P R O J E K T St C 8b

Naturraumpotentialkarten der Steiermark

Teilprojekt
"Klima Mittleres Murtal"

Endbericht

Projektträger:
Forschungsgesellschaft Joanneum
Institut für Umweltgeologie und
Angewandte Geographie

Projektleitung:
Univ.Prof.Dr. Walter GRAF

Projektbearbeitung:
R. LAZAR
G. SEMMELROCK

Graz, September 1985

I N H A L T

TEIL 1: Erläuterungen zu den Naturraumpotentialkarten / Klima

TEIL 2: Detailergebnisse

- Die Niederschlagsverhältnisse im Mittleren Murtal 1951 - 1980
- Endbericht zu den kleinklimatischen Untersuchungen im Gratkorner Becken
- Stadtklimauntersuchung Graz
- Geländeklimatische Studie über den Einfluß von Straßendämmen auf die Erhöhung der Frostgefährdung in Obstbauanlagen im Raum Kleinstübing
- Geländeklimatische Studie für den Raum Kaiserwald

TEIL 3: Kartenbeilagen

T E I L 1

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN NATURRAUMPOTENTIALKARTEN

KLIMA

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Übersicht über die schwerpunktmäßig erfaßten Abschnitte des Untersuchungsgebietes (zur Karte 0)	3
1.2 Gliederung des Untersuchungsgebietes in Klimalandschaften	4
2. Untersuchungsergebnisse	7
2.1 Untersuchungsergebnisse aus dem Gratkorner Becken	7
2.2 Geländeklimatische Untersuchungen im Raum Peggau und Frohnleiten	9
2.2.1 Erläuterungen zur Kaltluftkarte Frohnleiten und Umgebung (Karte 22)	11
2.3 Geländeklimatische Studie über den Einfluß von Straßendämmen auf die Erhöhung der Frostgefährdung in Obstbauanlagen im Raum Kleinstübing	13
2.4 Ergebnisse von klimatischen Untersuchungen im Raum Graz	14
2.5 Geländeklimatische Untersuchungen im Grazer Feld und Kaiserwald	15
2.6 Erläuterungen zur Nebelkarte - Ausschnitt Mittleres Murtal mit Raum Leoben-Kapfenberg und Teilen des Vorlandes (Karte 43)	17
2.7 Erläuterungen zur Durchlüftungskarte des Mittleren Murtales mit besonderer Berücksichtigung der nächtlichen Strömungsverhältnisse bei Hochdruckwetterlagen (Karte 44)	19
2.8 Erläuterungen zur Kaltluftkarte im Riedelland östlich des Grazer Feldes (Karte 45 im Anhang)	21

1. Einleitung

Ähnlich wie schon bei der Bearbeitung der Klimakarten für den Bezirk Radkersburg war umso mehr für das Mittlere Murtal die Notwendigkeit gegeben, mittels Stationsprofilen und Meßfahrten die vorhandene, völlig unzureichende Datenlage zu verbessern, um dem Anspruch überhaupt gerecht zu werden, praxisorientierte Klimakarten erstellen zu können. Sehr bald zeigte sich, daß der Untersuchungszeitraum wegen der Heterogenität des Gebietes nicht ausreichen würde, um eine flächendeckende Bearbeitung zu gestatten. Es schien daher sinnvoll, die aus der Sicht der Rahmenplanung relevanten Teilgebiete - insbesondere solche, wo Interessenskonflikte zu erwarten sind - schwerpunktmäßig zu bearbeiten (z.B. Gratkorner Becken, der Raum Graz). Gegenüber dem Bezirk Radkersburg ergibt sich ferner eine Schwergewichtsverlagerung von agrarklimatologischen zu überwiegend lufthygienischen Aspekten, was den verstärkten Einsatz von Windmeßanlagen notwendig machte (Erfassung der Durchlüftungsverhältnisse). Hinzu kommt ferner die Bedeutung von Inversionen, deren Mächtigkeit und Stärke im gesamten Verlauf des Murtales von Bruck bis Wildon erheblichen Schwankungen unterworfen ist.

Ziel der klimatischen Schwerpunktuntersuchungen im Mittleren Murtal war es, besonders für die Klimaelemente Temperatur und Wind, die Datensituation über das bisher vorliegende, aus amtlichen Stationen stammende, Datenmaterial hinausgehend zu verbessern. Beim Klimaelement Niederschlag wurde hingegen auf eine weitere Verdichtung des bestehenden Netzes verzichtet, da nach Ansicht der Verfasser das amtliche Datenmaterial durchaus genügt, um auch Anforderungen aus der Praxis standzuhalten.

Hinsichtlich der Temperaturbearbeitung zeichnet sich zusätzlich eine Erweiterung der Dateninformation durch die Einbindung von HCMM-Nachtinfrarotaufnahmen und ab Herbst 1985 durch den Einsatz einer Fesselballonsonde zur Erfassung der Inversionsstrukturen ab. Im Rahmen einer Synopsis ist nun vorgesehen, die Klimakarten Mittleres Murtal fortlaufend nach dem jeweiligen Abschluß der Detailuntersuchungen zu ergänzen bzw. zu erneuern. So kann etwa aus den Auswertungen der HCMM-Satellitenbilder eine flächendeckende Temperaturdarstellung des Meßgebietes

erfolgen (Abschluß Sommer 1985); ferner liegen dann Ergebnisse aus dem Sondernetz Semriacher Becken vor (Sondernetze siehe Abb.2).

Hinsichtlich der verwendeten Maßstäbe wurde jeweils eine Variation in Abhängigkeit von der Datenlage einerseits und den Erfordernissen für die Genauigkeit in der Praxis vorgenommen. So wurde beispielsweise in einer Detailstudie im Raum Kleinstübing ein Maßstab von 1:5.000 gewählt, um die Auswirkungen eines Straßendammes auf die Erhöhung der Frostgefährdung in einer Obstanlage aufzuzeigen. Die Darstellung der Wind- und Nebelverhältnisse bei Hochdruckwetterlagen erfolgte hingegen im Maßstab 1:200.000.

1.1. Übersicht über die schwerpunktmäßig erfaßten Abschnitte des Untersuchungsgebietes (zur Karte 0)

Das Mittlere Murtal umfaßt mit dem Grazer Feld und Teilen des tertiären Riedellandes noch einen wichtigen Abschnitt des Vorlandes, vor allem den Raum Graz in Talausgangs- und Randgebirgsfußlage. Im weiteren Verlauf ist aus klimatologischer Sicht die Durchquerung des gesamten Randgebirges mit beckenartigen Erweiterungen (Gratkorner Becken) von Bedeutung. Die Bearbeitung der in Karte 0 angeführten Gebiete erfolgte im wesentlichen nach Kriterien der jeweiligen Erfordernisse für die Praxis. Den Anfang bildete das Gratkorner Becken, wo neben vorrangig lufthygienischer Aspekte mit der Erfassung von Inversionen und Strömungen auch die Bestimmung der Frostgefährdung in einer Kaltluftkarte als Grundlage für die Möglichkeiten von Erwerbsobstbau behandelt wurden. Es folgte der Raum Graz mit seinen komplexen Windsystemen; ähnliche Schwerpunkte bestimmten auch die Untersuchungen im Grazer Feld und Kaiserwald. Schließlich folgten noch die Abschnitte Peggau-Deutschfeistritz und Frohnleiten. Die Reihenfolge der genannten Gebiete ergab sich nicht zuletzt wegen der begrenzten Anzahl an Stationen, wobei sich zusätzlich Meßfahrten als unerläßlich erwiesen, andererseits gerade die Errichtung von Windmeßstationen mit großem Aufwand und nicht ohne Gefahren (Seilsicherung) verbunden waren. Ferner war im Gegensatz zum Bezirk Radkersburg doch eine längere Beobachtungsdauer erforderlich, um zu schlüssigen Aussagen zu kommen - eine gewisse Abhängigkeit von der Witterung, besonders im Winter, bestand ebenfalls. So wurde das Meßprofil in Bruck/Mur noch ein weiteres Jahr belassen, dem eine Erweiterung vom bisher höchsten Punkt (Hochanger 1304 m) auf den Mugl (1630 m) - mit Betreuung - bevorsteht. Im Semriacher Becken, das durch seine extrem tiefen Temperaturen an der Sohle bzw. durch die Begünstigung der Hanglagen zwischen 750 und 800 m Aufmerksamkeit erregte, ist das Meßprogramm abgeschlossen (Ergebnisse Herbst 1985).

1.2. Gliederung des Untersuchungsgebietes in Klimalandschaften

Die Lage im Randgebirge bzw. am Fuß desselben prägt weitgehend die wichtigsten Züge des Klimas im Abschnitt zwischen Bruck/Mur und Wildon. Besonders hervorzuheben ist die relativ gute Durchlüftung des gesamten Murdurchbruches als Folge des Luftaustausches zwischen Vorland und innералpinem Raum. Die Abschirmung durch die Alpen begünstigt die Ausbildung von Inversionen und Windarmut, wobei im Jahresgang der Temperatur und des Niederschlages eine Erhöhung des Kontinentalitätsgrades festzustellen ist.

Nach H.WAKONIGG (1978) läßt sich nun eine Gliederung des Untersuchungsgebietes in sogenannte Klimalandschaften vornehmen, die sich durch einheitliche Züge und Eigenschaften bezüglich der wichtigsten Klimaelemente auszeichnen.

Der Abschnitt des Mittleren Murtales von Wildon bis Graz wird im wesentlichen vom Typ "Talböden des Vorlandes" mit der Referenzstation Graz/Flughafen bestimmt. Entsprechende langjährige Mittelwerte für diese Station finden sich in den Erläuterungen zu den Naturraumpotentialkarten Radkersburg (R.LAZAR, H.WAKONIGG 1982). Die Seitentäler weisen mitunter jedoch eine derart verstärkte Kaltluftgefährdung auf, die im übrigen durch amtliche Stationen nicht erfaßt werden konnte, sodaß man zusätzlich noch eine Seitentalzone für die Täler im tertiären Riedelland im Sinne der Ergebnisse der beiden Stationen Otternitz (R.LAZAR 1979) und Marlatrost anführen muß. Die niedrigeren Riedelniveaus und Teile von Graz sind dem Übergangsklima der "Terrassenstufe" nach H.WAKONIGG zuzuordnen. Erst dann folgt das eigentliche Riedelklima, das in seiner typischen Ausprägung - ausgeglichene Temperaturverhältnisse, geringe Frostgefährdung, geringe Temperaturen tagsüber, Nebelarmut - am besten durch die Stationen Messendorfberg und Laßnitzhöhe (im Stadtgebiet von Graz die Station Plattel repräsentiert wird.

Im Raum Graz kommt es nun erstmals zu einer Überschneidung des Riedelklimas mit der nächsthöheren Stufe, dem "Klima am Fuß des Randgebirges". Dies betrifft im wesentlichen Teile des Plabutschzuges, des Straßengelberges, der Rannach und des Schöckls. Die Übergänge sind wenig markant, wobei ab einer Seehöhe von 600-650 m - häufig die "warme Hangzone" - der vertikale Bereich

anzusetzen ist und bei ca. 900-1000 m die untere Berglandstufe des Randgebirges beginnt. Diese Zone am Fuß des Randgebirges zeichnet sich vor allem durch eine Temperaturgunst im Winter aus (häufig Inversionsobergrenze); die errichtete Sonderstation Plabutsch als Referenzstation für diese Zone erbrachte nur geringe Unterschiede zu der am Fuß des Schöckls gelegenen Station St.Radegund (etwas tiefere nächtliche Temperaturen als der Plabutsch in Gipfellage).

Mit dem Gratkorner Becken beginnt im Murtal die Zone "Tal- und Beckenklimate innerhalb des Randgebirges", wobei die Station Frohnleiten die begünstigten Talabschnitte repräsentiert - etwa vergleichbar mit den Werten der Station Kleinstübing (etwas höhere nächtliche Temperaturen), nach deren Ergebnissen ein Erwerbsobstbau durchaus noch sinnvoll erscheint. Die geringe Kaltluftgefährdung steht im Zusammenhang mit der Stärke des Murtalabwindes, der letztlich die Kaltluftproduktion in den Anlagen unterbindet und quasi eine "natürliche" Bewindungsanlage darstellt. Im krassen Gegensatz dazu stehen die Abschnitte in den beckenartigen Erweiterungen (Gratkorner Becken mit dem Straßengler Feld, Bereich Murhof im Staubereich des Kugelsteins) mit einer dem Grazer Feld (mit der Station Thalerhof) entsprechend hohen Frostgefährdung, jedoch weitaus geringeren Nebelhäufigkeit. Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem Murtal im Abschnitt Graz-Bruck und Graz-Wildon bestehen somit in einer stärkeren Durchlüftung (mit einem deutliches Überwiegen der Talabwindkomponenten) und einer erhöhten Sonnenscheindauer, vor allem im Winterhalbjahr zugunsten des Murtales innerhalb des Randgebirges.

Die Seitentäler des Murtales innerhalb des Randgebirges zeichnen sich, wie etwa das Stübingtal oder das Tyrnautal, durch eine generell größere Kaltluftgefährdung, verbunden mit einer verringerten Durchlüftung aus. Dabei stellt sich in einigen Abschnitten - besonders hervorzuheben ist diesbezüglich das Übelbachtal - eine Verzahnung des Murtalabwindsystems mit den lokalen Kaltluftabflüssen aus den Seitentälern ein, was sich auch in der nächtlichen Temperaturverteilung widerspiegelt (höhere Temperaturen, beispielsweise im Raum Waldstein im Übelbachtal aufgrund des Übergreifens des Murtalabwindsystems). Als kältestes Seitental ist das Schiernigtal anzuführen; hier spielt zweifellos die abgeschlossene Lage in einem Staubbereich des Murtalwindkörpers entlang der Südwestumrahmung des Gratkorner

Beckens eine entscheidende Rolle. Als wenig kaltluftgefährdet können hingegen das Obelbachtal und die Breitenau angesehen werden.

Nach dieser Gliederung der Talklimate seien nun noch einige Bemerkungen über die Zuordnung der Hang- und Kammlagen zu entsprechenden Zonen mit einheitlichen Eigenschaften angeführt. Allgemein kann man zwischen den vom Murtalabwindsystem erfaßten Hang- und Kammlagen und jenen außerhalb in den Seitentälern unterscheiden. Die Kriterien bilden dabei die Durchlüftung und die nächtlichen Temperaturverhältnisse. Innerhalb des Murtalabwindkaltluftkörpers tritt bis zur Obergrenze desselben eine Temperaturabnahme ein (keine warme Hangzone!). Die Obergrenzen liegen im Norden bei ca. 1000 m, im Süden (Gratkorner Becken) bei ca. 600 m; darüber schließt eine begünstigte Zone mit ausgeglichenen Temperaturverhältnissen, erhöhter Durchlüftung bei allochthoner Witterung, speziell bei Rückseitenwetterlagen, günstigen Sonnenscheindauerverhältnissen im Winterhalbjahr, aber hinsichtlich der Eignung für den Winterfremdenverkehr mit nur relativ geringen Schneemengen, an.

Von den Hanglagen in den Seitentälern liegen nur wenige Ergebnisse vor, doch darf angenommen werden, daß die Temperaturabnahme mit der Höhe bei weitem nicht so ausgeprägt ist wie im Murtal selbst, mitunter sogar fehlt, und somit, etwa im Stübingtal, eine warme Hangzone oberhalb der Talkaltluft besteht. Speziell in Teilen des Gratkorner Beckens ist diese warme Hangzone innerhalb des Murtalabwindkörpers ausgebildet (über einer nur wenige 10er Meter mächtigen bodennahen Kaltluft).

In Nord-Süd-Richtung muß nun ebenfalls eine Differenzierung zwischen den Hang- und Kammlagen nördlich von Frohnleiten mit häufigem Hangnebel (zusätzlicher Nebelniederschlag durch Auskämmen des Nebels durch Wald) und dadurch merklich verringerter Sonnenscheindauergunst bzw. größerer betroffener Hanglängen (Vertikalbeträge ca. 400-500 m, im Gratkorner Becken nur 200-250 m) und der Bereiche südlich davon, die von der generellen Auflösung des Hochnebels aus dem Raum Bruck profitieren, erfolgen. Weitere Erläuterungen finden sich in den folgenden Detailbeschreibungen zu den jeweiligen Karten und Teilberichten.

