen: 0,2 bis 0,5 °C

Südhang geschützt: 0,5 bis 0,9 °C

4) Einfluß des unterschiedlichen Tagesganges der Temperatur  
(Minimum tritt auf Riedeln oft nur kurz ein):

Zuschlag für Riedellagen: +0,1 °C

## Beispiel für eine Tallage:

## Bad Radkersburg

ad 1)  $\Delta T$  zu Graz/Thalerhof März-November: +1,0 °ad 2)  $\Delta T$  zu Graz/Thalerhof März-November: +0,7 °

ad 3) neutral

Mittelbildung:  $\frac{1,0 + 0,7}{2} = 0,85$  °

ad 4) Tallage

Gesamtdifferenz daher 0,85 °

Temperaturmittel Graz/Thalerhof März-November: 11,67 °

+ 0,85 °

---

12,52 °

Mit diesem Mittelwert (12,5 °) erfolgt die Zuordnung zu weiteren Parametern, wie die Andauer der Vegetationsperiode.

## Beispiel für eine Riedellage:

## Jeruzalem

ad 1)  $\Delta T$  zu Graz/Thalerhof: +2,5 °ad 2)  $\Delta T$  zu Graz/Thalerhof: -0,2 °

ad 3) 0,1 bis 0,2

Mittelbildung:  $\frac{2,5 - 0,1}{2} = 1,2$ 

ad 4) Zuschlag für Riedellage + 0,1 = 1,3

11,7 °

+ 1,3 °

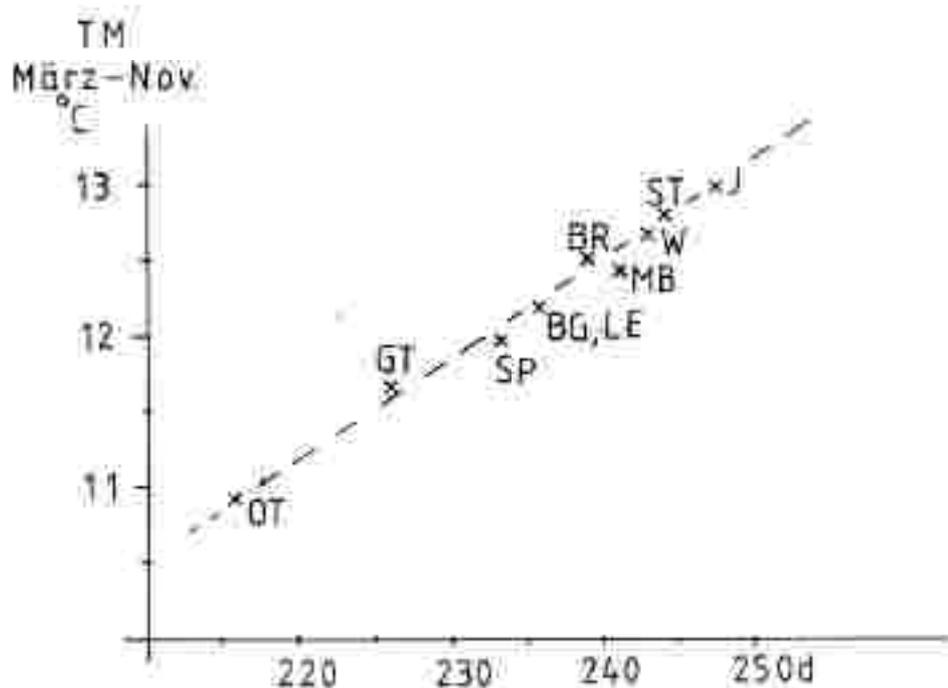
---

13,0 °

Weitere Parameter entsprechend Diagramm (Abb.18).

Den derart berechneten Abweichungen liegt das Mittel  $\frac{\text{Min.} + \text{Max.}}{2}$  zugrunde, wobei sich je nach Jahreszeit beträchtliche Abweichungen vom "wahren" Mittel ergeben können. In der Zeit März-November jedoch diese Einflüsse (unterschiedliche Tagesgänge) ausgleichen. Die Abweichungen der einzelnen Standorte wurden dann in ein Diagramm (Abb. 17) übertragen, das den Zusammenhang zwischen dem Mittel März-November und der Andauer der Vegetationsperiode (Tagesmittel  $> 5^{\circ}$ ) beinhaltet. In ähnlicher Weise erfolgte dann die Ermittlung der Andauer für die  $10^{\circ}$ -Vegetationsperiode, allerdings diente als Basis das Temperaturmittel April-Oktober.

Abb. 17: Zusammenhang zwischen der mittleren Temperatur März bis November und der Andauer der Vegetationsperiode I ( $> 5^{\circ}$  C)



Um die bedeutenden geländeklimatischen Unterschiede entsprechend differenziert darstellen zu können, fiel - analog zur Kaltluftkarte - die Wahl auf 8 Zonen, wobei die letzte infolge ihrer nur noch geringen Gunstzunahme mit 7a bezeichnet wurde. Sie repräsentiert quasi die optimalen Lagen innerhalb der Zone 7; dabei handelt es sich durchwegs um südexponierte Hanglagen im Klöcher und Stradner Raum. Mittels dieser Zonierung schien auch die Zuordnung zu den Parametern Jahresmittel, Jänner- und Julimittel der Temperatur sinnvoll. Während diese Zuordnung beim Jahres- und Jännermittel wegen der großen Unterschiede noch befriedigend ist, überschneiden sich im Juli insbesondere die Riedelzonen. Die Temperaturspannen zwischen den einzelnen Zonen sind so gering, daß bei entsprechender Exposition (mit Überwärmung oder Abzug) ein bis zwei Zonen "übersprungen" werden können. Dieses Diagramm in der Legende trifft deshalb nur für neutrale Lagen zu.

#### 2.4.2 Dauer der Vegetationsperiode (I für Tagesmittel $>5^{\circ}$ , II für Tagesmittel $>10^{\circ}$ ) als Grundlage zur Darstellung von Temperaturgunstunterschieden

Mit Recht werden in der Landwirtschaft Temperaturmittelwerte gefordert, die für die Vegetationsperiode repräsentativ sind. Dies spielt vor allem dann eine wesentliche Rolle, wenn die Bedingungen in Anbaugebieten mit unterschiedlichem Klimaregime verglichen werden sollen. Insbesondere Angaben über das Jahresmittel allein können eine Klimagunst vertauschen, die nur durch den milden Winter, etwa im maritim beeinflussten Bereich, bedingt sind. Für die Vegetation bleibt der Winter jedoch praktisch bedeutungslos, sieht man von der Winterfrosthgefährdung für den Weinbau ab. Speziell im Raum Klöcher decken sich allerdings die Ungunstlagen im Winter mit jenen in der Vegetationsperiode weitgehend. Tab. 18 enthält nun für die einzelnen Stationen die Andauerwerte jeweils getrennt für die Periode I ( $>5^{\circ}$ ) und Periode II ( $>10^{\circ}$ ). Das Maximum tritt erwartungsgemäß in den Klöcher Gunstlagen mit nahe

250 Tagen ein, wodurch die bisher bekannten Spitzenwerte von Straden (249) noch übertroffen werden. In den kältesten Seitentalabschnitten des westlichen Teiles des Bezirkes sinken hingegen die Werte auf ca. 230 Tage ab. Die günstigen Abschnitte des Murtales verzeichnen bereits 238 bis 240 Tage und nehmen somit eine Übergangstellung zu den Niedellagen ein.

Tab. 18: Anösuerverwerte bestimmter Temperaturen (bezogen auf die Normalwerte aus 1951-1980).

<u>Talstationen</u>	Sh. [m]	Vegetationsperiode I			Vegetationsperiode II		
		5 °-Tagesnormalwert	10 °-Tagesnormalwert	10 °-Tagesnormalwert	5 °-Tagesnormalwert	10 °-Tagesnormalwert	10 °-Tagesnormalwert
Dialörfhof	340	23.3.	5.11.	228	23.4.	8.10.	169
Leibnitz <sup>1)</sup>	275	20.3.	10.11.	236	19.4.	11.10.	176
Bad Radkersburg	208	19.3.	12.11.	239	19.4.	13.10.	178
Zelting	200	20.3.	10.11.	236	20.4.	12.10.	176
Unterperkla	220	19.3.	11.11.	238	19.4.	13.10.	178
Bad Gleichenberg	292	20.3.	10.11.	236	20.4.	12.10.	176
Lichtenhof <sup>2)</sup>	242	22.3.	9.11.	233	22.4.	11.10.	173
Unterkarla <sup>2)</sup>	240	22.3.	9.11.	233	22.4.	11.10.	173
St. Peter/Ottersbach <sup>2)</sup>	270	22.3.	9.11.	233	22.4.	10.10.	172
Orternitz <sup>2)</sup>	325	30.3.	31.10.	236	29.4.	6.10.	159
<u>Niedelstationen</u>							
Straden (+)	340	16.3.	14.11.	244	17.4.	18.10.	185
Walters (-)	380	17.3.	14.11.	243	18.4.	17.10.	183
Messendorfberg	429	17.3.	10.11.	241	19.4.	13.10.	179
Jeruzalem	340	14.3.	16.11.	248	16.4.	20.10.	188
Klösch II	390	15.3.	15.11.	246	17.4.	19.10.	186
Rosenberg	450						
Klösch I	340	13.3.	16.11.	249	15.4.	20.10.	189

<sup>1)</sup> nahezu identisch mit Muraka Sobota I.

(+) infolge Exposition zu hohe oder

(-) zu niedrige Werte

<sup>2)</sup> Werte infolge geschützter Lage zu hoch

(Leibnitz 233 bzw. 173 d; St. Peter/Ottersbach 231 bzw. 171 d)

<sup>3)</sup> Werte extrapoliert mit Hilfe des Diagrammen in Abb. 18

Tab. 19a: Jahrgang der Temperatur (1951-1980).

Stationen	sh[m]	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	XII-II	III-XI	Schwun- komp
Bad Radkersburg <sup>2)</sup>	208	-2,1	0,6	3,6	9,6	14,3	17,9	19,1	18,3	14,7	9,3	6,5	-0,5	9,2	-0,7	12,5	21,7
Gornja Radgona <sup>1)</sup>	205	-1,6	1,2	5,4	9,9	14,6	17,7	19,1	18,4	14,8	10,0	6,9	-0,3	9,5	-0,2	12,7	20,7
Muraka Sobota I	191	-2,2	0,3	4,6	9,5	14,2	17,7	19,0	18,2	14,6	9,3	6,7	-0,6	9,1	-0,8	12,6	21,2
Muraka Sobota II	184	-2,2	0,4	4,3	9,4	14,0	17,5	18,8	17,9	14,3	8,9	6,5	-0,6	8,9	-0,8	12,1	21,0
Unterpunkla <sup>2)</sup>	220	-2,3	0,3	4,5	9,6	14,3	17,8	19,0	18,2	14,7	9,3	6,6	-0,6	9,1	-0,9	12,6	21,3
Zeitling <sup>2)</sup>	206	-2,6	0,2	4,6	9,4	14,1	17,7	18,9	18,1	14,6	9,1	6,3	-0,8	9,0	-1,1	12,3	21,5
Unterkerla <sup>1)</sup>	240	-2,8	-0,1	4,2	9,2	13,8	17,5	18,7	17,9	14,3	8,9	6,0	-1,0	8,7	-1,3	12,1	21,5
St. Peter/Ottersbach/Mühle <sup>1)</sup>	260	-3,8	-1,0	3,4	6,6	13,3	17,0	18,2	17,6	13,8	8,5	3,4	-2,0	8,1	-2,3	11,5	22,0
St. Peter/Ottersbach <sup>2)</sup>	270	-2,8	-0,2	4,0	9,1	13,9	17,4	18,7	17,8	14,2	8,9	3,8	-1,0	8,7	-1,3	12,0	21,5
St. Peter/Ottersbach <sup>2)</sup>	270	-2,9	-0,4	3,8	8,9	13,7	17,2	18,4	17,5	14,0	8,7	3,7	-1,2	8,5	-1,5	11,8	21,3
Liechendorf <sup>1)</sup>	248	-3,7	-0,4	4,0	9,2	13,9	17,5	18,7	17,8	14,3	9,0	3,9	-1,2	8,6	-1,6	12,0	22,0
Leibnitz	276	-2,6	0,1	4,3	9,5	14,1	17,7	18,9	18,0	14,5	9,2	4,0	-0,8	8,9	-1,1	12,2	21,5
Leibnitz <sup>2)</sup>	276	-2,7	-0,1	4,1	9,3	13,9	17,6	18,6	17,7	14,3	9,1	3,9	-0,9	8,7	-1,2	12,0	21,5
Graz/Thalerhof	342	-3,4	-0,8	3,6	8,8	13,6	17,2	18,3	17,6	14,0	8,5	3,2	-1,6	8,3	-1,9	11,7	21,9
Bad Gleichenberg	292	-2,2	0,3	4,4	9,4	14,0	17,5	18,8	18,0	14,4	9,3	4,0	-0,6	8,9	-0,8	12,2	21,0
Ottmiltz <sup>1)</sup>	325	-4,8	-1,9	2,4	7,7	12,6	16,3	17,8	17,0	13,4	7,9	2,6	-2,6	7,6	-3,1	10,9	22,6

Erläuterungen:

\*) Korrektur auf Freilandwerte (Überwärmung der Station infolge geschützter Lage)

1) reduziert aus kurzen Perioden bzw. extrapolierten Werte

2) reduziert aus längeren Perioden (bei Radkersburg mit Hilfe von Muraka Sobota I.)

Bis angeführten Mittelwerte beruhen auf dem "alten" Mittel aus  $\frac{2^h + 16^h + 21^h + 21^h}{4}$

Tab. 19b: Jahresgang der Temperatur (1951-1980).

Niedelationsort	sh [m]	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Ok	Nov	Dez	Jahr	XII-II	III-VI	Bearbeitung
Jervaklem <sup>1)</sup>	340	-1,0	1,2	5,3	10,0	16,5	17,8	19,3	18,9	15,6	10,3	5,2	0,8	9,6	0,3	13,0	20,3
Klösch I <sup>1)</sup>	340	-1,1	1,2	5,3	10,0	16,5	17,8	19,4	19,0	15,7	10,6	5,2	0,7	9,9	0,3	13,1	20,3
Klösch II <sup>1)</sup>	390	-1,1	1,0	5,2	9,9	16,4	17,6	19,2	18,9	15,5	10,4	5,0	0,5	9,7	0,1	12,9	20,3
Boanenberg <sup>1)</sup>	650	-1,0	1,0	5,1	9,8	16,4	17,6	19,1	18,6	15,5	10,4	4,9	0,6	9,2	0,2	12,6	20,1
Straden (+) <sup>2)</sup>	340	-1,3	0,9	5,0	9,8	16,3	17,7	19,1	18,7	15,4	10,2	4,8	0,4	9,5	-0,1	12,5	20,6
Maltra (-) <sup>2)</sup>	380	-1,6	0,6	4,9	9,7	16,3	17,7	19,1	18,7	15,4	10,2	4,7	0,3	9,5	-0,2	12,7	20,7
Nonendorfers	429	-1,5	0,6	4,7	9,5	16,0	17,3	18,7	18,2	15,0	9,8	4,3	0,0	9,2	-0,3	12,6	20,2
Lahnitahöhe <sup>3)</sup>	540	-1,4	0,6	4,4	9,1	13,5	16,6	18,3	18,0	14,9	9,8	4,5	0,1	9,1	-0,2	12,1	19,7
Kirtrach	310	-1,1	0,8	4,8	9,7	16,7	17,3	18,8	18,6	15,3	10,3	4,6	0,5	9,5	0,1	12,6	19,9

Erläuterungen:

1) und 2) wie in Tab. 19a

3) reduziert aus 1970-1980 mit Hilfe von Messendorfers

Tab. 19c: Statistische Daten zu den Temperaturverhältnissen an ausgewählten Stationen.

1.) Leibnitz (275 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-2,6	0,1	4,3	9,5	14,1	17,7	18,9	18,0	14,5	9,2	4,0	-0,8	8,9
s	2,3	2,9	2,1	1,5	1,4	1,0	1,1	1,1	1,4	1,5	1,9	2,1	0,62
Jh.Min.	-9,8	-8,6	-1,3	6,1		14,4	16,9	15,7	9,8		-1,3	-5,8	7,2
abs.Min.	-7,7	-7,9	1,0	7,2	13,6	15,4	17,0	15,7	11,0	6,2	0,4	-5,8	7,8
u.Des.	-5,7	-3,9	1,5	7,7	12,5	16,3	17,4	16,6	12,6	7,7	1,5	-3,9	8,1
u.Q.	-4,1	-1,2	2,4	8,2	13,1	16,9	18,0	17,2	13,5	8,2	2,3	-2,0	8,5
Median	-2,6	0,3	4,6	9,4	14,0	17,7	19,0	17,6	14,6	9,1	4,0	-1,0	8,8
o.Q.	-1,0	2,0	6,1	10,5	14,8	18,5	19,7	19,0	15,4	10,3	5,7	0,5	9,5
o.Des.	0,3	3,6	6,9	11,6	15,7	18,8	20,2	19,6	16,3	11,2	6,1	2,1	9,6
abs.Max.	2,1	5,8	7,9	13,0	18,1	19,6	20,9	20,3	16,8	13,5	8,4	2,8	10,1
Jh.Max.	2,5	5,8	7,8	13,8	18,1	20,4	22,0	21,0	19,2	13,5	8,7	4,9	10,3

2.) Unterpuckle (220 m), reduziert aus 1971-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-2,3	0,3	4,6	9,7	14,5	17,9	19,1	18,3	14,6	9,4	4,2	-0,7	9,1

3.) St. Peter am Ottersbach (270 m), reduziert aus 1959-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-2,8	-0,2	4,0	9,0	13,9	17,4	18,7	17,8	14,2	8,9	3,8	-1,0	8,0

4.) Stroden (340 m), reduziert aus 1957-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-1,5	0,9	5,0	9,8	14,3	17,7	19,1	18,7	15,4	10,4	4,7	0,0	9,5

5.) Bad Gleichenberg (292 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-2,2	0,3	4,4	9,4	14,0	17,5	18,8	18,0	14,4	9,3	4,0	-0,6	8,9
s	2,1	2,9	2,1	1,6	1,4	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,9	2,2	0,6
Jh.Min.		-9,5	-0,6	6,3	10,1	14,0	16,1	15,3	10,2	5,0	-0,3	-5,8	7,4
abs.Min.	-6,6	-8,1	1,2	7,3	11,3	15,4	16,6	15,3	11,2	5,3	0,0	-5,8	7,8
u.Des.	-5,1	-3,9	1,4	7,6	12,5	16,1	17,2	16,7	12,5	7,6	1,5	-3,6	8,1
u.Q.	-3,7	-0,9	1,3	8,1	13,0	16,7	17,9	17,2	13,4	8,5	2,7	-1,7	8,5
Median	-2,1	0,1	4,7	9,3	14,0	17,6	18,8	18,0	14,5	9,2	4,2	-0,7	8,9
o.Q.	-0,6	2,2	6,1	10,6	14,7	18,3	19,6	18,8	15,3	10,1	3,6	1,0	9,6
o.Des.	0,7	3,6	7,2	11,8	15,2	18,8	20,4	19,5	16,1	11,1	6,3	2,3	9,7
abs.Max.	2,1	5,8	8,0	12,8	18,2	20,0	21,0	20,8	16,6	13,5	8,4	2,6	10,2
Jh.Max.	3,4	5,8	8,0	13,0	18,2	20,0	22,3	21,1	17,9	13,5	10,4	4,8	10,4

Tab. 19c Fortsetzung

## 6.) Bad Radkersburg (208 m), reduziert aus 1975-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-3,0	0,5	4,6	9,5	14,3	17,9	19,1	18,2	14,7	9,4	4,4	-0,4	9,7
Jh.Min.					11,8		16,8	16,0	10,7	5,8	-0,8		

## 7.) Waltres (380 m), reduziert aus 1970-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-1,8	0,6	4,9	9,7	14,3	17,9	19,0	18,6	15,2	10,1	4,7	0,3	9,5

## 8.) Zalling (200 m), reduziert aus 1961-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-2,5	0,4	4,9	9,6	14,0	17,7	19,3	18,7	14,8	9,4	4,3	-0,5	9,2

## 9.) Thalerhof (340 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	-3,4	-0,7	3,7	8,9	13,7	17,2	18,5	17,7	14,1	8,6	3,3	-1,6	8,3
s	3,2	3,8	2,0	1,5	1,4	1,1	1,1	1,0	1,4	1,5	1,8	2,2	0,6
Jh.Min.	-10,2							15,3				-6,9	6,9
abs.Min.	-8,5	-8,9	0,5	6,8	11,1	15,1	16,5	15,3	10,7	5,2	-0,3	-6,9	7,2
u.Des.	-6,6	-5,1	1,0	7,2	12,0	15,8	16,9	16,3	12,1	6,5	0,5	-4,3	7,4
u.Q.	-5,0	-1,9	1,5	7,6	12,8	16,4	17,7	17,0	13,0	7,6	1,9	-2,6	7,8
Median	-3,4	-0,6	3,7	8,6	13,5	17,4	18,5	17,7	14,1	8,3	3,2	-1,7	8,2
o.Q.	-1,6	0,8	5,2	9,7	14,4	18,1	19,4	18,5	14,8	9,6	4,7	-0,2	8,8
o.Des.	-0,6	2,5	6,3	11,3	14,9	18,6	19,8	19,1	15,8	10,6	5,4	1,2	9,1
abs.Max.	0,7	4,3	6,8	12,4	17,6	19,6	20,5	19,8	16,3	12,7	6,6	2,1	9,3
Jh.Max.		4,3	6,8	12,4	17,6	19,6	21,3		17,1	12,7			

## Legende:

- M = Normalwert ("Mittel") = arithmetisches Mittel aus dem Zeitraum von 1951-1980  
s = Standardabweichung  
Jh.Min. = tiefster Wert des Jahrhunderts (1901-1980)  
abs.Min. = tiefster Wert des 30jährigen Beobachtungszeitraums  
u.Des. = unteres Decil  
u.Q. = unteres Quartil  
o.Q. = oberes Quartil  
o.Des. = oberes Decil  
abs.Max. = höchster Wert des 30jährigen Beobachtungszeitraums  
Jh.Max. = höchster Wert des Jahrhunderts (1901-1980)

### 2.4.3 Formale Erläuterungen zu den Tabellen

Alle Angaben erfolgen in Celsiusgraden mit einer Genauigkeit von Zehntelgraden.

Die statistischen Kennzahlen für die Streuungen (Verteilungen) werden nur bei den beiden Stationen Leibnitz und Bad Gleichenberg mit geschlossener Beobachtung durch alle 30 Jahre angegeben.

Die Normalwerte der Stationen mit kürzeren Beobachtungszeiten als 30 Jahre wurden nach der "Methode der konstanten Differenzen" mit Hilfe der beiden genannten Stationen an den 30-jährigen Normalwert angeglichen (reduziert), wobei die Differenzen zwischen den beiden genannten Stationen selbst nur recht unbefriedigend übereinstimmen, was als Hinweis auf eine Inhomogenität bei Bad Gleichenberg gedeutet werden kann. Dort ist das Sommerhalbjahr in den 70er Jahren doch verhältnismäßig kalt. Im Zweifelsfall wurde daher der Station Leibnitz das größere Gewicht beigemessen.

Auch die "Jahrhundertwerte" sind nur von Leibnitz und Bad Gleichenberg fast vollständig, von Bad Radkersburg wenigstens Bruchstückhaft bekannt, doch sind alle Abweichungen der Temperatur weitaus überwiegend im Großwettergeschehen und nur äußerst untergeordnet im Geländeklima begründet, weshalb die für Leibnitz und Bad Gleichenberg angegebenen Streuungswerte fast uneingeschränkt auch für alle anderen Stationen (allerdings nur als Differenzen vom Normalwert) Gültigkeit haben.

Viel deutlicher noch als beim Niederschlag fallen die Extremwerte bei allen Stationen auf dieselben bestimmten Monate. Dabei gelten als kälteste Monate des Jahrhunderts (1901 bis 1980): Jänner 1942, Februar 1929, März 1932, April 1938, Mai 1902, Juni 1923, Juli 1913, August 1976, September 1912, Oktober 1905, November 1908 und Dezember 1963. Die wärmsten Monate waren: Jänner 1936, Februar 1966, März 1959, April

1946 oder 1947, Mai 1958, Juni 1908 oder 1957, Juli 1928 oder 1947, August 1932 oder 1946, September 1947, Oktober 1907 oder 1966, November 1926 und Dezember 1934. Das kälteste Gesamtjahr war 1940, das wärmste 1934 oder 1947.

Die Eintrittsdaten für die  $5^{\circ}$ - und  $10^{\circ}$ -Temperaturen wurden aus den Monatsnormalwerten selbst berechnet, wobei die Normalwerte durchwegs als in der Monatsmitte (das ist jeweils der 16.) gültig angesehen werden. Weiters wird angenommen, daß die Temperatur zwischen 16. März, 16. April und 16. Mai linear ansteigt bzw. zwischen 16. September, 16. Oktober und 16. November linear abfällt. Aus den vorhandenen Zeitdifferenzen (31 Tage zwischen 16.3. und 16.4. sowie 16.10. und 16.11. bzw. 30 Tage zwischen 16.4. und 16.5. bzw. 16.9. und 16.10.) und Temperaturdifferenzen lassen sich mit Hilfe einfacher Verhältnisrechnungen die von der Monatsmitte bis zur Erreichung der geforderten Schwellenwerte vergehenden Tage ermitteln.

Die Dauer einer Periode über einen gewissen Schwellenwert ergibt sich dann als Zahl der Tage zwischen dem ermittelten Beginn- und Enddatum, wobei diese beiden Tage selbst noch mitgezählt werden.

Eine effektive Auszählung aller Tage mit Temperaturen über  $5^{\circ}$  ergibt demgegenüber überraschenderweise etwas höhere Werte, was mit der Annahme, daß sich die Zahl der zu warmen Tage vor dem durchschnittlichen Eintrittsdatum mit jener der zu kalten Tage nach dem durchschnittlichen Eintrittsdatum (sinngemäß umgekehrt beim Enddatum im Herbst) die Waage hält, nicht vereinbaren läßt, doch liegt die Erklärung in der stärkeren Streuung der Temperaturen der Einzeltage in der kälteren Jahreszeit gegenüber der geringeren in der wärmeren Jahreszeit. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit, daß Einzeltage vor dem durchschnittlichen Beginn- und nach dem durchschnittlichen Enddatum eines Schwellenwertes wärmer sind als dieser viel größer als das Tage innerhalb der beiden Daten den Schwellenwert unterschreiten. Diese Unter-

schiede entstehen z.T. auch durch die unterschiedliche Berechnung der Einzeltagesmittel (bis 1970  $(t_7+t_{14}+t_{21}):3$ ) und der Monatsmittel  $(t_7+t_{14}+t_{21}+t_{21}):4$ ).

Die effektive Zahl der Tage mit wenigstens  $5^{\circ}$  bzw.  $10^{\circ}$  ist für die beiden Jahrzehnte 1951-1970 bereits veröffentlicht (Beiträge zur Hydrographie Österreichs 42/1972, S. 316-317) und beträgt für Leibnitz 243 Tage mit wenigstens  $5^{\circ}$  und 185 Tage mit wenigstens  $10^{\circ}$ . In Bad Gleichenberg sind es 244 und 185 Tage. Bei den  $5^{\circ}$ -Tagen sind das jeweils 5 Tage mehr als die durchschnittliche Dauer, bei den  $10^{\circ}$ -Tagen sind es in Leibnitz um 4, in Bad Gleichenberg um 3 Tage mehr.

Wegen der geringen Unterschiede und dem unverhältnismäßig großen Arbeitsaufwand wurde davon abgesehen, auch für die letzten Jahre die effektiven Tage auszuzählen, weshalb nur die durchschnittliche Dauer angegeben wird.

#### 2.4.4 Das Jahresmittel der Temperatur als Kriterium zur Unterscheidung von Gunst- und Ungunstlagen

Das Jahresmittel der Temperatur nimmt in der klimatologischen Betrachtungsweise einen wichtigen Stellenwert ein. Bei einem Vergleich mit Stationen in Gebieten mit unterschiedlichen Klimaregime ist jedoch auch die Kenntnis des Jahresganges der Temperatur notwendig. In den Tabellen 19a und 19b kommt der gegensätzliche Klimacharakter der Tal- und Riedelstandorte gut zur Geltung. Auf den Riedeln sinkt infolge der milden Wintertemperaturen die Jahresschwankung auf Werte um  $20^{\circ}$ , während sie in den kalten Seitentälern auf über  $22^{\circ}$  ansteigt. Bezüglich der Jahresmittel werden  $10^{\circ}$  nur in engbegrenzten Hangabschnitten der Zone 7a erreicht, aber nicht mehr überschritten. Bei der erforderlichen Überwärmung ist schon eine geschützte Hangmuldenlage die Voraussetzung für ein derart hohes Mittel, jedoch wirkt gerade in solchen Hangabschnitten die Kaltluftgefährdung entgegen (Kaltluftab-

fluß in Mulden). Dies deckt sich insgesamt recht gut mit den Ergebnissen der Station Jerusalem in den Windischen Büheln ( $9,8^{\circ}$ , Periode 1931-1960  $9,9^{\circ}$ ). Die Unterschiede (Jahresmittel) im Bezirk Bad Radkersburg sind mit  $1,5-2,0^{\circ}$  zwischen den Seitentälern und den begünstigten Riedeln als beachtlich zu bezeichnen und dürften in Österreich auf so kurze vertikale und horizontale Entfernung kaum realisiert sein.

Ähnliches gilt auch für die Jännermittel. Besonders auffallend ist ferner die Gunst des Raumes Bad Radkersburg (Jännermittel um  $-2^{\circ}$ ) gegenüber den Murtalabschnitten westlich von Mureck mit Werten unter  $-3^{\circ}$ . Hingegen bleibt die horizontale und vertikale Differenzierung im Juli wegen des langen Taghogens der Sonne relativ gering.

Ergänzend zur Tab. 17a,b sei noch bemerkt, daß das seit 1973 von der MZA gebräuchliche Mittel

$$\left( \frac{7^h + 19^h + \text{Min.} + \text{Max.}}{4} \right)$$

auf den Riedeln gegenüber dem alten Mittel

$$\left( \frac{7^h + 14^h + 21^h + 21^h}{4} \right)$$

merklich zu tiefe Werte liefert.

Tab. 20: Vergleich zwischen altem und neuem Monatsmittel an der Station Messendorfberg (Mittel aus 1973-1981).

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,35 $^{\circ}\text{C}$

Um die Auswirkung des neuen Mittels auf Talstationen festzustellen, wurden die Jahresmittel zwischen Graz/Thalerhof und Messendorfberg der letzten 30 Jahre verglichen. Berücksichtigt man ab 1973 die in Tab. 20 angeführte Differenz, so ergibt sich kein signifikanter Hinweis für eine negative Änderung des Mittels an Thalerhof. Dies muß allerdings noch nicht für alle Tallagen gelten; weitere Vergleiche sind vor-

gesehen, um das Ausmaß möglichst genau zu erfassen. Als quasi gemeinsamer Nenner für Temperaturuntersuchungen ist nach wie vor das bisherige, auch derzeit vom hydrographischen Dienst verwendete Mittel anzustreben. In der Südweststeiermark zeigten Vergleiche mit zweistündiger Auswertung der Temperaturstreifen, daß die Unterschiede zwischen Tal- und Riedellage, insbesondere mit dem neuen Mittel, zu gering ausfallen.

#### 2.4.5 Klimatologische Interpretation

Von den zahlreichen Faktoren, die das Temperaturklima eines Ortes beeinflussen, haben die geographische Breite, die Lage (Entfernung) zum Meer und die vorherrschende Zirkulation bei der Kleinheit des Untersuchungsraumes keinerlei Bedeutung zur Erklärung der lokalen Unterschiede. Auch Bewölkung und Luftfeuchte sowie die Untergrundverhältnisse sind bedeutungslos, zumal beim Untergrund bei der Einrichtung der Meßstellen auf einheitliche Verhältnisse (Gras) geachtet wird.

Als entscheidende Faktoren verbleiben demnach die Geländeform, die Seehöhe und die Exposition.

Die Lage im Gelände wirkt sich vor allem bei der Kaltluftverteilung aus, wobei alle Hohlformen (Ansammlung der Kaltluft) zu stärkerer Abkühlung gegenüber den Vollformen führen. Die nächtlichen und morgendlichen Temperaturen sind am tiefsten in abgelegenen Seitentalbecken, gefolgt von Seitentalböden, Haupttalböden, höheren Terrassen und Hangschleppen, Hängen sowie Kämmen und Kuppen. Letztere sind am wärmsten (Abfluß der Kaltluft). Zur Zeit der Temperaturmaxima, d.h. am Nachmittag, erlischt dieser Effekt, wobei freie Kammlagen ("Verblasen der Warmluft") u.Ü. sogar kühler sind als Talstücke (immer gleiche Seehöhe vorausgesetzt).

Da nun bei der Berechnung der Tages- oder Monatsmittel die Kaltluftverteilung mit der  $7^h$ -Temperatur bzw. mit dem Minimum

in die Rechnung eingeht, bleibt die von der Lage im Gelände bestimmte Temperaturverteilung auch in den Monatsmitteln (wenn auch abgeschwächt) erhalten. Dabei gilt die Regel, daß sich die Kaltluftverteilung in Monaten mit kurzen Tagbögen der Sonne, geringer Bewölkung und geringem Einfluß von Fremdwetter sehr stark im Tagesmittel durchsetzt. In Monaten mit langen Tagbögen der Sonne (bereits deutliche Erwärmung bis  $7^{\text{n}}$ ), starker Bewölkung (nächtliche Gegenstrahlung und geringe Abkühlung) und starkem Einfluß von Fremdwetter (Durchmischung) aber nur mehr schwach erkennbar wird. Wegen der größeren Bewölkung (Hochnebel, der durchwegs über den höchsten Kuppen des Beobachtungsgebietes liegt) ist der Winter wohl noch die Jahreszeit mit den größten Geländeklimatischen Unterschieden, wird aber knapp gefolgt vom sonnigen Herbst, und sogar im Frühjahr ergeben sich wenigstens bis April recht deutliche Unterschiede. Am geringsten ist der Geländeeinfluß in den Monaten Mai bis Juli mit ihren langen Talbögen der Sonne.

Die unterschiedliche Seehöhe wirkt sich insofern aus, als die Temperatur wegen der unterschiedlichen Strahlungsbilanzen zwischen Erdboden und Atmosphäre und wegen der thermodynamischen Eigenschaften der Luft (Expansion beim Aufsteigen, Kompression beim Absinken) generell nach oben abnimmt, wobei als durchschnittlicher Richtwert häufig  $0,5^{\circ}$  pro 100 m angegeben wird. Dieser Gradient ist starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen und am größten im Frühjahr und Frühsommer (bis  $0,7^{\circ}$ ), am geringsten im Früh- und Hochwinter, wobei hierfür kaum allgemeingültige Werte angegeben werden können: häufig findet man  $0,3^{\circ}$  pro 100 m. Diese Abnahme gilt immer nur unter der Annahme gleicher Geländeform und Exposition.

Diese beiden Faktoren überlagern einander nun je nach Lage der Station mit unterschiedlichem Gewicht, wobei im Untersuchungsgebiet bei einem maximalen Höhenunterschied von 180 m zwischen der höchsten und tiefsten Station der Lage im Gelände wohl die größte Bedeutung zukommt.

Schließlich wirkt sich noch die Exposition auf das Temperaturgeschehen aus, wobei sie überwiegend tagsüber während der Einstrahlungszeit durch unterschiedliche Einstrahlungswinkel auf dem Erdboden wirksam wird. Bekanntlich sind dann Südost- bis Südwesthänge thermisch begünstigt, Südwest- bis Nordosthänge benachteiligt.

## 2.4.6 Beschreibung der einzelnen Temperaturgunststationen

Zone a	"Extreme Seitentalzone"
Vorkommen:	Einzelne Talbodenabschnitte im Saßbach- und Ottersbachtal.
Kaltluftgefährdung:	Sehr groß; Spätfröste in der ersten Mai-dekade keine Seltenheit; absolutes Minimum um $-30^{\circ}$ ; mittleres absolutes Minimum um $-19^{\circ}$ ; Zahl der Frosttage 135-140; erster Frost zwischen 5. und 10.10.
Wärmeverhältnisse ( $14^{\text{h}}$ , Maximum):	Mittlere $14^{\text{h}}$ -Temperatur April-August $19,5-20,0^{\circ}$ ; Zahl der Sommertage um 45.
Temperaturgunst insgesamt:	Dauer der Vegetationsperiode I ( $>5^{\circ}$ ) 224-227; Dauer der Vegetationsperiode II ( $>10^{\circ}$ ) 165-168; mittlere Jahrestemperatur $8,0-8,2^{\circ}$ ; mittlere Jänbertemperatur $-4,0$ bis $-3,6^{\circ}$ ; mittlere Julitemperatur $18,3-18,4^{\circ}$ .
Weitere Besonderheiten:	Relativ hohe Nebelgefährdung - Überwiegend in Nebelzone I; Zahl der Nebeltage 70-75; höchste Anzahl der Sättigungsstunden im Untersuchungsgebiet (relative Feuchte $>90-95\%$ ); Schneedeckendauer 65-70 d; bezüglich der Windverhältnisse geringe Durchlüftung (mittlere Windgeschwindigkeit/Jahr $0,8-1,0$ m/sec); hohe mittlere Tagesschwankung über $11^{\circ}$ .
Entsprechende Stationen:	Otternitz (325 m) in der Südweststeiermark für extreme Seitentalbecken.

Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:

Sone a repräsentiert die ungünstigsten Lagen im Untersuchungsgebiet; wegen der hohen Frostgefährdung ergibt sich für den Mais ein Anbauisiko. Als vorherrschende Eignung ist die Nutzung als Wiese anzusehen.

**Zone b** "Ungünstige Seitentalzone"

**Vorkommen:** Verbreitet in den Seitentalböden der westlichen Seitentäler (Saßbach-, Otterabach- und Gnabachtal).

**Kaltluftgefährdung:** Sehr groß (überwiegend in Kaltluftzone I); noch Spätfröste in der ersten Maidekade; erster Frost meist noch vor dem 10.10.; absolutes Minimum um  $-30^{\circ}$ ; mittleres absolutes Minimum um  $-18,5^{\circ}$ ; Zahl der Frosttage 133-136.

**Wärmeverhältnisse (14<sup>h</sup>/Maximum):** Mittlere 14<sup>h</sup>-Temperatur April-August 19,8-20,1<sup>o</sup>; im Osten bis 20,3<sup>o</sup>; Zahl der Sommertage 47-50, im Osten bis 52.

**Temperaturgunst insgesamt:** Dauer der Vegetationsperiode I: 226-228, im Osten bis 230; Dauer der Vegetationsperiode II: 167-169, im Osten bis 171; mittlere Jahrestemperatur 8,2-8,5<sup>o</sup>, mittlere Jannertemperatur  $-3,6$  bis  $-3,2^{\circ}$ , mittlere Julitemperatur 18,4-18,6<sup>o</sup>.

**Weitere Besonderheiten:** Relativ hohe Nebelgefährdung (Nebelzone I); Zahl der Nebeltage um 70; Schneedeckendauer um 65 d, im Osten absinkend auf 55-60; Durchlüftung gering bis mäßig (mittlere Windgeschwindigkeit 1,0-1,3 m/sec); ausgeprägte Talab- bzw. Talaufwinde; Tal- aufwinde vor allem in Vegetationsperiode

bedeutend stärker als Abwinde (Kaltluftabfluß).

Entsprechende Stationen: Graz/Thalerhof (342 m), Unterkaria (260 m).

Gesamtwertung und Eignung für Sonderkulturen:

Zone b repräsentiert ähnlich wie Zone a sehr ungünstige Talbödenstandorte; nach Osten zu werden die Bedingungen günstiger (geringere Seehöhe mit höherer Wärmegunst); in einigen Seitentälern fehlt bereits diese Zone (z.B. unteres Drauzenbachtal). Mit Vorbehalt kann für Mais (eher anspruchslosere Sorten), vorherrschend jedoch für Wiesen eine Eignung ausgesprochen werden.

Zone c "Günstige Seitentalzone"

Vorkommen: Schleppehänge und Terrassen in den westlichen, überwiegend Talböden in den östlichen Seitentälern; ferner ungünstige Abschnitte im Murtal, vornehmlich westlich der Linie Mureck-Gosdorf-Ratschendorf; teils Au-, teils Terrassenbereiche.

Kaltluftgefährdung: Grob: entsprechend Zone 2, im Osten teilweise noch I); letzter Frost im Mittel um den 30.4.; lokal im Osten noch bis zum 4.5.; erster Frost um den 10.10.; Zahl der Frostage 126-135.

Wärmeverhältnisse (14h/Maximum): Mittlere 14<sup>h</sup>-Temperatur: im Murtal um 20,3 °, in den Seitentälern 19,7-20,3 °, nur im Osten bis 20,4 °; Zahl der Sommertage 45-50, im Osten bis 52.

Temperaturgunst insgesamt: Dauer der Vegetationsperiode I: 229-233; Dauer der Vegetationsperiode II: 170-174;

mittlere Jahrestemperatur: 8,5-8,8 °,  
 mittlere Jännertemperatur: -3,2 bis -2,7 °,  
 mittlere Julitemperatur: 18,6-18,8 °.

**Weitere Besonderheiten:**

Nebelgefährdung noch relativ groß (überwiegend Zone 1): Zahl der Tage mit Nebel 65-75; Schneedeckendauer 60-65 d, im Mur-  
 tal 55-60 (desgleichen in den östlichen Seitentälern); Durchlüftung in den Seitentälern wie bei Zone b, im Mur-  
 tal mäßig bis günstig, Anstieg auf 1,3 bis 1,8 m/sec; Windstillen bzw. schwache westliche Winde in der Nacht, tagsüber Talaufwind vor-  
 herrschend aus dem Sektor SE bis E mit teils großer Intensität; gegenüber den Seitentälern zunehmender "Jaukeinfluss" infolge Windoffenheit.

**Entsprechende Stationen:**

Liechendorf (242 m), Leibnitz (276 m) mit Korrektur im Mittel um 0,2 ° infolge Überwärmung.

**Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:**

Zone c charakterisiert die Bedingungen in den günstigeren Seitentälern bzw. in den benachteiligten Mur-  
 talabschnitten. Die abnehmende Kaltluftgefährdung läßt den Maisanbau bereits zu.

**Zone d**

"Allgemeine Haupttalzone"

**Vorkommen:**

Vorherrschend im Unteren Murtal, im westlichen Bereich nur bei entsprechend geringer Kaltluftgefährdung; in den Seitentälern Hangfuß- und Unterhanglagen bzw. auf Terrassen; ferner ähnlich wie Zone c in kaltluftgefährdeten Abschnitten der Riedel (Kaltluftstau am Wald).

- Kaltluftgefährdung:** Mittel (entsprechend Zone 3, im Osten teilweise Zone 2): letzter Frost zwischen 25. und 28.4., im Osten bis zum 30.4.; erster Frost um den 15.10.; Zahl der Frostage 118-124, im Osten bis 130:
- Wärmeverhältnisse ( $14^h$ /Maximum):** Mittlere  $14^h$ -Temperatur im Westen 20,2 bis 20,4 °; im Osten 20,4-20,6 °, in den Seitentälern 19,6-20,2 ° (nur für neutrale Lagen); Zahl der Sommertage im Westen 52-54, im Osten 54-57 d, in den Seitentälern 44-50 d.
- Temperaturgunst insgesamt:** Dauer der Vegetationsperiode I: 234-238; Dauer der Vegetationsperiode II: 174-178; mittlere Jahrestemperatur: 8,8-9,1 °; mittlere Jannertemperatur: -2,7 bis 2,2 °; mittlere Julitemperatur: 18,8-19,0 ° (nur für neutrale Lagen).
- Weitere Besonderheiten:** Nebelgefährdung ähnlich wie in Zone c, in den Seitentälern jedoch - vor allem wegen der Verhältnisse im Frühjahr - geringer werdend (Absinken der Nebeltage auf 50-55 d); Durchlüftung wie in Zone c; im östlichen Bereich (Raum Bad Radkersburg, Zelting Windgeschwindigkeit auf 1,5 bis 2,0 m/sec zunehmend, gute Durchlüftung, besonders in der Vegetationsperiode; Schneedeckendauer im Murtal von W nach E deutlich abnehmend (von 60-65 auf 45-50 d).
- Entsprechende Stationen:** Zelting (206 m), Bad Gleichenberg (292 m).
- Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:** Zone d umfaßt im wesentlichen die Hauptanbauggebiete für den Mais im Murtal (in geringerem Ausmaß wegen der Hangneigung

in den Seitentälern); für den Anbau von Obstkulturen erscheint das Frostrisiko noch relativ hoch (vgl. Station Dietersdorferbergen, 300 m), bzw. müßten entsprechende Vorsorgemaßnahmen für eine Frostbekämpfung getroffen werden (Beregnungs- bzw. Bewindungsanlagen, eventuell kombiniert mit Beheizung mittels Infrarotstrahlern); außerdem sollten eher frosthärttere Sorten gewählt werden (Obstgrenzalagenzone).

### Zone e

### "Günstige Haupttalzone"

#### Vorkommen:

Terrassen- und Auabschnitte im östlichen Unteren Murtal, insbesondere im Raum Bad Radkersburg-Laafeld-Sicheldorf; im westlichen Teil nur Mureck selbst; im Riedelland umfaßt diese Zone Hanglagen (teils Mittel-, teils Oberhänge) und Sporne; im Klöcher Raum auch Unterhangstandorte.

#### Kaltluftgefährdung:

Gering bis mäßig (entsprechend Zone 4, im Osten Zone 3); letzter Frost zwischen dem 21. und 25.4., im Osten bis zum 27.4.; erster Frost um den 20.10. (im Osten bis zum 15.); Zahl der Frosttage 108-115 d, im Osten bis 120.

#### Wärmeverhältnisse (14<sup>h</sup>/Maximum):

Mittlere 14<sup>h</sup>-Temperatur: Murtal; wie Zone d; im Riedelland auf 19,2 ° absinkend (je nach Seehöhe); Zahl der Sommertage: Murtal: 52 bis 57; Riedelland: 40 - 48 d.

#### Temperaturgunst insgesamt:

Dauer der Vegetationsperiode I: 238-242 d;  
Dauer der Vegetationsperiode II: 178-182;  
mittlere Jahrestemperatur: 9,1-9,4 °;  
mittlere Jänbertemperatur: -2,2 bis -1,7 °;  
mittlere Julitemperatur: 18,6-19,1 °.

Weitere Besonderheiten: Nebelgeföhrdung im Auberereich der Mur noch am h6chstes (70-75 Nebeltage); im übrigen Murtal unter 65 d absinkend; im Riedelland deutlich g6nstigere Werte, da über dem seichten Kaltluftnebel (50-60 d); Durchlüftung im Murtal wie in Zone d; im Riedelland zunehmend durch Hangwinde bestimmt; Schneedeckendauer im Murtal wie Zone d, im Riedelland stark differenziert durch unterschiedliche Besonnung; in SW-exponierten Hanglagen unter 35 d, im Osten unter 30 d; mittlere Tagesamplituden noch um 10 ° (Jahr).

Entsprechende Stationen: Bad Radkersburg (208 m), Murska Sobota I (191 m), Unterpurkla (220 m).

Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:

Zone e beschreibt die Bedingungen für die begünstigten Tal-lagen im Unteren Murtal, die sich auch für den Anbau anspruchsvoller Maisarten eignen. Im Riedelland bieten sich Standorte für Obstkulturen an, das Spätfrostrisiko ist relativ gering; frostempfindliche Birnen- und Apfelsorten sollten trotzdem der nächsten Zone f vorbehalten bleiben; ähnliches gilt für den Weinanbau.

Zone f "Allgemeine Riedelzone"

Vorkommen: Vorherrschend Oberhang- und Riedelrücken-lagen im westlichen Teil des Riedellandes, im Klöcher Raum auch Mittelhangabschnitte; im Murtal "Wärmepol" Bad Radkersburg-Lasfeld-Gornja Radgona (Oberradkersburg).

Kaltluftgeföhrdung: Gering (entsprechend Zone 5, teilweise 6 - in den höheren Riedellagen); letzter Frost zwischen dem 15. und 20.4.; erster Frost

	zwischen 25. und 30.10., nur in höheren Lagen noch etwas später: Zahl der Frosttage 95-105.
<b>Wärmeverhältnisse (14<sup>h</sup>/Maximum):</b>	Mittlere 14 <sup>h</sup> -Temperatur: im Murtal (Bad Radkersburg) um 20.5 °; im Riedelland 18,8-19,5 °; im Raum Klöch-Straden bis 20,2 °; Zahl der Sommertage: im westlichen Riedelland auf 35 d absinkend; im Klöcher Raum 40-45 d. nur in Südlagen darüber.
<b>Temperaturgunst insgesamt:</b>	Dauer der Vegetationsperiode I: 242-246 d; Dauer der Vegetationsperiode II: 182-186; mittlere Jahrestemperatur: 9,4-9,6 °; mittlere Jänbertemperatur: -1,7 bis -1,2 °; mittlere Julitemperatur: 19,0-19,2 °.
<b>Weitere Besonderheiten:</b>	Nebelgefährdung (mit Ausnahme von Bad Radkersburg) stark abnehmend; generell nur noch 40-50 d; Durchlüftung auf den Riedellagen im westlichen Teil zunehmend durch "regionale" Winde (verstärkter Gradientwind einfluß) geprägt; Jahresmittelwerte über 2 m/sec ansteigend; im Klöcher Raum noch starker Hangwind einfluß; Schneedeckendauer ähnlich wie in Zone e; mittlere Tagesamplitude auf 8-9 ° absinkend (in Hanglagen mit Überwärmung jeweils um 0,3-0,8 ° höher).
<b>Entsprechende Stationen:</b>	Gornja Radgona (205 m), Straden (350 m), Wöltra (380 m).

**Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:**

Die Zone f charakterisiert die klimatischen Bedingungen für die unteren Weinbauanlagen im Klöcher Raum (Weinbauuntergrenze Hürtherberg-Pirchweingarten, 270-280 m) bzw. für die

Höheren Riedellagen im westlichen Teil, die ebenfalls die entsprechenden Voraussetzungen für den Weinbau erbringen. Dort liegt allerdings die Weinbauuntergrenze bereits in 310 m, nördlich von St. Peter am Ottersbach in 320-330 m, und ragt teilweise auch in die Zone e hinein. Mit einem Jahresmittel von 9,1-9,4 ° werden bereits die Verhältnisse für günstige Lagen in der Südweststeiermark erreicht.

Zone g (bzw. g')	"Begünstigte Riedelzone des Raumes Straden-Klöcher"
Vorkommen:	Vorherrschend im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes, Standorte auf Überhängen und Riedelrücken; g' nur in süd-exponierten Hanglagen im Klöcher Raum; im westlichen Teil nur sporadisch.
Kaltluftgefährdung:	Sehr gering (beste Voraussetzungen im gesamten Vorland), entsprechend Zone 7, im Klöcher Gebiet und am Stradner Kogel auch 8; letzter Frost 10. bis 15.4.; erster Frost generell nach dem 31.10., in Rücken- und Kuppenlagen auch nach dem 5.11.; Zahl der Frosttage auf 83-92 d absinkend; absolutes Minimum um -18 °; mittleres absolutes Minimum -11 bis -12 °.
Wärmeverhältnisse (14h/Maximum):	Mittlere 14 <sup>h</sup> -Temperatur durchschnittlich 19,0-19,5 °, in Südlagen bis 20,2 °; Zahl der Sommertage 35-40 (höhere Lagen) bzw. 40-45 (tiefere Standorte im Outen), nur in Zone g' bis 50 d.
Temperaturgunst insgesamt:	Dauer der Vegetationsperiode I: 245-248 d; Dauer der Vegetationsperiode II: 186-188; (g' bis 189 d):

mittlere Jahrestemperatur:  $9,6-9,8^{\circ}$   
 ( $g'$  bis  $10,0^{\circ}$ );  
 mittlere Jännertemperatur:  $-1,2$  bis  $-1,0^{\circ}$   
 ( $g'$  bis  $-0,8^{\circ}$ );  
 mittlere Julitemperatur:  $19,1-19,3^{\circ}$   
 ( $g'$  bis  $19,5^{\circ}$ ).

Weitere Besonderheiten:

Nebelgefährdung gering (entsprechend Zone 3 und 4 in der Nebelzonenkarte), allgemein um 40 d, diese jedoch meist bei Schlechtwetter bzw. Hochnebel im Winter; im Frühjahr, Sommer und Frühherbst sehr nebelarm; Durchlüftung auf den Riedelrücken und Kuppen der Klöcher Weinberge sehr günstig; mittlere Windgeschwindigkeit auf  $2,5$  m/sec steigend; Wärmebelastung bzw. Schwüle deshalb merklich geringer als in Tallagen; Zahl der Schwületage auf 20-25 d absinkend (H. Wakonigg, 1978), ab 450-500 m (Stradner Kogel) Beginn eines relativ reizarmen Schonklimas (unter 20 d); sehr ausgeglichene Temperaturverhältnisse, Tagesamplitude in den höheren Lagen auf  $7-8^{\circ}$  fallend; Schneedeckendauer: geschätzte Werte für Südwestlagen in Zone  $g'$ : 30 d.

Entsprechende Stationen:

Jeruzalem (340 m), Klöcher I (340 m),  
 Klöcher II (390 m), Rosenberg (450 m).

Gesamtbewertung und Eignung für Sonderkulturen:

Zone  $g$  (insbesondere  $g'$ ) charakterisiert das typische Wein-  
 klima schlechthin; für die Zone  $g'$  eignen sich auch anspruchs-  
 volle Weinsorten, wie etwa der Traminer. Die Klimagunst er-  
 reicht ein derartiges Maß, daß sogar Feigenbäume gedeihen  
 (allerdings reifen die Feigen nicht aus). Für die Zonen  $g$   
 und  $g'$  gibt es auch im Sausal kein Äquivalent.

#### 2.4.7 Ergänzungen zu den Temperaturverhältnissen des Raumes Bad Radkersburg innerhalb des Vorlandes

Der bei der Frage der Wärmeverhältnisse (Temperaturmaxima bzw.  $14^h$ -Temperaturen) bereits besprochene "Wärmestaueneffekt" am Alpenrand im Abschnitt Graz-Weiz läßt sich auch an Hand der Auswertung der beiden Stationen Graz/Thalerhof und Bad Radkersburg mittels eines Vergleichs für Monatsmittel bzw. Schönwetterperioden daraus nachweisen. Die Ergebnisse sind in Tab. 20 zusammengefaßt; besonders in den einzelnen ausgewählten Perioden (Maxima mindestens  $25^{\circ}$ ) schneidet der Grazer Raum deutlich besser ab als Bad Radkersburg. Auch die mittleren absoluten Maxima bestätigen diese Tatsache. Aus pflanzenphysiologischen Gründen sind aber diese Temperaturdifferenzen für die weitere Entwicklung der Sonderkulturen kaum von Bedeutung; zu hohe Temperaturen bei gleichzeitig niedriger relativer Feuchte können sich sogar negativ auf den Wasserhaushalt der Pflanzen auswirken. Deshalb erscheint die Fragestellung sinnvoll, ob nicht bei Rückseitenwetterlagen mit Kaltluftadvektion Bad Radkersburg gunstmäßig das Grazer Feld übertrifft. Tab. 20 bringt nun eine Gegenüberstellung aus zu kalten Monaten oder aus kalten Perioden. Dabei würde man sich vor allem an Tagen mit Nordföhn mit zunehmender Entfernung vom Alpenrand eine Temperaturerhöhung erwarten. Diese ist jedoch mit Differenzen von  $0,6^{\circ}$  (im mittleren täglichen Maximum) nicht realisiert bzw. nur an einigen wenigen Tagen zutreffend. Potentiell (bezogen auf dieselbe Seehöhe) wären bei zumindest neutraler Schichtung Unterschiede um  $1,4^{\circ}$  reell. Offensichtlich bewirken an solchen Tagen die Bewölkungsverhältnisse die Abschwächung der Differenzen (geringe Bewölkung im Grazer Raum, Bewölkungsreste abgezogener Störungen, besonders aus dem Adria-raum, mit Behinderung der Sonneneinstrahlung in Bad Radkersburg).

Tab. 30: Temperaturvergleich Bad Radkersburg - Graz/Thalerhof.

a) zu kalte Monate

		kalte Perioden <sup>1)</sup>		Rückspitzenperioden <sup>3)</sup>	
Monatsmittel <sup>1)</sup> mittl.tägl.Max.		mittl.werts	mittl.tägl.Max.	mittl.werte	mittl.tägl.Max.
mittl.Abweichung	0,7	0,9	0,8	0,8	0,6
kleinster Wert	0,5	0,2	0,0	0,3	-0,2
höchster Wert	0,9	1,4	1,6	1,2	1,2

1) aus 10 zu kalten Monaten (1973-1980, Vegetationsperiode)

2) jeweils 5 bis 10 Tage aus den gewählten Monaten

3) Tage mit Nordföhn-Effekten am Alpenrand an der Rückseite abgezogener Finnten bzw. Tiefdruckgebiete

b) zu warme Monate<sup>4)</sup>

		warme bzw. heiße Perioden <sup>5)</sup>		absol.Maxima		Zahl der Tropentage
Monatsmittel mittl.tägl.Max.		mittl.werte	mittl.tägl.Max.	absol.Maxima	Zahl der Tropentage	
mittl.Abweichung	0,3	0,3	-0,2	-0,6	34	(Bd. Radkersburg)
kleinster Wert	0,0	-0,2	-0,8	-1,6	41	(Graz-Thalerhof)
höchster Wert	0,6	0,9	0,6	0,6		

<sup>4)</sup> Mittel aus 7-Monaten

<sup>5)</sup> analog wie bei a)

Periode 1973-1981  
Tropentage (Max. >30 °C)

Mal Jun Jul Aug Sept Ges.

Graz-Thalerhof	0,0	1,6	1,2	1,7	0,1	4,6
Bd. Radkersburg	0,0	1,1	0,9	1,7	0,3	6,0

Periode 1973-1981  
mittl.abs.Max.

Apr Mai Jun Jul Aug Sep

Graz-Thalerhof	22,6	26,9	30,5	30,0	29,6	27,6
Bd. Radkersburg	23,0	26,9	29,7	29,7	29,7	27,7

$\Delta T$  °C 0,6 0,0 -0,9 -0,3 -0,3 -0,1

Vergleicht man nun die Ergebnisse aus den kalten Perioden, so zeichnet sich doch ein gewisser Temperaturvorsprung von Bad Rečkersburg ab, der allerdings noch immer nicht das potentiell mögliche Ausmaß von  $1,0-1,2^{\circ}$  bei einem Temperaturgradient von  $-0,7$  bis  $-0,8^{\circ}/100$  m erreicht.

Immerhin erscheint aus pflanzenphysiologischer Sicht diese Temperaturdifferenz ausreichend zu sein, um vor allem in schlechten Weinjahren mit kühlen Sommern den Klöcher Raum hinsichtlich der Zuckergrade beim Wein gegenüber anderen Anbaugebieten zu bevorzugen. Außerdem drückt sich dieser Gunstvorsprung auch generell in der Vegetationsentwicklung im Frühjahr aus (speziell bei starkem Jaukeinfluß).

Bei einem Vergleich von zu milden Wintern scheinen teilweise hohe positive Abweichungen zum Thalerhof auf. Diese treten besonders bei Jaukeinfluß, wie etwa im Jänner 1975 mit  $2,0^{\circ}$  merkant in Erscheinung. Zieht man noch das Datenmaterial der Station Murška Sobota heran, dann ergibt sich im November 1963 mit häufigen Südwestlagen eine Differenz von  $3,2^{\circ}$ . Bemerkenswert ist jedoch, daß der nachfolgende kalte Dezember 1963 nur um  $0,6^{\circ}$  wärmer war als im Grazer Feld. Daraus folgt ein Temperatursprung von  $15,8^{\circ}$ , der damit jenen vom Grazer Feld um  $2,6^{\circ}$  übertraf (S. Morawetz, 1964). Dies deutet insgesamt darauf hin, daß in diesem Raum das Klima zunehmend exzessiver wird. Kalte, schneereiche Winter weisen generell nur geringe Unterschiede zum Thalerhof auf, teilweise sind sie sogar geringfügig kälter (Jänner 1963 Murška Sobota  $-7,7^{\circ}$ , Thalerhof  $-7,4^{\circ}$ , absolutes Minimum  $-31,0^{\circ}$  gegenüber  $-26,7^{\circ}$ ). Bezüglich der absoluten Minima im Winter kommen derartige Differenzen häufiger vor (z.B. Dezember 1969 Murška Sobota  $-27,6^{\circ}$ , Thalerhof  $-19,0^{\circ}$ ; Jänner 1980 Murška Sobota  $-22,2^{\circ}$ , Thalerhof  $-14,0^{\circ}$ ).

### 3. Die Besonnungskarte

#### 3.1 Formale Erläuterungen

Inbesondere für die Landwirtschaft ist die Erfassung der durch Exposition und Hangneigung bestimmten Ginstunterschiede von wesentlicher Bedeutung. Als objektive Grundlage dienen dazu die von A. Morgen und W. Kampfert (1952, 1957) berechneten Besonnungszahlen. Bei der Besonnung handelt es sich definitionsgemäß um eine strahlungsgeometrisch erfassbare, direkte solare Bestrahlung bei mittlerer Trübung und zirkularem Horizont ohne Berücksichtigung der Bewölkungsverhältnisse für  $50^\circ$  nördliche Breite. Damit kann man für jede beliebig gewählte Fläche einen Besonnungswert in  $\text{kcal/cm}^2$  (bzw.  $\text{KJ/cm}^2$ ) ausdrücken. Der Einfluß der Breitenänderung von  $50^\circ$  auf  $47^\circ$  n. Breite bleibt relativ gering (nach M. Bjelanovic 1967, Zuschlag von 2-3 % für die Vegetationsperiode; nach K. Knoch 1963, im Mittel weniger als 1 % je Breitengrad). Als Grundlage für die Besonnungskarte wurden die Werte für  $50^\circ$  n. Breite unverändert belassen, da auch die Abzüge (in % der Jahressumme) durch die Horizontbegrenzung auf derselben Breite basieren. Zur Bestimmung dieser Abzüge erfolgt zunächst im Gelände die Messung der Horizontüberhöhung mittels Kompaß und Klinometer. Um den Messaufwand in sinnvollen Grenzen zu halten, wählt man "Testgebiete" mit stärkerer morphologischer Differenzierung und überträgt die Ergebnisse auf ähnliche Abschnitte im jeweiligen Untersuchungsgebiet (Analogverfahren). Die Abzüge erreichen vor allem bei Hindernissen in den Sektoren SE bis S und S bis SW bei einer Überhöhung ab  $20^\circ$  ein hohes Ausmaß; man spricht hier auch von sektorieller Horizontbegrenzung. Ein Beispiel dafür gibt nun die Abb. 19; sie wird besonders für die engen Seitentäler bzw. Tobel angewendet.

## Überhöhung

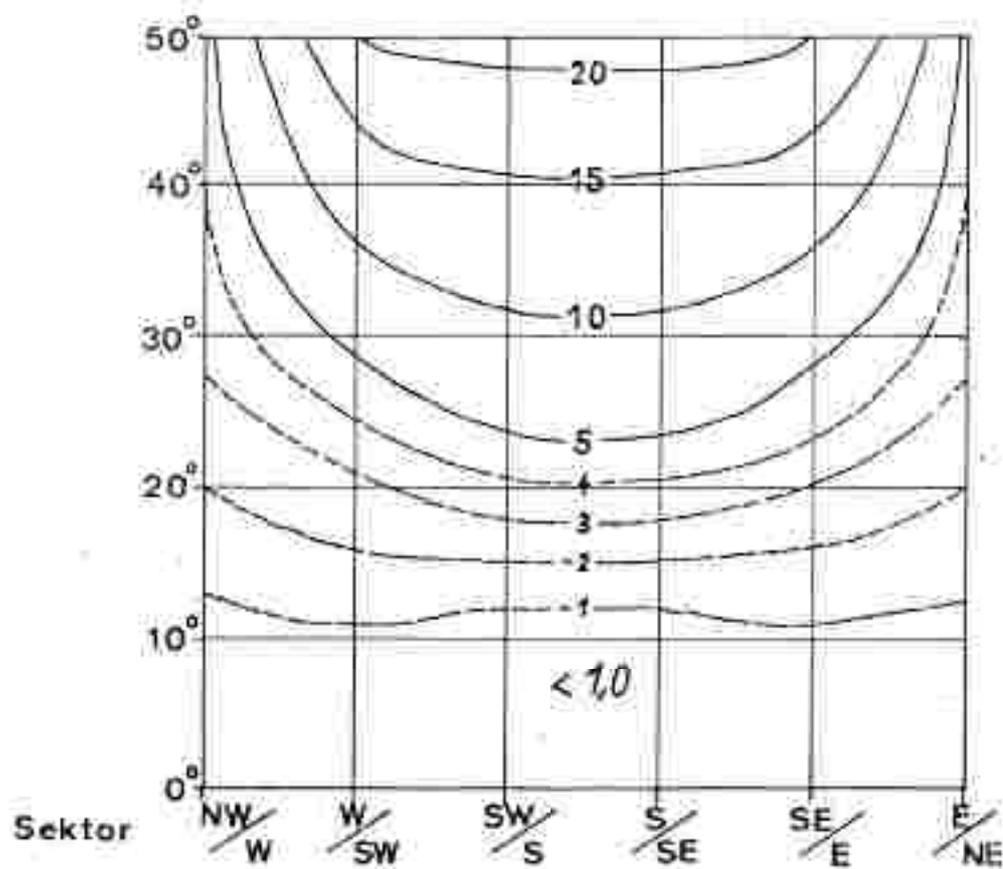


Abb.19a: Besonnungsabzüge ebener Flächen bei sektorieller Horizontbegrenzung in kcal/cm<sup>2</sup> (nach Werten von A. Morgen 1957).

Neigung

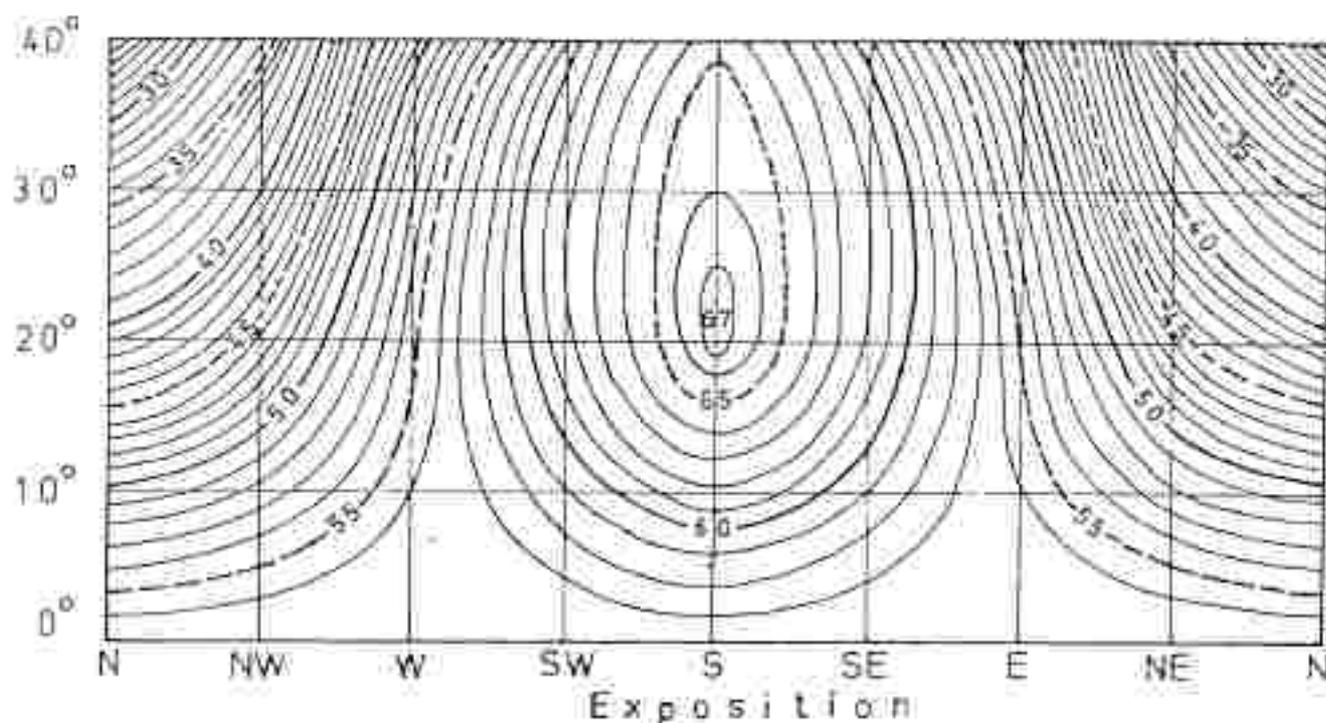


Abb.19b: "Relative" Besonnungswerte für die Vegetationsperiode (April bis Oktober) in kcal/cm<sup>2</sup> (nach Lasser 1978).