2.1. Untersuchungsergebnisse aus dem Gratkorner Becken

In den Jahren 1978 und 1979 erfolgten im Zusammenhang mit der Problematik des Standortes der Leykam in Gratkorn (Geruchs- und SO_2-Emissionen) dank der Unterstützung durch den Landeshygieniker umfangreiche Messungen, wobei erstmals nicht weniger als 6 Windmeßstationen betrieben wurden. Dies allein bestätigt die Verschiebung des Schwergewichtes auf lufthygienische Aspekte. Vom Bundesinstitut für Gesundheitswesen wurden ferner Transmissionsmessungen durchgeführt (auszugsweise beigefügt, Karten 14-18). In den nachfolgenden Jahren wurden ferner seitens der Zentralanstalt für Meteorologie Ausbreitungsrechnungen vorgenommen (H.KOLB 1981), die unter anderem einen nicht unbedeutenden Einfluß von Graz auf die Immissionssituation im Gratkorner Becken nachwies. Die Belastung am Straßengelberg wird in Übereinstimmung mit den geländeklimatischen Erhebungen dem Werk zugeschrieben; hier wird zweifellos die Umstellung auf einen dem Stand der Technik entsprechenden Kessel mit Wirbelschichtfeuerung eine spürbare Verbesserung bringen. Die Untersuchungen selbst zeigen, daß insbesondere die Bereiche Judendorf-Straßengel - vor allem am Vormittag bei noch anhaltendem Talabwind - und Hörgas am Nachmittag bei Talaufwind belastet werden. Um die Vorbelastung durch die Grazer Luft bei Talaufwind und gleichzeitiger Inversion zu reduzieren, muß unbedingt eine sukzessive Umstellung von Einzelheizungen (Hausbrand) auf Fernwärme erfolgen. Der Hausbrand als wichtiger Emittent ist wegen seiner geringen durchschnittlichen Emissionshöhe der mit Abstand wichtigste Verursacher auf der Immissionsseite.

Die Kartenunterlagen geben jedoch auch Aufschluß über die klimatischen Bedingungen für den Anbau von Sonderkulturen (Karte 3). Eine erhöhte Frostgefährdung weisen demnach die Seitentäler, insbesondere das Schierningtal, auf (größere Frostgefährdung als im Grazer Feld, Maisanbau fraglich). Gunstlagen für den Maisanbau hingegen stellen weite Teile des Murtales mit seiner ausgeprägten Wärmeterrasse dar. Für Obstkulturen muß ein Mindestabstand von ca. 50 m (vertikal) von der Beckensohle berücksichtigt werden; demnach erbringen die Riedelbrücken um Tollak im W des Beckens die Voraussetzungen für Sonderkulturen; speziell im Abschnitt des Gsoller "Weingartlerten" werden die geländeklimatisch besten Bedingungen erzielt.

Übersicht über die Karten (zur Gänze in der Beilage), Maßstab generell 1:50.000

Karte 1 Geländedarstellung

Karte 2 Stationsnetz; Meßrouten

Karte 3 Kaltluftkarte (Temperaturen in Strahlungsnächten)

Karte 4 Windverhältnisse bei autochthoner Witterung

Karte 5 Schematischer Querschnitt durch die Beckenatmosphäre (Kaltluftgeführungszonen, besser von der Definition: Inversionsabschnitte)

Karte 6 Temperaturprofile in Abhängigkeit von der Bewölkung

Karte 7 Strömungskarte der bodennahen Winde bei Hochdruckwetter

Karte 8 Strömungskarte für die Verhältnisse in 530-560 m Seehöhe

Karte 9a Nebelverhältnisse bei geringer Nebelmächtigkeit

Karte 9b Nebelverhältnisse im Zusammenhang mit dem Murtalabwind (Mächtigkeit 150-200 m)

Karte 10 Temperaturstrahlungskarte (aus Thermalscanneraufnahmen) für die Oberflächentemperaturverhältnisse (Mittel Tag/Nacht)

Karte 11 SO_2-Gehalte in Fichtennadelproben

Karte 12 Chlor-Gehalte in Fichtennadelproben

Karte 13 Fluor-Gehalte in Fichtennadelproben

Karte 14-18 Beispiele für die Schadstoffausbreitung (Leykam Graskorn) in Abhängigkeit von der Tageszeit

Karte 19 Tagesgang des Murtalwindsystems

Die Berichte (Zwischen- und Endbericht) enthalten ferner Beispiele für Inversionen, Nebelaufnahmen und einen Tabellenanhang.

2.2. Geländeklimatische Untersuchungen im Raum Peggau und Frohnleiten

In dem Abschnitt des Murtales von Gratkorn bis Frohnleiten wurden die Sonderstationen Großstübing (zur Erfassung der Bedingungen in den Seitentälern), Kleinstübing (Haupttal, im Vergleich mit Frohnleiten) und die Windmeßstationen Zitoll und Schöglmoar bei Frohnleiten eingerichtet, um die Windverhältnisse, im speziellen des Murtalwindsystems, zu analysieren. Neben der agrarklimatologischen Bedeutung des Gebietes, das wegen seiner (auch in Tallagen) geringen Frostgefährdung, Nebelarmut (nebelärmster Abschnitt) und guten Durchlüftung Eignung für Sonderkulturen aufweist, sind wegen der Industriebetriebe (Meyer-Melnhof/Frohnleiten) der lufthygienische Aspekt und damit die Bedingungen für die Schadstoffausbreitung von besonderem Interesse. Die Wälder zeigen aufgrund der Infrarotbefliegung (durch die Landesforstinspektion) eine erhöhte Schadstoffbelastung im Nahbereich der Emittenten in Peggau (Zementfabrik) und Frohnleiten (überwiegend Papier). Die vom Norden kommende Luft des Murtalwindes hingegen ist nur noch relativ belastet, da vor allem das kalorische Kraftwerk Pernegg wegen Überalterung nicht mehr eingesetzt wird (Reserve) und ferner die Konzentrationen an SO_2 und NO_x im Verlauf des Murtales von Bruck südwärts durch die von den Biegungen des Tales erzwungene mechanische Turbulenz (Einbindung von Frischluft) rasch geringer werden, wobei zweifellos noch die Filterfunktion des Waldes, besonders in den Prallhangabschnitten, einen wesentlichen Beitrag dazu leistet.

Wie mehrere Meßfahrten bestätigten, weichen die Temperatur- und Strömungsverhältnisse der Seitentäler von jenen im Murtal in einem bisher kaum bekannten Maße ab; dies trifft besonders auf das Winterhalbjahr zu. Im Stübingtal wurden bis zu 6° tiefere Temperaturen gemessen, im Tyrnaugraben traten innerhalb weniger Kilometer Differenzen von mehr als 5° auf - als Folge des unterschiedlichen Einflusses durch den Murtalabwind; auch im Stübingtal wird die Temperaturverteilung und damit die Frostgefährdung wesentlich durch teilweise durchgreifenden Murtalabwind bestimmt (Verzahnung des Kaltluftabflusses aus dem Bereich westlich von Großstübing mit der Luft des Murtalabwindes).

Kartenübersicht:

Karte 20 Kaltluftkarte Peggau (mit Hinweisen auf Nebel- und Windverhältnisse) +
Beilage (Klimadiagramme)

Karte 21 Besonnungskarte (5 Stufen)

Karte 22 Kaltluftkarte Frohnleiten

Karte 23 Besonnungskarte

Karte 24 Infrarotkarte 1:200.000, Ausschnitt Mittleres Murtal.

Dieser Ausschnitt wurde gewählt, da einerseits relativ viele Meßfahrtergebnisse vorliegen, andererseits gerade in diesem Bereich des Mittleren Murtales die Abhängigkeit der Temperaturverteilung vom Ausmaß der Windstärke des Talabwindes gut ausgeprägt ist. So werden im Staubereich des Kugelsteins - westlich davon befindet sich die Windmeßstation Zitoll auf einem Rücken, der vom Murtalabwind voll überströmt wird - häufig Windstillen verzeichnet, ja mitunter lassen sich seichte Talnebel, vor allem im Nahbereich der Mur, beobachten. Dabei treten innerhalb weniger hundert Meter Horizontaldistanz Temperaturunterschiede von 2-4° auf - als Folge der natürlichen Kaltluftstauwirkung im Gegensatz zu künstlichen Hindernissen wie etwa im Raum Kleinstübing durch einen Autobahndamm.

In den Bereichen mit hoher Windstärke des Murtalabwindes (mindestens 3 m/s) zeichnet sich die Temperaturschichtung durch Temperaturabnahme mit der Höhe (fallweise auch Isothermie) aus. Somit fehlt eigentlich im Mittleren Murtal mit Ausnahme der Kaltluftstaubereiche und des Grafkorner Beckens die "Warme Hangzone" im Sinne von K.KNOCH (1963). Erst oberhalb des Kaltluftkörpers des Talabwindes erfolgt wieder eine vorübergehende Temperaturzunahme, deren Mächtigkeit und Stärke weitgehend vom Bodendruckfeld bestimmt wird. Im allgemeinen darf eine Mächtigkeit von wenigstens 200-300 m und ein Inversionsbetrag von mindestens 3-5° erwartet werden. Man könnte anstelle einer "Warmen Hangzone" eher von einer begünstigten Kammlagen- und Gipfelzone sprechen, die den Bereich zwischen 950 und 1300 m umspannt.

Von der Stärke des Murtalabwindes und damit von der Frostgefährdung hängt nun auch die Eignung bestimmter Talabschnitte für den Anbau von Sonderkulturen ab. Die nördlichste Obstanlage befindet sich nur wenige Kilometer südlich von Frohnleiten und erfüllt nach bisherigen Meßfahrtergebnissen die Voraussetzungen hinsichtlich einer geringen Frostgefährdung, wobei Vergleiche mit dem Grazer Feld zeigten, daß die größten Abweichungen zur kälteren Basisstation Graz-Flughafen im Spätsommer und Herbst (im Winter auch bei Schneedecke), die geringsten im Frühjahr und Frühsommer zu verzeichnen sind.

Abschließend sei festgestellt, daß in Analogie zu den Ergebnissen mit der Stärke des Murtalabwindes und der Frostgefährdung die Methode des Bewindens

für die Frostbekämpfung zweifellos entscheidende Vorteile hätte, da schon geringe Windgeschwindigkeiten zur fortwährenden Durchmischung der in der Anlage gebildeten Kaltluft mit der darüberstreichenden wärmeren Luft genügt und somit die Temperaturen deutlich höher liegen als in Abschnitten, wo diese Durchmischung nicht mehr gegeben ist. Leider zwingt die Preisentwicklung am Markt die Erwerbsobstbauern an Stelle von sinnvollen Investitionen in den Frostschutz Maßnahmen zu ergreifen, die in Umstellungen von einer Kultur zur anderen fußen, wobei vor allem die Schwarzen Johannisbeeren betroffen sind (Rückgang der Anbauflächen).

2.3. Gebirgsklimatische Studie über den Einfluß von Straßendämmen auf die Erhöhung der Frostgefährdung in Obstbauanlagen im Raum Kleinstübing

Wie schon im Abschnitt 2.2. angeführt, hängt die Temperaturverteilung speziell in den Tallagen stark von der Durchlüftung und damit von der Intensität des Murtalabwindes ab. Natürliche Hindernisse, wie die Talenge beim Kugelstein, führen zu markanten Temperaturerniedrigungen (lokale Kaltluftansammlungen). Künstliche Hindernisse in Form von Autobahndämmen wirken sich jedoch auch bereits in einem derartigen Maße aus, daß Obstkulturen gefährdet werden. Die umfangreichen Untersuchungen im Raum Kleinstübing verdeutlichen dies recht eindrucksvoll (Temperaturerniedrigung gegenüber dem Zustand früher ohne Damm etwa 1 bis 1,5°); man wird dennoch bei der Planung von Trassenvarianten, wie dies in Deutschland im Zuge von Umweltverträglichkeitsprüfung durchaus üblich ist, auch auf agrarklimatologische Belange Rücksicht nehmen müssen.

Kartenübersicht:

8 Karten im Detailmaßstab 1:5.000 (Meßnetz, Störungsverhältnisse, Temperaturverteilung) im Text 115 Abbildungen).

2.4. Ergebnisse von klimatischen Untersuchungen im Raum Graz

Die Schwerpunkte dieser Unternehmungen, die an sich über den sonst üblichen Rahmen von Naturraumpotentialerhebungen gingen, umfaßten die lokalen Windsysteme, das Wärmeinselphänomen und die Inversionen. Da letztlich mit den Naturraumpotentialkarten eine Entscheidungshilfe für die Planung erzielt werden soll, mußte aufgrund der völlig unzureichenden Datenlage ein aufwendiges Meßprogramm durchgezogen werden, bestehend aus 14 Stationen (die meisten mit Windmessung ausgerüstet) und zahlreichen Meßfahrten im Stadtgebiet und in den Seitentälern.

Die Ergebnisse bestätigten, daß Graz über ein relativ komplexes Windsystem verfügt und somit die Wärmeinselstruktur ebenfalls kein einheitliches Bild aufweist (jahreszeitliche Unterschiede). Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich für die Planung die Forderung, die weitere Verbauung der Seitentäler hintanzuhalten, den im Flächenwidmungsplan bzw im STEK vorgesehenen "Grüngürtel" eine Vorrangstellung zu geben und dem Ausbau der Fernwärme eine Priorität einzuräumen (Verringerung der Hausbrandemissionen).

Kartenübersicht (Format DIN A4, Maßstab generell 1:50.000, Windverhältnisse und Geländedarstellung 1:100.000)

Karte 25 Gelände

Karte 26 Stationsnetz

Karte 27,28 Wärmeinselstruktur

Karten 29-32 Tagesgang des Windfeldes an Hochdruckwetterlagen

Karte 33 Hauptwindrichtungen

Karte 34 Durchlüftung

Karte 35 Nebel

ferner ergänzende Abbildungen

2.5. Geländeklimatische Untersuchungen im Grazer Feld und Kaiserwald

Speziell im Gesamtbereich des Kaiserwaldes erfolgten Detailmeßprogramme mit dem Schwerpunkt Ausbreitung von Luftschadstoffen bzw. Luftbeimengungen wie etwa Geruchen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Erfassung der Windverhältnisse gelegt, wobei auf einem 35 m hohen Kamin eine Sonderstation errichtet wurde, um möglichst unbeeinflußt das Windfeld im Überschneidungsbereich des Kainachtal- und Murtalabwindes analysieren zu können. Als Basisstationen fungierten die Stationen Graz-Flughafen und Kollischberg (für die Verhältnisse auf den Riedeln bestens geeignet). Die Ergebnisse bestätigten die Vermutungen, daß die im Infrarotmeßverfahren festgestellte Ausbuchtung der günstigeren Zone 2 (Vitalitätsgraderfassung des Waldes durch die Landesforstinspektion) vom Kainachtal in das Grazer Feld im wesentlichen auf den Luftaustausch - Übertritt des wenig belasteten Kainachtalabwindes in das Grazer Feld - zurückzuführen ist und die stärker belastete Luft des Murtalabwindes nur den nördlichen Teil des Kaiserwaldes beaufschlagt. Einflüsse von Graz auf den Wildoner Berg sind bei der häufig stark stabilen Schichtung (Inversionen) ebenfalls anzunehmen.

Im bodennahen Windfeld sind im gesamten mittleren und südlichen Grazer Feld vom Abend an bis in die Vormittagsstunden generell Calmen bzw. schwache, überwiegend talabwärts, am Morgen mitunter aber auch entgegengesetzte Winde zu beobachten, die mit dem darüber gelagerten Murtalabwind eine Windscherung bilden. Auf diese Besonderheiten, zu denen auch die überaus häufige Ausbildung von Inversionen während der Nachtstunden (zu 80% bis 90% aller Nächte) zählt, ist bei der Beurteilung von Standorten von Betrieben hinsichtlich der zu erwartenden Immissionsbelastung zu achten.

In einem gesonderten Programm wurden wegen der Bedeutung für die Lufthygiene die Radiosondenaufstiege am Thalerhof einer genauen Auswertung unterzogen und daraus eine Gliederung der Inversionen nach Mächtigkeit und Stärke vorgenommen, was zu bislang völlig neuen Erkenntnissen über den Aufbau der Inversionen im Grazer Feld führt. Die Inversionen sind zwar im Vergleich mit jenen in inneralpinen Tälern - etwa im Oberen Murtal (Region Aichfeld-Murboden) - weniger mächtig, beeinträchtigen jedoch die vertikale Ausbreitung der Schadgase in erheblichem Ausmaß, da die Auflösung der Inversionen im Winterhalbjahr oft unterbleibt.

Schließlich zeigten Messungen mit einer vereinfachten Fesselballonsonde, kombiniert mit Rauchpatronentests, den Zusammenhang Ausbreitungsklasse (definiert als Kombination Temperaturschichtung-Windstärke) und der Schadstoffausbreitung auf. In den letzten Jahren hat sich die Problematik betreffend Geruch- bzw. Schadstoff emittierende Betriebe einerseits und eine immer mehr umweltbewußte Nachbarschaft andererseits verschärft, was nicht zuletzt auch in immer strenger werdenden Emissionsvorschriften seinen Niederschlag findet. Speziell bei Massentierhaltungen mit benachbarbelagener Abluft war es notwendig, zur Klärung der Abstandsregelung zur Nachbarschaft Meßprogramme durchzuführen, die die Abhängigkeit des Ausbreitungsvorganges mit der jeweiligen Verdünnungsrate von der Tageszeit mit unterschiedlicher Richtung des Windes und generell stabiler Schichtung nachts bzw. labiler Schichtung tags erfaßt und schließlich in einer Richtlinie berücksichtigt. Tatsächlich ist vorgesehen, die im Grazer Feld und Kaiserwald - neben anderen Meßgebieten - gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen einer Richtlinie zur Regelung der Abstände von Massentierhaltungen mit besonderer Berücksichtigung der geländeklimatologischen Aspekte (Lokalwindsysteme und Temperaturschichtung) einfließen zu lassen.