Der seltene Fall, die sogenannte Ringsumbeugung, tritt bei gleichmäßigem Horizontverlauf ein, etwa in breiteren Sohlentälern und Beckenlagen. Im Vorland wirken sich diese Abzüge infolge der relativ geringen Überhöhung (5-10 °) noch kaum aus (etwas verspäteter Sonnenaufgang bzw. verfrühter Sonnenuntergang). In inneralpinen Tal- und Beckenlagen, besonders im schattigeren Südabschnitt, können sie beträchtliche Ausmaße annehmen.

Kleinklimatisch gesehen erhalten die nach S begrenzten Waldrandstreifen (ca. 30-40 m breit) die größten Abzüge (20-40 %, je nach Entfernung vom Waldrand). Diese Waldrandzonen, speziell in den kalten Seitentälern, zählen zu den - wenn auch nur kleinräumigen - Abschnitten mit der längsten Schneedeckendauer im Untersuchungsgebiet (ca. 70-80 d). Von der Darstellung der Besonnungswerte für diese Lage müßte jedoch aus Gründen des Maßstabes abgesehen werden. Ansonsten fänden Besonnungsabzüge weitgehend Berücksichtigung, insbesondere in stark gegliederten Bereichen, wo steile Gegenhänge zu einer Verminderung der Werte in Unterhanglagen führen. Dies betrifft vor allem den Raum Straden - Klüch, wo morphologisch die Differenzierung besser ausgeprägt ist als im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes.

Die Besonnungswerte von A. Morgen basieren auf der Annahme eines quasi wolkenlosen Himmels während des ganzen Jahres.

Berücksichtigt man die relative Sonnenscheindauer, so erhält man "relative" Besonnungszahlen, die für die Vegetationsperiode (April bis Oktober<sup>1)</sup>) in Abb. 19b dargestellt sind.

Gegenüber den Jahressummen tritt eine Abschwächung der Gegensätze zwischen Nord- und Südexposition ein. Beträgt die Differenz zwischen einem 20° geneigten Nord- bzw. Südhang im Jahr noch 70 % des Besonnungswertes für den Südhang, so sinkt sie in der Vegetationsperiode auf 54 % ab (bezogen auf die "relativen" Werte ergeben sich 73 % zu 53 %). Andererseits empfangen steilere Nordhänge im Winter überhaupt keine Bestrahlung: die Gegensätze sind wegen des flachen Einfallswinkels der Sonnenstrahlen am stärksten ausgeprägt, was bedeutende Auswirkungen auf die Schneedeckendauer mit sich bringt (Abschnitt 5.).

<sup>1)</sup> Der Oktober wurde wegen der Bedeutung für die Reifung des Weines hinzugezogen.

### 3.2 Erläuterungen zur Besonnungskarte (1:25.000)

Für das Untersuchungsgebiet wurde eine Gliederung in sechs Besonnungszonen vorgenommen. Sie gestatten eine ausreichende Differenzierung der Gunstunterschiede hinsichtlich dieses Klimaelementes. In morphologisch stark gegliederten Gebieten, wie dem Klöcher Raum, prallen die Gegensätze zwischen Süd- und Nordhang oft derart aufeinander, daß von der Darstellung her generalisiert werden mußte. Um eine zu dichte Scharung der Linien gleicher Besonnungswerte zu vermeiden, wurden nur die flächenmäßig dominierenden Zonen belassen und die Übergangszonen ausgespart. Somit tritt der Fall ein, daß etwa Zone I und III bzw. IV direkt nebeneinander zu liegen kommen.

Hinsichtlich der Bewertung der Exposition wurde angenommen, daß West- bzw. Osthang dieselbe Bestrahlung erhalten; ähnliches gilt für den Südwest- bzw. Südoosthang. Allerdings zeigt sich nach einer Auswertung für eine Station im Sausal (Kittenberg) - getrennt nach Sonnenscheinstunden am Vor- und Nachmittag - eine Begünstigung des Südoosthanges, etwa von April bis Juli. Es überwiegt dabei die Beeinträchtigung durch cumuloforme Bewölkung mit Schauern und Gewittern am Nachmittag. Bereits ab August kommt es zur Umkehr; besonders im Spätherbst und Winter ist der Südwesthang gegenüber dem Südoosthang bevorzugt. Ein wesentlicher Grund liegt in der verzögerten Nebel- bzw. Hochnebelauflösung. Im Herbst deckt sich ferner am Süd- bis Südwesthang der Zeitpunkt des Temperaturmaximums mit jenem der Einstrahlung. Insgesamt schneidet im Untersuchungsgebiet, speziell im Klöcher Raum, der Sektor Süd bis Südwest am günstigsten ab, nicht zuletzt wegen der Bedeutung des Herbstes für die Weinreife. Wie groß der Gunstvorsprung gegenüber dem Sektor Süd/Südost wird, hängt weitgehend von den Witterungsbedingungen im Herbst ab ("Altweibersommer"). In der Karte wurde in Grenzfällen an einem Südwesthang die höhere Zone, an einem Südoosthang die niedrigere gewählt, um diesen Gunstunterschied noch Rechnung zu tragen.

Im wesentlichen drückt sich dieser im Tagesgang der Temperatur (Überwärmung der Südhänge), speziell in höheren Temperaturmaxima als am Südosthang, aus.

In der Karte wurde ferner der Einfluß der Nebelverhältnisse auf die Besonnung berücksichtigt. Besonders im Herbst bei erhöhter Nebelhäufigkeit und -beständigkeit erschien eine Kennzeichnung der benachteiligten Tallagen gegenüber den Riedeln sinnvoll (Strichlierung, Zone IIIa), die ja als "neutrale" Flächen dieselben Werte verzeichnen würden. Tatsächlich beträgt die Differenz etwa 2-3 % je nach Witterung (nach einem Stationsvergleich im Sausal).

## 4. Sonnenscheindauer im Raum Bad Radkersburg

## 4.1 Tabellen

- M = Normalwert der Periode 1951-1980  
 s = Standardabweichung  
 a.Max. = Höchstwert der Periode März 1930 - Mai 1981  
 o.Des. = oberes Dezil  
 o.Q. = oberes Quartil  
 u.Q. = unteres Quartil  
 u.Des. = unteres Dezil  
 a.Min. = Tiefstwert der Periode März 1930 - Mai 1981

## 1.) Bad Gleichenberg (300/310 m)

- a = effektiv mögliche Dauer in Stunden pro Monat  
 b = effektive (wirkliche) Dauer in Stunden pro Monat  
 c = effektive (wirkliche) Dauer in Stunden pro Tag  
 d = relative Sonnenscheindauer in Prozenten

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli
a) M	229	351	321	363	408	399	412
b) M	73,6	95,1	138,8	169,4	208,2	209,2	235,0
s	21,1	26,7	42,8	30,9	36,2	28,0	29,0
a.Max.	154	180	252	272	305	284	301
Jahr	1981	1934	1953	1946	1931	1935	1931
o.Des.	106	130	192	204	258	245	272
o.Q.	94	103	172	192	239	230	256
Median	78	93	134	171	203	204	231
u.Q.	53	78	109	140	180	184	218
u.Des.	40	66	87	130	161	180	194
a.Min.	30	22	51	116	144	162	166
Jahr	1972	1947	1964	1972	1940	1975	1979
c) M	2,4	3,4	4,5	5,6	6,7	7,0	7,6
d) M	32,0	37,5	43,2	46,7	51,2	52,4	57,0

	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
a) M	393	335	292	238	224	3665
b) M	229,2	177,5	142,8	76,2	60,4	1815,4
s	30,8	26,5	32,8	31,0	21,2	123,0
a.Max.	194	257	230	136	110	2124
Jahr	1961	1947	1971	1972	1931	1949
o.Des.	275	213	185	118	92	2002
o.Q.	253	191	160	96	75	1993
Median	224	175	140	76	59	1804
u.Q.	203	157	123	55	43	1729
u.Des.	193	143	101	36	32	1676
a.Min.	186	(135)	69	10	17	1574
Jahr	1976	1980	1939	1958	1964	1980
c) M	7,4	5,9	4,6	2,5	1,8	5,0
d) M	58,3	53,0	48,8	32,0	27,0	47,0

## 2.) Leutschach-Schloßberg (350 m), reduziert aus 1966-1980

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
a)	230	255	332	367	396	384	397	387	343	303	242	211	3847
b) H	82	99	142	167	201	209	232	227	180	149	87	71	1846
c) H	36	39	43	46	51	54	58	59	52	49	36	34	48

## 3.) Silberberg (300 m), reduziert aus 1972-1980

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
a)	254	255	314	337	371	365	375	357	314	293	257	243	3730
b) H	83	94	139	164	194	199	217	213	166	134	81	64	1750
c) H	33	37	44	49	52	55	58	60	53	46	32	27	47

## 4.) Klöch (340 m), reduziert aus 1971-1980

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
a)	264	275	361	385	433	440	440	407	363	324	266	246	4204
b) H	80	95	142	174	209	210	238	238	187	146	79	61	1859
c) H	30	35	39	45	48	48	54	58	52	45	30	25	44

## 4.2 Erläuterungen zu den Tabellen der Sonnenscheindauer im Raum Bad Radkersburg

## 4.2.1 Begriffsbestimmung

Die effektiv mögliche Sonnenscheindauer eines Ortes entsteht unter der Vorstellung ununterbrochenen absolut wolkenlosen Himmels. Sie ist abhängig von der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer, welcher zudem die Vorstellung eines völlig flachen Horizontes (etwa auf dem offenen Meer) zugrundeliegt, und erreicht daher das Minimum im Dezember und das Maximum im Juni, wobei sich die Amplitude mit zunehmender geographischer Breite verschärft. Daneben ist sie aber von der Horizontüberhöhung (Abschirmung der Sonnenbahn durch das Relief) abhängig. Bei ungünstiger Horizontausbildung kann der Abzug von der astronomisch möglichen Dauer recht beträchtlich werden und in engen Gebirgstälern zu Weihnachten 100 % erreichen (die Sonne erscheint dann überhaupt nicht mehr über dem Horizont), aber auch im Jahresmittel noch Werte bis über 50 %.

Bei den verwendeten Stationen beträgt die effektiv mögliche Dauer in Bad Gleichenberg und Deutschach-Schloßberg 86 %, in Silberberg 83 % und in Klöch 94 % der astronomisch möglichen Dauer.

Die effektive Sonnenscheindauer ist nun die tatsächliche oder wirkliche Sonnenscheindauer, welche gegenüber der effektiv oder örtlich möglichen noch durch Bewölkung und Nebel beträchtlich verkürzt wird. Für die Steiermark kann als Faustregel gelten, daß die effektive Sonnenscheindauer knapp die Hälfte der effektiv möglichen Dauer erreicht.

Die relative Sonnenscheindauer ist schließlich der Anteil der effektiven an der effektiv möglichen Dauer in Prozenten. Man hat auch häufig den Anteil der effektiven Sonnenscheindauer an der astronomischen als relative Dauer angegeben, was aber bestenfalls im Flachland zu brauchbaren Ergebnissen führt, während in Gebirgsländern mit stark unterschiedlicher Horizontüberhöhung unvergleichbare Werte entstehen. Um mit Hilfe der Sonnenscheindauer wirkliche Witterungsvergleiche (bezüglich Bewölkung und Nebel) aufstellen zu können, muß man die relative Sonnenscheindauer als Anteil der effektiven an der effektiv (örtlich) möglichen ausdrücken, wie es insbesondere F. Steinhauser (1956) gefordert hat. Eine völlig "gleichwertige witterungsmäßige Beurteilung" (F. Steinhauser, 1956, S.3) ist aber auch bei der relativen Sonnenscheindauer nicht gegeben, wie F. Steinhauser weiter unten selbst ausführt. Dabei gilt die Regel, daß Stationen mit geringer Horizontüberhöhung bei ansonsten gleichen Bewölkungsverhältnissen eine kleinere relative Sonnenscheindauer besitzen als solche mit starker Horizontüberhöhung. Diese zur effektiven Sonnenscheindauer in Widerspruch stehende Tatsache ergibt sich aus wenigstens zwei Ursachen: Einerseits auf Grund der Auflösung morgendlicher Nebeldecken: Diese werden in Orten mit sehr frühem Sonnenaufgang, flachem Einstrahlungswinkel und geringer Strahlungsintensität nur langsam, d.h. erst spät nach Sonnenaufgang zur Auflösung gebracht, wodurch beträchtliche Abzüge bei der effektiven Dauer entstehen, während die

Einstrahlung bei Orten mit spätem Sonnenaufgang und gleichzeitig steilem Einstrahlungswinkel schon beim Sonnenaufgang selbst relativ hohe Werte erreicht und zu einer ungleich rascheren Nebelauflösung führt.

Noch wesentlicher aber ist die Tatsache der unterschiedlichen Einstrahlungswinkel selbst. Das heißt, daß bei geringen Einstrahlungswinkeln weit größere Wege durch die Atmosphäre von den Sonnenstrahlen zurückzulegen sind als bei steilem Sonnenstand (gegenüber dem senkrechten Sonnenstand beträgt die Weglänge durch die zu durchstrahlende Atmosphäre bei  $30^\circ$  2,  $20^\circ$  2,9,  $10^\circ$  5,8 und  $5^\circ$  11,5). Daher kommt es bei stärkerer Trübung oder dünner Bewölkung bei flachen Einstrahlungswinkeln meist zum völligen Verschlucken der Sonnenstrahlen, während bei hohem Sonnenstand die direkte Strahlung solche Trübungen ohne weiteres durchdringen kann. Das gilt auch für stark aufgelockerte cumuliförmige Bewölkung bei ansonsten klarem Himmel: Bei hohem Sonnenstand dringt die direkte Sonnenstrahlung häufiger durch die Lücken zwischen den Wolken bis zur Erde durch als bei niedrigem Sonnenstand, da solche Wolken in Horizontnähe scheinbar Kulissenartig hintereinanderstehen. Im Durchschnitt erscheint daher der Himmel in Zenitnähe grundsätzlich wolkenärmer als in Horizontnähe. Diese zweite Ursache gilt demnach im Gegensatz zur Nebelauflösung in praktisch demselben Maße auch für die Abendstunden.

Vereinfacht ausgedrückt kann man sagen, daß die relative Sonnenscheindauer einen deutlichen Tagesgang mit Minima in den Morgen- und Abendstunden und dem Maximum zu Mittag (bei Konvektionsbewölkung im Frühjahr und Sommer auch schon am Vormittag) unterliegt. Je mehr nun durch Horizontüberhöhung von der ungünstig-flachen Sonnenbahn abgeschirmt wird, desto günstiger werden natürlich die Ergebnisse für die "restlichen" Tagesstunden mit steilerem Sonnenstand.

Dieser Effekt wirkt sich letztlich auch auf den Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer aus, wobei das Winterminimum nicht allein auf die grundsätzlich stärkere Bewölkung und

Nebelhäufigkeit zurückgeht, sondern zu einem nicht unbedeutlichen Teil auch auf die flacheren Sonnenstände selbst.

Aus den genannten Gründen ist die relative Sonnenscheindauer für einen absoluten Witterungsvergleich nur bei ähnlicher Horizontgestaltung, ansonsten aber nicht geeignet.

#### 4.2.2 Das Beobachtungsmaterial

Die Beobachtung der Sonnenscheindauer erfolgt mittels sogenannter Sonnenscheinautographen, welche die Sonnenstrahlen mit einer Glaskugel (optische Linse) in einem Brennpunkt bündeln, welcher auf einem mit einer Stundenskala versehenen dunklen Papier eine Brandspur bildet, an welcher die Dauer des Sonnenscheins abgelesen werden kann.

Diese Registrierung durch Selbstschreiber hat den Vorteil, daß sie instrumentell erfolgt und nicht wie die sogenannten Augenbeobachtungen subjektiven Ermessensfragen oder Fehlerquellen unterliegt, aber auch, daß die Messung den ganzen Tag über erfolgt und nicht zur Zeit zufälliger Meßtermine, weshalb die Sonnenscheindauer als objektiver, für die Zeit der hellen Tagesstunden gültiger Ausdruck für die Witterung gelten kann. Nachteile sind darin zu sehen, daß die Instrumente trotz des einfachen Meßprinzips in der Praxis relativ kompliziert (Horizontierung, Orientierung), aufwendig (hohe Anschaffungskosten) und störungsanfällig (Verschmutzung, sogar mutwillige Zerstörung) sind, weshalb die Dichte des Beobachtungsnetzes trotz erfreulicher Zunahme der Zahl der Stationen in den letzten Jahren und Jahrzehnten noch weit hinter jener der "normalen" Klimastationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik oder gar der Hydrographischen Dienste zurückbleibt.

Im engeren Untersuchungsgebiet befindet sich nur die Station Klüch mit Beobachtungen erst seit 1973, in nächster Nähe Bad Gleichenberg (seit 1930) und in größerer Entfernung Silberberg

bei Leibnitz (seit 1972) und Leutschach-Schlöbberg (seit 1966). Das Material von Bad Gleichenberg weist durch eine Stationsverlegung zur Jahreswende 1973 auf 1974 eine gewisse Inhomogenität auf, welche aber vernachlässigt wurde, weil bisher noch keine Veröffentlichung der neuen Werte für die örtlich mögliche Sonnenscheindauer erfolgt ist bzw. die Unterschiede nur minimal sind. Von den Stationen mit weniger als 30 Jahren Beobachtung (das sind alle außer Bad Gleichenberg) wurden die Werte auf den einheitlichen Zeitraum von 1951-1980 reduziert, wobei die Reduktion mit Hilfe von Bad Gleichenberg nur für die relative Sonnenscheindauer nach der Methode der konstanten Differenzen erfolgte, während die tatsächliche Sonnenscheindauer aus der solcherart gewonnenen relativen mit Hilfe der bekanntesten örtlich möglichen errechnet wurde.

Die Angabe aller statistischen Streuungswerte erfolgt nur bei Bad Gleichenberg mit geschlossener Beobachtung über 30 Jahre, und zwar nur für die tatsächliche Dauer in Stunden pro Monat. Die dazugehörigen Werte für die Stunden pro Tag können durch Division durch die Zahl der Monatstage gewonnen werden, jene der relativen Dauer können mit Hilfe der örtlich möglichen Dauer errechnet werden. So war in Bad Gleichenberg der absolut sonnenscheinreichste Monat der Mai 1931 mit 305 Stunden oder 9,84 Stunden pro Tag, das sind 75 % relative Dauer, der relativ sonnenscheinreichste Monat war aber der Oktober 1971 mit zwar "nur" 230 Stunden (7,42 pro Tag), aber 79 % relativer Dauer (zum Vergleich: Stolzalpe: 94 %!). Der relativ und absolut sonnenscheindärmste Monat war der November 1958 mit nur 10 Stunden, das sind nur 20 Minuten pro Tag oder 4,2 %.

#### 4.2.3 Klimatische Interpretation

Klimatische Vergleiche im Sinne von Witterungsunterschieden sollten nur bezüglich der relativen Sonnenscheindauer angestellt werden, welche aber überwiegend mesoklimatische Ab-

wandlungen zeigt, geländeklimatische jedoch nur so weit, als sie sich durch stark unterschiedliche Nebelhäufigkeiten ergeben. Diese Unterschiede können aber durch den ausführlich geschilderten Effekt der unterschiedlichen Horizontüberhöhung kompensiert, ja überkompensiert werden, weshalb sich mit dem zur Verfügung stehenden Material (Klösch / Bad Gleichenberg) keine geländeklimatischen Aussagen treffen lassen. Bei Klösch ergibt sich nämlich durch die geringe Horizontüberhöhung ein deutlicher Abzug bei der relativen Dauer, obwohl die absolute jene von Bad Gleichenberg wesentlich übertrifft. Die Wein-gartenstation Klösch mit rund 100 Metern relativer Höhe kann nämlich bei dieser Lage weder als nebelreicher, noch bei der geringen Entfernung als wolkenreicher angesprochen werden als Bad Gleichenberg.

Grundsätzlich liegen alle vier Stationen in einer mesokli-matisch einheitlichen Zone, da sich nur graduelle Unter-schiede feststellen lassen. jedoch ist für Leutschach-Schloßberg doch eine geringere Nebelhäufigkeit in der kalten Jahreszeit anzunehmen bzw. überhaupt eine gewisse Vermehrung der Nebelhäufigkeit von der West- zur Oststeiermark.

Wesentlicher als die Suche nach regionalen Unterschieden ist aber die Besprechung der Tages- und Jahresgänge der relativen Sonnenscheindauer (Abb. 20).

Beim Tagesgang muß man zwischen dem Winter- und Sommerhalb-jahr unterscheiden: Im Winter nimmt die relative Sonnenschein-dauer aus den bekannten Gründen vom Sonnenaufgang an stetig zu, erreicht das Maximum zwischen 12 und 13 Uhr und nimmt von da an gegen die Abendstunden wieder ab. Die Differenz zwischen Morgen- und Mittagsstunden beträgt dabei etwa 15 %, zwischen Mittags- und Abendstunden ca. 10 %.

Im Sommer wird dagegen bereits um 10 Uhr das Maximum erreicht, worauf die relative Dauer auf Grund der sich üblicherweise entwickelnden Konvektionsbewölkung mehr oder weniger stetig abnimmt und am Abend ein Minimum erreicht, welches wesentlich

unter dem morgendlichen Minimum verbleibt. Die Differenz zwischen 7 und 10 Uhr beträgt dabei etwa 5-8 %, zwischen 10 und 18 Uhr jedoch 18-20 %.

Der Jahresgang ist recht einheitlich und zeigt durchwegs die Form des Vorlandtypus, welche durch eine einfache Amplitude mit Frühwinterminimum (Dezember) und Spätsommermaximum (August) gekennzeichnet wird. Darin drückt sich überwiegend die Herrschaft von Boden- und Hochnebeldecken (zusätzlich zur reichlichen hohen Bewölkung) während der kälteren, und deren praktisch völliges Fehlen während der wärmeren Jahreszeit aus. Daß der Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer aber nicht allein durch die Nebelhäufigkeit, sondern zusätzlich durch den Gang der hohen Bewölkung bestimmt wird, zeigt sich darin, daß das Maximum nicht in den nebelarmen Frühsommer, sondern auf den doch schon etwas nebelreicheren Spätsommer fällt. Frühjahr und Frühsommer werden nämlich verestärkt durch Konvektionsbewölkung einerseits, andererseits durch häufige Fremdwettereinbrüche bestimmt, welche im Sommer hauptsächlich aus dem Nordwestsektor wirksam werden und atlantische Luftmassen mit sich führen. Diese auch als "Monsoonwellen" bezeichneten wolkenreichen Kaltlufteinbrüche lassen vom Juni weg immer mehr nach und sind im Spätherbst am seltensten. Aus den genannten Gründen entsteht zum Beispiel im Bergland, wo die Konvektionsbewölkung stärker wirksam wird, ein sekundäres Frühjahrs- bis Frühsommerminimum, welches im Hochgebirge schließlich zum Hauptminimum wird, während sich im Vorland nur ein verzögerter Anstieg (besonders deutlich beim Vergleich Mai/Juni) feststellen läßt.

Wohl nimmt die Häufigkeit fremdbürtigen Schlechtwetters im Vorland wenigstens bis Anfang Oktober ab, doch verhindert die zunehmende Nebelhäufigkeit, daß der September (wie im Bergland) oder gar der Oktober (wie örtlich im Hochgebirge oder im Nordostbereich) zum relativ sonnenscheinreichsten Monat wird.

Zusammenfassend kann man sagen, daß im Untersuchungsraum (wie generell im Vorland) der Winter mit seinem ohnehin kurzen Tagbogen auch relativ am schlechtesten abschneidet und der astronomisch begünstigte Sommer auch relativ am besten gestellt ist. Dadurch ergibt sich ein Verhältnis der tatsächlichen Sonnenscheindauer von Dezember zu Juli wie 1 : 3,9 gegenüber einem astronomischen von etwa 1 : 1,8. Viel "gerechter" wäre zum Beispiel der im Hochgebirge zu beobachtende "Ausgleich" mit einem Verhältnis von Dezember zu Juli wie 1 : 1,6 (Sonnblick) oder 1 : 2 (Krippenstein).

5. Erläuterungen zu den Schnee-Verhältnissen im Raum Bad Redkersburg (Beobachtungszeitraum 1950/51-1979/80)

5.1 Tabellen

Tab. 21: Statistische Daten zu den Schnee-Verhältnissen.

1.) St. Peter am Otterabach (270 m)

	BS	ES	BW	EW	TS	TW	TH	HSB	SZ	Diff.	Q
Normalwert	3.11.	20.3.	4.1.	18.2.	62	46	90	36	108	46	0,57
Standardabweichung	18	16	25	20	25	27	48	23			
abs. Min.	31.10.	16.2.	20.11.	9.1.	8	4	19	10			
unt. Dezil	13.11.	28.2.	3.12.	27.1.	32	14	35	13			
unt. Quartil	21.11.	10.3.	19.12.	3.2.	46	24	50	18			
Median	27.11.	21.3.	31.12.	12.2.	61	45	82	33			
ob. Quartil	18.12.	29.3.	16.1.	6.3.	76	71	130	45			
ob. Dezil	1.1.	11.4.	10.2.	18.3.	94	76	163	77			
abs. Max.	9.1.	22.4.	7.3.	26.3.	121	121	192	101			

2.) Straden (340 m)

	BS	ES	BW	EW	TS	TW	TH	HSB	SZ	Diff.	Q
Normalwert	30.11.	17.3.	11.1.	7.2.	44	28	88	30	108	66	0,41
Standardabweichung	17	22	27	24	24	22	51	18			
abs. Min.	21.10.	24.1.	30.11.	18.12.	5	2	22	10			
unt. Dezil	11.11.	19.2.	12.12.	12.1.	15	6	32	12			
unt. Quartil	18.11.	4.3.	27.12.	23.1.	26	11	52	17			
Median	28.11.	18.3.	9.1.	3.2.	43	23	76	26			
ob. Quartil	12.12.	30.3.	20.1.	3.3.	58	40	125	33			
ob. Dezil	23.12.	9.4.	15.2.	15.3.	76	64	157	58			
abs. Max.	4.1.	6.5.	29.3.	30.3.	104	78	248	74			

3.) Bad Gleichenberg (292 m)

	BS	ES	BW	EW	TS	TW	TH	HSB	SZ	Diff.	Q
Normalwert	29.11.	19.3.	5.1.	10.2.	56	37	94	33	111	55	0,51
Standardabweichung	19	17	23	23	25	26	52	19			
abs. Min.	21.10.	8.2.	23.11.	16.12.	7	3	23	10			
unt. Dezil	6.11.	26.2.	3.12.	12.1.	25	9	36	12			
unt. Quartil	15.11.	11.3.	23.12.	26.1.	38	15	55	17			
Median	27.11.	20.3.	3.1.	11.2.	61	34	89	32			
ob. Quartil	12.12.	29.3.	20.1.	23.2.	70	50	132	43			
ob. Dezil	26.12.	9.4.	11.2.	15.3.	89	74	155	64			
abs. Max.	9.1.	23.4.	20.2.	24.3.	121	118	234	80			

Tab. 21 Fortsetzung

4.) Zetting (200 m); die Werte von 1950/51 bis 1953/54 wurden von Bad Gleichenberg übernommen

	BS	ES	BW	EW	TS	TW	ZH	HSH	SZ	Diff.	Q
Normalwert	3.12.	12.3.	6.1.	9.2.	49	35	76	29	100	51	0,49
Standardabweichung	22	19	28	28	27	29	40	18			
abs. Min.	21.10.	6.2.	23.11.	5.12.	5	2	16	4			
unt. Dezil	8.11.	10.2.	27.11.	6.1.	19	9	30	11			
unt. Quartil	17.11.	25.2.	20.12.	28.1.	28	14	52	15			
Median	1.12.	16.3.	6.1.	6.2.	44	27	68	25			
ob. Quartil	21.12.	26.3.	23.1.	2.3.	66	46	95	38			
ob. Dezil	6.1.	2.4.	6.2.	21.3.	76	73	140	59			
abs. Max.	12.1.	22.4.	29.3.	30.3.	120	117	192	80			

5.) Leibnitz (275 m); zum Vergleich

	BS	ES	BW	EW	TS	TW	ZH	HSH	SZ	Diff.	Q
Normalwert	4.12.	14.3.	4.1.	15.2.	57	43	81	33	101	44	0,56
Standardabweichung	19	20	24	19	25	26	41	20			
abs. Min.	3.11.	5.2.	20.11.	28.12.	6	3	18	10			
unt. Dezil	13.11.	14.2.	1.12.	22.1.	30	13	38	14			
unt. Quartil	17.11.	2.3.	19.12.	5.2.	43	24	48	20			
Median	28.11.	15.3.	31.12.	11.2.	96	40	71	29			
ob. Quartil	20.12.	25.3.	18.1.	1.3.	73	63	103	39			
ob. Dezil	1.1.	31.3.	6.2.	15.3.	93	76	153	63			
abs. Max.	9.1.	6.5.	11.3.	23.3.	119	118	178	93			

#### Legende:

- BS = Beginn der (temporären) Schneedecke
- ES = Ende der (temporären) Schneedecke
- BW = Beginn der Winterschneedecke
- EW = Ende der Winterschneedecke
- TS = Tage mit Schneedecke (insgesamt)
- TW = Tage mit Winterschneedecke
- ZH = Summe der Neuschneehöhen (cm)
- HSH = höchste Schneehöhe (cm)
- SZ = Dauer der "Schneedeckenzzeit" = Summe der Tage zwischen Beginn und Ende der temporären Schneedecke
- Diff. = Differenz zwischen der Dauer der Schneedeckenzzeit und der (tatsächlichen) Zahl der Tage mit Schneedecke
- Q = Erhaltungsquotient der Schneedecke, d.h. Zahl der Tage mit Schneedecke (insgesamt) durch die Dauer der Schneedeckenzzeit

## 5.2 Formale Erläuterung der Tabellen

### 5.2.1 Datum des Beginns der (temporären) Schneedecke

Gemeint ist die erste, meist irgendwann im Spätherbst sich bildende Schneedecke, verstanden als wenigstens 1 cm Schnee um 7 Uhr morgens, die aber nur ausnahmsweise von längerer Dauer ist und dann direkt den Beginn der "endgültigen" Winterschneedecke anzeigt (z.B. Ende November 1962). Das durchschnittliche Datum ist somit nur Ausdruck für die durchschnittlich zu erwartenden Wetterstürze mit Schneefall, aber nicht der schneedeckenerhaltenden Faktoren des Temperaturklimas. Dadurch zeigt dieses Datum i.a. eine sehr starke Bindung an die Seehöhe im Sinne einer Verspätung nach unten, doch ist diese Beziehung bei den geringen Höhenunterschieden der verwendeten Orte nur wenig, aber doch erkennbar ausgeprägt. Erwartungsgemäß unterliegt dieses Eintrittsdatum einer starken Streuung; die früheste Schneedecke wurde meist am 21. Oktober (1970) beobachtet, kräftiger war aber der "Jahrhundertschneefall" vom 23. bis 25. Oktober 1905 mit Schneehöhen bis 15 cm und einigen Tagen Dauer der Schneedecke. Als spätestes Datum der Schneedecke kann eine Zeit zwischen 4. und 12. Jänner gelten.

### 5.2.2 Datum des Endes der (temporären) Schneedecke

Wie beim Beginn zeigt auch das Ende überwiegend die Wirkung von Wetterstürzen im Frühjahr und nur sehr eingeschränkt von schneedeckenerhaltenden Faktoren. Deshalb gelten wie vorhin eine starke Seehöhenabhängigkeit und zeitliche Streuung. Als frühester Zeitpunkt, nachdem überhaupt keine Schneedecke mehr zustande kam, kann die Zeit zwischen 24. Jänner und 10. Februar gelten, der späteste Zeitpunkt mit Schneedecke ist i.a. der 22./23. April (1965), in Straden sogar der 6. Mai (1957), welcher allgemein auch als "Jahrhundertwart" gelten kann.

### 5.2.3 Datum des Beginns der Winterschneedecke

Gemeint ist damit die "endgültige" Schneedecke, über deren Definition in schneesicheren Orten keine Zweifel bestehen, da sie sich in jedem Winter relativ regelmäßig bildet, die aber in sehr schneearmen Gebieten als "längste beobachtete" Schneedecke definiert werden muß, wodurch ihre Eintritts- und Enddaten recht zufallsabhängig werden und dadurch einer äußerst starken zeitlichen Streuung unterliegen. So gab es zum Beispiel im Jahr 1958 in Bad Gleichenberg eine Schneedecke vom 21. Jänner bis zum 10. Februar (21 Tage), und vom 7. bis 25. März (19 Tage). Hier gilt die erste Periode als Winterschneedecke, was entsprechend dem Datum auch die logische Angabe ist, welche den zu erwartenden Normalwerten sogar recht gut entspricht. Im selben Winter gab es in St. Peter am Ottersbach eine Schneedecke vom 21. Jänner bis 9. Februar (20 Tage) und vom 7. bis 26. März (ebenfalls 20 Tage), die jetzt wegen der größeren erreichten Schneehöhen als Winterdecke gilt. Somit klafft im Datum des Beginns der Winterschneedecke zwischen diesen beiden Orten ein Zeitraum von 45 Tagen, obwohl sich de facto nur Unterschiede von 1 bis 2 Tagen bei der Dauer der Schneedecke einstellen und die Verhältnisse in beiden Orten "praktisch gleich" waren. Auch der extrem schneearme Winter 1974/75 bietet markante Beispiele, wobei die "Winterdecke" in Straden zufällig vom 29. bis 30. März (!) dauerte; in St. Peter am Ottersbach aber vom 20. bis 23. Februar. Das zeigt die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der Daten untereinander bzw. die Art der Interpretation der hohen Streuungswerte. Als frühester Beginn der Winterschneedecke kann die Zeit um den 20./23. November (1962) gelten, als spätester Beginn der 29. März (1975). Diese Daten sind gleichzeitig die "Jahrhundertwerte".

#### 5.2.4 Datum des Endes der Winterschneedecke

Dazu gilt einerseits das für das Datum des Beginns der Winterschneedecke Gesagte, andererseits zeigen sich darin am ehesten die schneedeckenerhaltenden Faktoren des Temperaturklimas, wodurch sich zwischen dem kalten Talbodenklima von St. Peter am Ottersbach und dem milden Biedelklima von Straßén bereits ein Unterschied von 11 Tagen (Verspätung bei St. Peter) einstellt. Als frühestes Ende kann der 5. Dezember, als spätestes der 30. März gelten, beide Daten haben aber wegen der genannten Gründe nur wenig praktische Bedeutung bzw. Aussagekraft.

#### 5.2.5 Zahl der Tage mit Schneedecke (insgesamt)

Dieser Wert ist eindeutig definiert und natürlich immer deutlich kleiner als die Zahl der Tage zwischen Beginn und Ende der (temporären) Schneedecke. Neben dem Schneereichtum im Sinne der gefallenen Mengen drückt sich darin auch sehr stark der Einfluß des Temperaturklimas aus, wodurch sich zwischen Straßén und St. Peter am Ottersbach eine Differenz von 18 Tagen einstellt. Als absolutes Minimum gelten 5 bis 8 Tage pro Winter (durchwegs 1974/75), wobei es sich gleichzeitig um sehr geringe Schneehöhen und eine Verteilung auf zwei bis drei Ereignisse handelte, wodurch dieser Winter subjektiv als "schneefrei" gewertet wurde; als absolutes Maximum gelten 104 bis 121 Tage (durchwegs 1962/63). In beiden Fällen handelt es sich gleichzeitig um die "Jahrhundertwerte", d.h. daß ein absolut schneefreier Winter in diesem Jahrhundert noch nicht vorgekommen ist.

#### 5.2.6 Zahl der Tage mit Winterschneedecke

Sie ist identisch mit der Zahl der Tage zwischen dem durchschnittlichen Beginn und Ende der Winterschneedecke und unterliegt daher wieder einer großen Streuung (bis über 80 %

Variaabilität). Das absolute Minimum liegt bei 2 bis 4 Tagen (1974/75), was wieder den "Jahrhundertwert" bedeutet, das absolute Maximum bei 117 bis 121 Tagen, wobei diese Werte im Winter 1962/63 erreicht wurden und als ausgesprochen seltene Ereignisse gelten können, wie sie von mehreren Generationen nicht erlebt werden. Nur in Straden war damals die Schneedecke vor Weihnachten und um die Jahreswende für ein paar Tage unterbrochen, wodurch die ununterbrochene Dauer entscheidend verkürzt wurde.

#### 5.2.7 Die Summe der Neuschneehöhe

Sie entsteht durch konsequentes Aufsummieren der jeweils um 7 Uhr beobachteten Neuschneehöhen durch die gesamte Winter-saison und ist ein Ausdruck für die gefallenen Schneemengen und die damit verbundenen Fragen (Schneeräumung, Anteil des Schnees am Gesamtniederschlag). Wieder wurden die geringsten Mengen im Winter 1974/75 beobachtet, doch wird von Bad Gleichenberg aus dem Jahr 1919/20 ein noch geringerer Wert überliefert (16 cm). Umgekehrt können die absoluten Maxima des Winters 1969/70 als Jahrhundertwerte gelten.

#### 5.2.8 Die höchste Schneehöhe

Sie bezieht sich auf einen einmalig pro Winter beobachteten Maximalwert, unabhängig vom Datum seines Auftretens. Das arithmetische Mittel aus mehreren Jahren wird als "mittlere maximale Schneehöhe" bezeichnet (in den Tabellen "Normalwert"). Die angegebenen Extremwerte können nicht als "Jahrhundertwerte" gelten, da in Bad Gleichenberg am 13.11.1912 nur 8 cm, am 20.2.1947 aber 97 cm beobachtet wurden (Bad Gleichenberg ist die einzige Station mit praktisch lückenloser Beobachtung in diesem Jahrhundert).

### 5.2.9 Die Schneedeckenzzeit

Sie ist die Zeit zwischen dem Beginn und dem Ende der (temporären) Schneedecke und immer deutlich länger als die Zahl der Tage mit tatsächlicher Schneedecke. Die Differenz zwischen beiden ist ebenfalls in den Tabellen enthalten.

#### 5.3.10 Der "Erhaltungsquotient" der Schneedecke

Er wird berechnet als Zahl der Tage mit Schneedecke (insgesamt) geteilt durch die Dauer der Schneedeckenzzeit. Multipliziert mit 100 ergibt sich der Prozentanteil der Tage mit Schneedecke innerhalb der Schneedeckenzzeit. Der Quotient ist klimatisch interpretierbar in dem Sinne, daß sich häufiges Abschmelzen und häufige Unterbrechungen durch geringe Quotienten, beständige Schneedecken durch hohe Quotienten ausdrücken. Das zeigt sich wieder am besten im Vergleich der Orte St. Peter am Ottersbach und Straden.

Zu den statistischen Größen sei folgendes erwähnt:

Der Normalwert ist das arithmetische Mittel aus den 30 Wintern, absolutes Minimum und Maximum sind die beiden beobachteten Extreme aus den 30 Wintern.

Ordnet man alle vorhandenen Werte der Größe nach von unten nach oben, dann hat das untere Dezil 10 %, das untere Quartil 25 % und der Median die Hälfte aller Werte unter sich. Das obere Quartil hat 75 % unter und 25 % über sich, das obere Dezil wieder 90 % unter und 10 % über sich. Wenn der Median mit dem arithmetischen Mittel ("Normalwert") nicht übereinstimmt, ist das ein Zeichen, daß keine Normalverteilung vorliegt, sondern eine unregelmäßige (Schiefe). Ist der Median

deutlich kleiner als das Mittel, liegt eine "Linksschiefe" vor, wobei vielen mäßig negativ abweichenden Werten wenige aber stärker positiv abweichende gegenüberstehen. Nach oben sind daher sehr große Abweichungen zu erwarten, was bei den Schneemengen und der Schneedeckendauer eigentlich an allen Stationen zutrifft.

Die extrem schneereichen Winter waren 1951/52 (Februar!), 1962/63 (durchwegs!), 1968/69 (Februar!) und 1969/70 (Frühwinter!).

### 5.3 Formale Erläuterung der Diagramme

#### 5.3.1 Die Schneedeckenwahrscheinlichkeit in Prozenten

Wie oben angegeben bedeutet "Schneedecke" wenigstens 1 mm Schneehöhe um 7 Uhr, unabhängig von den sonstigen Tagesstunden und den sonstigen Schneehöhen. Da die aus 30 Jahren gebildete und für alle Einzeltage berechnete Kurve noch recht unausgeglichen ist, wurde sie durch fünftägig übergreifende Mittel ohne Gewichtung geglättet, d.h. der für einen Tag angegebene Durchschnitt ist jeweils das arithmetische Mittel der Wahrscheinlichkeit des Tages selbst, sowie der beiden vorausgehenden und der beiden nachfolgenden Tage.

#### 5.3.2 Die mittlere Schneehöhe ("Normalwert")

Sie ist das arithmetische Mittel aller 30 Schneehöhen eines Datums, inklusive der Tage ohne Schneedecke, d.h. das bei nur 50 % Schneedeckenwahrscheinlichkeit 15 Tage mit dem Wert Null in die Rechnung eingehen. Da in dem untersuchten Gebiet 100 % Schneedeckenwahrscheinlichkeit in keinem Fall auch nur annähernd erreicht werden, ist die mittlere Schneehöhe ein sehr abstrakter Wert, der die tatsächlichen Verhältnisse nur sehr unbefriedigend auszudrücken vermag. Er wurde daher durch die Grenzwerte des oberen Dezils, oberen Quartils und unteren

Quartals ergänzt. Das untere Dezil ist in allen Fällen durchwegs Null, da 90 % Schneedeckwahrscheinlichkeit nie erreicht werden.

### 5.3.3 Die maximale in 30 Wintern beobachtete Schneehöhe

Sie ist natürlich sehr zufallsabhängig und zeigt nicht unbedingt die "höchstmöglichen Erwartungswerte", welche viel eher durch eine Verbindungslinie zwischen den höchsten Spitzen der maximalen Schneehöhe zu gewinnen wären. Allerdings entspricht es den tatsächlichen Bedingungen der atmosphärischen Zirkulation bzw. Großwetterlagen, daß im Jänner weniger Schneemengen (und Schneehöhen) zu erwarten sind als im Februar.

Die auffallenden Maxima im November stammen meist aus dem Jahr 1962, jene im Februar aus 1952 oder 1963 und jene im März fast nur aus dem Jahr 1955.

## 5.4 Die klimatische Interpretation der Ergebnisse

### 5.4.1 St. Peter am Ottersbach

Diese Station gehört durch ihre Lage in einem Seitentalboden dem Klimatyp 2 nach H. Wakonigg (1978, S. 378), d.h. dem "Talbodenklima des Vorlandes", bzw. der Zone 1 b nach R. Lazar (1979, Karte 3), d.h. der "kaltluftgefährdeten Seitentalzone" an (Zone b "ungünstige Seitentäler" im Bezirk Saßkersburg).

Kennzeichnend dafür ist eine deutliche Temperaturungunst, die sich in allen nach unten weisenden statistischen Temperaturkennzahlen äußert und somit einen relativ guten schneedeckenerhaltenden Faktor darstellt. Demnach ist St. Peter am Ottersbach auch die schneereichste von allen vier Stationen. Das gilt nun für alle Kennzahlen der Schneeverhältnisse mit Ausnahme der Summe der Neuschneehöhen, die in Bad Gleichenberg geringfügig größer ist.

Die mittlere Schneehöhe erreicht sowohl um den 20. Jänner als auch um den 20. Februar rund 14 cm, das absolute Maximum liegt im November bei 53 cm (26. 1962), im Dezember bei 45 cm (17. 1963), im Jänner bei 77 cm (21. 1963), im Februar bei 101 cm (6. 1963) und im März bei 80 cm (8. 1955).

Folgende Tatsachen sind noch erwähnenswert: Obwohl die Schneefälle im November häufig recht früh und stark einsetzen, gilt der Dezember als ausgesprochen schneearmer Monat, in dem die Schneedeckenwahrscheinlichkeit durchschnittlich nur etwa 40 % beträgt und die mittlere Schneehöhe nur im letzten Monatsdrittel 5 cm übersteigt. Demgegenüber ist der Jänner ein recht schneesicherer, aber nicht unbedingt sehr schneereicher Monat. Die Schneedeckenwahrscheinlichkeit liegt im Durchschnitt bei 75 %, in der zweiten Monatshälfte sogar über 80 %, doch besteht nur eine geringe Neigung zu extremen Schneefällen: bei einem oberen Dezil von rund 25 cm bleiben 90 % aller Schneehöhen unter diesem Wert. In der zweiten Monatshälfte ist auch ein unteres Quartil mit 2 bis 3 cm entwickelt, weil die Wahrscheinlichkeit in diesem Zeitraum 75 % überschreitet.

Im Gegensatz zum Jänner ist nun der Februar ein ausgesprochen exzessiver Monat. Die Wahrscheinlichkeit sinkt vom Monatsbeginn an sehr stark ab und bleibt schon nach dem ersten Monatsdrittel mehr oder weniger unter 50 %, wobei die mittleren Schneehöhen aber eher noch zunehmen. Das ist ein Hinweis auf im Einzelfall sehr große Schneehöhen, was auch durch das obere Dezil bestätigt wird, welches fast durchwegs über 35 cm bleibt und um den 20. sogar 55 cm erreicht. Verantwortlich dafür waren die drei Winter 1952, 1963 und 1969, z.T. auch 1954. Auch bleibt das obere Quartil überwiegend unter dem arithmetischen Mittel (Normalwert) der Schneehöhen, d.h. daß in drei Vierteln aller Jahre nicht einmal die mittlere Schneehöhe erreicht wird, welche eben überwiegend durch wenige Einzeljahre bestimmt wird.

Im März hat fast bis zur Monatsmitte wenigstens jeder dritte Winter eine Schneedecke, wobei die mittlere Schneehöhe sogar diejenige des Dezembers übertrifft. Zusammen mit dem hohen oberen Dezil, dem niedrigen oberen Quartil und den auffallend hohen absoluten Maxima (vgl. Dezember) ist das wieder ein Hinweis auf hohe Streuungen und exzessive Einzelmengen. Die klassischen Märzwinter waren in den Jahren 1952, 1955, 1958, 1963, 1964 und 1969, z.T. auch 1956, 1970, 1971, 1972 und 1976. Von der Monatsmitte an sinken alle Kennzahlen auffallend rasch ab, wodurch bereits nach dem 22. eine Schneedecke in diesem Raum zu den seltenen und zufälligen Ausnahmen gehört, aber im äußersten Fall bis in die erste Maiwoche möglich ist.

#### 5.4.2 Straden

Mit einer relativen Höhe von 80-90 m und Südexposition (wenn auch ebenes Terrain an der Meßstelle) gehört diese Station dem Klimatyp 4 nach H. Wokonigg (1978, S. 379 ff.), d.h. dem "Klima des Riedellandes", bzw. der Zone 6 nach R. Lazar (1979, Karte 3), d.h. der "mittleren Riedelzone" (nach der Gliederung in Dač Radkersburg Zone F "allgemeine Riedelzone") an, wobei die für die hohen und höchsten Riedellagen typischen maximalen oder "optimalen" Klimabedingungen noch nicht voll erreicht werden. Dieser Klimatyp wird eigentlich ausschließlich thermisch bestimmt, wobei folgende Eigenheiten wesentlich sind: Abschwächung aller nach unten weisenden Temperaturkennzahlen wie absolute, mittlere absolute, mittlere tägliche Minima. Damit geringere Tages- und Jahreschwankung der Temperatur und wesentlich mildere Winter- und Frühtemperaturen als in den benachbarten Talböden, weiters geringere Frosthäufigkeit bei kürzerer Morgenfrosterwartungszeit, bei Südexposition zusätzlich noch höherer Einstrahlungsgenus und fallweise deutliche Überwärmung auch tagsüber. Somit sind auch die Durchschnittstemperaturen höher als in den benachbarten Niederungen.

Die genannten Faktoren sind für die Erhaltung der Schneedecke denkbar schlecht, was sich auch in den statistischen Kennzahlen widerspiegelt. Zwar sind die gefallenen Schneemengen keineswegs geringer als tiefer unten, doch sind die die Erhaltung der Schneedecke betreffenden Werte durchwegs deutlich kleiner als in den Niederungen. Gegenüber St. Peter am Ottersbach setzt die erste Schneedecke wohl um 3 Tage früher ein, endet aber auch um 3 Tage früher, während sich die Winterdecke 7 Tage später bildet und 11 Tage früher auflöst. In Straden gibt es um 18 Schneedeckentage weniger als in St. Peter bzw. auch um 18 Tage mit Winterdecke. Die mittlere maximale Schneehöhe ist um 6 cm niedriger, die absolut höchste sogar um 25 cm. Entsprechend gering ist der Erhaltungsquotient, nur 41 % aller Tage der "Schneedeckzeit" haben auch wirklich eine Schneedecke, gegenüber 57 % in St. Peter am Ottersbach.

Nach dem Diagramm überschreitet die Schneedeckenwahrscheinlichkeit in Straden erst am 19. Dezember 25 %, eine 50%ige Wahrscheinlichkeit ist nur durch einen Monat, von Anfang Jänner bis Anfang Februar gegeben, während nach der ersten Februarwoche 30 % nur mehr kurzfristig überschritten werden. Die sonstigen statistischen Eigenheiten sind nicht vom Lokalklima, sondern vom Großwettergeschehen abhängig und in dem relativ kleinen Untersuchungsraum weitgehend ähnlich. Gemeint ist die plötzliche Zunahme des Schneereichtums in der letzten Novemberdekade und ein entsprechend scharfer Rückgang Mitte März, der Gegensatz zwischen dem recht ausgeglichenen Jänner und dem stark streuenden Februar, sowie die sonstigen schon bei St. Peter am Ottersbach besprochenen Eigenheiten, welche hier nicht mehr wiederholt zu werden brauchen.

Abschließend sei aber darauf hingewiesen, daß die Verhältnisse von Straden noch nicht den aller schneearmsten Lagen mit noch größerer relativer Höhe und steiler Südexposition (z.B. Weingärten der Klöcher Berge, des Rosen- und Stradenberges, etc.) entsprechen.

#### 5.4.3 Bad Gleichenberg

Am Ende eines Seitentals, nicht mehr direkt am Talboden gelegen, gehört diese Station zum Klimatyp 3 nach H. Wakonigg (1978, S. 378 f.), d.h. zum "Übergangsklima der Terrassenstufe", bzw. zur Zone 4 nach R. Lazar (1979, Karte 3), d.h. zu den "Terrassen und Schleppehängen in Haupttälern" (nach Bad Radkersburg zu Zone d "allgemeine Haupttalzone"). Das bedeutet thermisch eine Zwischenstellung zwischen dem kalten Talbodenklima der Seitentäler (St. Peter am Otterabach) und dem Riedelklima (Straden), wobei Bad Gleichenberg sich wohl eher an ersteres anlehnt, jedoch die nach unten weisenden Temperaturkennzahlen der kalten Talböden bei weitem nicht erreicht.

Entsprechend stellen sich auch "mittlere" Schneeverhältnisse ein, deren nähere Beschreibung sich eigentlich erübrigt, da sie durchwegs zwischen den Werten der beiden erstgenannten Stationen liegen und die Tabelle bzw. das Diagramm eigentlich nur das oben Gesagte bestätigen.

#### 5.4.4 Zelting

Zelting ist mit 200 m die am tiefsten gelegene Klimastation der Steiermark, auch wenn man in Betracht zieht, daß dieser Wert nicht ganz richtig ist (206 m nach der ÖK 1:50 000, Nr. 209). Es gehört nach H. Wakonigg (1978, S. 377) zum Klimatyp 1, d.h. zum "Unteren Murtal", nach R. Lazar (1979, Karte 3) würde es am ehesten in die Zone 3 "Haupttäler" (nach Bad Radkersburg zu Zone d "allgemeine Haupttalzone") passen. Wichtig ist jetzt vor allem die geringe Seehöhe, die sich in allen nach oben weisenden Temperaturkennzahlen äußert, sowie die Lage in einem flachen Talboden, was dem Temperaturklima recht kontinentale Züge verleiht. Alle nach unten weisenden Temperaturkennzahlen werden durch den Einfluß eines Seitentales (Kutschenitztal) geprägt, wanngleich die Kaltluftgefährdung nicht

so extrem ist wie in den kalten Seitentälern. Diese Verhältnisse sind für eine Erhaltung der Schneedecke relativ günstig, doch steht Zeltling in bezug auf die gefallenen Mengen weitaus an letzter Stelle der vier Stationen, was durch folgende Faktoren bedingt wird: Größte Entfernung zu den wetterwirksamen Aktionszentren (z.B. "Adriatief") und zu der Stau-Vorzone des Alpenrandes der Weststeiermark bzw. auch geringer Einfluß niederschlagsbelebender Faktoren des Riedelreliefs. Dadurch wird Zeltling die niederschlagsärmste Station an sich, wozu der kleinste Schneeanteil auf Grund der geringen Seehöhe kommt. Das äußert sich besonders bei Ereignissen im Grenzbereich zwischen Regen und Schnee. Als Beispiel sei der 22. April 1965 genannt, als die Neuschneehöhe nach gemischten Niederschlägen in Straßen 16 cm, Bad Gleichenberg 13 cm, St. Peter am Ottersbach 8 cm und in Zeltling nur 4 cm betragen hatte. Ähnlich war die Situation vom 3. zum 5. März 1970 mit Schneehöhenzuwachsen in der selben Reihenfolge von 29, 16, 13 und 7 cm. Die im Vergleich mit den anderen Stationen relative Schneearmut Zeltlings ist also überwiegend auf die geringeren Mengen und weniger auf die geringere Schneedeckenerhaltung zurückzuführen.

Wie die Tabelle zeigt, ist die Schneedeckendauer nur wenig höher als in der Riedelstation Straßen, die Summe der Neuschneehöhen beträgt nur 86 % von jener in Straßen. Auch das Diagramm zeigt nur graduelle Unterschiede gegenüber den Nachbarstationen, wobei sich die vom Großwettergeschehen geprägten Eigenheiten bezüglich des zeitlichen Ablaufes und der Streuung der Werte in stark übereinstimmender Weise wiederholen. Die Verhältnisse von Zeltling decken sich weitgehend mit jenen von Murzka Sobota. Die Zahl der Tage mit Schneedecke sinkt noch geringfügig auf 47 ab.

## 5.5 Anwendung der Besonnungskarte für die Zahl der Tage mit Schneedecke

### 5.5.1 Die Besonnungskarte als Grundlage für die Zahl der Tage mit Schneedecke

Zunächst hängt die Anzahl der Tage mit Schneedecke weitgehend von der Exposition und Hangneigung ab. Aus Ergebnissen in der Südweststeiermark kommen diese Gegensätze sehr stark zur Geltung (Tab. 21, S.136).

Der maximale Unterschied erreichte 45 Tage, doch variiert diese Differenz je nach Witterungsbedingungen erheblich. Geringe Unterschiede stellen sich entweder in ganz schnee-armen Wintern oder in solchen mit hohem Anteil an Bewölkung und Hochnebel ein. Letztere lassen die Besonnungsgegensätze nur abgeschwächt zur Geltung kommen. Verkürzt wird diese Differenz auch durch sehr intensive Tauwettereinbrüche, vor allem mit "Jaukeinfluß". Sie bewirken auch ein Ausapern der Schneedecke in den ungünstigen Lagen. Hingegen verstärken strahlungsreiche, mäßig schneearme Winter die Gegensätze beträchtlich. Als Beispiel seien die geschätzten Werte des Winters 1980/81 angeführt (günstigste Hanglagen um 30 d, schattige Nordlagen 100 bis 110 d).

Die Bearbeitung des Untersuchungsgebietes im Maßstab 1:25 000 gestattet nun mittels Besonnungskarte eine wesentlich wahrheitsgetreuere Darstellung als die bisher kleinmaßstäbigen Karten der Schneedeckendauer, die je nur für neutrale ebene Lagen Gültigkeit besitzen. Zur Präzisierung der in der Legende für die Besonnungskarte angegebenen Zahlen wären zweifellos noch weitere Beobachtungsreihen notwendig; die bisherigen Schätzwerte geben jedoch schon Aufschluß über die zu erwartenden Gunstunterschiede.

In den Abb. 20a und b (S.135) sind jeweils die Extremstandorte abgebildet (ein steiler Südwesthang mit einem Minimum, ein nordexponierter Waldrandstreifen mit einem Maximum an Schneedeckendauer).

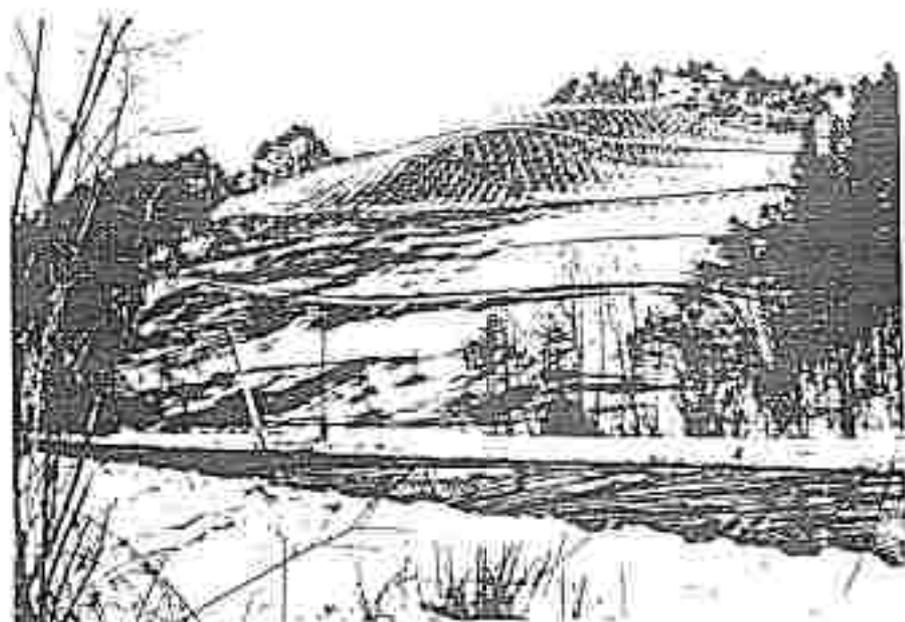


Abb. 20a: Südwesthang des Fastlengels im Wellingtal am 11.3.1976 nach Schneefall am Vortag (20-25 cm); somit reichte die Sonnenstrahlung bereits aus, um die Schneedecke an diesem Hangabschnitt ausatmen zu lassen. Zweifellos trugen die höheren Bodentemperaturen zum raschen Abschmelzen bei.



Abb. 20b: Als Beispiel für Ungünstlagen mit hoher Anzahl der Tage mit Schneedecke sei hier ein Abschnitt des nördlichen Muggenautales im Sausal angeführt. Die schattigen Geländeabschnitte sind als echte "Kaltluftproduzenten" anzusehen.

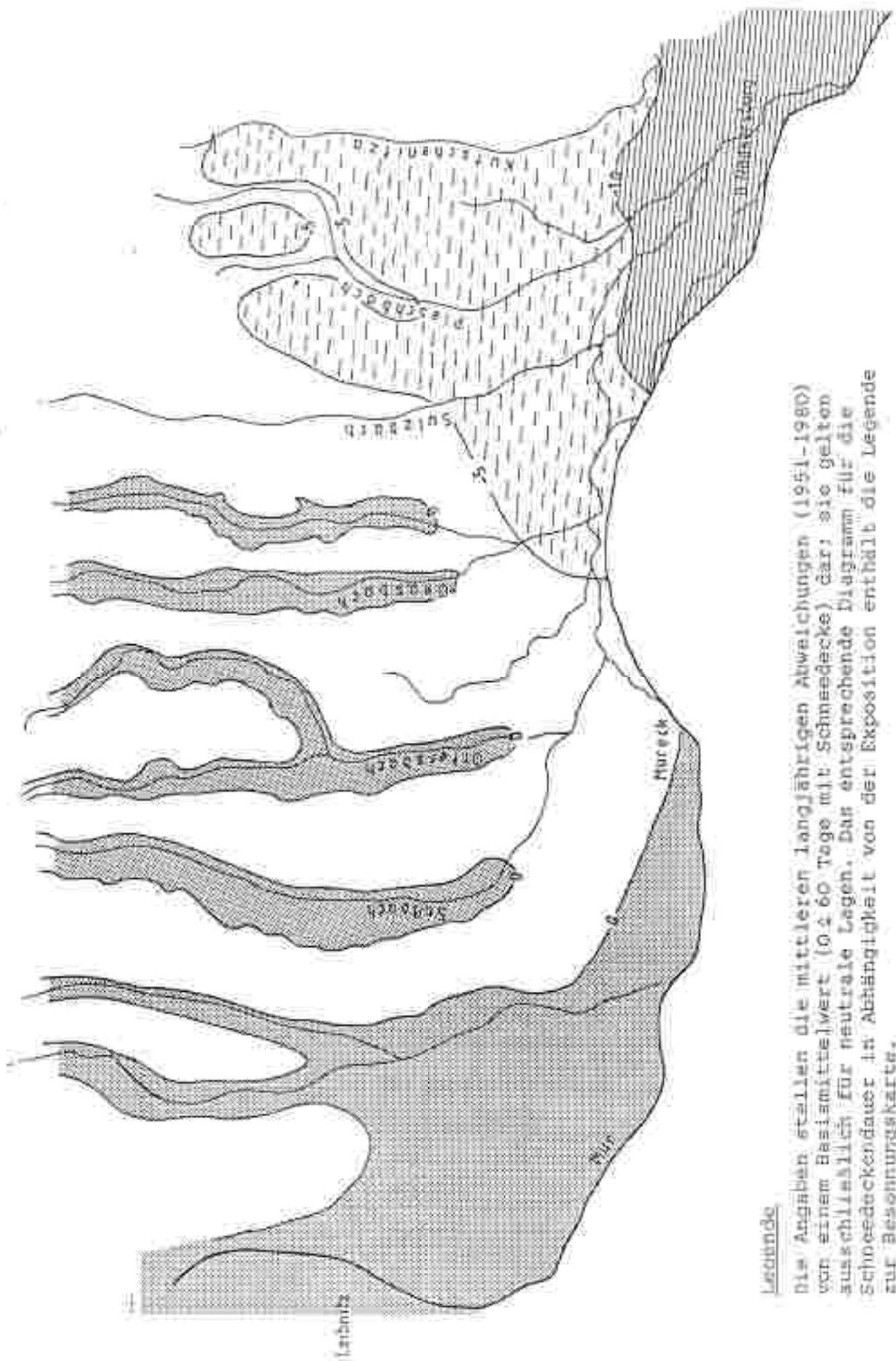
### 5.5.2 Die mesoklimatischen Einflüsse auf die Zahl der Tage mit Schneedecke

Neben der oben genannten Differenzierung der Schneedeckendauer durch die Expositionsverhältnisse müssen ferner die in den Tabellen errechneten mesoklimatischen Unterschiede berücksichtigt werden. Als Nulllinie scheint dabei eine Anzahl von 60 Tagen auf: Bereiche mit längerer Dauer wurden mit einem Punktraster versehen, Gebiete mit Abnahme durch Strichlierung gekennzeichnet. Letztere umfassen den Klöcher Raum und das Untere Murtal (insbesondere östlich von Unterpurkla). Bedingt durch die niedrigeren Temperaturen verzeichnen die Seitentäler höhere Werte (lokal bis ca. 70 d; an schattigen Waldrandstreifen auch darüber). Diese Abweichungen in Karte 6 dienen nun gemeinsam mit den in der Legende zur Besonnungskarte angeführten Daten zur endgültigen Bestimmung der Zahl der Schneedeckentage. Analog wie die Zahl der Tage mit Schneedecke ergeben sich auch bei den anderen Parametern zu den Schneeverhältnissen entsprechende Verschiebungen, die durch die Besonnungsgegensätze bedingt sind; hier aber wegen unzureichender Unterlagen nicht mehr ermittelt werden können.

Tab. 21: (nach Lazar 1978)  
Schneedeckendauer im Winter 1974/75

Station	Seehöhe m	Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Summe
Graz/Thalerhof	342 m	-	-	1	3	2	-	6
Leibnitz	275 m	-	-	0	4	4	-	8
Otternitz	325 m	-	-	2	7	5	-	14
SSW-Hang 36° um	370 m	-	-	1	2	4	-	7
Grabensohle/ Wellingtal III	340 m	-	-	2	9	5	-	16
<u>Schneedeckendauer im Winter 1975/76</u>								
Graz/Thalerhof		-	2	6	13	9	1	35
Leibnitz		-	2	6	20	10	-	38
Otternitz		-	2	9	22	13	2	48
SSW-Hang		-	2	5	15	8	1	28
Grabensohle		-	2	13	29	27	2	73
<u>Schneedeckendauer im Winter 1976/77</u>								
Graz/Thalerhof		1	16	31	9	1	1	59
Leibnitz		1	16	31	8	1	1	60
Otternitz		7	19	31	17	1	2	77
SSW-Hang		2	9	26	8	1	1	47
Grabensohle		7	21	31	20	1	4	84

KARTE 6: Ergänzungskarte zur Besonnungskarte (Zahl der Tage mit Schneedecke).



## 6. Die Niederschlagsverhältnisse im Raum Bad Radkersburg

## 6.1 Allgemeine Verhältnisse/Jahresgang

Tab. 22: Statistische Daten zu den Niederschlagsverhältnissen.