Kartenübersicht (im Text enthalten)

Karte 36 Stationsnetz Grazer Feld und Umgebung 1:100.000

Karte 37 Geländedarstellung Kaiserwald 1:25.000

Karte 38 Meßpunkte und Meßrouten

Karte 39 Kaltluftverteilung 1:50.000

Karte 40 Strömungsverhältnisse in Bodennähe

Karte 41 Strömungsverhältnisse 50-100 m über Grund

Karte 42 Immissionszonen (Vitalitätsstufen)

2.6. Erläuterungen zur Nebelkarte - Ausschnitt Mittleres Murtal mit Raum Leoben-Kapfenberg und Teilen des Vorlandes (Karte 43)

Die Karte beruht auf mehreren Meßfahrten bei Hochdruck- und Hochdruckrandlagen - häufig mit dem höchsten Punkt am Hochanger bei Bruck mit Nebelaufnahmen - und ferner Aussagen der Bevölkerung. Die Bildung von Hochnebeln erfaßt in der Mur-Mürz-Furche generell den Bereich von Kraubath bis Kindberg - nicht selten jedoch bis Mürzzuschlag selbst, wobei ein Überfließen des Hochnebels über den Semmering hinweg nach Niederösterreich erfolgt. Die Häufigkeit dieser Hochnebel - als Folge der eingeflossenen und zurückgestauten Kaltluft - erreicht nach bisherigen Beobachtungen im Spätsommer und Herbst ihr Maximum, im Hochwinter ihr Minimum. Das Minimum im Winter läßt sich auf den stark verringerten Wasserdampfgehalt bei tiefen Temperaturen bzw. geänderten Bedingungen im Luftaustausch zwischen Vorland (häufig Hochnebel) und inneralpinen Raum zurückführen; im speziellen tritt im Gegensatz zu den anderen Jahreszeiten der Kaltluftabfluß aus dem Murtal Richtung Graz stark zurück, das Eindringen des Vorlandhochnebelkörpers in das Murtal Richtung Norden hingegen in den Vordergrund. Die Zahl der Tage mit typischem Verlauf - Bildung des Hochnebels nachts, Abfluß und Auflösung im Raum Frohnleiten/Deutschfeistritz am Vormittag - läßt sich nach den bisherigen Ergebnissen nur grob schätzen, da sie stark vom Anteil der Tage mit Fremdwitterung (speziell Starkwindlagen, Advektion trockener Luft) abhängt. Im Herbst darf angenommen werden, daß durchschnittlich an 30-50%, im Sommer an 20-30% der Tage diese Situation zu erwarten ist. Endgültige Aussagen werden nach Abschluß einer Dissertation in diesem Gebiet vorliegen. Dabei werden Nebelbeobachter (Ortsansässige in hohen Lagen) bzw. Kameras zur Beschreibung der Dynamik der Nebelobergrenze eingesetzt. Schon die bisherigen Aufnahmen bestätigten die starke Dynamik in der Nebelobergrenze infolge unregelmäßiger Fließgeschwindigkeit (Murtalabwind) und Wirbelbildungen. Ferner muß von den Prallhängen der Kaltluftnebelströmung mit erhöhtem Niederschlag - "Auskämmen des Nebels", insbesondere durch Fichten - gerechnet werden. Hier sind noch Meßprogramme mit dem Grunow'schen Nebelfänger vorgesehen.

Die wesentliche Bedeutung dieser häufigen Hochnebelsituation liegt auf dem lufthygienischen Sektor. Die Obergrenze dieser Hochnebel stellen als Untergrenze von freien Inversionen wirksame Sperrschichten in ca. 900-950 m Seehöhe dar, die kein Emittent, auch nicht die Sinteranlage in Donawitz, durchdringen kann, sodaß es zu einer sukzessiven Anreicherung des Nebelkörpers mit SO_2 und NO_x kommt, was letztlich eine Versauerung des Nebels bewirkt. Tatsächlich sind an den oben angeführten Prallhängen in den Infrarotaufnahmen der Fachabteilung für das Forstwesen erhöhte Schäden in den Wäldern festzustellen. Die Auflösung des Hochnebels ist im wesentlichen auf strömungsbedingte Vorgänge (Verwirbelungen, Einbindung von trockener Luft von den bzw. vor den Seitentälern) im Murtalabwind begründet und betrifft am häufigsten den Abschnitt Frohnleiten/Deutschfeistritz; mitunter streichen Reste des Nebels als Hangnebel noch an den Talflanken entlang, vor allem im Bereich mit erzwungenem Stau (Gsoller, Eggenberg im nördlichen Gratkorner Becken).

Entsprechend den Strömungsbedingungen erfolgt eine Verringerung der Nebelmächtigkeit von 400-500 m im Raum Bruck, bis auf ca. 200 m im Gratkorner Becken (Obergrenze der Nebelreste). Diese Verringerung ist unter anderem auf Verluste durch Abströmen von Kaltluft über den Rechberg in das Passailer Becken zurückzuführen.

Aufgrund der in der Karte dargestellten Nebelverhältnisse zeichnet sich der Abschnitt Frohnleiten-Gratkorn durch eine Gunstsituation - nebelärmster Abschnitt und dadurch mehr relative Sonnenscheindauer - aus. Nur die Seitentäler des oberen Murtales bzw. Teile des Murtales ab Murau aufwärts sind nebelärmer. Ebenso verzeichnen die Lagen oberhalb 700-800 m im südlichen Teil bzw. 1000-1050 m im Raum Bruck entscheidende Gunstvorteile, wobei diese Gunstunterschiede besonders im Raum Bruck gut zur Geltung kommen.

2.7. Erläuterungen zur Durchlüftungskarte des Mittleren Murtales mit besonderer Berücksichtigung der nächtlichen Strömungsverhältnisse bei Hochdruckwetterlagen (Karte 44)

Die Karte gibt den derzeitigen Kenntnisstand über die Windgeschwindigkeiten im Mittleren Murtal aufgrund von Stationsergebnissen (Zirkl, Frohnleiten, Leykam-Gratkorn, Raach bzw. Weinzödlbruckel und Meßfahrten, vorwiegend bei Strahlungswetterlagen (geringe Bewölkung) wider. Relativ hohe Geschwindigkeiten verzeichnen dabei die Abschnitte von Pernegg bis Frohnleiten, Peggau-Deutschfeistritz und Raach/Weinzödl. Letzterer verdankt seine gute Durchlüftung dem Düseneffekt, der durch den plötzlichen Austritt des Murtales in den Grazer Raum bedingt ist. Markante Biegungen und zusätzliche Talverengungen bewirken auf der Luvseite Staueffekte mit stark verminderter Intensität des Murtalabwindes; derartige Bereiche trifft man vor allem im Straßengler Feld mit teilweise der Richtung des Murtalabwindes entgegengesetztem Kaltluftabfluß vom Straßengelberg und nördlich vom Kugelstein.

Die höchsten Geschwindigkeiten erreichen im Stundenmittel 15-20 km/h (Einzelwerte bis ca. 25 km/h). Es wird bei derartig hohen Werten verständlich, daß diese starke nächtliche Durchlüftung auch Auswirkungen auf das gesamte Monatsmittel der Windgeschwindigkeit hat, zumal die Ergebnisse im Gratkorner Becken bestätigten, daß das Murtalabwindsystem bei weitem das Pendant aus der Gegenrichtung übertrifft, sowohl bezüglich der Andauer (vom Abend bis in die späten Vormittagsstunden) als auch der Häufigkeit; der Murtalabwind tritt an 80-90% aller Nächte auf (bezogen auf die Vegetationsperiode März-Oktober), der Murtalaufwind hingegen nur an 50-60%, was wohl durch das Überwiegen von Rückseiten gegenüber Vorderseitenwetterlagen bedingt ist. Was die Windstärke des Murtalaufwindes betrifft, wird sie in den Abschnitten der Zone I mit starker nächtlicher Durchlüftung hinter der Stärke des Abwindes zurückbleiben.

Die Mächtigkeit des Murtalabwindes,die sich ja relativ gut mit der Hochnebelobergrenze deckt,beträgt noch im Grazer Raum 400-500 m,im Gratkorner Becken nur noch

ca. 200 m, wobei durch Überströmen von Bergrücken geringfügig höhere Beträge aufscheinen können. Für die Schadstoffausbreitung spielt dieses nächtliche Windsystem insbesondere eine wichtige Rolle, da die Durchmischung bis zur Obergrenze des Kaltluftkörpers in ausreichendem Maße gegeben ist, darüber hinaus jedoch keine weitere vertikale Ausbreitung erfolgt und somit infolge der Reflexion der Abgasfahne an der Obergrenze zu erhöhten Immissionskonzentrationen am Boden kommt. Bei der Standortwahl von Emittenten sollte auf diese Besonderheiten, zu denen auch die Problematik einer eventuellen Beaufschlagung nahegelegener Prallhänge durch Abgasfahnen zählt, Bedacht genommen werden.

2.8. Erläuterungen zur Kaltluftkarte im Riedelland östlich des Grazer Feldes (Karte 45 im Anhang)

Dieses Gebiet konnte wegen der guten Datenlage - drei amtliche Stationen, mehrere Meßfahrten - als erstes bearbeitet werden und verfügt mit seinen begünstigten Riedelrücken durchaus über Eignungsmöglichkeiten für den Erwerbsobstbau, abschnittsweise sogar Weinbau. Es erlangte somit Priorität gegenüber anderen Teilen des tertiären Riedellandes im Umland von Graz.

Die Darstellung bzw. die Wahl der Zonen erfolgte in Anlehnung an die Untersuchungen in Radkersburg. Die Unterschiede erreichten sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Sicht beachtliche Ausmaße; in den Gunstzonen (etwa Laßnitzhöhe) wurden allerdings die Spitzenwerte von Kloch nicht erzielt, in den Senkenlagen dafür eine eher größere Frostgefährdung festgestellt als etwa im Saßbachtal. Künstlicher Kaltluftstau konnte vor allem nördlich der Umfahrung Gleisdorf, bedingt durch einen 10-12 m hohen Damm quer zum Tal, beobachtet werden. Die Temperaturerniedrigung beträgt dabei 1,5-2,5° und bedeutet für die Maisanbauflächen ein erhöhtes Frostrisiko.

Von einer Darstellung der Temperaturmaxima wurde vorerst Abstand genommen, da einerseits schon die Untersuchungen in Radkersburg die deutliche Temperaturabnahme mit der Höhe zeigten, andererseits die lokalen Verhältnisse wie Hanggestaltung (Einfluß des Waldes) und Exponiertheit zu Talaufwinden die Maxima derart modifizieren, daß Verallgemeinerungen im Sinne von Analogieschlüssen, die sich bei der Darstellung der Kaltluftgefährdung als durchaus sinnvoll erwiesen haben, nur noch bedingt zulässig sind. Für die Praxis genügt ohnedies die wichtige Kenntnis der Frostgefährdung, speziell beim Weinbau kommt noch die Exposition hinzu.

T E I L 2

DETAILERGEBNISSE

- Die Niederschlagsverhältnisse im Mittleren Murtal (1951-1980) (G.SEMMELROCK)

- Endbericht zu den kleinklimatischen Untersuchungen im Gratkorner Becken

- Stadtklimauntersuchung Graz

- Geländeklimatische Studie über den Einfluß von Straßendämmen auf die Erhöhung der Frostgefährdung in Obstbauanlagen im Raum Kleinstübing

- Geländeklimatische Studie für den Raum Kaiserwald

DIE NIEDERSCHLAGSVERHÄLTNISSE IM MITTLEREN MURTAL (1951-1980)

(G.SEMMELROCK)

1. Die geographische Lage des Untersuchungsgebietes und ihre Auswirkungen auf die Niederschlagsverhältnisse (Einleitung) 1

2. Der Jahresgang des Niederschlags (Tab. 1 bis Tab. 5) 1
   2.1. Grundlagen, Voraussetzungen 1
   2.2. Erläuterungen zu den Tab. 1,2,3 und 5 und deren klimatologische Interpretation 3

3. Der Tagesgang der Niederschlagsbereitschaft (Abb.1,Tab.6) 8

4. Gewitterhäufigkeit (Tab.7) 10

5. Starkniederschläge (Tab. 8,9,10,11,12) 12

6. Schneeverhältnisse (Tab.13) 15
   6.1. Formale Erläuterungen zu Tab.13 15
   6.2. Klimatologische Interpretation

7. Verwendete Literatur 21

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Jahresgang des Niederschlags 1951-1980 4,5

Tab.2: Jahresgang des Niederschlags (nach Jahreszeiten) 5

Tab.3: Relative Niederschlagsänderung Mai-Juni bzw. August-September in % 5

Tab.4: Monatssummen des Niederschlags (Beispiele) und vorherrschende Wetterlagen (Stationen Graz-Univ. und Bruck) 6

Tab.5: Mittlere jährliche Anzahl der Niederschlagstage und mittlere Niederschlagswahrscheinlichkeit in % 6

Tab.6: Absolute Maxima der Tagesniederschläge 1895-1980 9

Tab.7: Mittlere Gewitterhäufigkeit (Mai bis September) 11

Tab.8: Starkregenkriterien nach Wussow 12

Tab.9: Starkregenkriterien bei K_{35} und K_{45} (nach H. Kreps und H. Schimpf, 1965) 14

Tab.10: Jahresgang der Starkniederschläge 1971-1980 14

Tab.11: Häufigkeit der Tagesniederschläge von wenigstens 20mm 14

Tab.12: Wetterlagen und Starkniederschläge (1971-1980) 14

Tab.13: Die Schneeverhältnisse im mittleren Murtal 16,17

Abbildung

Abb.1: Der Tagesgang der Niederschlagsbereitschaft in Graz-Univ. in den Monaten Mai bis September. Anteil der Niederschlagsstunden (über 0,1mm) an den Gesamtstunden in Prozenten 9

DIE NIEDERSCHLAGSVERHÄLTNISSE IM MITTLEREN MURTAL (1951-1980)

(G.SEMMELROCK)

1. Die geographische Lage des Untersuchungsgebietes und ihre Auswirkungen auf die Niederschlagsverhältnisse

Die geographische Lage ist vor allem in den Wintermonaten von entscheidender Bedeutung für das Niederschlagsgeschehen. Das mittlere Murtal liegt in seinem nördlichen Teil eingezwängt zwischen Hochalpe und Gleinalpe einerseits bzw. Fischbacheralpen andererseits, in seinem mittleren Verlauf begrenzt vom Grazer Bergland, und schließlich im Süden durchschneidet es in breiter Form die sanftgewölbten tertiären Hügel. Im Großraum Österreich liegt das mittlere Murtal abseits der dominierenden zonalen Gebirgsstöcke.

Als Gesamtheit liegt Österreich ganzjährig im Bereich großräumiger westlicher Strömungen, was aber nicht bedeutet, daß nicht auch Einflüsse aus anderen Richtungen gerade für das mittlere Murtal von großer Wichtigkeit sind.

Anhand der Station Graz-Universität läßt sich z.B. nachweisen, daß eben wegen der Schutzlage gegen Einflüsse aus dem westlichen bis nördlichen Sektor primär Tiefdruckgebiete im Süden der Alpen das Niederschlagsgeschehen bestimmen. Annähernd 40% des Gesamtniederschlags außerhalb der Sommermonate, 20% im Jahr, liegen Tiefdruckkomplexe über der Adria zugrunde. Diese Situation gilt verstärkt allerdings nur für den südlichen Teil des Untersuchungsgebietes; die Mitte und der Norden zeigen sich von solchen warmfrontartigen Aufgleitvorgängen wenig oder gar nicht berührt. In den Sommermonaten sind es vor allem Tiefdruckgebiete über Mitteleuropa bzw. Tiefdruckrinnen, welche den Hauptniederschlag bringen.

2. Der Jahresgang des Niederschlags (Tab. 1 bis Tab. 5)

2.1. Grundlagen, Voraussetzungen

1. Precipitable water

Abhängig von der Temperatur vermag die Atmosphäre mehr oder weniger Wasserdampf aufzunehmen. Bei großer Kälte ist die Luft beinahe wasserdampffrei, kann allerdings bei großer Wärme ein Vielfaches speichern. Unter 'precipitable water' versteht man wörtlich das "ausregenbare Wasser", jene Menge Wasserdampf also, die in der Luft

zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist und kondensieren könnte. Aufgrund der erwähnten physikalisch vorgegebenen temperaturabhängigen Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Atmosphäre ist demnach in den Sommermonaten mehr Niederschlag zu erwarten als in der kühlen Jahreszeit (so beträgt das Breitenkreismittel des 'precipitable water' für 40°N im Juli fast das dreifache des Jänner, in 50°N fast das vierfache). Dieses Grundgesetz gilt beinahe unabhängig von der jeweils herrschenden Wetterlage.