## 1.) Leibnitz (275 m)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
N	40	42	55	64	88	123	134	119	87	72	76	68	948
s	24	26	30	38	40	57	61	52	51	52	38	26	161
v%	61	62	55	59	45	46	46	44	59	72	50	34	17
Jh. Min.	0	3	2	7	17	17	39	27	13	0	7	2	
abs. Min.	0	5	4	7	22	17	54	31	25	0	15	6	671
u. Dez.	13	13	24	18	41	64	78	50	36	20	31	20	739
u. Q.	18	20	31	44	51	80	89	87	44	27	40	27	836
Med.	37	34	48	63	87	118	110	118	75	58	77	47	931
o. Q.	67	63	74	82	120	158	162	146	118	108	104	65	1084
o. Dez.	73	82	98	119	147	190	218	179	159	152	135	83	1173
abs. Max.	81	96	130	180	164	289	332	282	213	201	146	120	1284
Jh. Max.	147	157	166	219	244	289	332	282	260	201	217	146	1336

## 2.) Unterpurkla (220 m), reduziert aus 1971-1980

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
N	36	38	50	66	88	102	117	107	82	65	79	48	878

## 3.) St. Peter am Ottersbach (270 m)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
N	39	39	55	58	86	123	130	110	79	69	74	47	909
s	23	26	29	32	43	49	59	40	46	53	37	25	147
v%	61	67	53	54	51	40	45	37	58	77	50	53	16,2
Jh. Min.	0	0		11	21	36	11	17	4	0		4	
abs. Min.	0	5	3	11	21	40	44	17	26	0	18	8	631
u. Dez.	11	10	23	22	35	70	68	61	32	15	27	17	734
u. Q.	18	19	31	34	46	78	86	78	39	25	42	28	779
Med.	35	29	49	54	80	123	117	115	67	68	73	42	897
o. Q.	64	53	77	79	128	149	174	138	106	96	100	64	1015
o. Dez.	74	83	97	104	149	192	210	167	155	157	117	79	1132
abs. Max.	77	97	108	141	162	258	294	193	181	210	182	120	1216
Jh. Max.					175	258	294	227		210			1236

Tab. 22 Fortsetzung

## 4.) Straden (340 m)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
H	35	36	50	57	84	111	124	104	76	64	70	42	853
s	23	24	27	33	45	39	55	45	46	48	33	25	135
vZ	66	66	54	58	53	35	44	43	61	75	50	59	15,8
Jh.Min.	0		1	9	13	46	35		18	0			
abs.Min.	0	5	1	9	15	38	49	25	23	0	19	0	609
u. Dez.	12	10	21	15	37	60	59	54	25	15	28	14	686
u. Q.	17	16	27	33	44	73	81	69	34	21	38	22	747
Med.	28	28	42	54	76	109	119	101	69	56	71	38	847
o. Q.	53	52	72	81	118	134	147	129	113	96	95	61	954
o. Dez.	70	71	88	96	153	150	190	156	137	147	114	73	1075
abs. Max.	90	95	101	159	173	204	271	236	191	167	170	114	1104
Jh. Max.	120		110	159		210	271	236	200	167	170	143	

## 5.) Bad Gleichenberg (292 m)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
H	37	38	52	59	86	113	129	104	76	63	70	45	872
s	22	24	26	33	41	43	59	46	46	47	35	24	129
vZ	58	65	51	58	48	38	45	44	61	74	50	53	14,8
Jh.Min.	1	0	4	12	9	34	28	26	17	1	1	3	554
abs.Min.	1	6	4	12	9	37	56	30	17	1	17	12	615
u. Dez.	11	12	22	18	37	64	62	54	30	16	27	18	712
u. Q.	19	18	30	33	51	81	87	65	39	23	41	28	773
Med.	32	29	54	54	79	105	120	97	62	48	70	40	880
o. Q.	58	54	65	78	131	144	166	139	106	93	92	61	944
o. Dez.	67	79	93	102	139	178	195	174	146	133	111	76	1069
abs. Max.	78	88	110	162	156	208	325	208	184	177	170	123	1131
Jh. Max.	143	148	136	162	198	208	325	219	280	103	202	140	1365

## 6.) Radkersburg (208 m), reduziert aus 1973-1980

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
H	33	38	46	61	80	97	118	106	76	63	76	44	838
Jh.Min.	0	0	7			28	36			0	1	6	
Jh. Max.	137		146	196	210				220	214	211	151	1383

## 7.) Walters (360 m), reduziert aus 1970-1980

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
H	31	32	46	54	84	113	126	107	70	68	67	37	835

## 8.) Zelting (200 m), reduziert aus 1953-1980

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
H	35	36	45	55	76	97	116	94	73	62	71	46	806

Tab. 22 Fortsetzung

9.) Murska Sobota (191 m), reduziert aus 1951-1970

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Jahr
M	36	35	42	63	86	92	109	93	71	59	70	44	800

## Legende:

- M = Normalwert ("Mittel"), = arithmetisches Mittel aus dem Zeitraum von 1951 bis 1980
- s = Standardabweichung
- v $\bar{x}$  = relative Standardabweichung in % ("Variabilität")
- Jh.Min. = tiefster Wert des Jahrhunderts (1901-1980)
- abs.Min. = tiefster Wert des 30jährigen Beobachtungszeitraumes
- u.Dez. = unteres Dezil
- u.Q. = unteres Quartil
- Med. = Median
- o.Q. = oberes Quartil
- o.Dez. = oberes Dezil
- abs.Max. = höchster Wert des 30jährigen Beobachtungszeitraumes
- Jh.Max. = höchster Wert des Jahrhunderts (1901-1980)

### 6.1.1 Formale Erläuterung der Tabellen

Alle Angaben erfolgen in ganzen Millimetern Niederschlags-  
höhe. Zehntel und Hundertstel wurden jeweils gerundet. Eine  
Ausnahme ist die Variabilität des Jahresniederschlags,  
welche auf Zehntel Prozent Genauigkeit angegeben wird. Die  
relative Standardabweichung (Variabilität) wurde nach der

Formel  $v = \frac{s}{M} \cdot 100$  errechnet, wobei die Werte für M und

s noch mit einer Genauigkeit von Zehntelmillimetern einge-  
setzt wurden. Die Auf- und Abrundung von M, s und v erfolgte  
erst nach der Berechnung von v, weshalb beim Nachrechnen  
u.U. etwas abweichende Werte erhalten werden; die genaueren  
Werte für v sind aber die in den Tabellen angegebenen.

Alle statistischen Kennzahlen für die Streuungen (Verteilun-  
gen) werden nur bei den Stationen mit geschlossener Beobach-  
tung durch alle 30 Jahre angegeben.

Die Normalwerte der Stationen mit kürzeren Beobachtungszeiten  
als 30 Jahre wurden nach der "Quotientenmethode" mit Hilfe  
von Nachbarstationen mit geschlossener 30jähriger Beobachtung  
auf den 30jährigen Normalwert angeglichen (reduziert). Die  
Reduktion erfolgte dabei jeweils mit Hilfe von wenigstens  
drei Nachbarstationen ("klimatologische Triangulation"),  
wobei der nächstgelegenen Station das größte Gewicht beige-  
messen wurde. Mit Ausnahme von Bad Radkersburg, dessen Werte  
mit Hilfe jener von Zelting noch verbessert wurden, war die  
Reduktion durchwegs problemlos, vor allem da die Abweichungen  
der "Leitstationen" optimal übereinstimmen.

Die "Jahrhundertwerte" können sinngemäß nur von jenen  
Stationen angegeben werden, welche seit 1901 praktisch unun-  
terbrochen in Betrieb waren, was mit Ausnahme weniger Jahre  
eigentlich nur auf Leibnitz und Bad Gleichenberg zutrifft.  
Allerdings fallen die Extremwerte bei allen Stationen über-  
wiegend auf dieselben Monate, weshalb für einige Stationen

mit wesentlich kürzeren - als 80-jähriger Beobachtungszeit noch etliche Jahrhundertwerte angegeben werden können.

Die niederschlagsärmsten Monate waren: Jänner 1964, Februar 1920 oder 1949, März 1929, April 1955, Mai 1958, Juni 1932 oder 1976, Juli 1901, 1904 oder 1935, August 1944, 1947 oder 1951, September 1921 oder 1956, Oktober 1965, November 1924 und Dezember 1940.

Die niederschlagsreichsten Monate waren: Jänner 1917, Februar 1947, März 1917, April 1908 oder 1965, Mai 1936, Juni 1956, Juli 1972, August 1937, 1938 oder 1963, September 1916, Oktober 1930 oder 1964, November 1905, 1925 oder 1949 und Dezember 1903 oder 1935.

Das niederschlagsärmste Gesamtjahr war sicher durchwegs 1945, doch ist auf Grund kriegsbedingter Beobachtungslücken der tatsächliche Wert nur von Bad Gleichenberg bekannt. Das niederschlagsreichste Jahr war allgemein 1937.

### 6.1.2 Klimatologische Interpretation

#### a) Wetterlagen und Niederschlagsstruktur

Die niederschlagsaktiven Wetterlagen zeigen im Untersuchungsraum einen deutlichen jahreszeitlichen Wechsel. Im Winter und in den beiden Übergangsjahreszeiten sind die weitaus wichtigsten Niederschlagslagen Tiefdruckgebiete südlicher Breiten, d.h. mit den steuernden Tiefdruckkernen in den Bereichen Biscaya - Iberische Halbinsel - westliches Mittelmeer - Oberitalien - Adria. Auf das "Adriatief" allein entfällt im Winter wenigstens ein Drittel des Gesamtniederschlags. Bei diesen Wetterlagen werden an der Vorderseite (Ostseite) der steuernden Tiefdruckzentren warmfeuchte Luftmassen in warmfrontähnlichen Vorgängen zum Aufgleiten gezwungen ("mediterrane Aufgleitfächer"), wobei die dazugehörige Niederschlagsform ausgesprochen warmfrontartig entwickelt ist:

tiefliegende geschlossene, weitgehend konturlose stratiforme Bewölkung mit anhaltendem, meist wenig intensivem Regen oder Schneefall im Sinne des "Landregens". Größere Tagesmengen mit entsprechenden Folgen (Hochwasser, etc.) stellen sich dabei kaum im Winter, wohl aber in den Übergangsjahreszeiten, insbesondere im Herbst ein.

Bei den genannten Wetterlagen und auch bei großräumigen südlichen Strömungen kommen im Südalpenraum noch intensive Stauerscheinungen mit extremen Niederschlagshöhen hinzu, von denen der Untersuchungsraum genauso wenig beeinflusst wird, wie von dem fallweisen bei Tiefdrucklage im Süden an der Korralpe und in ihrer Vorzone verwirklichten Ost- und Südoststau. Das Niederschlagsgeschehen ist also fast ausschließlich zyklonal.

Wichtig sind auch noch Tiefdrucklagen nördlicher Bahnen und meridionale Tiefdruckrinnen, während die "nordalpinen Niederschlagslagen", d.h. die Nordstau-Wetterlagen, das sind alle großräumigen Strömungen aus dem West- bis Nordsektor, sowie zyklonales "Rückseitenwetter", d.h. Kaltluftereinbrüche an der Westseite abziehender Tiefdruckgebiete weitgehend niederschlagsunwirksam bleiben, am deutlichsten noch im eigentlichen Winter, in dem sie sogar zu den trockeneren Wetterlagen (z.T. "Nordföhn") gerechnet werden müssen.

Schließlich sei noch auf die sogenannte Vb-Wetterlage hingewiesen. Unter dieser Bezeichnung, welche schon um die Jahrhundertwende von W.J. van Bebber geprägt wurde, aber auch heute noch angewendet wird, versteht man die seltene, aber äußerst wirksame Situation der Wanderung eines Tiefdruckgebietes vom Raum südlich der Alpen über Ungarn und Polen bis zur Ostsee. Solche Situationen sind bei direkter Nähe des Tiefs im Süden oder Osten die niederschlagsaktivsten im Untersuchungsgebiet und geben fallweise Anlaß zu unheilvollen Auswirkungen, seien es Überschwemmungen, Starkschneefälle im Winter, Spätschneefälle im Frühjahr oder schwerste Unwetter im Sommer.

Beispiele (Niederschlagsmengen ausgewählter Monate in mm):

vorherrschende Wetterlagen

	Südetau	Südestattau <sup>1)</sup>	Nordetau		Tief im Süden		Vb
	Okt. 1953	Okt. 1951	Apr. 1953	Dez. 1974	Okt. 1964	Feb. 1963	Feb. 1969
Kornat, 1025 m (Lesachtal)	510	58	12	4	418	50	88
Rehalpe, 1375 m	76	162	3	8	226	76	119
Libinwald, 360 m	59	31	9	3	289	45	162
Leibnitz, 275 m	49	26	7	6	201	63	96
Bad Gleichen- berg, 292 m	73	11	16	12	177	51	88
Straden, 340 m	71	8	10	6	167	61	95
Hieflau, 492 m	59	6	334	412	202	9	57
Altensee, 950 m	50	7	429	633	263	59	52

Im Sommer und z.T. auch in den Nachbarmonaten Mai und September folgt das Niederschlagsgeschehen weitgehend einem anderen Muster: Tiefdruckgebiete südlicher Breiten sind nun ausgesprochen selten, was bei Fehlen sonstiger niederschlagsauslösender Faktoren zu einer sommerlichen Trockenperiode führen würde. Im Falle ihres Auftretens verursachen sie aber infolge des ungleich größeren Wasserdampfgehaltes der Luft im Sommer meist ergiebige, z.T. auch unheilvolle Mengen, welche aber nach einer u.U. gewittrigen Einleitung immer noch in Form anhaltender Landregen fallen, die nun aber die seltenere Niederschlagsform sind. Als Beispiele für Unwetter-Hochwassersituationen bei Tiefdruck im Süden oder entlang der Zugstraße Vb seien die Situationen Ende Juli 1965, Mitte August 1966 und Mitte Juli 1972 genannt.

Die überwiegende und entscheidende Niederschlagsform im Sommer sind aber kurzzeitige Gewitter- und Schauerniederschläge, welche meist an Fronten oder flache Druckverteilungen

<sup>1)</sup> Bei Ostetau ergaben sich vom 16.-20. März 1975 Unterschiede von 110 mm zwischen der Rehalpe (170 mm) und Bad Gleichenberg (60 mm).

gebunden sind. Als steuernde Wetterlagen gelten die West- und Nordwestströmung, sowie Tiefdrucklagen mit den Kernen zwischen West-, Mittel- und Nordeuropa, sowie meridionale Tiefdruckrinnen. Strömungen aus dem Sektor West bis Nord sowie "Rückseitenwetter" sind nur im Zuge des Wettersturzes (Gewitterfront) stärker niederschlagswirksam, nicht aber nach Durchzug der wetterwirksamen Front, da Staueffekte fehlen. Somit werden konvektive Niederschläge zur entscheidenden sommerlichen Niederschlagsform (Anteil rund drei Viertel). Landregen und warmfrontartige Aufgleitniederschläge sind seltene Ausnahmen. Der Vorteil dieser Niederschlagsform liegt in ihrer Kurzzeitigkeit, die nur zu geringen Störungen der Tätigkeiten im Freien führt, der Nachteil liegt in ihrer Heftigkeit, die häufig Anlaß zu lokalen Erosionsschäden oder Überflutungen gibt. Schließlich sei noch auf den Hagel als seltenen, aber typischen und schädbringenden Begleiter sommerlicher Gewitter hingewiesen.

#### b) Der Jahresgang der Niederschläge

Der Jahresgang der Niederschläge ist im Untersuchungsgebiet relativ einheitlich und gehört mit seiner einfachen Periode mit Winterminimum und Sommermaximum zum "Inversions-Gewittertyp" des kontinentalen Europa, in dem die trübste und bewölkungsreichste Jahreszeit (Abkühlung über dem Festland, Inversion, Hochnebel, stabile Schichtung) mit den geringsten Niederschlagsmengen, und die sonnigste und wolkenärmste Jahreszeit (Erwärmung über dem Festland, labile Schichtung) mit den höchsten Niederschlagsmengen scheinbar widersinnig zusammenfallen.

Entscheidend für diesen Jahresgang sind nicht die jahreszeitlich unterschiedlichen Stausituationen (wie im Bergland) oder die jahreszeitlich unterschiedlichen Häufigkeiten der niederschlagswirksamen Wetterlagen (wie in den ozeanischen Gebieten Europas), sondern die Faktoren "innerer Kreislauf" und "precipitable water". Unter innerem Kreislauf versteht

man die Herkunft von Niederschlagswasser durch Verdunstung auf dem Festland selbst, die im Sommer auf Grund der entfaltenen Vegetation (Transpiration) und der höheren Temperaturen bei weitem größer ist als im Winterhalbjahr, wodurch mehrfach so viel Regen fallen kann, als Wasser von den Ozeanen zugeführt bzw. an sie zurückgegeben wird.

Demgegenüber herrscht im Winterhalbjahr der äußere Kreislauf mit direkter Zufuhr vom Meer bei weitem vor, wodurch der Löwenanteil der Niederschläge schon in den küstennahen Bereichen bzw. in den Staugebieten der Mittel- und Hochgebirge ausgefällt wird.

Unter precipitable water versteht man die in der Luft für Niederschläge insgesamt zur Verfügung stehende Wassermenge, welche wiederum im Sommer mehrfach so groß ist wie im Winter, und die weitgehend als Funktion der Temperatur gesehen werden kann, wodurch dieselben niederschlagsauslösenden Faktoren bzw. gleich große Häufigkeiten niederschlagswirksamer Wetterlagen im Sommer zu ungleich größeren Mengen führen als im Winter.

Eine Abweichung von der fast symmetrischen Sinuskurve des Niederschlagsjahresganges zeigt i.a. nur der November, doch ist das eine Eigenheit des 30jährigen Beobachtungszeitraums, in dem der November gegenüber dem Oktober doch etwas zu stark betroffen erscheint (Verspätung der entsprechenden Wetterlagen).

#### c) Die Verteilung der Niederschläge

Für die Verteilung der Niederschläge sind drei Faktoren maßgebend: Erstens die Entfernung zu den niederschlagswirksamen Wetterlagen (Mittelmeer), wodurch die Mengen allgemein von Süden nach Norden abnehmen, wenigstens bis zur "Trockenachse" Tamsweg-Unzmarkt-Kraubath-Frohnleiten-Priedberg (die Trockenachse gilt nur für vergleichbare Seehöhen).

Mit Annäherung an die Nordstaugebiete nehmen die Niederschläge nördlich dieser Trockenachse wieder zu.

Zweitens die Entfernung zum niederschlagsverstärkenden Einfluß der Stauzone der Alpen (Koralpe, Bachern) und ihrer Vorzone, wodurch die Mengen allgemein von Westen nach Osten abnehmen. Die Überlagerung beider Faktoren führt nun zu einer generellen Niederschlagsabnahme von Südwesten nach Nordosten (Achse Eibswald-Friedberg), wobei quer zur Achse liegende Orte recht ähnliche Mengen aufweisen (Marie Langowitz-Ligist-Leibnitz-Thalerhof-Straden oder Deutschlandsberg-Leutschach).

Schließlich ist als dritter Faktor die Seehöhe zu nennen, wobei die Niederschläge generell nach oben hin zunehmen, was in Anbetracht der geringen Höhenunterschiede im Untersuchungsgebiet unbedeutend erscheinen mag, bei den gleichzeitig sehr geringen horizontalen Entfernungen aber doch so stark ins Gewicht fällt, daß der Einfluß der horizontalen Veränderung durchaus kompensiert, ja sogar überkompensiert werden kann (vgl. Bad Radkersburg - Bad Gleichenberg, Zelting - Waltra). Zum Raabtal hin nehmen die Niederschläge dann aber recht deutlich bis unter 800 mm ab. Als Ergänzung sei noch bemerkt, daß sich die Entfernung zur Trockenachse auf den Jahresgang insofern auswirkt, als die Sommerniederschläge von der Trockenachse nach Süden praktisch nicht, die übrigen Niederschläge aber sehr deutlich zunehmen, wodurch die Jahresgänge entlang der Trockenachse und im Alpeninneren (Oberes Murtal, Ostkärnten) sehr akzentuiert sind, nach Süden zu aber immer mehr verflachen. Das Untersuchungsgebiet ist daher im Winterhalbjahr deutlich niederschlagsreicher, im Sommer aber z.T. etwas niederschlagsärmer als zum Beispiel der Grazer Raum.



## 3.) Bad Gleichenberg (292 m), 1951-1980, Regen

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	0,03	0,13	0,30	0,47	1,03	1,37	1,83	1,37	1,03	0,80	0,70	0,30	9,37
s	0,2	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,7	1,0	1,1	1,0	0,8	0,7	3,5
Max:	19												
o. Dez.	13												
u. Q.	11												
Median	9			Schnee fall:									
u. Q.	7			M	0,53								
o. Dez.	5			s	0,9								
Min.	3												

## 4.) Zelting (200 m), 1954-1980, Regen

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	0,04	0,08	0,19	0,35	0,73	1,12	1,88	1,46	1,04	0,77	0,62	0,27	8,54
s	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	0,9	1,7	1,0	1,0	1,0	0,7	0,3	2,5
				Schnee fall:									
				M	0,31								
				s	0,7								

## 5.) Unterpunkla (220 m), reduziert aus 1971-1980, Regen

M 11

## 6.) Waltra (380 m), reduziert aus 1970-1980, Regen

M 9

## 7.) Bad Radkersburg (208 m), reduziert aus 1973-1980, Regen

M 9

### 6.2.1 Formale Erläuterungen zur Tabelle 23

Für Fragen der Abspülung, Erosion, Hochwässer oder Dimensionierung von Abfluß- und Entwässerungsanlagen ist die Kenntnis der Häufigkeit bzw. Intensität hoher oder extremer Niederschlagsereignisse von Bedeutung.

Seit längerer Zeit eingebürgert hat sich die "Starkregenformel" von N. Wussow, welche für den unteren Grenzwert "dichter Regenfälle" bis zu zwei Stunden Dauer die Form  $N = 5 t$ , bei mehr als zwei Stunden Dauer die Form  $N = 5 t + \frac{t}{24}$  hat. Dabei ist N die Niederschlagshöhe in Millimetern, t ist die Zeit in Minuten. Ein einstündiger Starkregen müßte demnach wenigstens 17,3 mm und ein 24stündiger 60 mm zustandebringen, um wirklich als Starkregen gelten zu können. In der hydrographischen Praxis hat sich in Österreich aber die Form  $N = 5 t$  für Starkregen jeglicher Dauer eingebürgert, wofür man zum Beispiel für 24 Stunden einen Grenzwert von 85 mm, für 48 Stunden von 120 mm und für 72 Stunden von 147 mm erhält.

Voraussetzung für die genaue Kenntnis der Starkregenereignisse ist aber die Registrierung der exakten Niederschlagsdauer, was befriedigend nur mittels Ombrographen gelingt, mit welchen aber nur eine Minderheit der Stationen ausgerüstet ist. Im Untersuchungsgebiet gibt es zum Beispiel überhaupt keine homogenen Ombrographenaufzeichnungen. Die von den Beobachtern ohne Ombrographen angegebenen Zeiten für die Niederschlagsdauer führen aber durchwegs zu unvergleichlichen Ergebnissen, weshalb sich eine seriöse Darstellung der Starkregenverhältnisse von vornherein verbietet.

Für Österreich wurden von H. Kreps und H. Schimpf (1965) andere Starkregenkriterien vorgeschlagen und auch ausgewertet (H. Schimpf, 1970), wobei die Kriteriumsgrenze für einen 24-Stunden-Starkregen zwischen 25 mm in niederschlagsarmen Landschaften und 55 mm in niederschlagsreichen schwankt. Für das Untersuchungsgebiet wäre demnach ein Wert von 35 mm als Grenzwert für "beachtliche Niederschläge" anzuwenden.

was einem halbjährlichen bis einjährigen Ereignis entspricht.

Wegen der Seltenheit solcher Ereignisse wurde hier ein wesentlich niedrigerer Grenzwert für "bedeutende Regenfälle" eingesetzt, nämlich 20 mm, wodurch bei der größeren Häufigkeit solcher Niederschläge auch eine größere Sicherheit der statistischen Daten erreicht werden kann. Mit der Angabe der Häufigkeit der bedeutenden Regenfälle mit mindestens 20 mm soll wenigstens näherungsweise ein numerischer Ausdruck für die Belastung des Untersuchungsgebietes durch gefährliche oder schadensbringende Regenfälle gefunden werden.

Die Auswertung erfolgte dabei nicht für die Niederschläge im allgemeinen, sondern getrennt für Regen- und Schneefälle. Gemischte Niederschläge wurden je nach Vorherrschen einer Niederschlagsform entweder zu den eindeutigen Regen- oder eindeutigen Schneefällen gerechnet, wobei der Schneefall dann als vorherrschend angesehen wurde, wenn die Schneehöhe in cm wenigstens ein Viertel der Niederschlagshöhe in mm erreichte, verstanden als 50 % Schneefall mit einer Dichte von 0,2 des Naßschnees.

Die monatliche Auswertung erfolgte nur bei Stationen mit wenigstens 26 Beobachtungsjahren innerhalb des Zeitraumes von 1951-1980, ansonsten werden die reduzierten Werte nur für die Jahressummen angegeben, die jahreszeitliche Verteilung kann im Untersuchungsgebiet als weitgehend gleichsinnig angesehen werden. Die Reduktion erfolgte wiederum durch "klimatische Triangulation", d.h. mit Hilfe von zwei bis drei Nachbarstationen (St. Peter am Ottersbach, Straßen und Bad Gleichenberg), wobei sowohl die Methode der konstanten Differenzen, als auch die Quotientenmethode angewandt wurden, was bei den weitgehend ähnlich großen Ausgangszahlen zu praktisch gleichen Ergebnissen führt und bei Aufrundung zu ganzen Zahlen keine Unterschiede mehr ergibt.

Die Nachteile der bloßen Angabe der "Tagesmengen" über einem bestimmten Grenzwert können darin gesehen werden, daß ge-

schlossene Ereignisse mit mehr als 20 mm durch die starren Wettermine (7<sup>h</sup>) unreal zu zwei Ergebnissen mit jeweils weniger als 20 mm zerrissen werden können und somit unbeachtet bleiben, oder im Falle einer Zerreißung in zwei Mengen mit mehr als 20 mm doppelt gezählt werden. Man darf erwarten, daß sich dadurch wieder ein gewisser Ausgleich ergibt. Weiters bleiben Struktur und wirkliche Dauer der Regenfälle unbekannt, doch darf man für die Sommermonate ein Überwiegen der gewittrigen Konvektionsregen, für die übrigen Monate ein solches der "Landregen" annehmen. Mai und September können dabei als Übergangsmonate gelten.

#### 6.2.2 Klimatische Interpretation

Die jahreszeitliche Verteilung der bedeutenden Regenfälle folgt vollkommen dem Jahresgang der durchschnittlichen Niederschlagsmengen selbst, mit Winterminimum und Sommermaximum, was sich überwiegend aus der größeren Wasserdampfkapazität der Luft in den Sommermonaten erklärt. Im Hochwinter sind bedeutende Regenfälle seltene Ausnahmen, sie kommen im Jänner nur alle 10 bis 20 Jahre einmal vor, während allein im Juli etwas weniger als zwei Fälle pro Jahr zu erwarten sind. Auf die ersten drei Sommermonate allein entfallen 50-60 % aller bedeutenden Regenfälle.

Die regionale Verteilung zeigt ähnlich wie bei den Durchschnittsmengen der Niederschläge bei der Kleinräumigkeit des Untersuchungsgebietes nur geringe regionale Unterschiede, wobei wieder eine allgemeine Zunahme gegen Südwesten in Richtung auf die Stau-Vorzone des Randgebirges bzw. in Richtung auf die Wetter-Aktionszentren des Mittelmeerraumes festzustellen ist. Am geringsten ist die Häufigkeit - ebenfalls in Einklang mit den Durchschnittsmengen - im östlichsten, niedrigsten und flachsten Teil des Untersuchungsgebietes, nämlich im Raum Bad Radkersburg.

Neben den Regenfällen wurde gleichzeitig auch die Häufigkeit bedeutender Schneefälle bearbeitet, worunter alle Tagesniederschläge mit wenigstens 20 mm und überwiegendem oder ausschließlichem Schneefall verstanden werden, unabhängig von der de facto erreichten Schneehöhe. Sie sind daher nicht mit den "Gros-Schneefällen" nach M. Schalko und F. Steinhäuser (1951) zu verwechseln, die sich nur an der effektiven Neuschneehöhe orientieren, wofür ein Wert von wenigstens 20 mm gefordert wird.

Im Untersuchungsgebiet sind bedeutende Schneefälle infolge des weitgehenden Fehlens von Stauerscheinungen eher selten und im Durchschnitt nur knapp jeden zweiten Winter einmal zu erwarten. Als Höchstwert können vier Ereignisse pro Winter gelten. Bedeutende Schneefälle sind nur von November bis April möglich und im Zeitraum von 1951-1980 am häufigsten im November (1), gefolgt von Februar und März.

### 6.3 Die Zahl der Gewittertage im Raum Bad Radkersburg

#### 6.3.1 Formale Erläuterungen

Als Gewittertage oder Tage mit Gewitter zählen jene, an denen wenigstens ein Gewitter in der Stärke von mindestens einem hörbaren Donner beobachtet wird.

Dabei ist die Zahl der Gewittertage mit jener der Einzelgewitter nicht identisch, da pro Tag nicht selten zwei oder mehr Gewitter (im Extremfall wohl bis 5) beobachtet werden.

Wenn man bedenkt, daß die Registrierung der Gewitter subjektiv durch den Beobachter (sogenannte Augen- und Ohrenbeobachtung) und nicht instrumentell erfolgt, daß Gewitter außerdem zu jeder beliebigen Tages- und Nachtzeit vorkommen können, dann wird im Hinblick auf die obige Definition klar, daß die für die einzelnen Stationen gewonnenen Daten eigentlich nicht streng miteinander vergleichbar sind, und die sich

ergebenden Unterschiede weniger meso- oder geländeklimatisch zu deuten sind, als vielmehr durch unterschiedliche Aufmerksamkeit der (meist gar nicht ganztägig bei der Station anwesenden) Beobachter.

Im Hinblick auf diese beobachtungsbedingten Schwierigkeiten lassen sich folgende Regeln angeben:

- Bei stark abweichenden Werten benachbarter Stationen haben immer solche höherer Ordnung (Observatorien, Flugwetterwarten, Zentralstellen) mit hauptberuflichem Beobachtungspersonal und ständiger Besetzung der Station die höhere Zahl an Gewittermeldungen, z.T. sogar den Spitzenwert einer weiteren Umgebung.
- Bei stark abweichenden Werten benachbarter Stationen ist somit grundsätzlich den höheren Werten die größere Verlässlichkeit zuzubilligen.
- Bei Stationen mit sehr langer Beobachtungszeit sind mehrmalige Beobachterwechsel die Regel, was meist zu Inhomogenitäten bei den nicht instrumentell beobachteten Klimaelementen führt (Gewitter, Nebel, Wind), wobei die Periode mit der höchsten Zahl der Gewittertage als verlässlichste angenommen werden kann.
- Die meist überraschend hohe Zahl der Gewittertage ist die Folge der oben abgegebenen Definition und damit der Hinzurechnung leichter und leichtester Gewitter. Die subjektiv als "bemerkenswert", "ordentlich" oder "auffallend" zu bezeichnenden Gewitter(tage) sind daher gegenüber der Gesamtzahl wesentlich kleiner, doch läßt sich wegen der Subjektivität der Abgrenzung kaum ein bestimmbarer Anteil angeben.

Die Beobachtung der Gewitter(tage) erfolgt wieder nur bei den Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, weshalb wiederum auf weiter entfernt liegende Stationen zurückgegriffen werden mußte.

Die Häufigkeit der Gewitter unterliegt keinerlei gelände-klimatischer Beeinflussung, ist daher auch nicht gelände-klimatisch zu interpretieren. Selbst mesoklimatische Interpretationen im Sinne der Änderung mit der Seehöhe oder Annäherung an den Gebirgsrand oder zu isolierten Berggestalten (Sausal, Schöckl, Geschriebenstein, Stradner/Gleichenberger Kogel) sind auf Grund der oben beschriebenen Unvergleichbarkeit des Datenmaterials weitgehend unmöglich.

Der Jahresgang der Gewitterhäufigkeit folgt dem der gewitterauslösenden Faktoren, zu denen einerseits eine ausreichende Labilisierung, andererseits ein ausreichendes Gesamtenergiepotential im Sinne hoher Temperaturen und insbesondere hoher Wasserdampfmen gen gehören, wovon letzteres offenbar den entscheidenden Faktor darstellt. So folgt der Jahresgang weitgehend jenem der Temperatur mit dem Maximum im Juli, doch ergibt sich auf Grund der unterschiedlichen Labilisierung (Maximum im Frühjahr und Frühsommer) eine Asymmetrie, wobei der Juni den August, der Mai den September, usw. an Gewitterreichtum deutlich übertrifft. Beim Wasserdampfgehalt allein ist diese Asymmetrie umgekehrt; dort zeigt der August gegenüber dem Juni, der September gegenüber dem Mai, usw. die höheren Mengen.

Der Jahresgang der Gewittertätigkeit wird am Beispiel der Station Bad Gleichenberg dargestellt:

Tab. 24: Jahresgang der Zahl der Gewittertage in Bad Gleichenberg (292 m), 1951-1980.

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	0,03	0,2	0,5	1,8	5,8	9,2	9,4	7,7	3,1	0,9	0,3	0,03	39,0
s		0,5	0,7	1,6	1,9	2,8	3,3	3,1	2,2	1,1	0,5		7,5
Max.	1	2	2	6	9	15	19	14	10	4	2	1	53
Min.	0	0	0	0	2	4	5	2	0	0	0	0	23

- M = Normalwert  
 s = Standardabweichung  
 Max. = Höchstwert der 30 Jahre  
 Min. = Tiefstwert der 30 Jahre

Dennach entfallen zwei Drittel aller Gewittertage auf die drei Hochsommermonate, 92 % auf die Monate Mai bis September. Im Winter sind Gewitter zufällige Ausnahmen.

Die Gewitter sind die entscheidende Form der sommerlichen Niederschläge (siehe dazu die Erläuterungen zu den Niederschlagstabellen), aber nur in den seltensten Fällen "reine" Wärmegewitter. Die meisten sind Frontgewitter bei Einbruch polar-maritimer Luftmassen bzw. entstehen bei flacher Druckverteilung mit hoher Gewitterneigung.

Die Zugbahnen der Gewitter kommen zu 80 % aus dem Sektor NW über W bis SW mit einem Maximum bei der westlichen Zugrichtung entsprechend der in unseren Breiten vorherrschenden Richtungen der steuernnden Oberströmung.

Beim Tagesgang der Gewittertätigkeit ist eine Konzentration auf die Nachmittagstunden festzustellen, wobei der Tagesgang fast völlig jenem der Temperatur folgt, und somit die einstrahlungsbedingte Labilisierung als wesentlichen Gewitterauslösenden Faktor ausweist. Zwischen 14<sup>h</sup> und 18<sup>h</sup> werden ca. 40 %, zwischen 12<sup>h</sup> und 20<sup>h</sup> zwei Drittel aller Gewitter beobachtet.

Tab. 25: Durchschnittliche Zahl der Tage mit Gewitter pro Jahr (M) und Standardabweichung in Tagen (s) der Periode 1951-1980.