2. Wasserkreisläufe

Wiederum abhängig von der Temperatur und damit der potentiellen Verdunstungsmöglichkeit herrscht in der warmen Jahreszeit der innere Kreislauf des Niederschlagswassers vor. Das heißt, daß der schließlich als Regen fallende kondensierte Wasserdampf nicht durch großräumige maritime Strömungen zu uns gebracht wird, sondern durch verstärkte Verdunstung an Ort und Stelle (erhöhte Transpiration durch erhöhte Temperatur) der Atmosphäre zugeführt wird. Demgegenüber muß - allerdings in der kühlen Jahreszeit der Wasserdampf von außen im Sinne des äußeren Kreislaufes herangebracht werden (vom Atlantik oder Mittelmeer). Die schon eingangs erwähnte geographische Lage des Untersuchungsgebietes bringt es mit sich, daß der Großteil des mittransportierten Wasserdampfes bereits in Form von Stauniederschlägen an Gebirgen vor Erreichen des mittleren Murtales ausgefällt wird (gilt primär für West- bis Nordeinflüsse).

3. Wetterlagen

Als besonders häufige Wetterlagen präsentieren sich im allgemeinen die Nordwest- und Westlagen sowie Tiefdruckgebiete mit jeweils verschiedenen Zentren (Britische Inseln, Mitteleuropa, Mittelmeer; Tiefdruckrinnen). Die Nordwestlagen zeigen ein Sommermaximum, Westwetter ist vor allem im Winter (Dezember) typisch. Von den Tiefdruck- und Tiefdruckrandlagen muß das Tief im Süden besonders hervorgestrichen werden. Es ist vor allem von November bis April entscheidend für das Niederschlagsgeschehen im Untersuchungsgebiet. Daneben allerdings sind auch die Tiefdruckrinnen besonders während der Sommermonate prädestiniert für ergiebigste Niederschläge (zumeist

in Gewitterform). Obwohl in ihrer absoluten Häufigkeit eher unbedeutend, so ist doch die Wetterlage Vb noch extra hervorzuheben. Unter der Bezeichnung Vb versteht man die Verlagerung einer Zyklone von der Adria nach Nordosten, womit die Steiermark und damit das mittlere Murtal in den unmittelbaren Bereich intensiver Platzregen fallen. Das gehäufte Vorkommen bzw. das oft vollkommene Fehlen der einen oder anderen Wetterlage drückt sich natürlich deutlich in den jeweiligen Monatsniederschlagssummen aus (Tab. 4).

2.2. Erläuterungen zu den Tab. 1,2,3 und 5 und deren klimatologische Interpretation

Im jahreszeitlichen Gang des Niederschlags dokumentiert sich die für unser Bundesgebiet typische Unterscheidung in Winterminimum und Sommermaximum. Die für Mitteleuropa zutreffende Kurve verläuft fast symmetrisch. Im allgemeinen folgt einem deutlichen Jänner-Februarminimum ein merkliches Ansteigen der Monatssummen bis zum Mai. Die eigentlichen Sommermonate Juni bis August heben sich dann deutlich von ihrem Vor- bzw. Nachmonat ab, indem sie deren Niederschläge um ein Viertel bis fast zwei Drittel übertreffen, wobei der Unterschied zwischen August und September im Mittel unwesentlich deutlicher ausfällt (Tab 3). Auch vom September zum Oktober hin vermindert sich der mittlere Monatsniederschlag merklich (bis zu 20mm). Im November schließlich ist nur noch ein geringer Unterschied zum Oktober zu erkennen, während der Dezember sich doch wieder deutlich von den Herbstmonaten abhebt und sich in seinem Niederschlagsniveau den beiden übrigen Herbstmonaten nähert (Tab. 1 und Tab.3).

In niedrigeren Bereichen des mittleren Murtales, d.h. in den eigentlichen Talbereichen, schwanken die Jahresmittel zwischen ca. 772mm (Bruck) und 877mm (Andritz). In höheren Lagen werden 1000 mm durchwegs überschritten.

Im Längsprofil (von Süd nach Nord) ergibt sich eine deutliche Abnahme der Jahressumme. Besonders im Winterhalbjahr (Oktober bis März) kristallisiert sich der Bereich von Prohnleiten als der Punkt heraus, von dem aus sowohl nach Norden als auch nach Süden die

Tab. 1: Jahresgang des Niederschlags 1951-1980 (Zeitraum gilt, wenn nicht anders angegeben, für alle folgenden Tabellen)

	Schöckl 1436m			Teichalpe 1175m			Gratkorn* 386m	Semriach* 720m	Frohnleiten 440m		
	mm	s	V	mm	s	V	mm	mm	mm	s	V
I	37,9	23	61	42,8	23	54	23,5	28,1	26,1	17	65
II	39,5	25	63	38,8	19	50	35,3	33,4	27,2	19	68
III	58,6	38	65	62,3	31	49	53,1	50,1	45,1	26	61
IV	61,5	36	58	67,2	34	50	51,0	53,8	47,0	31	66
V	99,8	47	47	103,0	54	52	83,5	94,0	83,7	44	49
VI	153,1	55	36	147,0	59	40	131,1	137,1	125,0	50	40
VII	167,7	71	43	167,2	58	35	139,4	155,3	136,6	55	41
VIII	128,1	49	39	129,5	48	37	122,6	120,7	118,4	60	51
IX	89,4	42	47	86,2	42	49	78,1	81,2	71,3	37	52
X	65,6	52	80	72,1	60	83	59,2	58,6	54,7	44	81
XI	61,2	31	50	66,3	34	51	57,1	52,6	53,0	26	49
XII	42,8	22	50	48,4	25	52	37,9	40,4	33,2	19	56
Jahr	1005,2	177	18	1028,8	133	13	871,8	905,3	821,2	121	15

	Graz-Univ. 366m			Graz-Andr. 360m			Graz-Flugpl. 342m			Krautwasch 1150m		
	mm	s	V	mm	s	V	mm	s	V	mm	s	V
I	28,1	16	58	27,0	16	60	32,0	19	58	33,5	20	60
II	32,6	21	64	31,1	24	68	34,3	22	64	35,0	21	61
III	49,1	32	65	50,3	31	61	49,0	30	60	54,2	38	70
IV	52,8	32	61	55,9	36	64	55,2	34	61	66,7	44	64
V	87,0	41	47	91,2	48	52	81,5	44	53	97,3	46	47
VI	127,9	53	41	126,7	52	41	131,3	56	43	138,4	56	41
VII	133,6	56	42	140,7	53	38	134,9	54	40	160,1	50	31
VIII	107,6	54	50	110,8	45	41	103,0	42	41	126,6	50	40
IX	78,3	41	53	82,9	42	51	78,1	42	54	95,2	51	53
X	59,6	46	77	64,0	51	79	60,9	46	76	64,6	52	80
XI	54,9	25	46	61,6	30	49	60,7	30	49	59,9	33	56
XII	35,0	20	56	34,7	18	51	39,7	22	56	40,9	23	56
Jahr	846,5	137	16	876,9	148	17	860,6	143	17	972,7	167	17

Fortsetzung Tab.1

	St. Radegund 720m			Laßnitzhöhe 536m			Breitenau 560m			Rechberg* 932m	Bruck/Mur 489m		
	mm	s	V	mm	s	V	mm		V	mm	mm	s	V
I	31,7	17	53	29,7	18	62	35,2	18	77	32,5	32,2	25	77
II	36,8	24	64	32,7	22	68	30,6	17	55	35,3	32,4	20	60
III	56,8	32	56	50,1	30	60	48,1	30	62	58,8	46,1	30	65
IV	62,4	39	62	57,1	34	60	55,3	33	60	61,9	47,0	29	61
V	109,3	54	49	90,8	43	47	88,4	48	55	107,2	73,1	37	50
VI	148,7	54	37	139,6	54	39	130,9	47	36	134,8	107,3	38	36
VII	147,3	65	44	143,8	56	39	143,4	45	31	166,1	120,1	39	32
VIII	118,3	36	47	108,0	43	39	114,0	57	50	131,5	103,0	52	51
IX	86,0	47	54	73,0	41	56	75,7	37	46	88,2	62,3	33	53
X	72,7	58	79	59,0	46	78	64,8	55	84	68,5	57,0	46	81
XI	71,1	38	54	59,6	31	51	58,4	31	53	64,3	50,7	27	53
XII	40,6	21	52	36,3	21	55	41,8	26	62	42,9	41,1	24	57
Jahr	981,7	174	18	881,8	127	14	886,7	137	16	990,0	772,3	109	14

mm= Niederschlag; s= Standardabweichung; V= Variabilität

*= reduziert aus anderen Perioden

Tab. 2: Jahresgang des Niederschlags (nach Jahreszeiten)

	Graz-Universität	Frohnleiten	Bruck a.d.Mur
Frühling (März-Mai)	186,9mm	175,7mm	166,2mm
Sommer (Juni-Aug.)	369,1mm	380,0mm	330,4mm
Herbst (Sept.-Nov.)	192,8mm	179,0mm	170,0mm
Winter (Dez.-Feb.)	95,7mm	86,5mm	105,7mm
Summe	846,3mm	821,3mm	772,3mm

Tab. 3: Relative Niederschlagsänderung Mai-Juni bzw. August-September in%

	Schöckl	Teichalpe	Gratkorn	Semriach	Frohnleiten	Graz-Uni.
Mai-Juni	+ 53,4	+42,7	+57,0	+45,9	+49,5	+47,0
Aug.-Sept.	-43,3	-33,4	-57,0	-48,7	-66,1	-37,4

	Andritz	Flugplatz	Krautwasch	St. Radeg.	Laßnitzh.	Breitenau
Mai-Juni	+ 38,9	+61,2	+42,2	+36,1	+53,7	+48,1
Aug.-Sept.	- 25,2	-31,9	-33,0	-37,6	-48,0	-50,6

	Rechberg	Bruck
Mai-Juni	+ 25,8	+ 46,8
Aug.-Sept.	- 49,1	- 65,3

Tab. 4: Monatssummen des Niederschlags (Beispiele) und vorherrschende Wetterlagen (Stationen Graz-Univ. und Bruck)

Ort	Monat Jahr	Niederschlag in mm	Monatscharakteristik
Graz Bruck	Jän. 1972	57 29	Rege Tiefdrucktätigkeit über der Adria in der letzten Monatspentade
	Jän. 1964	0	Hauptsächlich Hochdruck; Tiefdruckgebiete hauptsächlich über Mitteleuropa sowie einzelne NW- und W-Strömungen im mittleren Murtal unwirksam
Graz Bruck	Juni 1973	270 189	Gesamtmonat durch intensiven Tiefdruck gekennzeichnet (Tiefdruckrinne, Genuatiefs, Vb, Adriatiefs)
Graz Bruck	Okt. 1980	178 139	Tiefdruck in Form von Rinnen, Tiefs über dem Kontinent und (wenig wirksam) Südwestströmungen
Graz Bruck	1961	620 733	Unterdurchschnittliche Häufigkeit von Tiefdruckrinnen und Adriatiefs
Graz Bruck	1965	1169 911	Schwere Regenfälle im April (TR,Vb), September (Adriatiefs, Vb) und November (Tief über dem Kontinent, Adriatief)

Tab. 5: Mittlere jährliche Anzahl der Niederschlagstage und mittlere Niederschlagswahrscheinlichkeit in %

		Teichalpe	Semriach	Frohnleiten	Graz-Univ.	Lafnitzhöhe	Bruck
Niederschlagstage	≥0,1mm	146,7	135,9	134,7	141,5	126,9	130,6
	≥1,0mm	119,1	111,8	96,4	96,6	97,5	100,0
Niederschlagswahrsch.	≥0,1mm	40,2	37,2	36,9	38,7	34,7	35,8
	≥1,0mm	32,6	30,6	26,4	26,5	26,7	27,4

Niederschläge wiederum zunehmen. Südwärts gelangen demnach mehr und mehr süd(ost)alpine Niederschlagslagen zur Geltung, nordwärts spielt nun auch die zunehmende Annäherung zum Niederschlagsbereich aus dem West- bis Nordsektor eine nicht mehr ganz untergeordnete Rolle. Demgegenüber liegt im Sommer der Trockenpol eindeutig im Bereich von Bruck a.d. Mur, zurückzuführen auf die hier geringere Gewitterneigung (siehe Kap.5).

Bei der Behandlung der mittleren Anzahl der Niederschlagstage (Tab.5) konnte auf eine monatliche Ausscheidung verzichtet werden, zumal eine große Parallelität mit dem Verlauf der Jahreskurve des Niederschlags gegeben ist.

Die statistischen Angaben bezüglich Standardabweichung und Variabilität (Tab.1) sind wichtige Belege für die Regelmäßigkeit der jeweils ausgeschiedenen Normalwerte. Unter Standardabweichung versteht man die mittlere quadratische Abweichung von einem Mittelwert; je kleiner sie ist, desto gesicherter ist der jeweilige Durchschnittswert. Sie wird in absoluten Zahlen angegeben. Der relative Ausdruck der Standardabweichung - in Prozent ausgeschieden - wird Variabilität genannt und ist bei sich ändernder Grundmenge besser interpretierbar als die Standardabweichung.

Im gesamten Untersuchungsgebiet ergibt sich im Sommer die geringste Variabilität des Niederschlags, d.h., daß in den Sommermonaten mit größter Wahrscheinlichkeit Summen, die um den Mittelwert liegen, erreicht werden. Das gilt sowohl für die Landschaften im Talbodenbereich als auch, und das in noch verstärktem Maße, für die Mittelgebirgslagen des mittleren Murtales.

Die Niederschlagsmengen des Winters treten jeweils nur in sehr beschränktem Maße in jenen Mengen auf, die wir von den Mittelwerten her kennen. Die Variabilität liegt generell deutlich über 50%, die Gebiete von Prohnleiten nordwärts sind noch größeren Schwankungen ausgesetzt als die übrigen. Da gerade in den Wintermonaten der äußere Kreislauf der entscheidende ist, sind die Monatssummen abhängig von der Häufigkeit gewisser Wetterlagen.

Im Frühling ergeben sich im April (März) die unbeständigeren Züge

(wiederholte in ihrer Intensität nicht gleiche bzw. nicht regelmäßig zu erwartende Schlechtwettereinbrüche aus dem Mittelmeerraum) vor allem im Bereich von Graz. In Lagen über 1000m spiegeln die Zahlen eine relativ hohe Märzunbeständigkeit wider, was bedeutet, daß die generell höheren Aprilniederschlagssummen gesicherter erscheinen, der April demnach hier mit größerer Wahrscheinlichkeit als in Tal- und Riedelbereichen ein Schlechtwettermonat ist (tieferes Kondensationsniveau, Stauniederschläge).

Der Herbst vermittelt dagegen ein einheitlich auffallendes Bild. Während sowohl September als auch November eine Variabilität um 50% aufweisen, erreicht der Oktober Werte bis zu 80%, wonach dieser Monat eigentlich ohne Ausnahme der unberechenbarste des gesamten Jahres ist. Höhere Lagen erbringen nur minimal bessere Werte. Das Schwankungsspektrum ist enorm, sodaß der Oktober zwar das eine Mal ein prächtiger (in den Niederungen durch Nebel getrübter) Schönwetter- , das andere Mal allerdings ein verregneter Schlechtwettermonat sein kann. So schwanken an der Station Graz-Universität die Monatsangaben zwischen 178mm (1980) und 0mm (1965). 1980 war der Oktober durch eine Anzahl von Tiefdruckrinnen um die Monatsmitte gekennzeichnet, 1965 hingegen dominierte während des gesamten Monats stabiler Hochdruck über Mittel- und Osteuropa. In Bruck regnete es im Oktober 1964 176mm (Graz 178mm)- diese Zeit war bestimmt von zahlreichen Tiefdruckzellen über verschiedenen Teilen Europas (Mittel- und Südeuropa), 1965 blieb dieser Monat ebenfalls niederschlagsfrei.

3. Der Tagesgang der Niederschlagsbereitschaft (Abb.7, Tab.6)

Voraussetzung für die genaue Erfassung eines eventuellen Tagesganges des Niederschlags sind exakte Aufzeichnungen (Ombrographen, stündliche Beobachtungen). Die geringe Anzahl von Niederschlagsschreibern und der große Zeitaufwand etwaiger Auswertungen bedingen in diesem Falle allerdings einen Verzicht auf genaue Ausarbeitungen, weshalb hier nur wesentliche gültige Aussagen aus Wakonigg, 1978, S. 162 ff, zusammengefaßt seien.