	M	s
Wörtherberg, 402 m	36,3	7,6
Thalerhof, 341 m	40,3	9,3
Leibnitz, 275 m	36,1	6,9
Bad Gleichenberg, 292 m	39,0	7,5
Bad Radkersburg, 208 m	29,3	(1972-1980)
	33	(reduziert)
Murska Sobota, 191 m	30	(reduziert aus 1951-1970)

Die Reduktion bei Bad Radkersburg erfolgte nach der Methode der konstanten Differenzen mit Hilfe von Wörtherberg und Thalerhof (Mittel). Der geringere Wert bei Bad Radkersburg ist mit der Vorstellung der Abnahme der Häufigkeit vom stärker reliefierten und höheren Hügel-land zum flacheren und regenärmeren Unteren Murtal wohl in Einklang zu bringen, doch erscheint die Differenz bei der geringen Entfernung doch etwas hoch, der Vorsprung des Thalerhofes ist wohl weitgehend auf die genannten Beobachtungsbedingungen zurückzuführen.

## 7. Die Windverhältnisse in Raum Bad Radkersburg

Tab. 26a: Windrichtungsverteilung.

Der Anteil der auf die einzelnen Himmelsrichtungen entfallenden Windbeobachtungen wird in Promillen angegeben.

C = Windstillen

Netto = Anteil der Windrichtungen ohne Windstillen

Diff. = Häufigkeitsdifferenz zu den Verhältnissen in der freien Atmosphäre über Wien (5000 m, 1951-1970, Mitternachtsaufstieg).

## 1.) Thalerhof (341 m), 1956-1980

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Z
	117	66	56	121	117	40	36	71	388	1000
Netto	190	90	92	197	192	65	58	116		1000
Diff.	+74	+30	+46	+149	+107	-127	-200	-79		

## 2.) Leibnitz (275 m), 1951-1980

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Z
	52	4	5	113	34	48	21	104	619	1000
Netto	136	10	13	297	90	125	56	273		1000
Diff.	+20	-50	-33	+249	+5	-67	-202	+78		

## 3.) Bad Gleichenberg (292 m), 1961-1980

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Z
	126	120	88	124	189	28	23	61	261	1000
Netto	166	158	116	163	249	37	31	80		1000
Diff.	+50	+98	+70	+115	+166	-155	-227	-115		

## 4.) Bad Radkersburg (208 m), 1975-1980

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Z
	35	227	70	14	15	163	209	143	124	1000
Netto	40	259	80	16	17	186	238	164		1000
Diff.	+76	+199	+34	-32	-68	-6	-20	-31		

## 5.) Murška Sobota (191 m), 1951-1955

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Z
	66	118	50	82	37	56	57	110	398	1000
Netto	111	198	86	137	96	94	96	184		1000

Tab. 26b: Windgeschwindigkeit.

Angegeben wird nur die skalare Windgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde, d.h. das arithmetische Mittel aller Geschwindigkeiten, unabhängig von der jeweiligen Windrichtung.

M = Normalwert

s = Standardabweichung

## 1.) Thalerhof (341 m), 1954-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	0,83	1,11	1,49	1,79	1,92	1,75	1,60	1,42	1,23	1,01	0,95	0,82	1,35
s	0,31	0,28	0,30	0,38	0,34	0,27	0,23	0,23	0,27	0,26	0,25	0,28	0,12

## 2.) Leibnitz (275 m), 1951-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	0,70	0,91	0,17	1,45	1,29	1,25	1,07	1,03	0,81	0,73	0,77	0,56	0,99
s	0,35	0,34	0,40	0,41	0,47	0,38	0,30	0,36	0,35	0,26	0,37	0,24	0,28

## 3.) Bad Gleichenberg (292 m), 1961-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	1,49	2,09	2,42	2,75	2,52	2,31	1,85	1,72	1,72	1,84	1,91	1,39	2,00
s	0,42	0,52	0,52	0,48	0,39	0,43	0,37	0,36	0,48	0,33	0,46	0,35	0,22

## 4.) Bad Radkersburg (208 m), 1975-1980

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	1,67	1,67	2,06	2,23	2,25	2,11	1,77	1,67	1,38	1,38	1,62	1,35	1,73

## 5.) Murska Sobota (191 m)

Jahresmittel: 1,8 m/sec

## 6.) Jerusalem (340 m)

Jahresmittel: 1,9 m/sec

malwerte für Leibnitz aus dem gesamten 30jährigen Zeitraum, doch sind sie aus den genannten Gründen mit Vorbehalt zu verwenden, insbesondere die sinngemäß zu hohen Werte für die Standardabweichungen. Dagegen sind die Windrichtungsangaben völlig homogen.

In Bad Gleichenberg gibt es durch einen Beobachterwechsel vom März zum April 1961 eine starke Inhomogenität zwischen 1960 und 1961, weshalb nur aus dem Zeitraum von 1961 bis 1980 gemittelt wurde.

In Bad Radkersburg wurde die Beobachtung erst im Frühjahr 1972 aufgenommen, bald darauf findet sich eine Inhomogenität unbekannter Ursache zwischen 1974 und 1975, weshalb nur aus den sechs Jahren von 1975 bis 1980 gemittelt wurde. Die Angabe der Standardabweichung bei der Windgeschwindigkeit erscheint auf Grundlage des kurzen Zeitraums wenig sinnvoll.

Für Murska Sobota wurde ein einheitlicher Zeitraum (1951 bis 1955) für die Windverteilung herangezogen. Später ändern sich, insbesondere ab 1960, die Angaben für den Calmenanteil erheblich (vor 1960 um 40 %, nach 1960 Anstieg auf 63 %, im Extremfall 74 %!), während eigenartigerweise die Windgeschwindigkeit nahezu unverändert bleibt (im Jahresmittel ca. 1,7 m/sec).

In Jerusalem, nach den Ergebnissen offensichtlich eine Hangstation, da der Sektor SE fast nicht aufscheint, liegt ebenfalls eine Inhomogenität vor. Ab 1961 nimmt der Anteil der NE-Richtung von 205 auf 378 Promille im Jahr 1967 zu (in ähnlicher Weise die SW-Komponente von 204 auf 344 %). Dadurch ergibt sich eine "Polarisierung" zwischen SW- und NE-Winden, die anderen Windrichtungen spielen nur eine untergeordnete Rolle. Auffallend ist die im Vergleich mit Murska Sobota wesentlich geringere Calmenhäufigkeit (um 10 %), obwohl die mittlere Geschwindigkeit (1,9 m/sec) nur wenig höhere Werte verzeichnet.

Umgekehrt sind aber die Windverhältnisse bezüglich der Länge des Beobachtungszeitraumes recht unempfindlich, d.h. daß für richtungweisende Aussagen schon wenige (verlässliche) Beobachtungsjahre genügen und sich bei homogenem Beobachtungsmaterial die Werte langjähriger Reihen von stichprobenartig aus ein paar Jahren gewonnenen nicht wesentlich unterscheiden.

Das gilt insbesondere dann, wenn die Richtungsverteilung nur im Jahresmittel (und nicht monatsweise) angegeben wird, da sich die monatlich wechselnde Häufigkeit der die Windrichtung bestimmenden Wetterlagen in der Jahressumme wieder stark ausgleicht.

Auf Grund dieser Überlegungen wurde nach Möglichkeit nur homogenes Beobachtungsmaterial verarbeitet, wobei nur im Falle von Leibnitz über den vollen Zeitraum von 1951-1980 gemittelt wurde.

Am Thalerhof findet sich eine deutliche Inhomogenität, deren Ursachen unbekannt sind, zwischen 1953 und 1954, es wurde daher aus dem Zeitraum 1954-1980 gemittelt.

In Leibnitz sind seit 1951 sowohl die Lage der Station als auch der Beobachter unverändert, doch nimmt die mittlere Windgeschwindigkeit bis 1980 mehr oder weniger laufend ab, besonders in den 70er Jahren, was wohl auf bauliche Veränderungen in der Umgebung der Station zurückzuführen ist. So beträgt der Anteil der Windstillen nach 5-Jahresmitteln von 1951/55 bis 1976/80 54, 58, 65, 62, 62 und 71 %, nach Einzeljahren waren es 1951 45 % und 1980 73 %. Auch die mittlere Jahreswindstärke veränderte sich im selben Sinne von 1,26 über 1,26, 1,04, 1,06, 0,76 auf 0,56 m/sec. In dieser einseitigen Tendenz zur Abschwächung der Luftbewegung dürfen natürlich keineswegs die Folgen einer realen Klimaveränderung gesehen werden. Wodurch diese Veränderung wirklich entstanden ist, bleibt dahingestellt, doch sind dafür wenigstens zum Teil bauliche Veränderungen im Stationsbereich verantwortlich zu machen. Nichtsdestotrotz erfolgte die Berechnung der Nor-

## 7.1 Erläuterungen zu den Windverhältnissen im Raum Bad Räckersburg

### 7.1.1 Formale Erläuterungen

Mit Ausnahme der Flugwetterwarte am Thalerhof erfolgt auch die Windregistrierung durch sogenannte Augenbeobachtungen, wobei sowohl Richtung als auch Stärke zu den drei Beobachtungsterminen (bis 1970: 7, 14, 21 Uhr; seit 1971: 7, 14, 19 Uhr) angegeben werden sollen. Die Windrichtung wird nach der 16-teiligen Windrose angegeben, in den Jahrbüchern aber nur nach der 8-teiligen Windrose veröffentlicht, was sich für die praktische Anwendung meist als ausreichend erweist und zudem noch den Vorteil hat, daß die Zwischenhimmelerichtungen (NNE, ENE, usw.), welche aus subjektiven Gründen durchwegs zu selten angegeben werden und bei Häufigkeitsverteilungen zu "zackigen" Formen der Windrose führen, jetzt wegfallen und die 8-teilige Windrose in der Häufigkeitsverteilung meist eine harmonische Form erhält.

Die Windstärke wird vom Beobachter auf Grund ganz bestimmter Anhaltspunkte in der Umgebung (aufsteigender Rauch, bewegte Blätter, Zweige, Äste, Geräusche, usw.) geschätzt und in Beaufortgraden (in der Grundform 13-teilige Stärkeskala) angegeben. Aus allen Einzelbeobachtungen eines Monats wird dann das arithmetische Mittel gebildet und mit einem eigenen Umrechnungsschlüssel in eine mittlere Geschwindigkeit, ausgedrückt in Metern pro Sekunde, umgewandelt.

Von allen Augenbeobachtungen scheinen die Windbeobachtungen gegenüber subjektiven Beobachtungsmängeln, aber auch auf Stationsverlegungen am empfindlichsten zu reagieren. So gibt es immer wieder Inhomogenitäten im Beobachtungsmaterial, die sich am raschesten bei der Windrichtungsverteilung, aber auch bei der Windstärke zeigen, und die auf Stationsverlegungen, Beobachterwechsel, bauliche Veränderungen in der Umgebung, u. dgl. zurückzuführen sind, häufig genug aber unbekannte Ursachen haben.

Aus den bisherigen Ausführungen erkennt man deutlich die Meßproblematik bei der Winderfassung. Sinnvolle bzw. exakte Unterlagen können nur - zum Teil automatische - Windmessstationen liefern. Der finanzielle Aufwand (ca. 40.000.- \$ bzw. ca. 100.000.-\$ für eine Automatikstation) wird sich an besonders wichtigen Standorten lohnen. Die Ergebnisse dienen dann als Planungsgrundlage für Betriebe mit Rauchgasemissionen. Speziell in Bad Radkersburg wäre eine derartige Station wünschenswert.

## 7.2 Klimatologische Interpretation

Bei den im Untersuchungsraum auftretenden Winden muß man zwischen drei Arten unterscheiden:

### 1.) Abgelenkte Gradientwinde

Sie entstehen durch großräumige Druckunterschiede im europäischen Wettergeschehen und erfahren durch die großzügige Konfiguration des Alpenkörpers einerseits, andererseits durch das Kleinrelief der Umgebung eine charakteristische Umlenkung ihrer unter unbeeinflussten Verhältnissen zu erwartenden Richtungen in deutlich an das Gelände angepasste Richtungen, die mit der großräumigen Druckverteilung nicht mehr direkt korrelieren. Die "unter unbeeinflussten Verhältnissen zu erwartenden Richtungen" bleiben zwar bekannt, lassen sich aber wenigstens näherungsweise durch die Verhältnisse in der freien Atmosphäre angeben. In 5000 m Höhe zeigt die Verteilung im Jahresdurchschnitt des Zeitraums 1951 bis 1970 über Wien (nur Mitternachtsaufstiege) folgende Richtungsverteilung in Promillen:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Z
116	60	46	48	85	192	258	195	1000

Gegenüber dieser Verteilung erfahren alle Gradientwinde der unteren und untersten Niveaus schon durch die Lage

und Form des Alpenkörpers am Ost- und Südostrand der Alpen eine starke Umlenkung in meridionale Richtungen besonders auf Kosten der Westrichtung, wozu noch eine stark wechselnde Ablenkung durch das örtliche Relief kommt.

## 2.) Ausgesprochene Lokalwinde

Darunter werden jetzt nur noch solche Winde verstanden, welche auf Grund von lokalen, d.h. kleinräumigen Druckunterschieden entstehen, wie sie aber nur bei ungestörter ("autochthoner") Mitterung, bzw. bei "gradient-schwachen" Lagen sich bilden können. Im Untersuchungsgebiet entwickelt sich davon nur das sogenannte Berg-Talwind-System, welches aber weniger als im Riedelrelief begründetes Windsystem aufgefaßt werden darf, sondern vielmehr als großräumigerer Austausch zwischen Bergland und Vorland gesehen werden muß und sich in den tiefer gelegenen Teilen des Untersuchungsraumes gewöhnlich nur in einem Wechsel zwischen geringer nächtlicher Ventilation und tagsüber auflebenden bergwärts gerichteten Winden äußert. Dadurch kann es zu einer starken Bevorzugung des Südsektors kommen.

## 3.) Katabatische Winde

Das sind sogenannte Dichte- oder Schwerewinde, die nicht auf Grund von Druckunterschieden, sondern auf Grund von Dichteunterschieden der Luft zustandekommen. Letztere entstehen durch unterschiedlich rasche Erwärmung oder Abkühlung, weshalb katabatische Winde das eigentliche lokalklimatische Element bei den Winden im Untersuchungsraum darstellen. Dazu gehört insbesondere die Hangwindzirkulation mit hangaufwärts gerichteten Winden bei starker Erwärmung und hangabwärts gerichteten bei nächtlicher Abkühlung. Das Abströmen und Sammeln der Kaltluft in tieferen Geländeteilen zählt ebenfalls dazu. Diese katabatischen Winde sind aber nur schwer von den Lokalwinden zu trennen; da sie diese ergänzen bzw. verstärken

oder wenigstens mit ihnen ein geschlossenes System bilden.

Die Windrichtungen sind überwiegend von der Geländegestaltung bzw. baulichen Gestaltung der Stationsumgebung, wie auch von der erwähnten meridionalen Ausrichtung des Alpenostrandes abhängig und nur indirekt von den großräumigen Luftdruckgegensätzen. Um das Ausmaß der Abweichung von den ungestörten Verhältnissen feststellen zu können, wurden die "Netto-Anteile" an den einzelnen Hauptwindrichtungen (d.h. unter Ausschluß der Windstillen) ermittelt, sowie deren Differenzen zu den oben angegebenen Verhältnissen in der freien Atmosphäre über Wien. Auf diese Weise sind sofort "bevorzugte" (auch als "Hauptwindrichtungen" bezeichnet) und "vernachlässigte" Windrichtungen zu erkennen.

Die Ergebnisse sind entsprechend den unterschiedlichen Gestaltungen des Stationsumlandes durchaus ungleich, einigermaßen gemeinsames Charakteristikum ist eine mit Ausnahme von Bad Radkersburg geradezu eklatante Vernachlässigung der Westrichtung bzw. überhaupt des gesamten Sektors von SW bis NW, wie auch eine starke Bevorzugung meridionaler Richtungen, darunter insbesondere der Südostrichtung, was in erster Linie auf die Tagesperiodizität der Windgeschwindigkeit zurückgeht und weiter unten noch erläutert wird.

Bei den Windstärken bzw. Windgeschwindigkeiten soll zuerst der Jahresgang besprochen werden: Er ergibt sich aus dem Zusammenwirken der beiden Faktoren: großräumige Druckunterschiede und thermische Vertikalschichtung der Atmosphäre. Grundsätzlich hängt die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in erster Linie vom großräumigen Druckgegensatz zwischen den entsprechenden Druckgebilden (Zyklonen-Antizyklonen) ab, welcher direkt vom Temperaturgegensatz zwischen hohen und niederen Breiten bestimmt wird und daher im Jahresgang streng invers zur Temperatur der höheren Breiten verläuft, d.h. eine einfache Amplitude mit Wintermaximum und Sommerminimum zeigt. Die mittlere Windgeschwindigkeit folgt diesem einfachen

Gang nur über dem Meer, im meeresnahen Flachland und in den Gebirgslagen (im Randgebirge oberhalb etwa 1200 m).

Daneben wirkt aber auch die thermische Vertikalschichtung, d.h. das Ausmaß der "Durchmischung" der bodennahen Luftschichten auf die Windgeschwindigkeit ein. Grundsätzlich nimmt die Geschwindigkeit reibungsbedingt nach unten ab und erreicht in Bodennähe ihr Minimum. Bei stabiler Schichtung (Inversion, Isothermie) nimmt die Grundschrift an der Zirkulation der freien Atmosphäre nicht mehr teil, wodurch sich unten besonders geringe, oben aber größere Geschwindigkeiten einstellen und die vertikale Zunahme besonders markant, z.T. sogar sprunghaft erfolgt. Bei labiler Schichtung bzw. starker Durchmischung der Atmosphäre werden die unteren Luftschichten von der Strömung der freien Atmosphäre quasi "mitgenommen", wodurch unten die Geschwindigkeit auflebt, oben aber zurückgeht, weil die unteren Luftschichten "mitgeschleppt" werden müssen. Die thermische Schichtung der Atmosphäre zeigt nun im Winter den stabilsten Zustand, im Sommer aber sehr labile Zustände, wodurch sie in den Niederungen den Effekt der großräumigen Druckgegensätze teilweise kompensiert, in den Gebirgslagen aber verstärkt, wo dann der Winter noch stürmischer und der Sommer noch ruhiger wird als auf Grund der Druckgegensätze allein.

Für das Untersuchungsgebiet sind aber die Verhältnisse in den unteren Luftschichten wesentlich. Dabei kommt es auf die Stärke der Stabilisierung bzw. auf die reliefbedingte Abschirmung von den Zonen erhöhter atmosphärischer Aktivität (z.B. Nordatlantik) an, wie weit nun thermische Schichtung und Druckgegensätze gegeneinanderwirken. Im abgeschlossenen Klagenfurter Becken erweist sich die thermische Schichtung als dominant, in den Niederlanden oder in Norddeutschland wohl der Gang der Druckgegensätze.

Für das Untersuchungsgebiet kann der Jahresgang der Windgeschwindigkeit wie folgt interpretiert werden:

Im Winter sind die Druckgegensätze am stärksten, die Schichtung ist aber am stabilsten, beide Komponenten wirken einander entgegen, wodurch der Winter sehr geringe Windgeschwindigkeiten, aber noch nicht das Minimum, zeigt. Nach einem kurzen Übergang (Februar, März) wird schon im Frühjahr die labilste Schichtung und stärkste Durchmischung erreicht, ohne daß die Druckgegensätze schon auf ihr sommerliches Minimum abgesunken wären. Dadurch wird das Frühjahr in den Niederungen allgemein zur lebhaftesten Jahreszeit, was letzten Endes auch für die Häufigkeit stärkerer Winde oder Stürme gilt. Auch Nordföhn und Jauk sind im Frühjahr am markantesten entwickelt. Im Sommer ist die Schichtung wenigstens bis Juli nur wenig stabiler als im Frühjahr, die Druckgegensätze sind jetzt aber am schwächsten. Dadurch wird der Sommer allgemein etwas windschwächer als das Frühjahr, ist aber noch wesentlich lebhafter als der Winter. Schließlich entsteht im Herbst eine Situation, in der sich (besonders im Spätherbst) schon recht stabile Verhältnisse einstellen, die Druckgegensätze wohl zunehmen, aber noch nicht das Ausmaß des Winters erreichen. Dadurch wird jetzt der Herbst, als Einzelmonat meist erst der Dezember, die windschwächste Jahreszeit.

Somit zeigt sich, daß im Untersuchungsgebiet die Schichtung der Atmosphäre wesentlicher ist als die großräumigen Druckgegensätze, was auf die große Meerferne und die starke Abschirmung durch den Alpenkörper zurückzuführen ist.

Beim Tagesgang ist jetzt nur mehr die thermische Schichtung maßgeblich, da sich in der extrem kurzen Zeiteinheit die großräumigen Druckgegensätze praktisch nicht ändern. Nach dem oben Gesagten kommt es sinngemäß zu einem morgendlichen Minimum und nachmittäglichen Maximum der Windgeschwindigkeit, wobei die Amplitude im Herbst und Winter gering, im Frühjahr und Sommer aber recht kräftig entwickelt ist.

In Abb. 21 (S. 168) wurde schematisch der Tagesgang des autochthonen Windsystems für ein Seitental im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Es basiert auf Temperaturmessungen in heiteren Strahlungsnächten (Messung der Talabwindströmung) bzw. auf stichprobenartig durchgeführte Windgeschwindigkeitsmessungen mittels digitalen Handwindmesser tagsüber. Ferner wurden Ergebnisse aus Studien im Voitsberger Raum bzw. im Gratkorn Becken herangezogen, wobei sich in den genannten Gebieten sehr markant ein autochthones Windsystem herauskristallisiert, das jenem in Abb. 21 stark ähnelt.

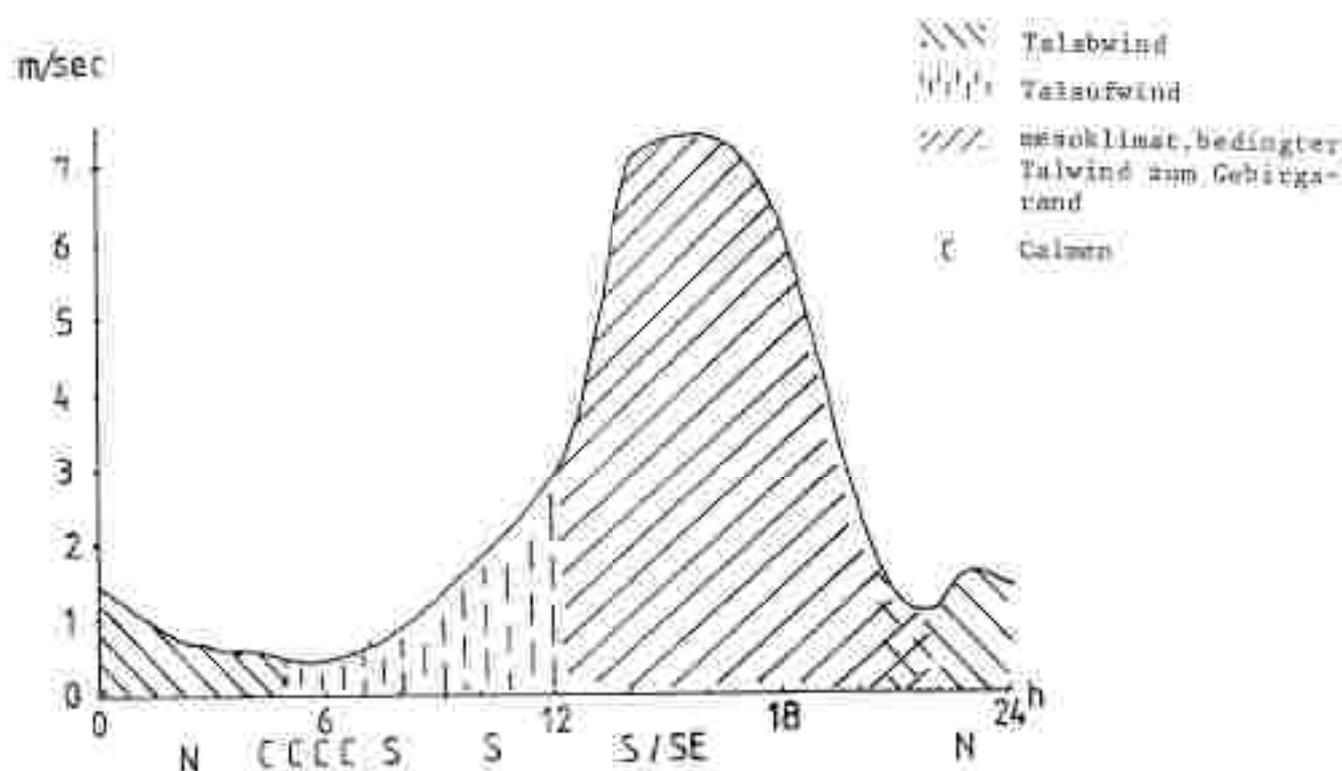


Abb. 21: Autochthomer Tagesgang des Windes an Schönwettertagen (April bis August) in einem Seitental (Bezirk Bad Radkersburg).

Die nächtlichen Verhältnisse sind durch Kaltluftabflüsse von den Hängen und Tobeln gekennzeichnet, die ihrerseits wieder die Seitentäler speisen. Die daraus resultierende Kaltluftströmung im Seitental, die auch als Talabwind bezeichnet werden, bleibt in ihrer Intensität im Vergleich mit den Seitentälern etwa in der Südweststeiermark gering (meist unter 1 m/sec, nur in Talauflage mit Düsenwirkung auch bis 2 m/sec). Die Ursache liegt generell in der relativ breiten Talschle der Seitentäler, aber auch in deren schwachen

Schlenneigungen begründet. Erfahrungsgemäß läßt außerdem die Intensität gegen die Morgenstunden noch nach (verringerte Kaltluftanlieferung der Zubringer infolge höherer Luftfeuchte und damit abgeschwächter Kaltluftproduktion). Das eigentliche Minimum der Windgeschwindigkeit deckt sich weitgehend mit dem Zeitabschnitt nach Sonnenaufgang bis zum Einsetzen des Talaufwindes. Dieses Minimum ist durch häufige Calmen charakterisiert, da der Windwechsel in die Talaufwindrichtung nicht so rasch vor sich geht wie etwa im Gratkornar Becken (Lazar, 1979) in etwa einer halben Stunde. Diese großräumig entwickelten Talwindssysteme finden neben thermischen auch in Druckgegensätzen zwischen Vorland und Bergland ihre Basis. Sie sind aber noch nicht identisch mit jenem oben genannten Lokalwindsystem, das insbesondere, wie Sondenaufstiege in Voitsberg bzw. Graz/Thalerhof (H. Wakonigg, 1978) bestätigen, eine wesentlich größere vertikale Mächtigkeit aufweisen als die des Murtalwindsystems (Mächtigkeit ca. 200 m).

Der in den Seitentälern nun auflöbende Talaufwind wird zunächst durch Hangaufwinde induziert, die ebenfalls am Vormittag ihre größte Intensität besitzen. In dieser Phase werden die Inversionen, die sich nachts gebildet haben, aufgelöst. Der anfängliche Temperaturvorsprung der Riedellagen gegenüber der Talsohle wird zusehends geringer: gegen 9-10<sup>h</sup> tritt Isothermie ein. Schließlich ergibt sich durch die weitere Aufheizung vom Boden eine stärker werdende Temperaturabnahme. Die Windgeschwindigkeit nimmt nun merklich zu, bis schließlich am späten Vormittag, meist jedoch erst zu Mittag der eigentliche "regionale" Talwind zum Alpenraum hin die Überhand gewinnt und damit diese kleinräumigen Tal- und Hangwinde unterbindet. Hinsichtlich der Windrichtung kann es bedingt durch die größere Intensität (5 m/sec und mehr) zu Abweichungen von der ursprünglich talparallelen Richtung kommen. Bevorzugt wird nun der Sektor S bis SE, reine Ostwinde sind in den N-S-orientierten Seitentälern relativ selten.

Bei Vorderseitenlagen mit Jaukeinfluß setzt sich ferner nicht selten der Sektor S bis SW durch (im Sommer selten, im Früh-

jahr häufiger). Thermisch gesehen wird der Gradient immer steiler, das Maximum der Temperatur tritt in den Tallagen generell erst am Nachmittag (15-16<sup>h</sup>, teilweise erst gegen 17<sup>h</sup>) ein, während auf den Riedeln ab 14<sup>h</sup> kaum noch eine weitere Erwärmung registriert wird. Die größte vertikale Temperaturabnahme stellt sich demnach zwischen 14-17<sup>h</sup> ein, mitunter, insbesondere in der Grazer Bucht, wird sie überadiabatisch. In dieser Phase erreicht nun der Talwind sein Maximum, ebenso die vertikale Durchmischung. Die weitere Entwicklung wird durch den immer geringer werdenden Einfallswinkel der Sonnenstrahlen geprägt: etwa ab einer Stunde vor Sonnenuntergang nimmt der Anteil der "Schattlänge" rasch zu. In diesen Hanglagen mit negativer Strahlungsbilanz beginnt die Kaltluftproduktion, die zunächst noch durch den Talwind unterbunden wird. Wie Rauchversuche in Seitentälern der Südweststeiermark zeigten, bricht dann der Kaltluftabfluß ziemlich abrupt aus windgeschützteren Teilen des Einzugsgebietes unter die relativ warme Talwindströmung durch. Diesen Vorgang untersuchte auch E. King (1973) bei seinen Kaltluftströmungsuntersuchungen. Das abendliche Minimum ist deshalb schwächer ausgeprägt als das morgendliche. Allerdings erhöht sich die zeitliche Streuung des Einsetzens einer Talwindströmung, da hier eine weitgehende Abhängigkeit von der Intensität des Talwindes besteht. Diese kann durch entsprechende Druckverteilung ("Vorderseitenwetterlage", Hoch im Osten und über der Balkanhalbinsel) beeinflusst werden (im speziellen Fall Verstärkung). Dieser Talwind ist auch bei antizyklonaler West- bis Nordwestströmung zu beobachten, jedoch erlischt er wesentlich früher als in der ersten Situation. Bezüglich der Temperatur stellt sich im Hochbecken erst gegen 20-22<sup>h</sup> wieder ein isothermer Zustand zwischen Riedel- und Tallagen ein (Aufbau der nächtlichen Strahlungs-inversion).

Jahreszeitlich gesehen nimmt der Einfluß des Talwindes im Herbst stark ab, dafür gewinnen die kleinräumigen Tal- und Hangwindssysteme an Bedeutung. Der Tagesgang der Windgeschwindigkeit wird dadurch zusehends flacher, bis schließlich im

Winter tagsüber der Talaufwind überhaupt ausbleibt (häufige Calmen).

Tab. 27: Verhältnis der Talauf- und Talabwindkomponenten in Prozent (ohne Calmenanteil).

	Graz/Thalerhof	Leibnitz	B.Gleichenberg	B.Radkersburg
Talaufwindanteil (SE, S, SW)	45,4 / 54,6 <sup>1)</sup>	51,2	53,0	46,5 <sup>2)</sup>
Talabwindanteil (NW, N, NE)	39,6	41,9	40,4	49,5 <sup>2)</sup>
Summe	85,0 / 94,2	93,1	93,4	96,0

Anmerkungen:

Der verbleibende Rest entfällt auf unbedeutende Anteile der sogenannten Querwindrichtungen (quer zur Talorientierung), im Leibnitzer und Grazer Feld vorherrschend östliche und westliche Winde, im Unteren Murtal (W-E-Orientierung) nördliche bzw. südliche Komponenten.

- 1) Da nicht selten bei Talaufwind im Grazer Raum die östliche Komponente beteiligt ist, wurde sie hier berücksichtigt.
- 2) Talaufwindrichtung vorherrschend E bzw. in die NE-Richtung abgelenkte Winde; Talabwindrichtung überwiegend W bis NW (50 % SW sind in der Aufstellung ebenfalls enthalten).

In der Windrichtungsverteilung kommt das autochthone Talwindsystem durch die Polarisierung der Richtungen gut zum Ausdruck. Faßt man wie in Tab. 27 die Talab- bzw. Talaufwindsektoren zusammen, so verbleiben in Bad Gleichenberg nur noch 15 % für die W- und E-Richtung. Die Dominanz der Talaufwindkomponenten ergibt sich aus dem Anteil der Windstillen (241 %), die doch zum überwiegenden Teil auf den Abend- bzw. Morgentermin fallen (Zeitbereiche mit Talabwind). Im Haupttal, speziell im Leibnitzer und Grazer Feld, ist diese Polarisierung ebenfalls noch zu erkennen. Die Windstillen konzentrieren sich vor allem auf den Morgentermin; ihr Anteil übertrifft jenen in den Seitentälern bei weitem (400-500 % im Grazer bzw. Leibnitzer Feld). Dementsprechend steigt der Anteil der Talaufwindkomponenten (SE, S, SW). Speziell im Grazer Raum kann nach den neuesten Ergebnissen der Windmeßstation Graz/Uni-

versität (Lazar 1982) eine Umkehrung dieser Verhältnisse erwartet werden, wenn die Anzahl der Calmen sehr gering bleibt.

Im Unteren Murtal muß sich gemäß der Änderung in der Talorientierung ein neues Bild in der Windrichtungsverteilung ergeben. Tatsächlich bilden in Bad Radkersburg die Talabwindkomponenten nunmehr die SW- bis NW-Winde mit der Westrichtung als "Hauptwindrichtung" den Hauptanteil. Ein gewisser Anteil der SW-Winde entfällt allerdings auf Jaukeinflüsse, sodaß eine scharfe Trennung zwischen Talauf- und Talabwindkomponenten nicht durchgeführt werden kann. Bemerkenswert ist nun der hohe Anteil der NE-Winde, der stationsbedingt sein dürfte (Ablenkung der E-Winde durch Bachbegleitwald und einzelne Häuser - locker verbautes Gebiet). In Übereinstimmung mit den bisherigen Ausführungen ergibt sich nun bei relativ geringem Calmenanteil (124 %) ein leichtes Überwiegen der Talabwindkomponenten, wenn man 50 % der SW-Winde zu den Talaufwinden zählt.

Bzüglich der Verteilung in Murška Sobota zeigt sich ähnlich wie bei Bad Radkersburg ein hoher Anteil der NE-Komponente. Dieser könnte teils als Einfluß von Seitentälern im Norden von Murška Sobota (Kaltluftabfluß zum Abendtermin), teils als ungelenkte Talaufwindkomponente interpretiert werden. Die eigentliche Talabwindrichtung stellt die NW-Komponente (198 %) dar. Bemerkenswert ist der Anstieg der Calmen auf ca. 40 %<sup>1)</sup> bei gleichbleibend hoher mittlerer Windgeschwindigkeit wie in Bad Radkersburg.

Störungen dieser autochthonen Windsysteme (Lokal- bzw. Tal- und Hangwindssystem) gibt es nur bei markantem Fremdwetter (Frontdurchgänge, Nordföhn) oder im Winter bei beständigen

---

<sup>1)</sup> nach weiteren Ergebnissen 1961-1970 bis 70 %!

Inversionen mit Windstille den ganzen Tag über. Dabei muß Nordföhn in der Grazer Bucht nicht mit Nordwind im Raum Bad Radkersburg übereinstimmen (vgl. Abschnitt 2.4.7). Die zunehmende Entfernung vom Alpenrand läßt hier starke Abweichungen aufkommen.

Insgesamt sind Kenntnisse über die beschriebenen Talwind-systeme aus lufthygienischer Sicht von entscheidender Bedeutung. Gerade bei der Standortwahl von Industriebetrieben bzw. von Massentierhaltungen (Gefahr der Geruchsbelästigung für die Anrainer) sollten die Durchlüftungsbedingungen berücksichtigt werden. Dabei folgt aus den bisherigen Ergebnissen für die Seitentäler (bedingt auch für das Untere Mürtal), daß sich etwa Standorte für Stallungen talabwärts von Siedlungen eher anbieten, als oberhalb davon. Lufthygienisch stellt der Kaltluftabfluß mit seiner geringen Intensität und vertikalen Durchmischung ein weitaus größeres Problem (vor allem in den Abend-/Nachtstunden) dar als der Talaufwind, der besonders im Sommer gut entwickelt ist und die nötige Verdünnung der Geruchsstoffe bewirkt.

Gemessen an den Verhältnissen im Donaauraum, im nördlichen Alpenvorland und besonders im Wiener Becken können die Windgeschwindigkeiten im Untersuchungsraum als relativ gering angesehen werden, allerdings zum Teil höher als im Grazer Feld.

Noch windschwächer sind in der Steiermark wohl nur einige inneralpine Talbecken bzw. beckenartige Erweiterungen in der Weststeiermark.

### 7.3 Der Jaukeinfluß im Bezirk Bad Radkersburg

Als "Jauk" (slow. = süß) wird allgemein ein in der Südweststeiermark auftretender Fallwind bezeichnet. Der föhnige Charakter kommt häufig durch typische Wolkenformationen am Bacheru und an der Koralpe (teils als "Föhnmauer", teils

Abb. 22: Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf während der Südföhnperiode ("Jauk") vom 12.11. bis 19.11.1974 an Hand der beiden Talstationen Bad Reckersburg (strichliert) und Grew/Tändlerhof (durchgezogene Kurve): zu beachten sind die überaus großen horizontalen Temperaturunterschiede.

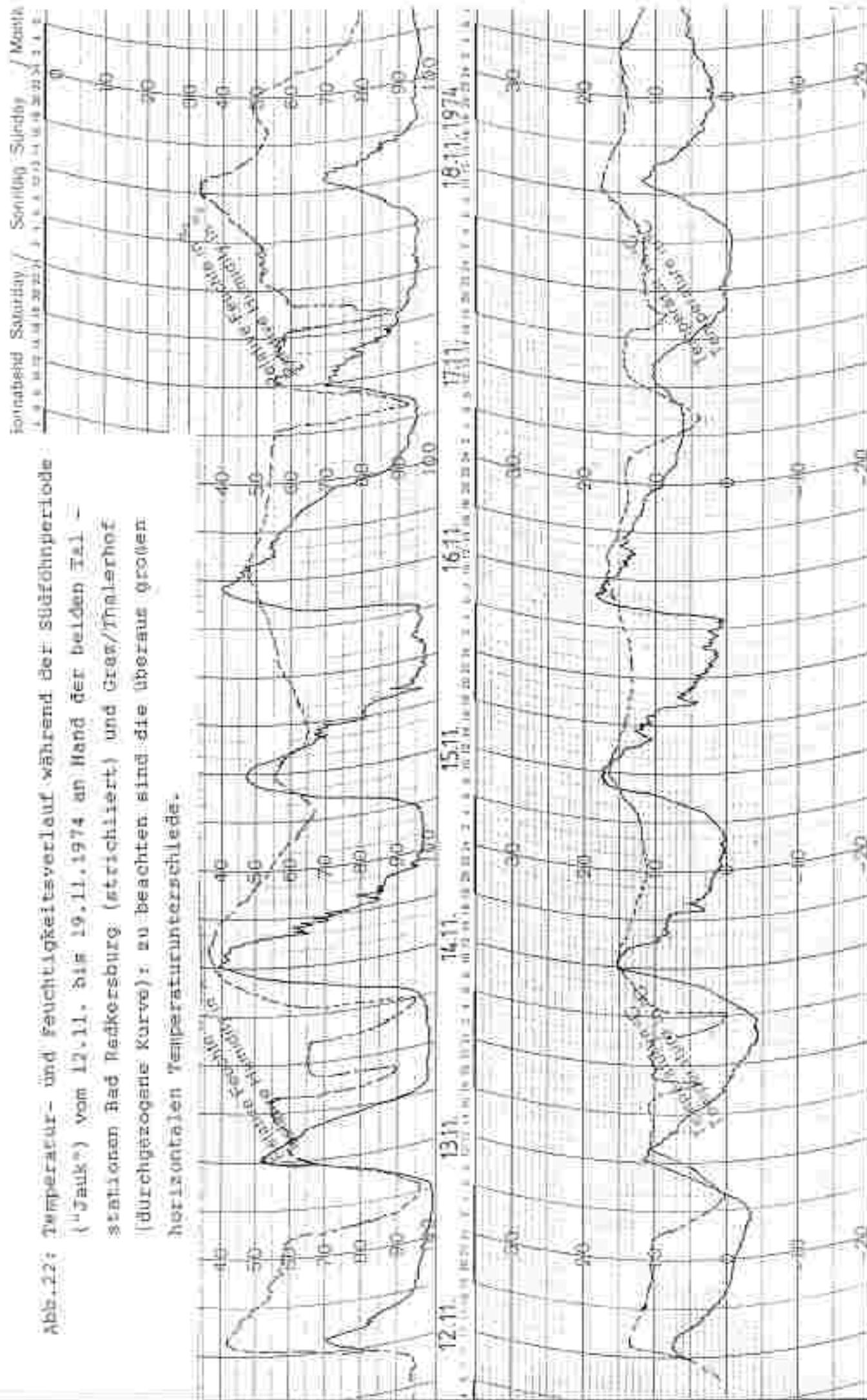
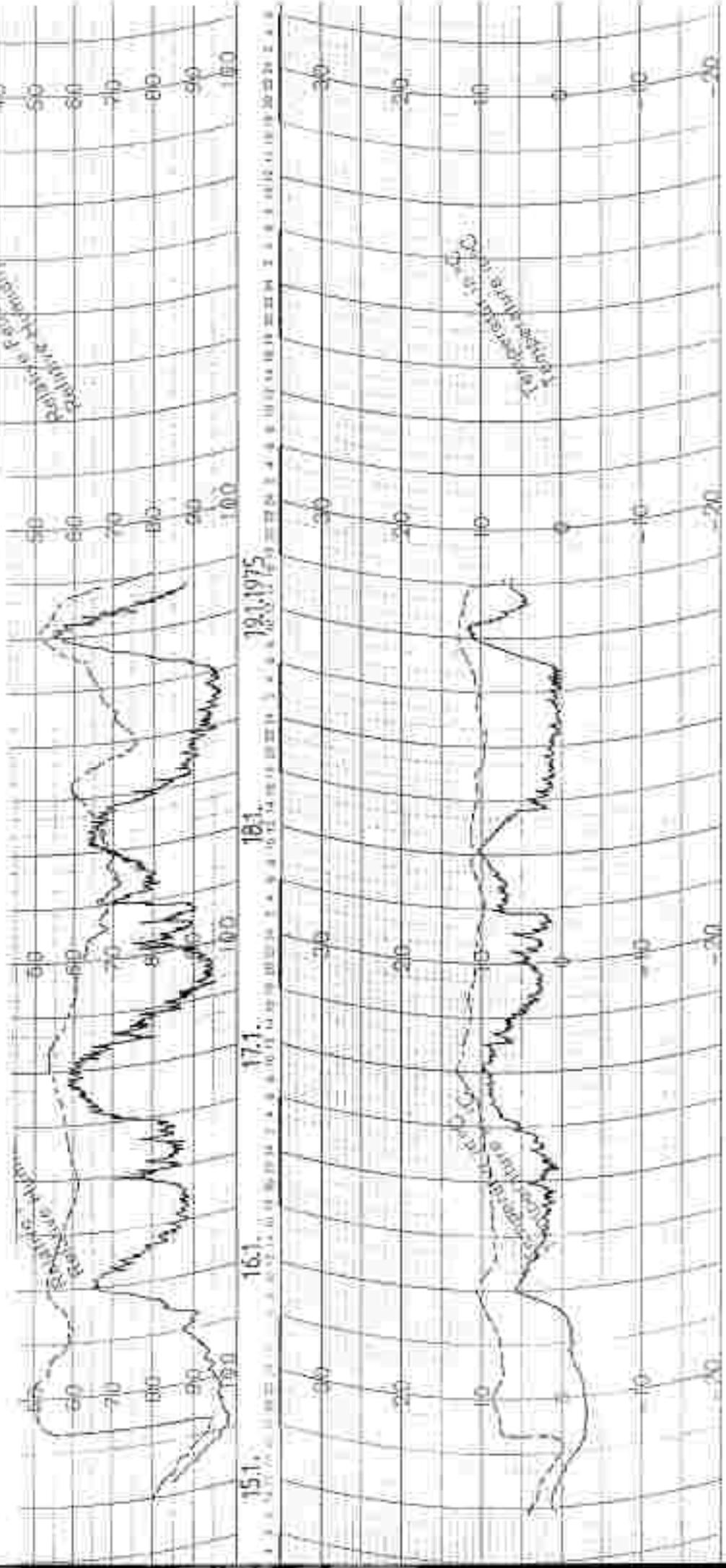


Abb. 23: Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf während der Tauperiode vom 15.1. bis 19.1.1975 an Hand der beiden Talstationen Bad Radkersburg (abtrichliert) und Gras/Thalerhof (Durchgezogene Linie); auch tagsüber wird das Grazer Feld von der föhnig erwärmten Luft nicht erfasst.



Lenticulariswolken) und plötzliche Erwärmungen beim Durchgreifen der warmen Fallwinde in die Talschle gut zur Geltung. Charakteristisch sind ferner überaus hohe nächtliche Temperaturen im Vergleich zur Grazer Bucht; die Abweichungen können  $15^{\circ}$  und mehr betragen (Jaukperiode Nov. 1974: Graz/Thalerhof  $0^{\circ}$ , Otternitz  $15^{\circ}$ ). Im Rahmen der geländeklimatischen Untersuchungen in der Südweststeiermark wurde nun die Anzahl der Stunden mit Jauk auf Grund des Temperatur- und Feuchtigkeitsverlaufes von mehreren Stationen ausgewertet. Als Ergebnis liegt eine Gliederung des Gebietes in Zonen mit unterschiedlichem Einfluß vor. Markant ist dabei die Abnahme des Einflusses nach Norden und Osten im Winterhalbjahr; die Grazer Bucht wird kaum mehr von dieser Strömung erfaßt. Speziell für den Raum Bad Radkersburg wurden nun ausgeprägte Jaukperioden (insbesondere aus dem Zeitraum 1974/1975) ausgewertet und an Hand der Station Bad Radkersburg mit jenen der Föhnleitstation St. Ulrich/Greith (320 m) in der Südweststeiermark verglichen. Demnach zeichnet sich für das Untersuchungsgebiet ein überaus hoher Einfluß ab, der mindestens der Zone 1 in der Südweststeiermark entspricht. Als Beispiele seien zwei Perioden (12.-17. Nov. 1974 und 15.-19. Jan. 1975) angeführt. Eklatante Temperaturgegensätze zu Graz stellten sich in der ersten Periode (Abb. 22) ein, die durch relativ geringe Bewölkung (und damit kaum behinderter Ausstrahlung in der Grazer Bucht), aber gleichzeitig hoher Windstärke bedingt waren: am 16.11. betrug die Differenz Thalerhof/Bad Radkersburg  $15^{\circ}$ . Aus dieser Periode läßt sich ferner ableiten, daß Monate mit Jaukeinfluß gegenüber dem Grazer Raum starke positive Abweichungen zeigen (Tab. 28, S. 177). Diese beruhen im wesentlichen auf den relativ hohen nächtlichen Temperaturen. Tagsüber hingegen kann es sogar im Grazer Raum wärmer sein (15. und 16.11.), in der Regel greift die Strömung aber nicht bis zum Boden durch (zweite Periode - 15.-19.1.1975 - Abb. 23). In Abb. 23 erkennt man ferner deutlich den Einfluß der über eine seichte Kaltluftschicht im Grazer Feld hinwegstreichende Warmluft; der Temperaturverlauf zeigt besonders während der Nachtstunden eine starke Unruhe. Im Raum Bad Radkersburg hielt der Jauk vom 15.1. um 20<sup>h</sup> bis 19.1. um 18<sup>h</sup> ununterbrochen an.

Ähnlich waren die Bedingungen in der Novemberperiode: von einigen Stunden des Aussetzens abgesehen, setzte sich die Föhnströmung über 7 Tage hinweg durch. Diese beachtliche Dauer war auf Grund der immer wieder auflebenden Tiefdrucktätigkeit über der Biskaya bzw. über dem westlichen Mittelmeerraum gegeben, wobei die Steiermark an der Vorderseite dieser Tiefdruckgebiete in einer ausgeprägten Südwestströmung verblieb.

Der Jauk zählt zweifellos zu den klimatischen Besonderheiten des Untersuchungsgebietes. Die Zahl der Tage streut je nach Witterungsverlauf (abhängig vom Anteil der "Vorderseitenwetterlagen") erheblich und dürfte etwa 15-20 im Jahr betragen. Im Jahresgang kommt er am häufigsten im Frühjahr und Herbst vor, am seltensten im Sommer (besonders im Juli, August). Im Winter greift der Jauk fallweise nicht mehr bis zum Boden durch, sondern erfasst nur die Riedel. Vegetationsmäßig können sich durch Jaukperioden im Frühjahr bedeutende Vorsprünge in der Entwicklung gegenüber der Grazer Bucht ergeben.

Tab. 28: Monate mit häufigen Vorderseitenwetterlagen und "Jaukeinfluß" (Temperaturvergleich Bad Radkersburg - Graz/Thalerhof).

	März 1975	März 1977	Sept. 1975	Nov. 1974	Nov. 1977	Mittl. Abweichung	
Graz/Thalerhof	4,2	6,7	15,8	2,9	3,4		Monate- mittel [°C]
Bad Radkersburg	<u>5,6</u>	<u>7,6</u>	<u>16,9</u>	<u>5,0</u>	<u>6,9</u>		
$\Delta T$	1,4	0,9	1,1	2,1	1,5	<u>1,4</u>	
Graz/Thalerhof	-0,5	0,7	10,4	-1,0	-0,6		mittl. tägl. Minima [°C]
Bad Radkersburg	<u>1,5</u>	<u>1,9</u>	<u>12,4</u>	<u>1,5</u>	<u>1,3</u>		
$\Delta T$	2,0	1,2	2,0	2,5	1,9	<u>1,9</u>	
Graz/Thalerhof	10,5	14,4	23,0	9,0	9,2		mittl. tägl. Maxima [°C]
Bad Radkersburg	<u>11,3</u>	<u>15,3</u>	<u>23,6</u>	<u>10,1</u>	<u>10,2</u>		
$\Delta T$	0,8	0,7	0,6	1,1	1,0	<u>0,8</u>	

## 8. Nebelverhältnisse im Raum Bad Radkersburg

## 8.1 Zahl der Tage mit Nebel

Tab. 29: Statistische Daten zu den Nebelverhältnissen.

## 1.) Thalerhof (341 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	19,0	13,4	10,1	5,1	4,9	5,2	6,7	11,4	16,5	18,4	14,6	20,7	166,0
s	4,6	3,9	3,0	2,4	3,4	3,0	4,4	4,1	4,1	3,7	4,5	4,5	19,7
Max.	26	21	16	10	12	16	19	22	23	28	22	28	206
Min.	10	8	5	2	0	1	1	5	8	10	7	14	108
													o. Dez.
													123
													o. Q.
													137
													Median
													143
													u. Q.
													156
													u. Dez.
													178

## 2.) Leibnitz (275 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	8,9	6,4	4,2	2,3	2,3	1,6	2,2	4,3	10,4	10,8	8,8	10,2	72,4
s	4,2	3,2	2,3	1,5	1,9	1,2	1,6	2,0	3,1	3,7	3,8	3,2	10,3
Max.	18	13	9	5	6	4	5	9	14	19	18	16	90
Min.	2	1	0	0	0	0	0	1	1	5	3	3	51
													o. Dez.
													85
													o. Q.
													80
													Median
													75
													u. Q.
													62
													u. Dez.
													60

## 3.) Bad Gleichenberg (292 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
M	6,9	5,0	3,0	1,7	1,4	1,5	1,8	3,2	6,6	8,5	7,3	8,3	55,2
s	3,7	3,2	2,1	1,3	1,0	1,3	1,6	1,7	3,4	3,8	3,7	3,1	9,5
Max.	14	13	9	5	3	4	7	6	13	16	15	14	70
Min.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	4	28
													o. Dez.
													67
													o. Q.
													62
													Median
													56
													u. Q.
													50
													u. Dez.
													43

## 4.) Wörtherberg (402 m)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
	9,2	6,5	4,6	1,5	1,5	1,0	0,7	1,8	3,7	6,4	10,6	10,7	58,2

Tab. 29 Fortsetzung

## 5.) Messendorfberg (429 m), reduziert aus 1974-1981

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
7,8	5,5	3,5	1,3	0,8	1,0	1,1	1,0	3,2	6,0	8,0	9,0	48,3

## 6.) Jerusalem (340 m), reduziert aus 1951-1970

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
6,4	4,0	2,8	1,2	1,0	1,5	1,6	0,7	2,5	4,7	7,5	8,0	41,7

## 7.) Murska Sobota (191 m), reduziert aus 1951-1963

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
8,3	5,3	3,5	1,7	1,6	1,5	2,0	3,4	7,0	10,0	7,5	10,8	68,6

## 8.) Bad Radkersburg (206 m)

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
11	8	6	3	2	2	4	5	11	13	10	12	87

## Legende:

$\bar{M}$	=	Normalwert der Periode 1951-1980
$s$	=	Standardabweichung
Max.	=	Höchstwert der 30 Jahre
o.Des.	=	oberes Dezil
o.Q.	=	oberes Quartil
u.Q.	=	unteres Quartil
u.Des.	=	unteres Dezil
Min.	=	Tiefstwert der 30 Jahre

## 8.1.1 Formale Erläuterungen zu Tab. 29

Die Nebelhäufigkeit eines Ortes wird im allgemeinen durch die Zahl der Tage mit Nebel oder "Nebeltage" ausgedrückt. Als Nebel gilt eine Trübung der Atmosphäre mit einer Sichtweite von weniger als einem Kilometer. ein Nebeltag hat zu irgendeinem Termin Nebel, unabhängig von dessen Dauer und Dichte. Das hat wiederum den großen Nachteil der Unvergleichbarkeit des Datenmaterials von Stationen unterschiedlicher Geländelage oder Seehöhe, bzw. der Unvergleichbarkeit der Nebeltage verschiedener Jahreszeiten für eine Station allein.

Weiters wird über die Witterungsbeeinflussung durch Nebel an einem Nebeltag selbst nichts ausgesagt; nach ganz kurzem Frühnebel in den Niederungen kann noch der schönste Herbsttag mit wolkenlosem Wetter folgen, umgekehrt kann der Nebel als Hochnebel oder "Bergnebel" (= aufliegende Bewölkung) mehrere Tage ununterbrochen anhalten und die Witterung entscheidend im Sinne von äußerstem Schlechtwetter bestimmen.

Die Kennzeichnung einer bestimmten Situation als Nebel erfolgt ausschließlich vom Standpunkt des Beobachters aus, was zwar selbstverständlich erscheint, für die Interpretation der Beobachtungsergebnisse aber sehr wichtig wird. So wird eine in höheren Berglagen aufliegende Bewölkung vom Beobachter dortselbst als Nebel empfunden und registriert; noch wesentlicher ist aber die Situation bei Hochnebel mit einigen 100 Metern Reichweite nach oben. Dieser wird natürlich in höheren Riedellagen als Nebel empfunden und registriert, gilt aber auch in den Niederungen darunter als äußerstes Schlechtwetter, subjektiv sogar durchaus als Nebel, doch beträgt gerade unter Hochnebeldecken die Sichtweite in der Regel mehr als einen Kilometer, wodurch solche Situationen dort nach der obigen Definition nicht mehr als Nebel angesprochen werden. Man kann sogar behaupten, daß anhaltende Hochnebeldecken in den Niederungen Nebelfreiheit in bezug auf dichtere Nebel garantieren. Das führt letztlich zu der paradoxen Situation, daß ein kurzer Frühnebel zu Beginn eines Tages mit strahlend schönem Herbstwetter diesen Tag zum Nebeltag stempelt, während tagelang anhaltende Hochnebeldecken mit Sichtweiten in den Niederungen von vielleicht 1,5-3,0 km als nebelfreie Tage gelten müssen, obwohl das subjektive Empfinden dieser Sachlage zuwiderläuft. Es kann hier vorweggenommen werden, daß sich diese Tatsachen auch in den Jahresgängen der Zahl der Tage mit Nebel widerspiegeln, wobei in den Niederungen im "Schönwettermonat" Oktober durchwegs mehr Nebeltage registriert werden als im "Schlechtwettermonat" November.

Wie die Gewitter, so wird auch Nebel durch sogenannte Augen-

beobachtung direkt durch den Beobachter und nicht instrumentell festgestellt, was noch weit mehr als bei den Gewittertagen zu unvergleichbaren Ergebnissen auf Grund unterschiedlicher Beobachtungsgenauigkeit führt. Das betrifft weniger die Abschätzung der Sichtweite, wozu unschwer charakteristische Landmarken herangezogen werden können, an die sich der Beobachter dann halten kann, als vielmehr die unterschiedliche Erfassung der Nebelsituationen durch alle 24 Stunden eines Tages, wobei ein einzelner Beobachter aus naheliegenden Gründen seine Aufmerksamkeit nicht 24 Stunden lang dem Wetter schenken kann. Nichtsdestotrotz sollten aber alle Fälle mit Nebel erfaßt werden.

Das führt nun zu folgender Situation: Die weitaus genaueste Beobachtung erfolgt an Stationen des Flugwetterdienstes und an Zentralstellen mit hauptberuflichen Beobachtern und Registrierung des Wetters rund um die Uhr. Das betrifft im vorliegenden Fall den Thalerhof, wo der Nebel achtmal am Tag in Dreistunden-Intervallen, beginnend um 1 Uhr, registriert wird, wodurch sich eine ungleich höhere und mit den anderen Stationen völlig unvergleichbare Häufigkeit an Nebeltagen ergibt. Diese Diskrepanz entsteht insbesondere in den Sommermonaten, in denen um 1 oder 4 Uhr morgens häufig Nebel beobachtet wird, welcher sich meist bis 7 Uhr schon aufgelöst hat und somit den anderen Beobachtern entgeht.

Auch bei den übrigen Stationen mit ehrenamtlich tätigen Beobachtern gibt es noch beträchtliche Unterschiede, wobei die Nebel manchmal nur zu den drei Beobachtungsterminen selbst (bis 1970: 7, 14, 21 Uhr; seit 1971: 7, 14, 19 Uhr), nicht aber dazwischen registriert werden. Auch das vermindert die Vergleichbarkeit.

Da die Registrierung von Nebel wieder nur an den Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik erfolgt, mußte wieder auf weiter entfernt liegende Stationen zurückgegriffen werden.

## B.2 Klimatische Interpretation

Bei den im Untersuchungsgebiet vorkommenden Nebeln handelt es sich überwiegend um strahlungsbedingte Boden- oder Grundnebel mit Mächtigkeiten von nur wenigen Dutzend bis etwa 100 Metern. In diesen Fällen werden sie auch in den Niederungen als "echte" Nebel obiger Definition registriert. Daraus ergibt sich ein deutlicher Tagesgang mit dem Maximum in den kühlen Morgenstunden bei Sonnenaufgang und dem Minimum der Nebelwahrscheinlichkeit am frühen Nachmittag zur Zeit der wärmsten Tagesstunden. Der Tagesgang verläuft also zu jenem der Temperatur völlig invers. Meist ist Nebelauflösung oder wenigstens Nebelverdünnung im Laufe des Tages die Regel, am typischsten (häufigsten) ist dieser Vorgang i.a. in den Monaten September und Oktober verwirklicht. In den Monaten März bis Oktober gibt es praktisch keine tagsüber anhaltenden Bodennebel bzw. keinen Nebel zwischen etwa 10<sup>h</sup> und 20<sup>h</sup>, von April bis September auch bis 22<sup>h</sup>, doch sind tagsüber anhaltende oder mittags bis nachmittags auftretende Nebel selbst in den Monaten November bis Februar seltene Ausnahmen.

Der Jahresgang der Nebelhäufigkeit, ausgedrückt durch die Zahl der Nebeltage, verläuft ebenfalls in den Grundzügen invers zur Temperatur, jedoch insoferne mit einer Amplitudenverschiebung, als nicht die Monate mit der größten Kälte, sondern viel eher jene mit der stärksten Abkühlung die größte, und umgekehrt nicht die wärmsten Monate die geringste Häufigkeit aufweisen, sondern jene mit der stärksten Erwärmung, weil auch die Luftfeuchtigkeit im Jahresgang stark hinter der Temperatur nachhinkt. Feinheiten im Jahresgang ergeben sich einerseits durch die unterschiedliche Länge des Tagbogens der Sonne, wodurch z.B. nicht der Oktober mit der stärksten Abkühlung die größte Nebelhäufigkeit hat, sondern der Dezember mit seinen langen Nächten. Auch werden im März, einem Monat mit starker Erwärmung, aber relativ langen Nächten mehr Nebeltage registriert als im Juli, der zwar vom Jahresgang her keine Wärmezunahme mehr aufweist, dafür aber nur

eine sehr kurze nächtliche Abkühlung (und eben häufig schon Nebelfreiheit um 7<sup>h</sup>). Andererseits wird die monatliche Nebelhäufigkeit auch durch das Großwettergeschehen, d.h. durch fremdörtige Einflüsse, besonders im Hinblick auf die Bewölkung gesteuert. So hat in den Niederungen der wolkenarme Oktober, in den Talbödenklimate sogar der heitere September mehr Nebeltage (kurzfristige Morgennebel bei starkem Temperaturtagesgang) als der trübe und wolkenreiche November. Dieser Sachverhalt ist graphisch in Abb. 24 an Hand ausgewählter Tal- und Riedelstationen dargestellt.

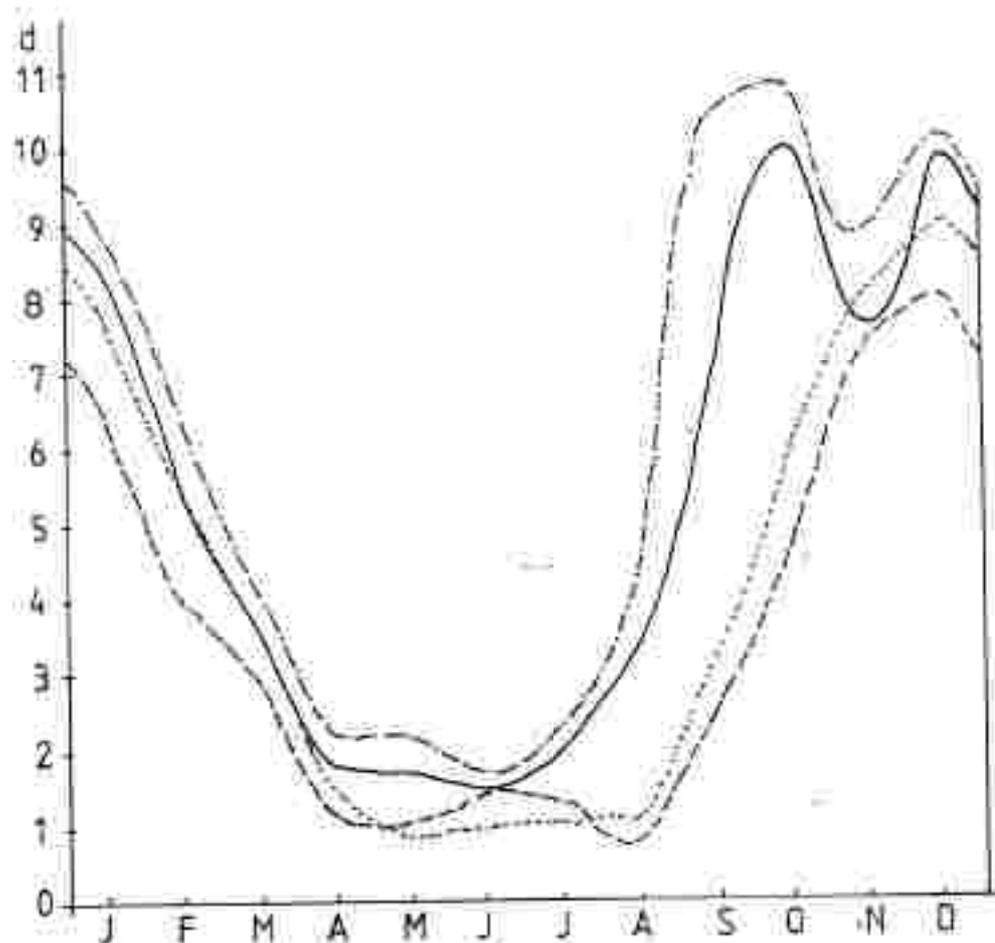


Abb. 24: Jahresgang der Zahl der Nebeltage für ausgewählte Stationen; zu beachten ist der markante "November-knick" an den Talstationen.

- Leihnitz (276 m)
- Murska Sobota (191 m)
- - - Jerusalem (340 m)
- ..... Messendorfberg (429 m)

Neben den Boden- oder Grundnebeln werden im Beobachtungsgebiet noch die Hochnebel wesentlich, auf die oben schon hingewiesen wurde. Sie zeigen im vertikalen Aufbau eine Gesamtmächtigkeit von einigen 100 Metern mit scharfer Obergrenze und allmählicher Auflockerung nach unten. Die damit verbundene Temperaturschichtung zeigt normalerweise die Form der freien Inversion, wobei die Temperatur vom Boden bis zur Nebelobergrenze deutlich (etwa feuchtadiabatisch) abnimmt, von dort aber sehr stark zu-, und erst einige 100 m darüber allmählich wieder abnimmt, wobei u.U. mächtige Isothermien typisch sind.

Hochnebel entstehen entweder durch ständiges Anwachsen von Grund- und Bodennebeln nach oben oder durch spontane Kondensation an einer vorgegebenen Dunstgrenze in der Höhe selbst im Zuge von kräftigen Absinkinversionen, starker Ausstrahlung oder dynamischer Überlagerung von Warmluft über Kaltluft.

Hochnebel ist für alle höheren Riedellagen als echter Nebel zu werten und dort die entscheidende Nebelform, wobei sich gegenüber den Niederungen auch ein anderer Jahresgang einstellt: jetzt übertrifft der November seine Vorgänger ganz deutlich, wobei er oberhalb etwa 500 m auch den Dezember übertrifft und zum nebelreichsten Monat überhaupt wird, bis er ab etwa 1600 m Höhe von den Frühsommermonaten (aufliegende cumuliforme Bewölkung bei labiler Schichtung) übertroffen wird. Der Vergleich der Nebelhäufigkeit der Monate September bis November kann geradezu als Kriterium zur Typisierung von Talbecken-, Talböden- oder Terrassenklimaten im Gegensatz zu Hang- und Riedelklimaten herangezogen werden.

### 8.3 Hinweise zu den einzelnen Stationen

Die Daten des Thalerhofes müssen aus den oben genannten Gründen zwar als richtig angesehen werden, sind aber mit jenen der übrigen Stationen völlig unvergleichbar, d.h. "zu hoch". F. Hader schätzte 1967 die "Vergleichszahl" für den

Thalerhof auf 120 Nebeltage im Jahr (statt 146 bei lückenloser Beobachtung). Der geringere Wert im November gegenüber dem September weist den Thalerhof als typische Talbeckensstation aus.

Leibnitz ist eine äußerst verlässliche Talboden- bis Talbeckensstation (September mehr als November), wobei auch die absolute Summe der Nebeltage in Anbetracht der nicht vollständigen Beobachtung der späten Nacht- und frühesten Morgenstunden als durchaus zuverlässig gelten kann.

Ähnliches gilt für Bad Gleichenberg, dessen Unterhang-Terrassenklima am Ende eines Seitentales sich einerseits in einer generell kleineren Zahl der Nebeltage, andererseits in einer starken Verflachung des "Novemberknickes" äußert.

In Wörtherberg sind die Verhältnisse des niedrigen Fiedelklimas mit Zunahmen vom Oktober bis zum Dezember verwirklicht, doch zeigt das Datenmaterial (trotz gleichbleibenden Beobachters) eine starke Inhomogenität mit einer "Verwerfung" von 1967 auf 1968. Als Jahresnormalwert für 1951-1967 ergeben sich 46,8 und für 1968-1980 73,0 Nebeltage. Aus diesem Grund wurde von einer Angabe der (irrealen) Streuungswerte abgesehen.