Generell sind zwei unterschiedliche Situationen bzw. Zeiträume zu unterscheiden:

Tab. 6: Absolute Maxima der Tagesniederschläge 1895-1980

	Teichalpe	Semriach	Frohnleiten	Graz-Univ.	Lafnitzhöhe	Bruck
Tagesniederschlag in mm	110,3	o.A.	106,6	105,0	112,4	79,0
Datum	30.5.1967	o.A.	5.9.1913 16.8.1927	7.7.1938	16.7.1914	10.7.195

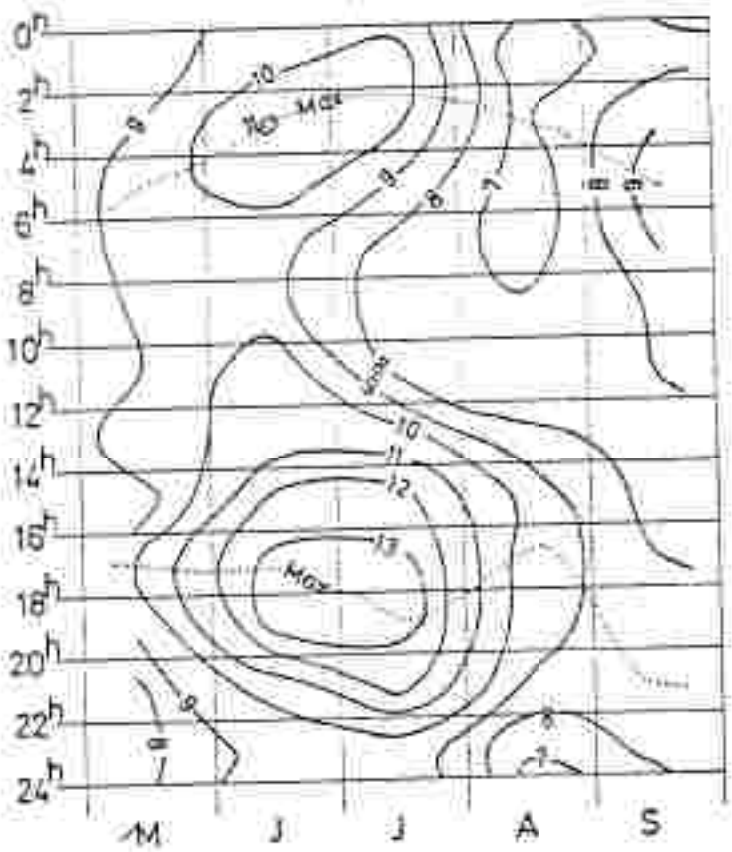


Abb.1: Der Tagesgang der Niederschlagsbereitschaft in Graz-Univ. in den Monaten Mai bis September. Anteil der Niederschlagsstunden (über 0,1mm) an den Gesamtstunden in Prozenten (nach F. Steinhauser 1965a aus H. Wakonigg, 1978, S. 163)

1. Sommermonate (Abb.1)

In den Sommermonaten ergibt sich ein Tagesgang der Niederschlagsbereitschaft, der durch ein Maximum zwischen 2 und 6 Uhr und ein weiteres ausgeprägteres zwischen 16 und 22 Uhr ausgezeichnet ist. Bedingt ist der erste Höhepunkt durch die nächtliche Abkühlung und die damit einsetzende verstärkte Kondensation, der zweite durch generell verstärkte thermische Konvektion. Solche Situationen sind typisch für die im Sommer häufig vorkommenden Luftmassenwechsel und gradientschwachen Hochdrucksituationen.

2. Übrige Jahreszeiten

Es läßt sich keine verallgemeinerbare Regel einer generell zeitgebundenen Häufigkeit von Niederschlägen manifestieren. Zwar ergibt sich auch hier eine Doppelwelle (Maxima gegen 6 und zwischen 17 und 20 Uhr), doch sind diese Aussagen von geringer Praxisbezogenheit. Vielmehr überwiegen die zeitlich zufälligen, an Fronten gebundenen Niederschläge, welche sich eben nicht in ein Schema pressen lassen.

Die nachfolgende Tabelle 6 gibt, dieses Kapitel beendend, absolute Tagesextreme der Niederschläge im mittleren Murtal (1895-1980) wieder:

4. Gewitterhäufigkeit (Tab.7)

Als Gewittertag gilt ein Tag mit mindestens einem hörbaren Donner, unabhängig, ob Niederschlag fällt oder nicht. Der Jahresgang der Gewitterhäufigkeit ist von verschiedenen Elementen abhängig. Zum einen spielt die Temperatur wohl die bedeutendste Rolle insofern, als daß bei zunehmendem Temperaturniveau in unseren Breiten vermehrt ausfällbarer Wasserdampf in die Atmosphäre gelangt.

Zusätzlich zu Temperatur und Wasserdampf spielt auch generell die Labilisierung der Luftmassen eine nicht zu unterschätzende Rolle.

a) Temperatur - der Jahresgang der Temperatur ergibt selbstverständlich ein Sommermaximum (Juli).

b) Wasserdampfgehalt der Luft - auch er ist klarerweise in den eigentlichen Sommermonaten am größten; der beginnende Herbst (September) zeigt gegenüber dem späten Frühjahr und Frühsommer (Juni) höhere Werte.

c) Labilisierung - neben dem obligaten Juli-August Maximum sind die Prozesse der Destabilisierung im Juni aufgrund der häufigeren Kaltlufteinbrüche vor allem aus dem Nordwesten ausgeprägter als im oftmals sehr stabilen September.

Die Tab.7 gibt den Jahresgang der Gewitterhäufigkeit an einzelnen Stationen des mittleren Murtales wieder. Augenscheinlich spielt hierbei die Labilisierung der Luftmassen die bedeutendere Rolle als der Wasserdampfgehalt, wie dies vor allem die Juniergebnisse beweisen.

Tab. 7: Mittlere Gewitterhäufigkeit (Mai bis September)

	Flughafen		Graz-Uni		St. Radegund		Bruck		Schöckl	
	Gewitter	s	Gewitter	s	Gewitter	s	Gewitter	s	Gewitter	s
Mai	6,1	3,3	5,5	2,8	5,2	2,9	3,7	2,1	4,8	2,8
Juni	10,3	3,4	9,4	2,9	8,6	3,3	5,6	4,8	8,5	3,1
Juli	9,9	3,8	9,0	3,2	9,1	3,0	6,8	2,5	8,7	3,0
August	8,5	3,4	7,7	2,9	7,9	2,7	5,7	2,5	7,1	3,2
Sept.	3,0	2,0	2,7	1,8	2,4	1,7	3,0	5,1	2,7	1,8
Jahr	40,3	9,3	37,4	9,1	34,8	12,7	25,5	6,2	35,1	10,5

s= Standardabweichung

5. Starkniederschläge (Tab. 8,9,10,11,12)

Schon seit langem scheint es ein schier unüberwindliches Problem zu sein, der Erfassung bzw. der Definition von Starkniederschlägen Herr zu werden. Die Gründe hierfür liegen sicherlich hauptsächlich in der beschränkten Möglichkeit der exakten zeitkorrelierten Messung, welche nur mittels Ombrographen möglich ist. Die üblichen amtlichen Tagesniederschlagswerte geben jeweils nur die Summen aus 24 Stunden (7Uhr bis 7 Uhr) an; ein kurzer, intensiver Regenguß scheint demnach nicht als solcher auf, wiewohl er entscheidend z.B. für Erosionsschäden auf einem Maisfeld sein könnte.

G. Wussow (1922) versuchte im Bewußtsein der Wichtigkeit von Starkniederschlägen für die Land- und Forstwirtschaft, Technik usw. mittels der Formel $h_N=\sqrt{5t}$ (für Niederschläge bis zu 2 Stunden) bzw. $h_N=\sqrt{5t-(t/24)^2}$ (für Niederschläge von mehr als 2 Stunden Dauer) diesem Problem gerecht zu werden; h_N steht für den Niederschlag (in mm), t für die Dauer des Niederschlags (in min).

Tab. 8: Starkregenkriterien nach Wussow

Andauer der Niederschläge			Starkniederschlagsgrenze
Minuten	Stunden	Tage	
1			2,2mm
5			5,0mm
10			7,1mm
15			8,7mm
20			10,0mm
30			12,2mm
45			15,0mm
	1		17,3mm
	2		24,5mm
	5		38,7mm (36,7mm)
	10		54,8mm (48,7mm)
	20		77,5mm (59,1mm)
		1	84,9mm
		2	120,0mm
		3	147,0mm
		4	169,7mm

Mittels der zweiten Formel können allerdings nur Niederschläge von maximal 24 Stunden errechnet werden, da die Werte schließlich bei 48 Stunden wiederum 0 ergeben (in Tab. 8 Werte in Klammer). Deshalb werden nun auch Niederschläge über 2 Stunden durch die vereinfachte Wussow-Formel $h_N=\sqrt{5t}$ errechnet. Demnach gelten für die Dauer eines 24-Stunden Niederschlages 89mm als Starkregenkriterium. Gemessen werden konnte diese Niederschlagsmenge allerdings an den 6 Stationen, die während der gesamten Bearbeitungsperiode Beobachtungen verzeichnen (Bruck, Frohnleiten, Graz-Uni, Laßnitzhöhe, Schöckl, Teichalpe), insgesamt nur 8(!) mal, sodaß diese Grenze doch etwas zu hoch gegriffen ist. Für Graz-Uni. hätte sich z.B. von 1951-1980 nach dieser Formel nie die Situation eines Starkniederschlags nach dem 24-Stunden Kriterium ergeben (Tab.8).

H. Kreps und H. Schimpf (1965) schließlich schlagen als Kriteriumsgrenze für den 24-Stunden Niederschlag jenen Wert vor, der von den jeweiligen Jahreshöchstwerten in 90% über-, in 10% unterschritten wird. Aufgrund dieser 90%-Werte des Niederschlags wurden nun für Österreich auf Basis von 713 Stationen verschiedene Kriterien errechnet (K_{25}, K_{35}, K_{45}, K_{55}). Für Niederschläge bis zu 30 Minuten behielt man die Wussow-Formel bei.

Im mittleren Murtal gilt bis auf den Schöckl und die Teichalpe (K_{45}) für alle übrigen Stationen die Grenze von 35 mm, von der an ein Tagesniederschlag als Starkniederschlag zu werten ist. Niederschlagsgrenzworte bei der Andauer von länger als 30 Minuten erhält man bei K_{35} mittels $h_N= 4,85t^{0,2715}$, bei K_{45} mittels $h_N= 3,89t^{0,3365}$ -hierzu vergleiche auch Tab.9.

In den Beiträgen zur Hydrographie Österreich, Bd. 46, sind für die Periode 1971-1980 die Starkniederschläge für die Zeitdauer von einem bis zu mehr als 10 Tagen mit Angabe der beschriebenen Kriteriumsgrenzen aufgelistet. Leider fehlen sowohl Angaben für Zeiträume von weniger als einem Tag als auch die vollständige Auflistung aller Ereignisse (die Angaben sind beschränkt auf die 10 Höchswerte). Trotzdem sind einige verallgemeinerbare Schlüsse durchaus zulässig (Tab.10,12,).

Tab. 9: Starkregenkriterien bei K_{35} und K_{45} (nach H. Kreps und M. Schimpf, 1965)

Dauer des Niederschlags	Kriterium K_{35}	Kriterium K_{45}
45 min	13,6 mm	14,0 mm
60 min	14,8 mm	15,4 mm
90 min	16,4 mm	17,7 mm
2 Stunden	17,6 mm	19,5 mm
3 Stunden	19,9 mm	22,4 mm
4 Stunden	21,5 mm	24,6 mm
5 Stunden	22,8 mm	26,5 mm
6 Stunden	24,0 mm	28,2 mm
1 Tag	35,0 mm	45,0 mm
2 Tage	42,2 mm	56,5 mm

Tab. 10: Jahresgang der Starkniederschläge 1971-1980 *

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Gesamt absol.	-	7	13	12	22	45	45	29	16	7	3	3	202
relat. (%)	-	3,5	6,4	5,9	10,9	22,2	22,2	14,4	7,9	3,5	1,5	1,5	99,9

Tab. 11: Häufigkeit der Tagesniederschläge von wenigstens 20mm (Anteil an Gesamtanzahl der Tage mit wenigstens 1,0mm Niederschlag)

	Teichalpe	Frohnleiten	Graz-Univ.	Laßnitzhöhe	Bruck	Schöckl
Anteil in %	10,8	9,6	10,1	10,4	7,9	10,8

Tab. 12: Wetterlagen und Starkniederschläge (1971-1980) *

	Hochdruck- und Hochdruckrandlagen	Strömungslagen	Tiefdruckrandlagen	Tiefdrucklagen	Summe
Anteil an Summe der Starkniederschläge	46 22,8 %	49 24,3%	37 18,4%	70 34,7%	202 100,2%

*) als Grundlage für diese Tab. gelten die Angaben für alle Stationen

Der Jahresgang der Starkniederschläge zeigt einen dem Niederschlag ähnlichen, d.h. Winterminimum und Sommermaximum stehen außer jeder Diskussion.

In den Sommermonaten beherrschen analog der Gewitterhäufigkeit Starkniederschläge vor allem den Juni und Juli. Der stabilere August fällt deutlich ab. Die größere Labilität des Frühjahrs gegenüber dem Herbst ist unverkennbar (z.B. Vergleich Mai-September).

Über 40% der ausgeschiedenen Starkniederschläge fallen an Tagen mit Tiefdruck über der Adria oder Mitteleuropa bzw. mit Tiefdruckrinnen (Gesamtjahr). Speziell im Sommer treten neben TR (Meridionale Tiefdruckrinne) auch die Nordwest- und Westströmungen hinzu. Das Adriatief verliert nun gemäß seinem Jahresgang der Häufigkeit absolut an Bedeutung, umsomehr tritt es aber im Frühling und Herbst in den Vordergrund.

In den Erläuterungen zur Naturraumpotentialkarte Radkersburg legt H. Wakonigg in dem von ihm bearbeiteten Niederschlagskapitel 20mm Tagesniederschlag als Kriterium fest, da seiner Ansicht nach N_{35} für statistisch gesicherte Aussagen zu wenig oft erreicht wird (H. Wakonigg in R. Lazar, 1983: Erläuterungen zur Naturraumpotentialkarte Radkersburg, S. 151). Diesem Beispiel folgend, zeigt sich für das mittlere Murtal, daß sich mit der 20mm- Grenze im Mittel ziemlich genau jene Trennlinie festlegen läßt, unter der zu 90% aller Niederschlagstage (hier ≥ 1,0mm) die Mengen bleiben. An 10% aller Tage mit bedeutenderem Niederschlag als 0,9mm werden 20mm demnach erreicht bzw. überschritten (Tab.11).

6. Schneeverhältnisse (Tab.13)

6.1. Formale Erläuterungen zu Tab. 13

Unter dem Datum des Beginns der temporären Schneedecke (BS) versteht man die erste mindestens 1cm mächtige um 7 Uhr morgens gemessene Schneedecke des Herbstes. Sie ist nur in den seltensten Fällen mit dem Beginn der endgültigen Winterdecke ident und ist in erster Linie von der Seehöhe abhängig; d.h., daß sich mit abnehmender Seehöhe der

Tab. 13: Die Schneeverhältnisse im mittleren Murtal

	BS	ES	SZ	BW	EK	TS	s	V	TW	s	V	ΣN	s	V	Max	Jahr	Min	Jahr
Schöckl	25.10.	26.4.	184	16.12.	26.3.	130	23	18	101	37	37	238	78	33	430	1969/70	112	1963/64
Teichalpe	27.10.	23.4.	180	16.12.	24.3.	126	24	19	100	37	37	234	85	36	489	1950/51	144	1973/74
Frohnleiten	29.11.	13.3.	105	6.01.	2.2.	46	20	44	28	21	75	64	27	42	120	1962/63	24	1974/75
Graz-Univ.	5.12.	13.3.	98	7.01.	11.2.	54	24	44	37	26	70	65	28	43	130	1951/52	16	1974/75
Graz-Andr.	7.12.	16.3.	100	6.01.	9.2.	50	26	52	35	25	71	64	30	47	137	1962/63	10	1974/75
Graz-Flugpl.	8.12.	14.3.	97	6.01.	16.2.	55	24	44	40	24	60	71	33	47	147	1962/63	18	1974/75
Krautwasch	29.10.	18.4.	172	29.12.	1.3.	94	26	28	64	35	55	168	59	35	363	1969/70	72	1958/59
St. Radegund	22.11.	29.3.	128	3.01.	13.2.	69	26	38	41	29	71	99	40	40	182	1950/51	18	1958/59
Laßnitzhöhe	29.11.	30.3.	122	8.01.	16.2.	63	25	40	41	29	71	95	37	39	178	1962/63	41	1974/77
Breitenau	29.11.	24.3.	116	26.12.	9.2.	69	23	33	45	27	60	92	36	39	195	1969/70	44	1958/59
Bruck/Mur	1.12.	19.3.	109	30.12.	10.2.	65	21	32	43	24	56	94	47	50	183	1969/70	33	1979/80

Fortsetzung Tab. 13

	HSH	s	V	Max	Datum	Min	Datum	Diff.	Q
Schöckl	86	37	43	185	18.3.70	19	24.2.59	54	0.7
Teichalpe	64	24	38	120	16.1.70	29	24.2.59	54	0.7
Frohnleiten	21	12	57	46	17.2.69	6	9.1.75	59	0.4
Graz-Univ.	24	13	54	60	16.2.52	6	20.2.75	44	0.6
Graz-Andr.	24	13	54	50	5.2.63 16.2.52	7	20.2.75	50	0.5
Graz-Flugpl.	29	18	62	65	6.2.63	8	8.3.76	42	0.6
Krautwasch	46	22	48	120	10.3.70	15	13.3.59	78	0.6
St. Radegund	28	13	46	62	17.2.63	13	7.12.74	59	0.5
Laßnitzhöhe	32	19	59	92	16.2.52	8	19.1.53	59	0.5
Breitenau	28	14	50	60	18.2.69	14	18.1.53 23.2.59	47	0.6
Bruck/Mur	31	20	65	80	13.1.54	8	18.1.60	44	0.6

s= Standardabweichung; V= Variabilität

Legende der Abkürzungen siehe Text

Eintritt der ersten Schneedecke verspätet. Im Bereich des mittleren Murtales streuen die Daten zwischen 27.10. (Teichalpe) und 8.12. (Thalerhof).

Das Datum des Endes der temporären Schneedecke (ES) zeigt den Zeitpunkt der letztmalig beobachteten wenigstens 1cm starken Schneedecke - unabhängig davon, ob vor diesem Datum noch Schnee lag oder nicht. Somit werden mit diesem Datum häufig die letzten Kälte- bzw. Winterrückfälle erfaßt. Die Angaben für das mittlere Murtal variieren zwischen 13.3. (Thalerhof) und 26.4. (Schöckl).

Die Summe der Tage zwischen dem Beginn und dem Ende der temporären Schneedecke wird durch die Dauer der Schneedeckenzeit (SZ) angegeben und inkludiert auch Tage ohne Schneebedeckung, welche in der Tab. 13 als "Diff" (Differenz zwischen der Dauer der Schneedeckenzeit und der tatsächlichen Zahl der Tage mit Schneedecke) ausgeschieden sind.

Mit BW ist das Datum des Beginns der Winterschneedecke erläutert. In Gebieten alljährlich regelmäßigen Schneefalls versteht man unter Winterschneedecke ganz einfach die Zeit der ununterbrochenen Schneebedeckung; in Bereichen höherer Variabilität der Schneefälle muß die Zeit der am längsten andauernden ununterbrochenen Schneebedeckung als Winterschneedecke gesehen werden, womit, statistisch gesehen, große Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen durchaus möglich sind. Auf der Teichalpe und dem Schöckl beginnt die Winterschneedecke im Mittel am 16.12., in Laßnitzhöhe erst am 8.1.

Für das Ende der Winterschneedecke (EW) ist die Seehöhe als Faktor wohl auch nicht außer acht zu lassen, doch spielen nun auch andere Faktoren, wie z.B. die topographische Lage, eine wesentliche Rolle. Im Normalfall schwankt das Ende der Winterschneedecke zwischen dem 2.2. (Frohnleiten) und dem 26.3. (Schöckl).

Alle Tage mit mindestens 1 cm Schnee werden in der Zahl der Tage mit Schneedecke (TS) zusammengefaßt. Sie ist kleiner als die Dauer der Schneedeckenzeit, aber größer als die Winterdecke. Als Minimum sind 46 Tage (Frohnleiten), als Maximum 130 Tage (Schöckl) anzugeben.

Die Summe der Tage zwischen dem Beginn und dem Ende der Winterdecke finde ihren Ausdruck in der Zahl der Tage mit Winterdecke (TW) und streut im Untersuchungsgebiet zwischen 28 Tagen (Frohnleiten) und 101 Tagen (Schöckl), wobei allerdings eine extrem hohe Variabilität (z.B. Frohnleiten 75%) die angegebenen Mittelwerte nur mit Vorsicht

interpretieren läßt.

Die Summe der Neuschneehöhen (SN) gibt Aufschluß über die Gesamtsumme der während eines Winters gefallenen Schneemengen und resultiert aus allen um 7 Uhr morgens erfaßten Neuschneehöhen (Graz-Andritz und Frohnleiten 64 cm; Schöckl 236cm).

Die einmalig pro Winter gemessene Maximalhöhe der Schneedecke ergibt über 30 Jahre gemittelt die mittlere maximale Schneehöhe (MSH). Abhängig von der Seehöhe verzeichnen die höchsten Stationen natürlich die größten Werte (Schöckl, Teichalpe- 86cm bzw. 64cm); Frohnleiten (21cm) und generell der Grazer Raum (Univ. und Andritz 24cm) bilden den Gegenpol.

Q-Der Erhaltungsquotient der Schneedecke- wird berechnet als Zahl der Tage mit Schneedecke (TS) durch die Dauer der Schneedeckenzeit (SZ). Geringe Quotienten signalisieren unregelmäßige, hohe beständige Schneedecken. Die höchsten Quotienten (Teichalpe, Schöckl) beweisen dies sehr gut, da in diesen Regionen der Niederschlag im Winter zum größten Teil als Schnee und nicht, wie in den Niederungen, als Regen fällt.

6.2. Klimatologische Interpretation

Die Dauer der temporären Schneedecke zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der jeweiligen Seehöhe. Sowohl der Beginn als auch das Ende werden zumeist durch einschneidende Witterungsvorgänge geprägt. Ist es im Herbst der Zustrom kühler Luftmassen gepaart mit zyklonalen Aktivitäten, welcher schon frühe Schneefälle verursacht, so sind die Winterrückfälle im Frühling verantwortlich für das Hinauszögern des Endes der temporären Schneedecke oft weit in den April; sowohl Beginn als auch Ende sind zufällige und keinesfalls alljährlich zeitlich bestimmte Ereignisse. Neben der Seehöhe tritt als zweites Faktum die schon erwähnte Trockengrenze bei Frohnleiten deutlich in Erscheinung.

Genauso wie Beginn und Ende der temporären Schneedecke zeigt zwar auch der Beginn der Winterdecke eine direkte Seehöhenabhängigkeit, doch lassen sich hier auch schon Gunst- von Ungunstlagen unterscheiden. Ganz besonders treten diese beim Ende der Winterdecke auf, wo höhere, aber besonnungsmäßig günstigere Lagen (St. Radegund) ein früheres

Ende der Winterdecke erwarten lassen als etwa Graz-Flughafen (Talboden). Außer jeder Diskussion stehen hierbei wiederum Frohnleiten sowie Breitenau. Die winterliche Vorzugslage einiger Stationen beweist sich ebenfalls durch die Anzahl der Tage mit Schneedecke (insgesamt). Dabei zeigen zwar die tiefsten Lagen bzw. wiederum Frohnleiten die geringsten Mengen, doch liegt in viel höheren Gebieten nur unwesentlich länger Schnee (z.B. Laßnitzhöhe). Ähnliches gilt für die Summe der Tage mit Winterdecke, die trotz der hohen Variabilität mehr aussagt als die bloße Angabe des Beginns und des Endes der Winterdecke. Ein Vergleich z.B. von Thalerhof mit St. Radegund oder Laßnitzhöhe vermag deutlich die schneedeckenerhaltende Tendenz der kalten Talböden nachzuvollziehen, während die über der am Boden lagernden Kaltluft liegenden Schneeflächen schneller abschmelzen können (Variabilität allerdings z.T. über 70%).

Stadtklimatologische Besonderheiten von Graz sind aus der Angabe der Summe der Neuschneehöhen zu entnehmen. Der Wärmeüberschuß des Stadtkomplexes vermag die Neuschneemengen bedeutend unter die von Graz-Flughafen zu senken, sogar die Werte des zwar höher liegenden, aber allgemein trockeneren Frohnleiten werden erreicht. Mit weiterer Zunahme der Seehöhe steigen auch die Neuschneesummen deutlich an, nicht aber die gemittelten jährlichen maximalen Schneehöhen, welche sich bis auf Schöckl und Teichalpe wegen ihrer Zeitverschiedenheit nicht unbedingt höhenabhängig zeigen.

Zusammenfassend kann für das mittlere Murtal folgendes festgestellt werden:

Die Niederschläge in Form von Schnee ergeben eine deutliche Abhängigkeit von der Seehöhe, was die temporäre Schneedeckenzeit sowie die Summe der Neuschneehöhen betrifft.

Für die Länge der Winterdecke sind daneben auch lokalklimatische Unterschiede, wie Talbodenklima einerseits oder Riedelklima andererseits, von Wichtigkeit.

In horizontaler Hinsicht manifestiert sich das mittlere Murtal um Frohnleiten als eindeutige winterliche Trockenzone. Bis auf die Dauer der temporären Schneedecke ergeben sich bei allen übrigen für die Schneeverhältnisse wichtigen Angaben Extremwerte.

Verwendete Literatur

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1964: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1951-1960. Beitr. z. Hydr. Österreich, 38, Wien 460 S.

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1972: Die Häufigkeit der Niederschläge, Schneehöhen, Lufttemperaturen und Trockenperioden in Österreich im Zeitraum 1961-1970. Beitr. z. Hydr. Österreich, 42, 493 S.

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1973a: Die Niederschläge, Schneehöhen, Lufttemperaturen und Trockenperioden in Österreich im Zeitraum 1961-1970. Beitr. z. Hydr. Österreich, 43, 364 S.

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1973b: Die Niederschlags-, schneehöhen- und Lufttemperaturhäufigkeiten in Österreich im Zeitraum 1951-1960. Beitr. z. Hydr. Österreich, 39, 208 S.

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1983: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971-1980. Beitr. z. Hydr. Österreich, 46, 453 S.

Hydrographischer Dienst in Österreich, 1982: Die Häufigkeiten der Niederschläge, Schneehöhen, Lufttemperaturen und Trockenperioden in Österreich im Zeitraum 1971-1980. Beiträge zur Hydr. Österreich, 47, 503 S.

Kreps, H. und Schimpf, H., 1965: Starkregen und Starkregenstatistik. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, 42, 45 S.

Lazar, R., 1952: Naturraumpotentialkarten - Steiermark. Bezirk Radkersburg. Klima. Graz, 191 S.

Semmelrock, G., 1985: Die ostalpinen Wetterlagen und ihre Auswirkungen auf die Witterung im Vergleich Graz-Salzbrug. Unveröff. Diss. Graz, 661 S.

Wakonigg, H., 1978: Witterung und Klima in der Steiermark. Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Universität Graz, 23, Graz, 473 S.

Wussow, G., 1922: Untere Grenzwerte dichter Regenfälle. Meteorologische Zeitschrift, 39, S. 173-178.

ENDBERICHT ZU DEN KLEINKLIMATISCHEN UNTERSUCHUNGEN IM GRATKORNER BECKEN

(R.LAZAR)

		Seite
1.	Ergänzungen zu den Temperaturverhältnissen	1
1.1.	Auswertung der Temperaturminima	1
1.1.1.	Mittlere tägliche Minima (Erläuterungen zu Tab. 1)	1
1.1.2.	Absolute Minima	2
1.1.3.	Erläuterungen zu Abb. 1a und 1b	4
1.2.	Ergebnisse der Temperaturmaxima (Erläuterungen zu Abb. 3)	9
2.	Ergebnisse der Windmeßstationen	9
2.1.	Die Windverteilung an der Station Leykam / Laugenwarte	9
2.2.	Vergleiche mit Windverteilungen anderer Stationen im Gratkorner Becken speziell für den Dezember 1978 (Erläuterungen zu Abb. 8)	11
2.3.	Änderung der Windverteilung durch Nordföhneinfluß (zu Abb. 9)	12
2.4.	Erläuterungen zu Tab. 2	12
3.	Beispiele spezieller Wetterlagen erläutert an Hand von Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf ergänzt durch Windverhältnisse und SO_2- Werte ausgewählter Meßstationen im Gratkorner Becken	13
3.1.	Hochdruckwetterlagen	13
3.1.1.	Die Hochdruckwetterlagen im November 1978 (speziell der Ausschnitt vom 11. - 14.11. mit der Ausbildung mächtiger Inversionen - zu Abb. 10)	13
3.1.2.	Die kontinentale Hochdruckwetterlage vom 21. - 25. 11. 1978 (Witterungstyp E_h, am 25. S_h) mit Erläuterungen zu den Abb. 12 und 13.	16
3.1.3.	Hochdruckwetterlage im Hochwinter mit Schneedecke (Witterungstyp NW_h / zu Abb.14) (12.1. - 14. 1. 1979)	20

Seite

3.2. Atlantischer Warmlufteinbruch am 9. und 10. 12. 1978 (Witterungstyp $NW_{b/w}$ / zu Abb. 15) 21

3.3. Die West- bis Südwetterlage vom 26.12. - 30. 12. 1978 (Witterungstyp vorwiegend S_b / zu Abb. 16) 21

4. Ergänzungen zur Karte der Geruchswahrnehmungen vom 11. - 13. 9. 1978 (zu Abb. 17) 23

5. Ergänzungen zu den Meßfahrten des österreichischen Bundesinstitutes für Gesundheitswesen 24

ENDBERICHT ZU DEN KLEINKLIMATISCHEN UNTERSUCHUNGEN IM GRATKORNER BECKEN (R.LAZAR)

1. Ergänzungen zu den Temperaturverhältnissen

1.1. Auswertung der Temperaturminima

1.1.1. Mittlere tägliche Minima (Erläuterungen zu Tab. 1)

Im Zwischenbericht wurde bereits eine Gliederung der Minima nach dem Bewölkungsgrad in der Nacht vorgenommen; dabei zeigte sich beispielsweise für den Oktober 1978, daß die Temperaturdifferenzen in den heiteren Strahlungsnächten bedeutend größer waren als im Mittel aller Nächte. Die Station Rannach war an 12 Tagen um durchschnittlich 4,2 ° wärmer als die Talstation Straßengel / Terrasse; im Jänner (Mittel aus 8 Nächten) war der Unterschied infolge einiger Nächte mit Schneedecke noch größer (Straßengel / Terrasse -14,2°, Rannach -6,4°, Temperaturdifferenz 7,8°). Die Frostverschärfung durch die Schneedecke wirkt sich auch noch im Mittel aller Nächte aus (Straßengel/Terrasse -8,9°, Rannach -6,1°). In der Tab. 1 sind für den Zeitraum Oktober 1978 - März 1979 die mittleren täglichen Minima aus den heiteren bzw. aus allen Nächten angeführt. Auffallend sind dabei die beachtlichen Temperaturdifferenzen in den ersten 50 - 60 Höhenmetern von der Beckenschle. Die Station Straßengel / Kirche verzeichnete im Jänner 1979 in den heiteren Nächten um 5,2° höhere Minima als die Terrasse. Die Temperaturgunst nimmt somit besonders in den Kaltluftgefährdungszonen 2 - 4 stark zu. Die Station Rannach liegt auch im Winter - einige Nächte mit hohen Inversionen ausgenommen (Hochnebel) - in der günstigsten Zone. Die Höhenstationen Flesch (1015 m), vor allem jedoch der Schöckl sind auch in den heiteren Strahlungsnächten kälter als die Station Rannach, sieht man von Ausnahmen ab (November, Dezember 1978).

Im Vergleich mit dem Grazer Feld (Station Graz / Flughafen) ergibt sich vor allem in den Strahlungsnächten mit Nordföhneinfluß eine Temperaturgunst für das Straßengler Feld; besonders groß waren die Differenzen im Dezember 1978 (Graz / Flughafen -11,7°, Straßengel / Terrasse -7,0°). Am 15. Jänner 1979 betrug die Differenz sogar 8,7° (Graz / Flughafen -13,6°, Straßengel / Terrasse -4,9°).

Tab. 1 Mittlere tägliche Minima

a) aus heiteren Strahlungsnächten

Station	Sh m	KGZ	Okt 1978 (12 Nächte)	Nov (4)	Dez (7)	Jan 1979 (8)	Feb (6)	März (6)
Graz-Flughafen	342	2	3.5	-4.9	-11.7	-14.4	-11.2	0.0
Graz-Messendorfberg	429	4	6.3	-3.8	-3.9	-9.6	-6.1	
Straßengel/Terrasse	390	2	3.8	-4.0	-7.0	-14.2	-9.9	-0.7
Straßengel/Kirche	455	4	7.1	-1.7	-3.9	-9.0	-6.1	1.0
St. Oswald I	530	4	7.6	-1.7	-3.4	-8.2	-7.2	0.1
St. Oswald II	600	5	7.2	-0.2	-2.9	-7.6	-6.6	1.6
Rannach	690	6	8.0	+1.8	-1.9	-6.4	-5.9	3.5
Plesch 1)	1015		6.7	+2.8	-1.7	-6.8	-7.1	1.9
Schöckl	1432		5.3	+0.9	-4.8	-9.7	-10.3	-1.0

b) aus allen Nächten in °C

Okt 1978	Nov	Dez	Jan 1979	Feb	März
4.5	-2.7	-7.0	-9.7	-4.3	0.4
5.8	-1.8	-3.4	-6.8	-2.6	
4.5	-1.9	-4.6	-8.9	-3.8	0.4
6.0	-0.9	-2.1	-6.4	-2.9	1.1
5.7	-1.5	-3.0	-6.5	-3.3	0.7
6.9	-1.5	-2.9	-6.5	-3.2	0.9
6.3	-1.5	-3.2	-6.1	-3.3	1.4
4.6	-0.9	-2.1	-6.9	-4.7	0.9
2.4	+0.5	-5.2	-9.2	-7.0	-2.8

Erl.:

KGZ = Kaltluftgefährdungszone

Graz-Flughafen (342 m) und
Messendorfberg (429 m) als Bezugsklimastationen
für Tal- bzw. Riedellagen

1) im Oktober und November die Station Wiel (800 m)

Auch aus dem Mittel aller Nächte geht deutlich hervor, daß die Kaltluftgefährdung im Grazer Feld höher ist als im Straßengler Feld.