Auf Grund der Auswertung der Station Messendorferberg (Nebelbeobachtung erst ab 1974) dürfte der Wert aus der ersten Periode mit 46,8 d eher zutreffen. Jerusalem verzeichnet bedingt durch seine geringe Seehöhe bei großer relativer Höhe über der Talsohle (120-140 m) nur noch 41,7 d. Wesentlich niedrigere Werte sind auch im Radkersburger Raum zu erwarten. Für die Tallagen im Unteren Murtal konnte ferner das Datenmaterial der Station Muraka Sobota herangezogen werden. Die Verteilung zeigt die typischen Züge einer Talbodenstation mit dem Novemberknick. Im Vergleich mit Leibnitz ergeben sich allerdings etwas niedrigere Werte (im Jahr 63 d).

was auf die windoffenere Lage gegenüber dem Leibnitzer Feld zurückzuführen ist (mittlere Windgeschwindigkeit 1.8 m/sec. Leibnitz um 1.0 m/sec).

Schließlich ist Bad Radkersburg wieder eine klassische Talbodenstation mit sehr großer Nebelhäufigkeit und deutlichem "Novemberknick". Zwar wurden die Werte reduziert und aufgerundet (monatsweise mit Hilfe von Leibnitz nach der Methode der konstanten Differenzen), doch liegen allfällige Unstimmigkeiten nicht in der Reduktion begründet, welche problemlos durchzuführen war. Damit wird angedeutet, daß sich für Bad Radkersburg zwar recht sinnvolle Werte für den 8jährigen Zeitraum von 1973-1980 errechnen lassen, im einzelnen aber die Zahl der Nebeltage von 37 (1973) auf 124 (1980) konsequent zunimmt, was die objektive Richtigkeit eines Teiles des Datenmaterials doch in Zweifel setzt.

#### 8.4 Erläuterungen zur Nebelzonenkarte (1:50.000)

Als Grundlage für diese Karte dienten neben der Zahl der Nebeltage vor allem die für die Sonderkulturen wichtigen Verhältnisse bezüglich der Sättigungsstunden. Bei hoher Anzahl von Sättigungsstunden besteht bei Äpfeln Schorffgefahr, in Weinkulturen findet die Peronospora ideale Bedingungen vor. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber der Erfassung der Zahl der Nebeltage (terminabhängig und subjektiv) ergibt sich in der Objektivierbarkeit dieses geländeklimatischen Parameters. Man verwendet dabei als Basis die Feuchteregistrierung der Thermohygrographen, wobei sich bei der Auswertung der Schwellenwert von 90 % eher bewährt hat als der von der Definition der Sättigungsstunde her exaktere Werte von mindestens 95 % relativer Feuchte. Dies bedeutet, daß die eigentliche Anzahl der Stunden, in denen der Taupunkt erreicht wird, noch um etwa ein Drittel niedriger liegt als die ausgewerteten Sättigungsstunden. Allerdings zeigt sich häufig bereits bei niedrigerer relativer Feuchte während der nächtlichen Abkühlung Blattnässe (Abkühlung der Blatt-

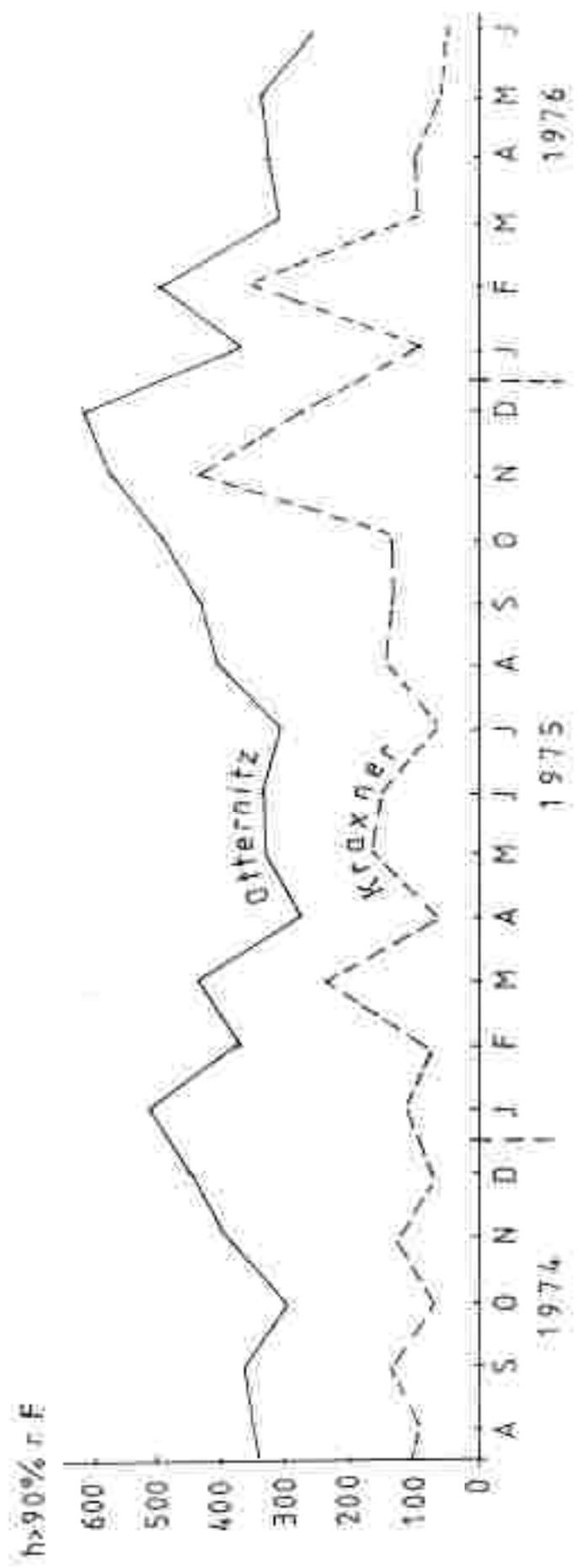


Abb. 25: Anzahl der Sättigungsstunden (relative Feuchte > 90 %) an den Stationen Otternitz (325 m, Talbeckenlage) und Kraxner (560 m, Riedellage); zu beachten sind die Mitternachts-Elässe, wie z.B. der ausnehmend milde und trockene Winter 1974/75 (deutlich zu niedrige Werte) im Gegensatz zum November 1975 mit häufigem Hochnebel.

oberflächen unter die Lufttemperatur). Aus den Untersuchungen in der Südweststeiermark wurde nun die Anzahl der Sättigungsstunden jeweils für eine Talboden- und eine Riedelstation graphisch in Abb. 25 zusammengefaßt. Die witterungsmäßig untypischen Bedingungen vor allem im Winter 1974/75 täuschen dabei zu niedrige Werte vor. Die Unterschiede treten allgemein in Monaten mit hohem Anteil an Strahlungswetter (Hochdruckperioden) markant in Erscheinung: im November 1975 mit häufigem Hochnebel verringern sich die Unterschiede beträchtlich.

Der autochthone Tagesgang dieser Sättigungsstunden ist in Abb. 26 wiedergegeben. Für die Talbodenstation Otternitz charakteristisch sind die weitgehende Abhängigkeit von der Tageslänge bzw. der Windeinfluß autochthoner Prägung (letzterer erreicht im April sein Maximum, bedingt durch häufigen Luftmassenwechsel, der jeweils an der Rück- bzw. Vorderseite mit föhnigen Effekten (Nordföhn bzw. Jauk) begleitet wurde.

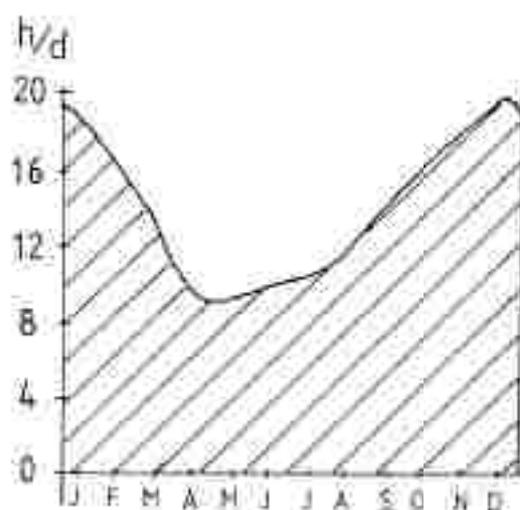


Abb. 26: Der autochthone Tagesgang der Sättigungsstunden (relative Feuchte mindestens 90 %) an der Talbodenstation Otternitz; zu beachten ist das Minimum im April mit 8-9 Stunden/Tag (h/d); Grundlage: Auswertung von Schönwetterperioden im Zeitraum 1974-1981 auf Grund der Feuchte-registrierung an Thermohygrographen.

Dadurch wurden der April und Mai zu den Monaten mit der geringsten Anzahl von Sättigungsstunden. Im Sommer nimmt zwar die Tageslänge zu, der Dampfdruck allerdings ebenfalls, bzw. der Windeinfluß wird rasch schwächer, die Ausstrahlung in der Nacht nur noch durch Gewitterrestbewölkung gestört, sodaß fast immer in den Talsohlenbereichen eine Taupunktunterschreitung eintritt. Nach Beobachtungen in der Südweststeiermark steigt auch parallel dazu die Zahl der Nebeltage an, besonders in Tälern mit angelegten Teichen; ihre Auflösung erfolgt jedoch schon vor dem 7<sup>h</sup>-Termin; dadurch scheinen sie in der Nebelstatistik nicht auf.

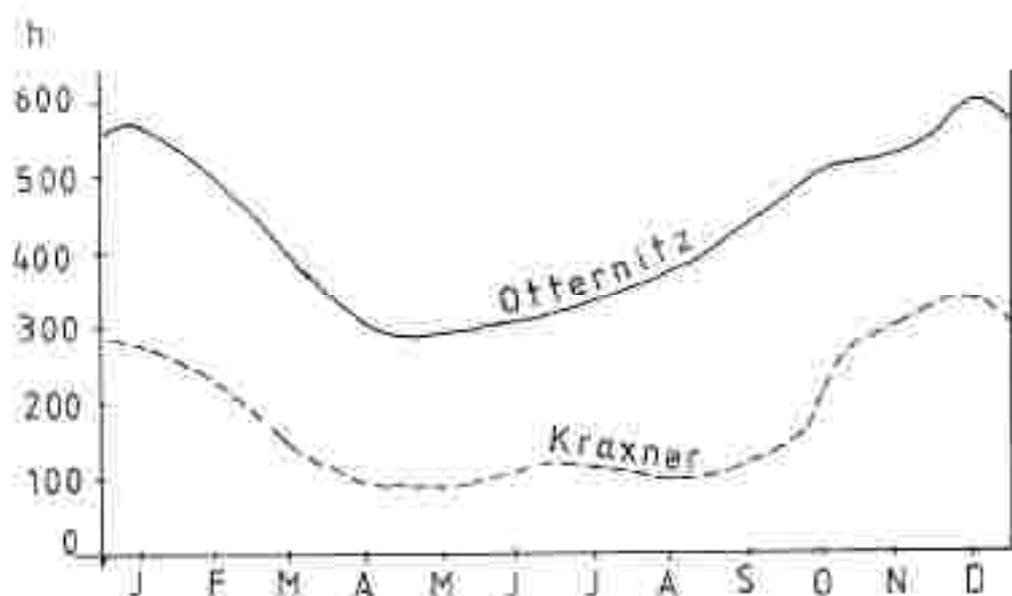


Abb. 27: Jahresgang der Sättigungsstunden für eine Tallage (Otternitz, 325 m) und eine Niedelstation (Kraxner, 560 m) unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem Beobachtungszeitraum 1974-1976 und des Witterungseinflusses.

In Abb. 27 wurde nun versucht, auf Grund der Beobachtungen 1974-1976 unter Berücksichtigung der Witterung, den Jahresgang der Sättigungsstunden für die Tal- und Riedellagen abzuschätzen. Das Maximum tritt jeweils im Dezember ein, das Minimum im April/Mai. Die Unterschiede erreichen im August und September 300 Stunden und mehr. Sinnvoller erscheint jedoch eine Angabe in Relativzahlen, wie sie in der Legende vorgenommen wurde. Sie bezieht sich dabei auf den Zeitraum April bis September mit größeren Differenzen als im Winterhalbjahr (Abb. 27). Für die Wahl von insgesamt 5 Nebelzonen waren neben den Ergebnissen der Sättigungsstunden die Nebelverhältnisse mit Häufigkeit, Andauer und Zeitpunkt der Nebelbildung bzw. -auflösung ausschlaggebend; die Beschreibung der einzelnen Zonen ist in der Legende enthalten.

## Literatur

- DREISEITL, E. et al.: Windregimes an der Cabelung zweier Alpentäler. Arch.Met.Geoph.Biokl. (B). 1980, S. 257-275.
- ENDLICHER, W.: Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls. Ber.DWD, 150, 1980, 124 S.
- FEZER, F.: Lokalklimatische Interpretation von Thermalluftbildern. Bildmessung und Luftbildwesen, 43 (1975b), S. 152-158.
- JESSEP, E. et al.: Die Beurteilung des Wärmeklimas eines Ortes nach der 14<sup>h</sup>-Temperatur. Manuskript, 1949.
- KING, E.: Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftabflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. Ber.DWD, 130, Bd.17, 1973, 24 S.
- KNOCH, K.: Die warme Hangzone: neue Anschauungen zur nächtlichen Temperaturschichtung in Tälern und Hängen. Z.Meteor. 15, 1961, S. 151-171.
- : Methodische Erfahrungen zur Durchführung einer Landesklimateaufnahme. Z.Meteor. 15, 1961, S. 171-177.
- : Die Landesklimateaufnahme: Wesen und Methodik. Ber.DWD, Bd.12, 1963, 85 S.
- KREPS, H. und SCHIMPP, H.: Starkregen und Starkregenstatistik. Mitteilungsblatt d. Hydrogr.Dienstes in Österreich. 42, 1965, S. 1-44.

- KREUTZ, W.: Lokalklimatische Studie im oberen Vogelsberg. Ber.DWD, US-Zone, Bd.42, 1952, S. 171-176.
- LAZAR, R.: Kleinklimatische Beobachtungen der Temperatur und der Taubei mit besonderer Berücksichtigung des Temperaturminimums und der Spät- und Frühfröste in der Südweststeiermark. Diss. Univ. Graz, 1979, 478 S.
- : Lokalklimatische Untersuchungen im Gratkorn-Becken (Zwischen- und Endbericht), 1979, unveröffentl.
  - : Die Spätfrostschäden an den Johannisbeerkulturen in der Steiermark von 1951-1980. 1980, 16 S.
  - : Lokalklimatische Studie in der Region Aichfeld-Murboden. Manuskript am Hygiene-Institut, Univ. Graz, 1980, 206 S.
  - : Zwischenbericht über die Frostbekämpfungsversuche mittels Infrarotstrahler. Manuskript, 1981, 32 S.
  - : Erste Ergebnisse der neuen Windmeß-Station Graz-Universität. Graz 1981, 13 S.
- LEHMANN, P.: Abkühlung und Erwärmung im nächtlichen Kaltluftfluß. Ber.DWD, US-Zone, Bd.38, 1952, S. 113-116.
- LINKE, F.: Die Zahl der Sättigungstunden, ein neues bioklimatisches Element. Biokl.Beibl., Bd.10, 1943, S. 70-73.
- MORAWETZ, S.: Kleinklimatische Beobachtungen in der Weststeiermark bei St.Stefan ob Stainz. Beih.z.Met., Angew.Meteor. 1(5), 1952, S. 146-150.

- MORGER, A. und KÄMPFBERT, W.: Die Besonnung; Diagramme der solaren Bestrahlung verschiedener Lagen. 2.Meteor. 6. 1952, S. 138-146.
- : Die Besonnung und ihre Verminderung durch Horizontbegrenzung. Veröff.Meteor.Hydrog.Dienst DDR. 12, 1957.
- ORNIG, F.: Landwirtschaftliche Klimastufen in den Bezirken Voitsberg, Deutschlandsberg und Leibnitz im Land Steiermark. Entwicklungsmöglichkeiten der Region Südwest. 1968, S. 14-15.
- OTTO, H.: Die Temperaturumkehr in der Südweststeiermark. Mitt.Naturwiss.Ver.Stmk., Bd. 101, 1971, S. 97-118.
- ONORM M 9440: Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre; Ermittlung von Schornsteinhöhen und Berechnung von Immissionskonzentrationen. Entwurf Februar 1982.
- RAUMORDNUNG: Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; Heft "Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. 1978, 116 S.
- SCHALKO, M. und STEINHAUSER, F.: Groß-Schneefälle in Österreich. Jahrbuch der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Jg. 1950, NF. Bd. 87, 1951, S. D 65 - D 75.
- SCHIMPF, H.: Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Mitteilungsblatt d. Hydrogr.Dienstes in Österreich, 45, 1970, S. 121-127.

SCHNELLE, F.: Frostschutz im Pflanzenbau. Band 1: Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadensverhütung. Offenbach/Main, 1963, 488 S. Band 2: Die Praxis der Frostschadensverhütung. Offenbach/Main, 1963, 604 S.

- : Lokalklimatische Studien in Odenwald. Ber. DWD, Bd.17, 1972, 38 S.

STEINHAUSER, F.: Über die kartographische Darstellung der Sonnenscheindauer. Wetter und Leben 8, 1956, S. 1-12.

- : Tages- und Jahresgang der Sonnenscheindauer in Österreich (1929-1968). Arbeiten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Heft 12, 1969, 111 S.

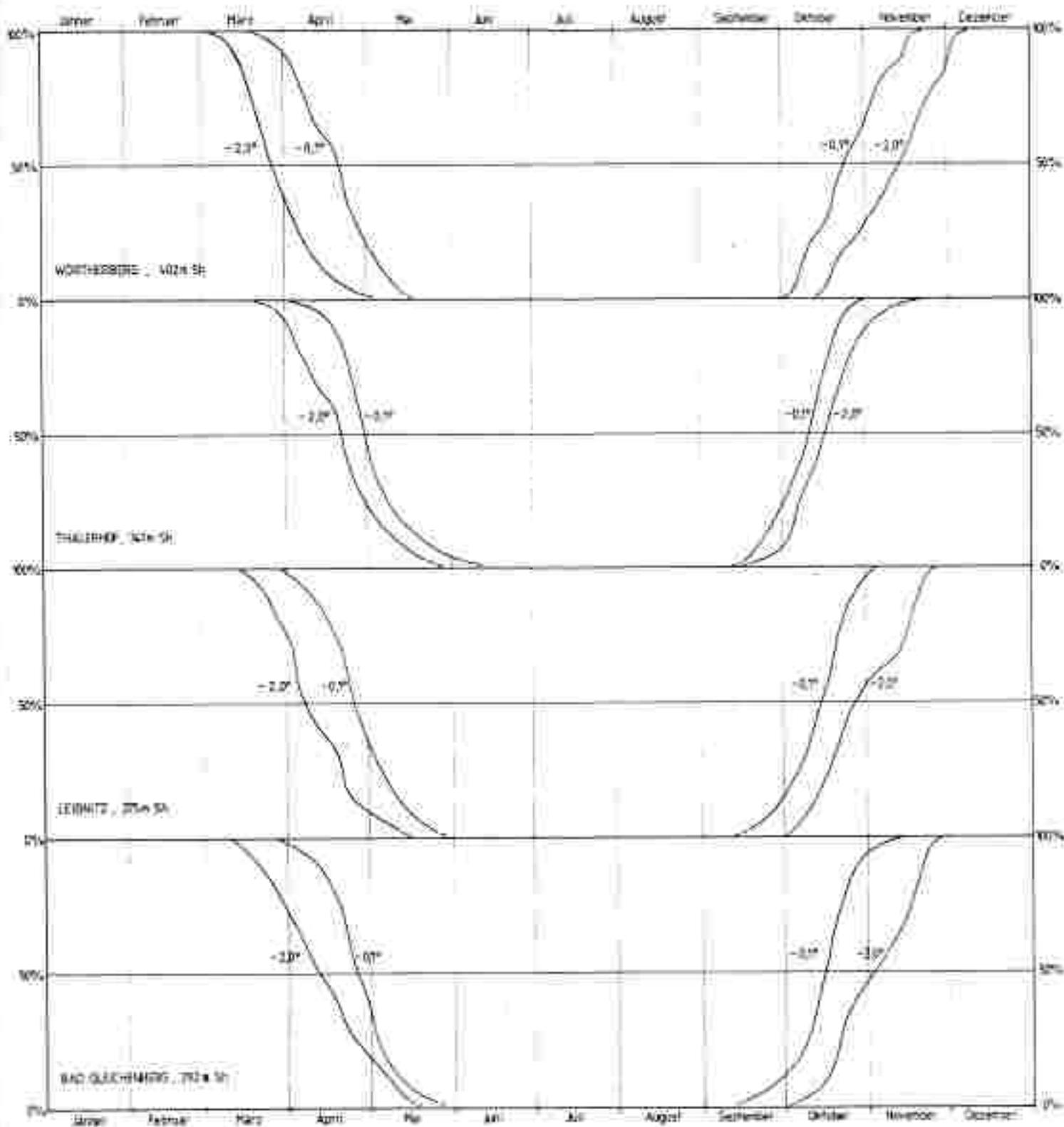
VAUPEL, A.: Advektivfrost und Strahlungsfrost. Mitteilung DWD 17, 1959, 31 S.

WAKONIGG, H.: Witterung und Klima in der Steiermark. Graz, 1978, 473 S.

#### Nachtrag

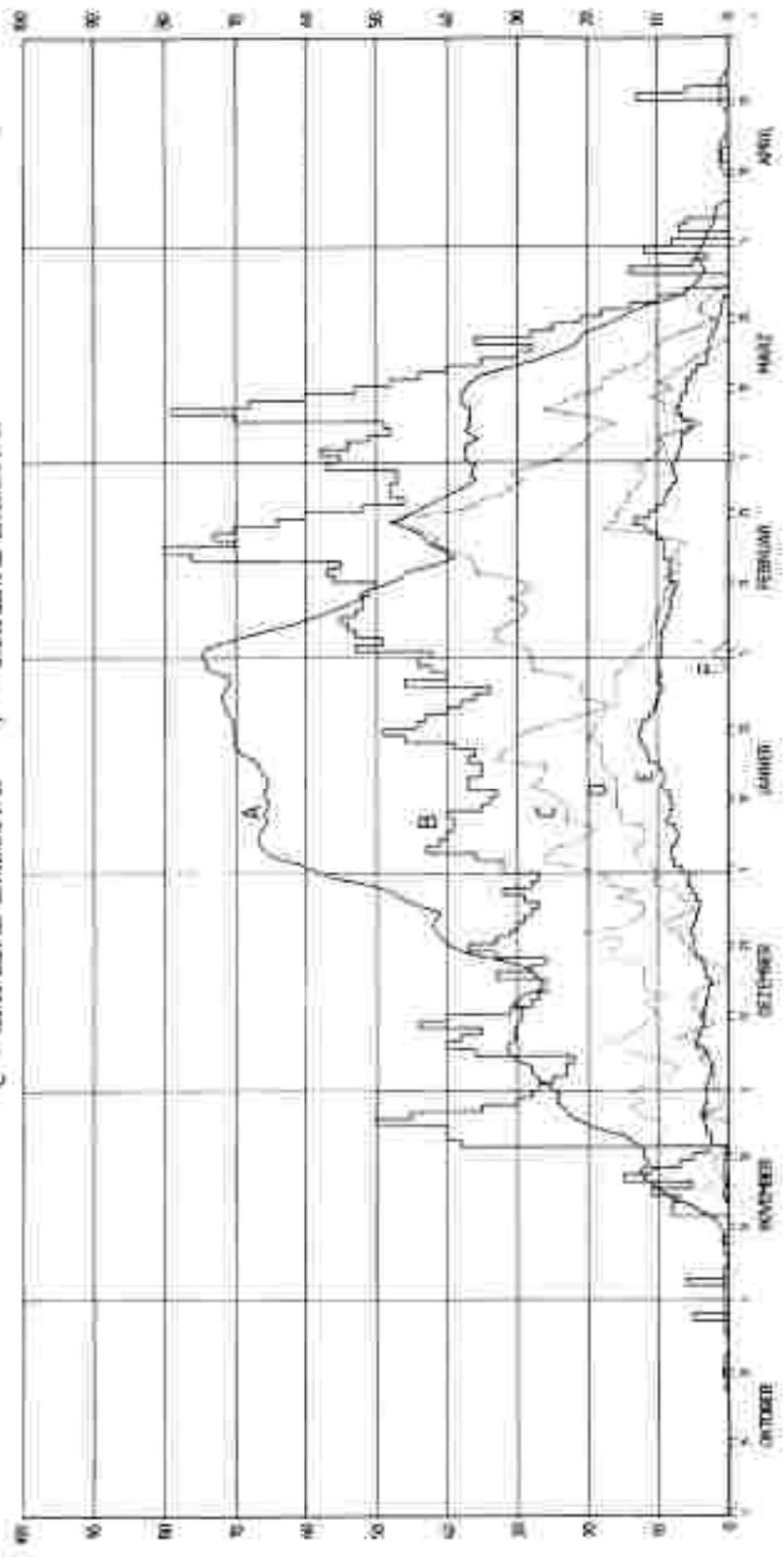
GRNIG, F. : Landwirtschaftliche Klimastufen in den Bezirken Voitsberg, Deutschlandsberg und Leinitz. In: Entwicklungsmöglichkeiten der Region Südwest. Graz, 1968, S.14-15

SPÄT- UND FRÜHFROSTWAHRSCHEINLICHKEIT  
für wenigstens  $-0,1^{\circ}$  und wenigstens  $-2,0^{\circ}$  (Ordnungskurven, graphisch ausgeglichen)



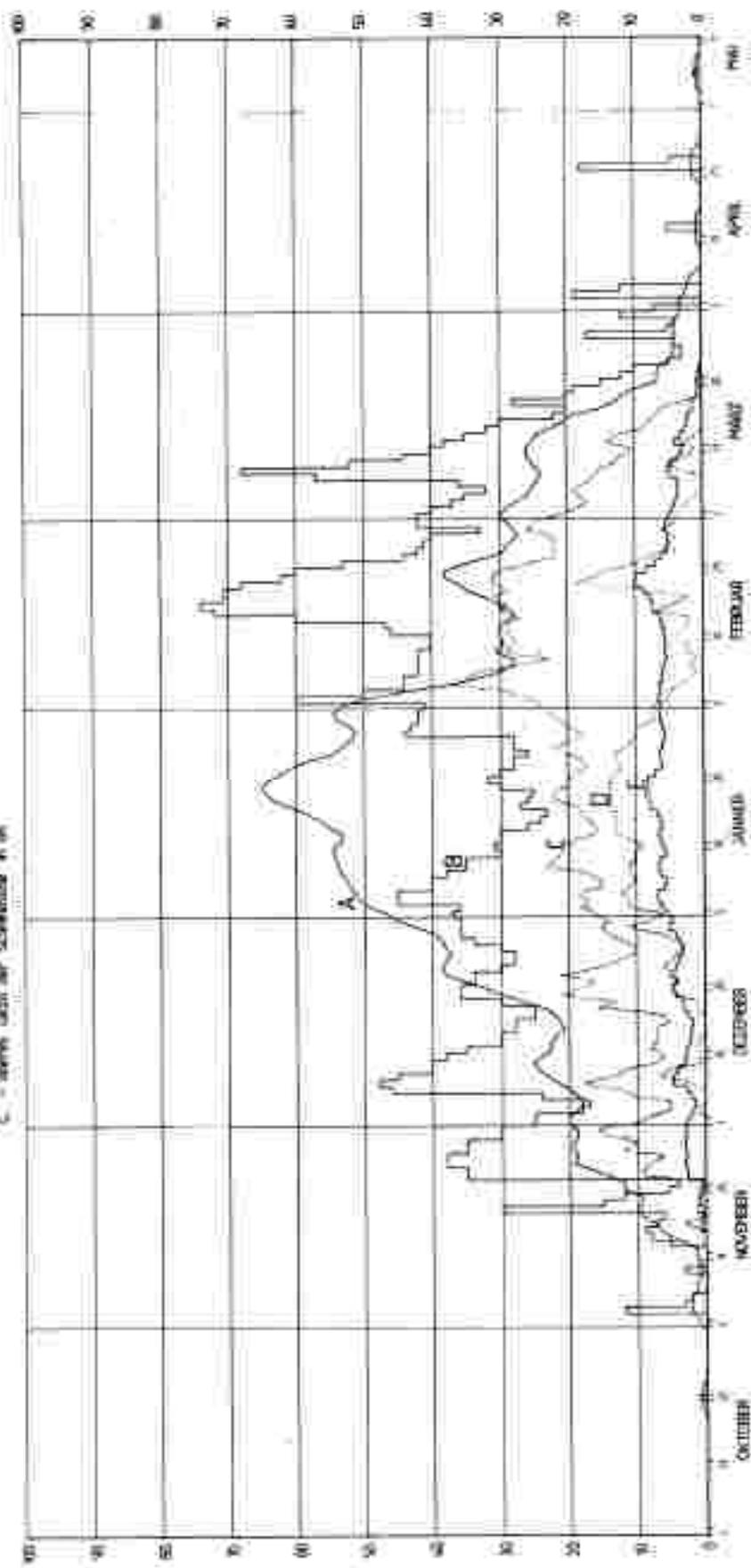
**SCHNEEVERHÄLTNISSE** DAS GLEICHBERG, ZUG 311, 1893/94 - 1911/12

- A = Schneeschmelzwasseranteil in %
- B = große (unsaure) Schneefälle in cm
- C = obere Deck der Schneehöhe in cm
- D = oberes Drittel der Schneehöhe in cm
- E = mittlere (saure) Schneefälle in cm
- F = unteres Drittel der Schneehöhe in cm



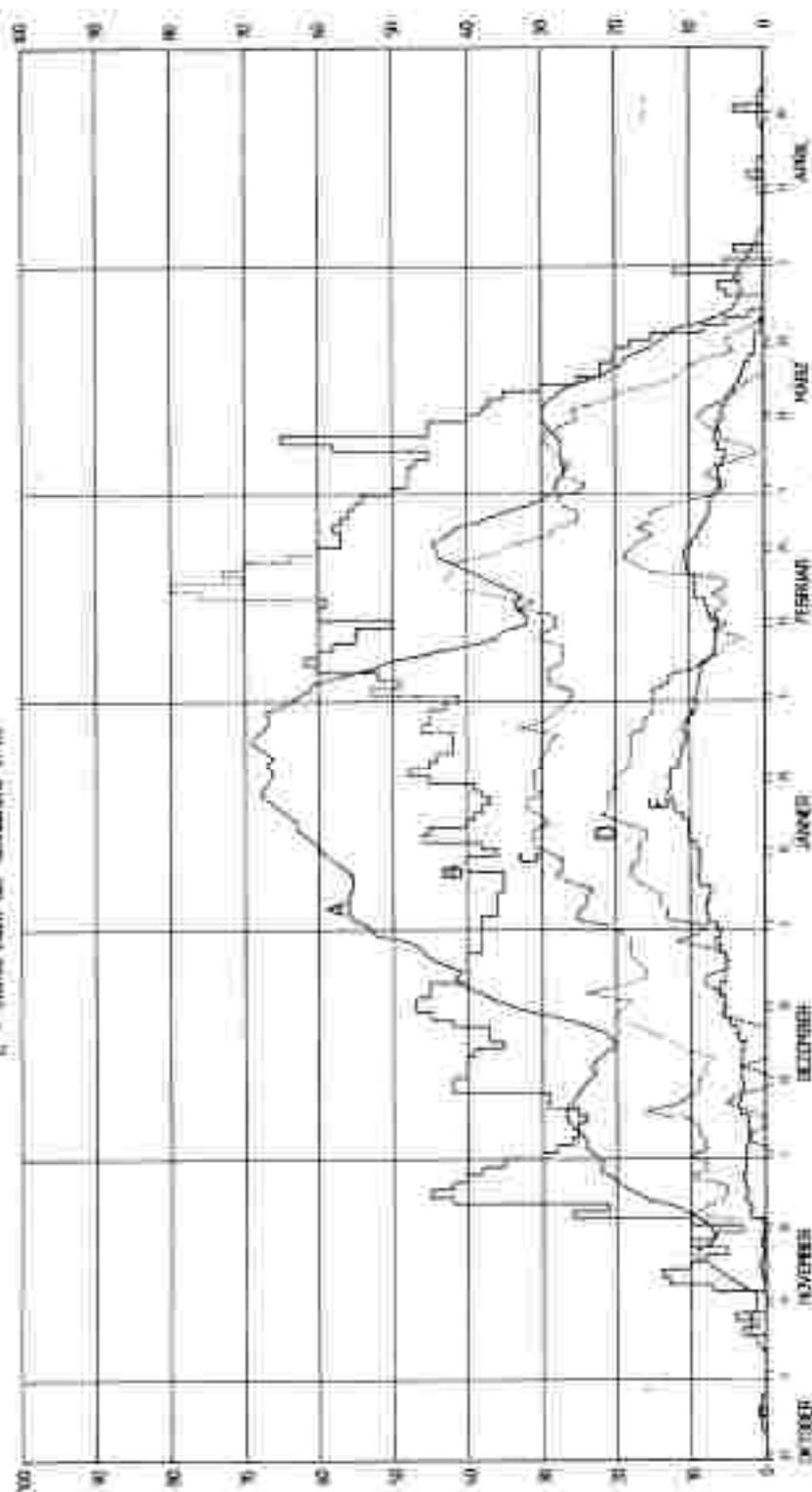
SNEEVERHÖUDNISSE: STADION: JILWAJA 1950/51 - 1970/71

- A = Schneeschmelzwasserstand in %
- B = größte basaltische Schneehöhe in cm
- C = mittlere Dicke der Schneedecke in cm
- D = abnorme Werte der Schneehöhe in cm
- E = Normalwert der Schneehöhe in cm



SCHNEEVERHÄLTNISSE ZITRO, 2004 bis 1991/92 - 07/1992

- A = Schneehaltigkeit in % E = oberes Quartil der Schneehöhe in m  
 B = höchste beobachtete Schneehöhe in m F = Summe der Schneehöhe in m  
 C = oberes Quartil der Schneehöhe in m



SCHNEEVERHÄLTNISSE STUTZEN AN DERREICHEN, 2564-54 (1904-1906)

- A = Schneetagesanzahl in %
- B = größte benutzte Schneehöhe in cm
- C = starkes Deck der Schneehöhe in cm
- D = starkes Quart. der Schneehöhe in cm
- E = Normalwert der Schneehöhe in cm
- F = mittleres Quartil der Schneehöhe in cm