1.1.2. Absolute Minima

Die absoluten Minima sind ebenso wie die mittleren täglichen Extremwerte und die Tagesschwankung in den Monatsübersichten im Anhang angeführt. Dabei fällt wieder die Temperaturgunst der Riedelstationen (insbesondere Rannsch) auf. So sanken beispielsweise im Februar die Minima an der Station Rannsch nicht unter -10° (zum Vergleich: Straßengel / Terrasse -12,8°).

Abb.: 1a nächste Seite.

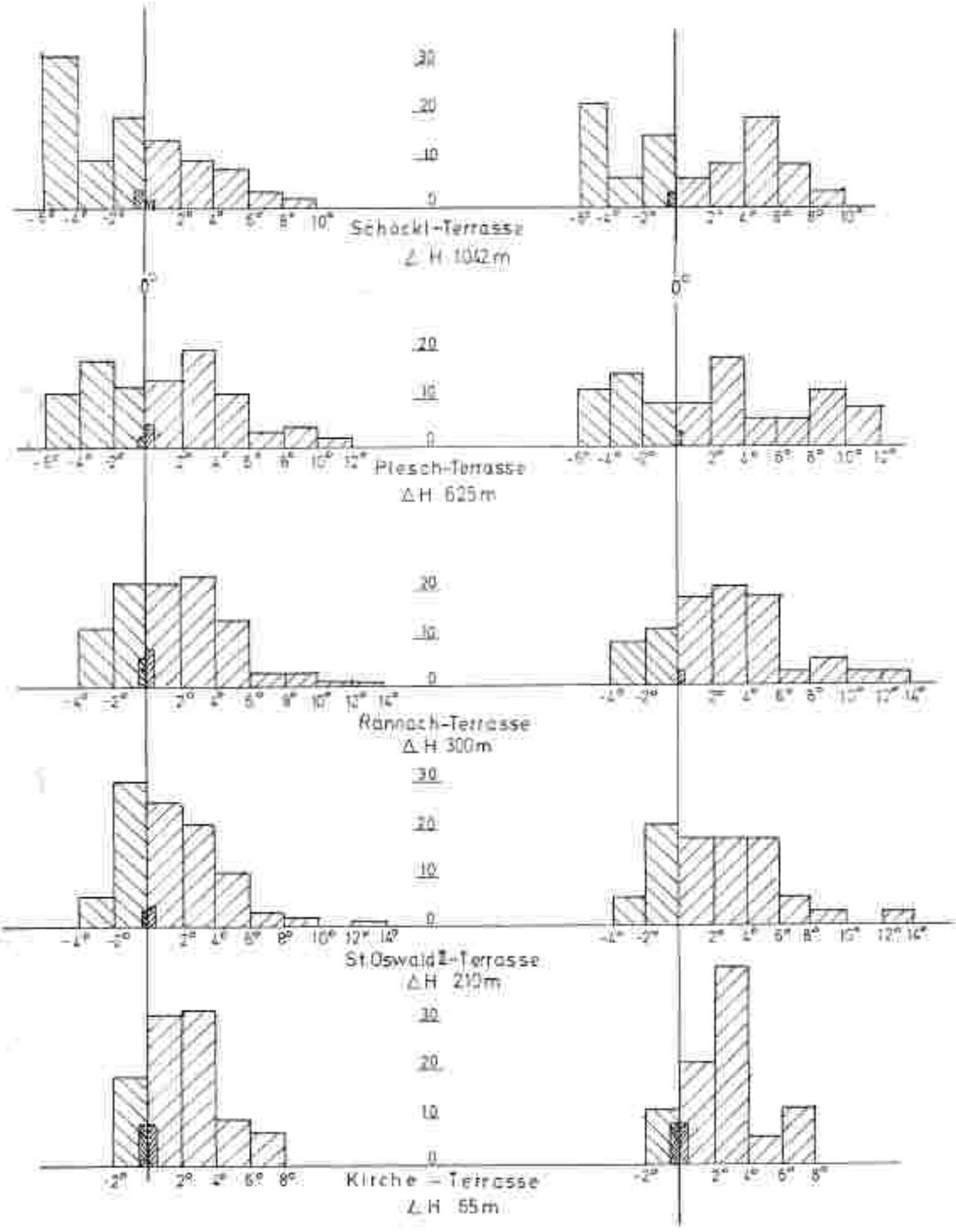
Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen der Minima in Gruppen zu je 2° zwischen der Basisstation Straßengel / Terrasse und ausgewählter Riedel- und Höhenstationen (enge Schreffur: Temperaturdifferenzen innderhalb der Grenzen -0,5 bis +0,5°).

Abb 1a

Winter 1978/79

Häufigkeit %

Jänner 1979

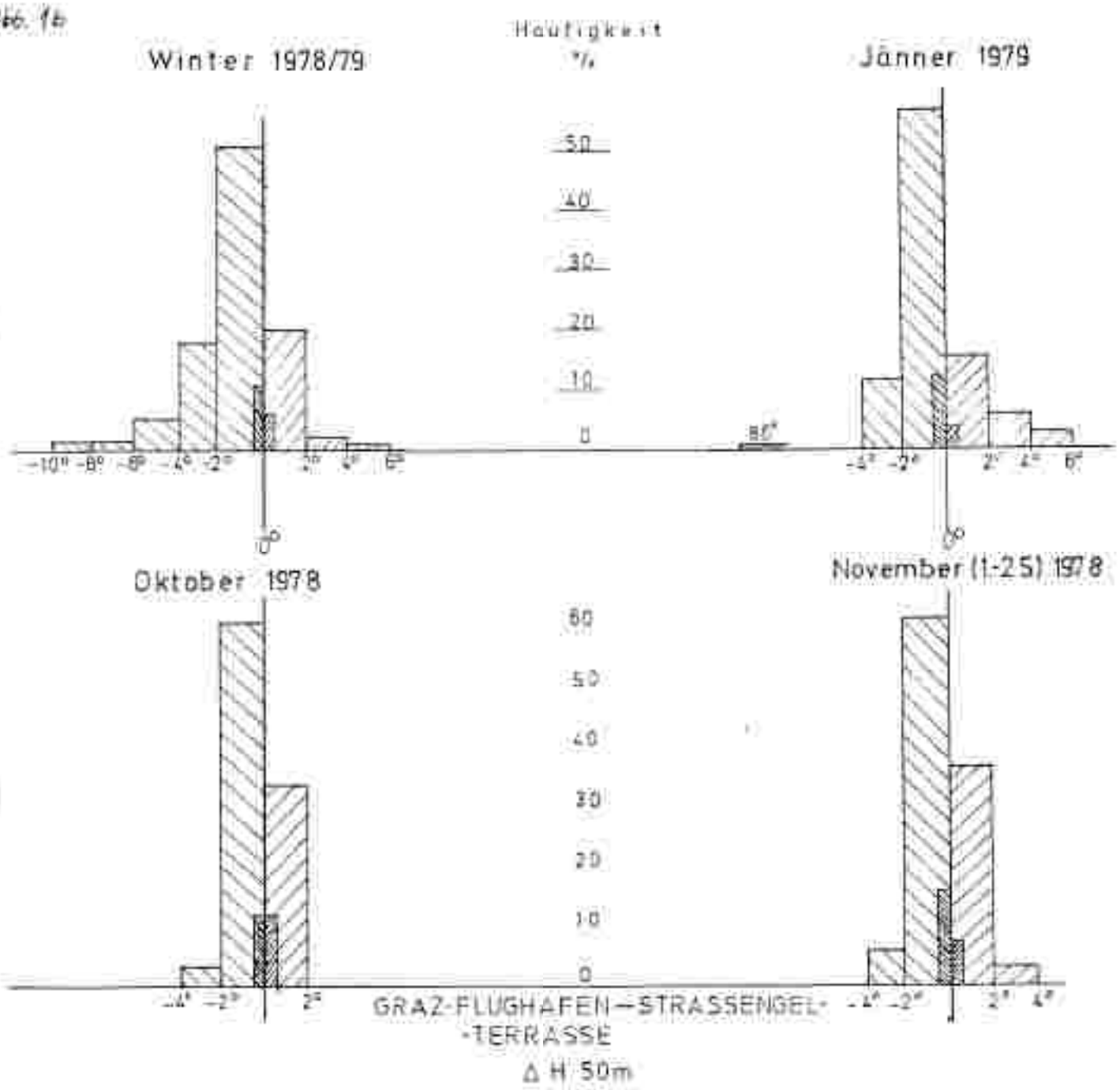


1.1.3. Erläuterungen zu Abb. 1a und 1b

Um eine Übersicht über die aufgetretenen Temperaturdifferenzen und damit über die Häufigkeit und Intensität von Inversionen zu erhalten, erscheint es sinnvoll, eine Gliederung in Gruppen zu je 2° durchzuführen. Beispielsweise bestand im Winter 1978/79 zwischen den Stationen Rannach und Straßengel / Terrasse nur an 34 % aller Nächte keine Inversion (im Jänner 1979 an 21 %). Die Temperaturdifferenzen erreichten in einigen Nächten 10° und mehr (am 14. Jänner $12,5^{\circ}$). Die Station Straßengel / Kirche verzeichnete - 4 Nächte ausgenommen - immer höhere Minima als die Terrasse. Der Anteil der Nächte ohne Inversion ist auf hohe Bewölkung (teils Hochnebel) zurückzuführen. Bei starkem Nordföhneinfluß weist häufig die Station Straßengel / Kirche die höchsten Minima auf. Es kommt somit in diesen Nächten zur Ausbildung seichter und kurzfristiger Kaltluftseen über der Beckensohle, die dann auch vom zeitweise bis zur Talsohle durchgreifenden Nordföhn relativ leicht ausgeräumt werden (etwa am 15. Jänner).

Abb.: 1b Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen der Minima in Gruppen zu je 2° zwischen den Stationen Graz / Flughafen und Straßengel / Terrasse.

Abb. 1b


Häufigkeit
%
Winter 1978/79
Jänner 1979
Oktober 1978
November (1-25) 1978
50
40
30
20
10
0
-10° -8° -6° -4° -2° 0° 2° 4° 6°
0°
GRAZ-FLUGHAFEN–STRASSENGEL-
-TERRASSE
Δ H 50m

Deutlich zeigt sich in Abb. 1b, daß das Grazer Feld tiefere Minima aufweist als Straßengel. An der Hälfte aller Nächte im Winter 1978/79 war das Grazer Feld um 0.1 - 2,0° kälter. Nur in Nächten mit unterschiedlichem Aufklaren bzw. Auflösung von Hoch- und Talnebeln verzeichnete Straßengel tiefere Temperaturen.

Wie für den Winter 1978/79 wurde auch für die Monate Oktober und November 1978 eine Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen der Minima durchgeführt (Abb. 2).

Abb. 2: nächste Seite

Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen der Minima in Gruppen zu je 2° zwischen den Stationen Straßengel / Terrasse und ausgewählter Riedel- und Höhenstationen.

Abb. 2

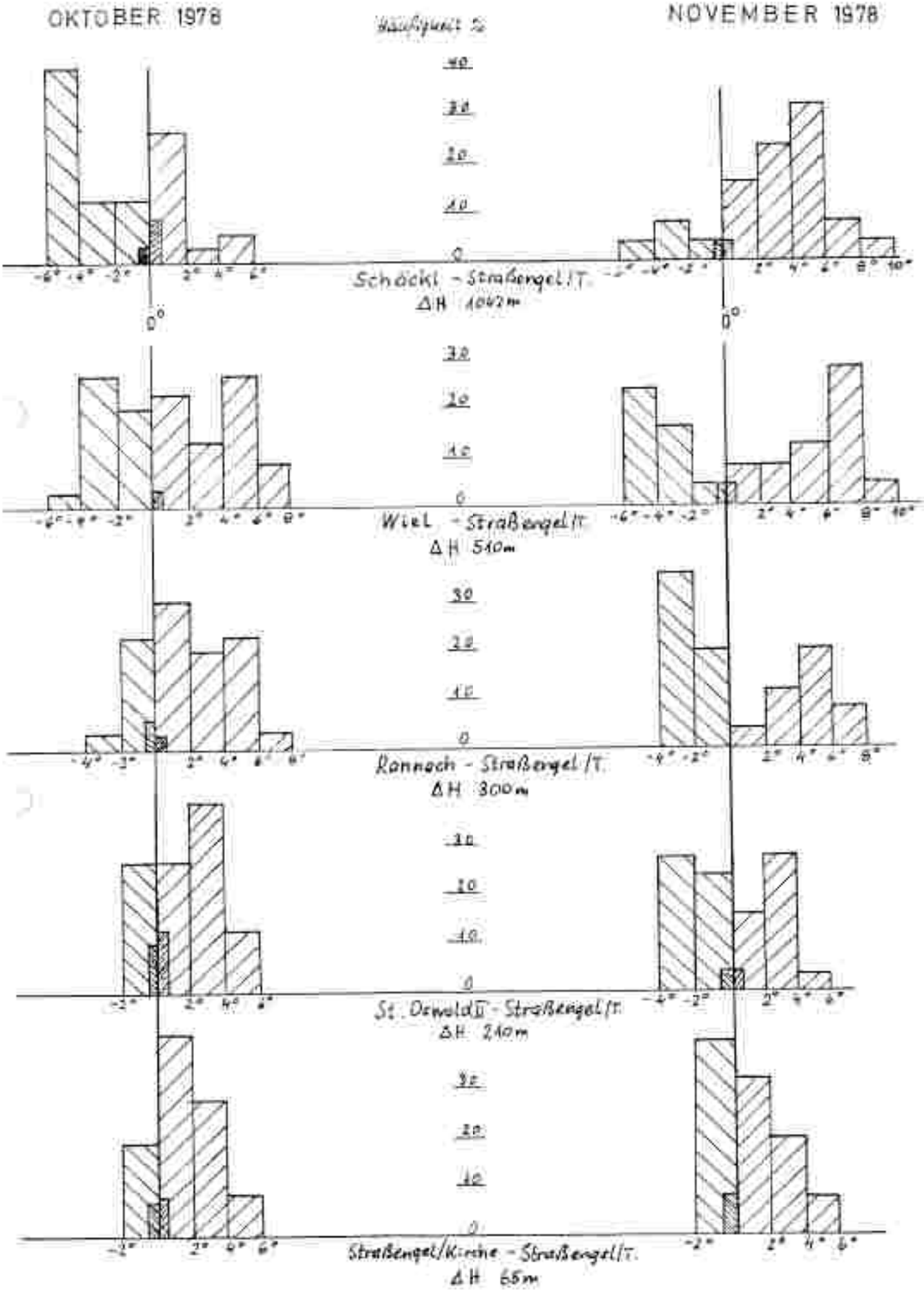
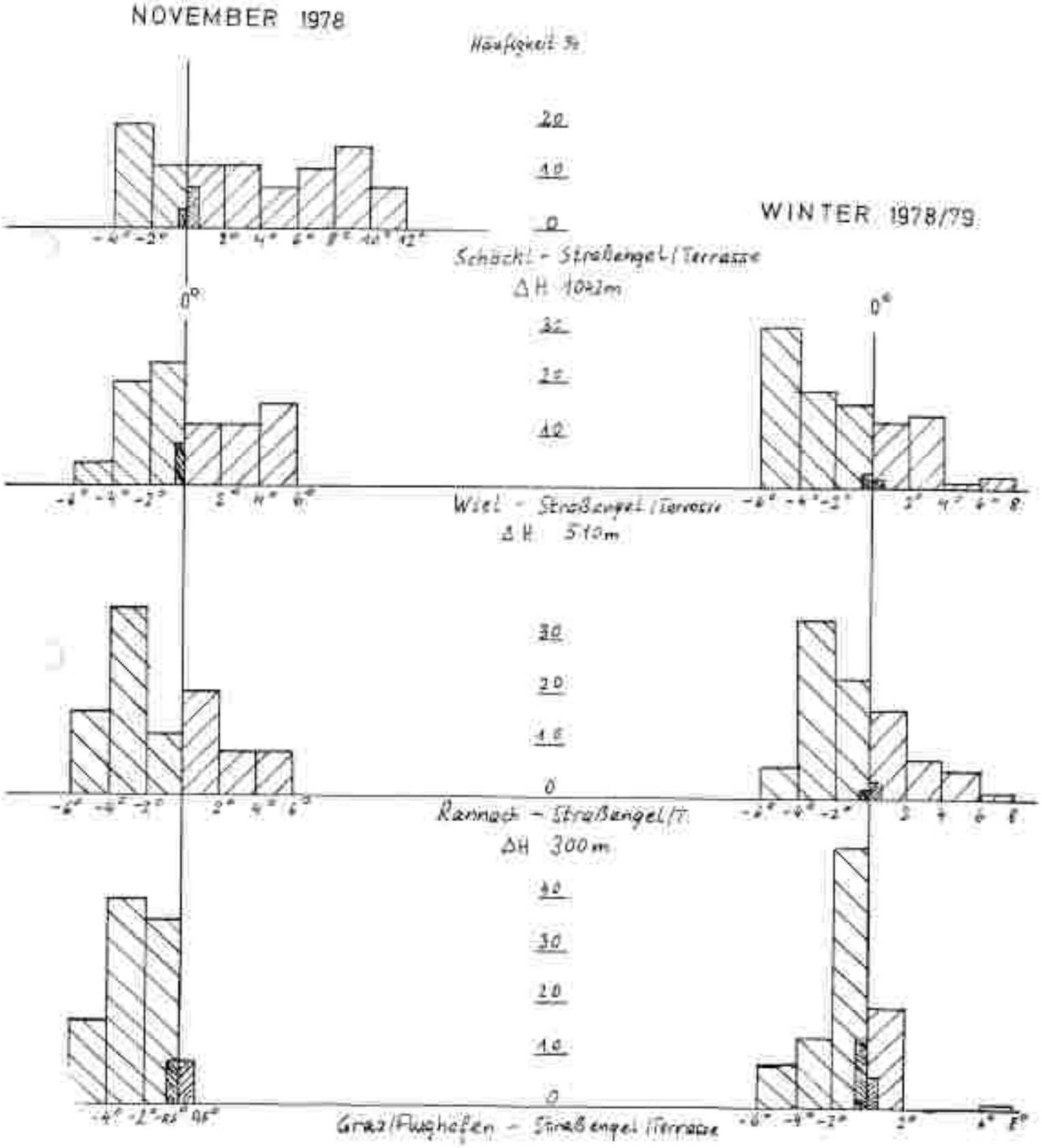

OKTOBER 1978
Häufigkeit %
NOVEMBER 1978
40
30
20
10
0
-6° -4° -2° 0° 2° 4° 6°
-2° 0° 2° 4° 6° 8° 10°
Schöckl - Straßengel/T.
ΔH 1042m
Wiel - Straßengel/T.
ΔH 540m
Rannoch - Straßengel/T.
ΔH 300m
St. Oswald II - Straßengel/T.
ΔH 240m
Straßengel/Kirche - Straßengel/T.
ΔH 65m

Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen der Maxima zwischen den Stationen Straßengel / Terrasse und ausgewählter Höhenstationen bzw. der Station Graz / Flughafen.



1.2. Ergebnisse der Temperaturmaxima
(Erläuterungen zu Abb. 3)

Diese Übersicht zeigt auf, an wieviel Tagen auch tagsüber eine Inversion zwischen der Beckensohle und den Riedeln bestand. So verzeichnete die Station Rannach im Winter 1978/79 an 30 Tagen höhere Maxima als die Terrasse. Der größte Temperaturunterschied wurde am 9.12. mit 6,7° erzielt (Terrasse -0,7°, Rannach 6,1°), als atlantische Warmluft die Riedel, nicht aber die Beckensohle erfaßte. Zwischen der Station Flesch und der Terrasse erreichte die maximale Differenz 7,1°.

Im außergewöhnlichen November 1978 (25 Tage mit Hochdruckwetterlagen) verzeichnete der Schöckl nur an 8 Tagen niedrigere Maxima als die über 1000 m tiefer gelegene Talstation; an 2 Tagen betrugen die Differenzen 10° und mehr. Derartige Verteilungen wie in diesem November sind für kontinentale strömungsschwache Hochdruckwetterlagen im Spätherbst und Winter typisch; die wärmste Zone befindet sich an solchen Tagen mitunter noch 300 - 500 m über den Hochnebeldecken (Obergrenze häufig um 1000 m).

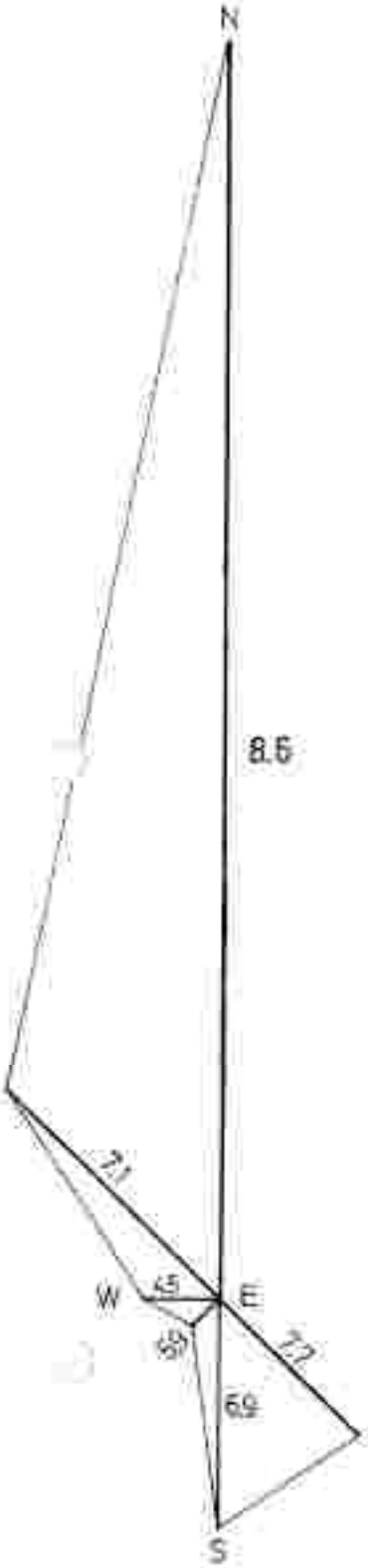
In dem bedeutend besser ventilierten Gratkorner Becken lagen im Winter 1978/79 die Maxima an der Beckensohle grundsätzlich höher als im Grazer Feld (an 73 % aller Tage). Die Differenzen waren besonders an Tagen mit schwachem bis mäßigem Nordföhn groß, wo im Grazer Feld die seichten Kaltluftseen erhalten blieben (z.B. am 10.12.: Straßengel / Terrasse 9,1°, Graz / Flughafen 5,0°).

2. Ergebnisse der Windmeßstationen

2.1. Die Windverteilung an der Station Leykam / Laugenwarte

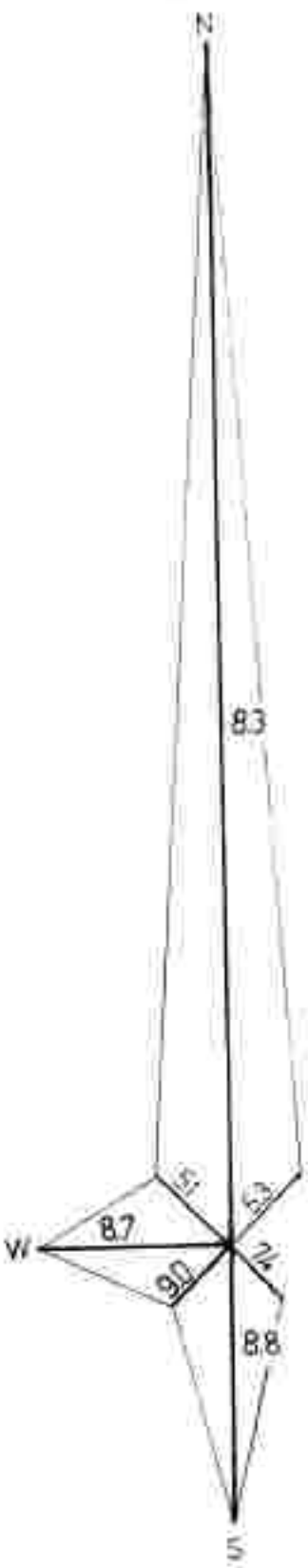
Die Station befindet sich auf dem Dach der Laugenwarte in ca. 40 m Höhe über der Talsohle. Die Bedeutung der Station liegt vor allem darin, daß sie wegen ihrer Lage zur Talmitte sowohl vom Talabwind als auch vom Talaufwind voll erfaßt wird und somit repräsentative

SEPTEMBER 1976



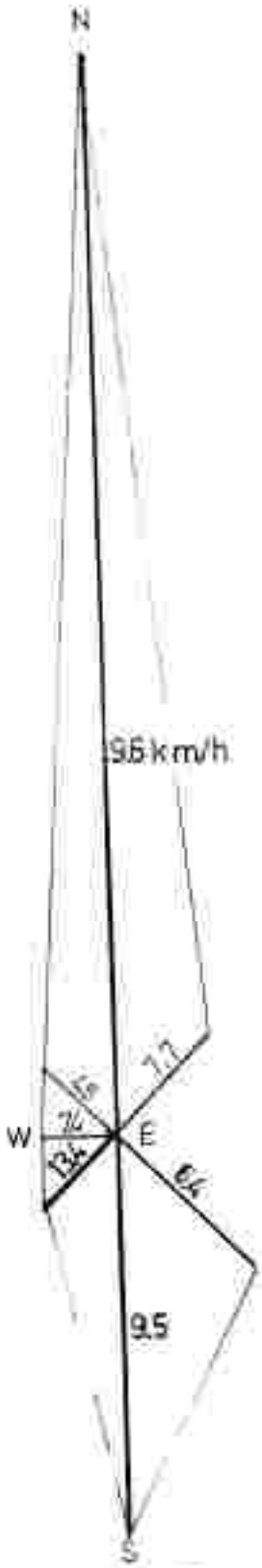
3.4 % VRB
3.2 km/h

MÄRZ 1979



0 5 10 %
3.5 km/h
4.5 % VRB

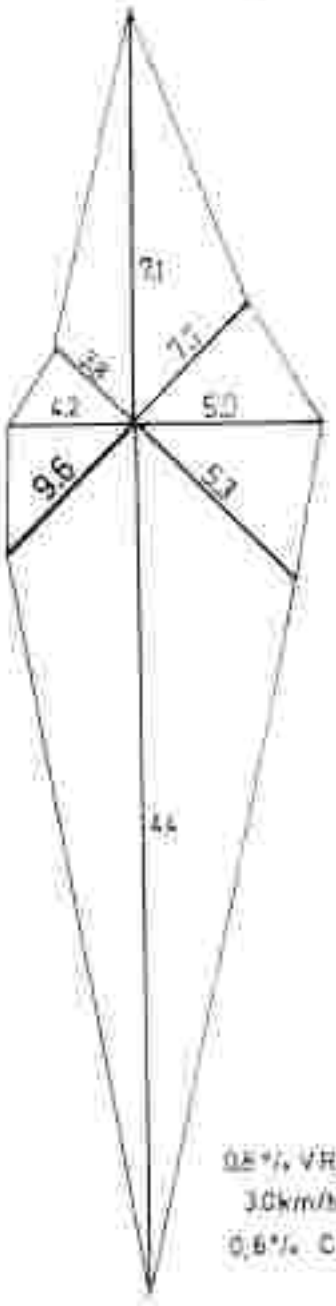
APRIL 1979



3.2 % VRB
5.0 km/h

APRIL 1979

Straßengel/Terrasse



0.8 % VRB
3.0 km/h
0.6 % Calm

Abb. 4

Windverteilung an der Station Leoben-Langenwarte (zum Vergleich: April 1979 der Station Straßengel/Terrasse)

Häufigkeit in %

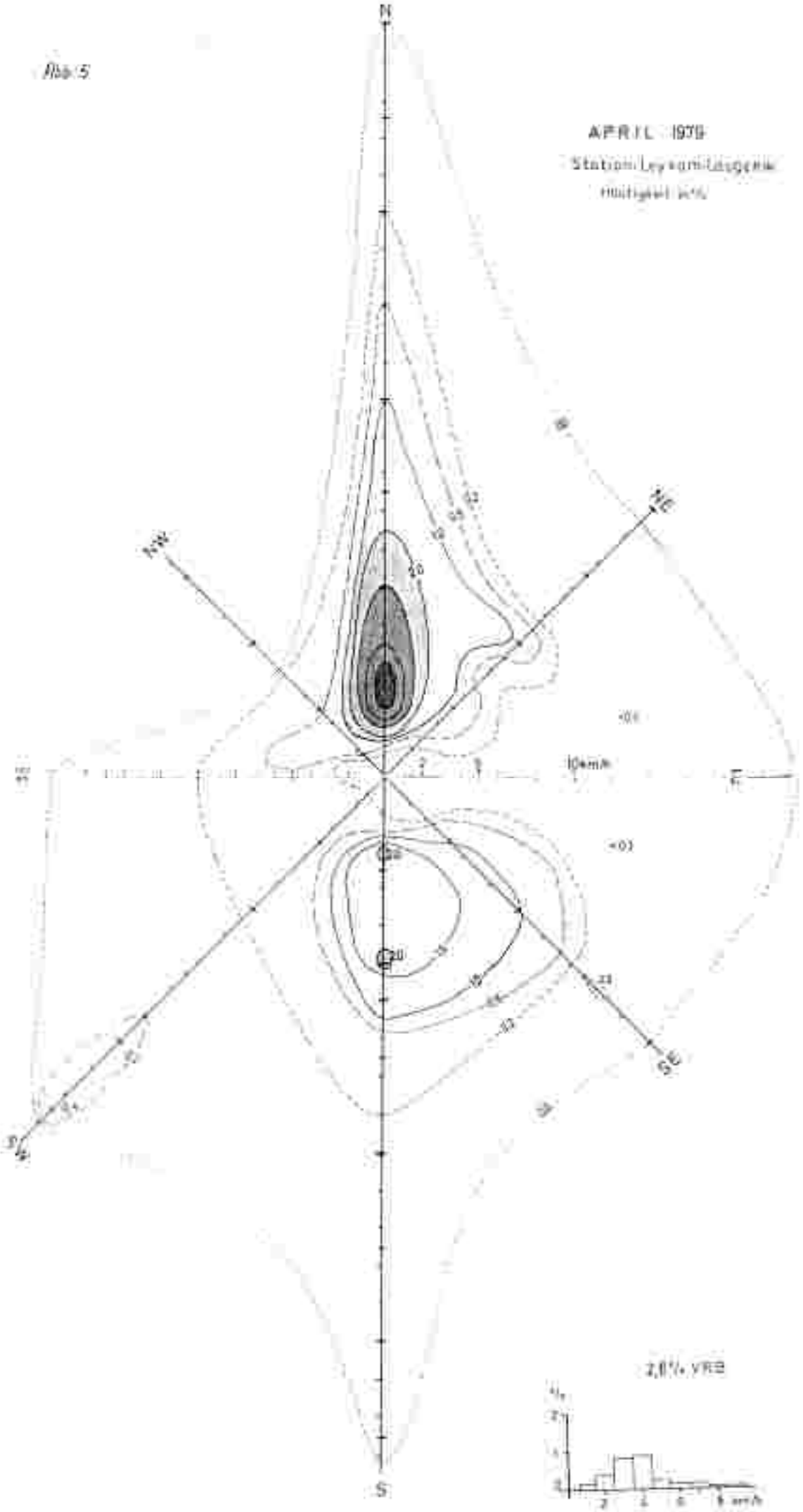
0 5 10 %

Angaben über die Strömungsverhältnisse in einem Haupttal liefert. Hingegen weist der Standort des alten Kamins schon beachtliche Abweichungen auf; die Abschirmung durch den Hausberg wirkt sich in einer Verringerung der Intensität und Änderungen der Windrichtung aus; teilweise sind Rotorströmungen (vor allem bei Nordföhn) zu beobachten, wobei die Abgasfahne auch die Talsohle erfassen kann.

In der Abb. 4 sind nun für ausgewählte Monate die Verteilungen nach Windrichtung (mit Angabe der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit) dargestellt. Der Anteil an Nordwinden (teils über 50 %) ist in allen Monaten relativ hoch; häufiger Nordföhneinfluß wirkt sich auf die Verteilung und die Intensität aus. Als zweitwichtigste Komponente scheint die Süd- bzw. Südostrichtung auf; ihr Anteil schwankt zwischen 10 und 20 %. Hohe Windgeschwindigkeiten im Sektor Süd bis West sind auf Südföhneinflüsse zurückzuführen; so erzielte die SW-Komponente im April 1979 eine mittlere Windgeschwindigkeit von 13,4 km/h (halbstündliches Maximum 37 km/h). Im Spätherbst und Winter bleiben Südföhneinflüsse auf die Umrahmung des Beckens (vor allem um St. Oswald) beschränkt; nur in der Südweststeiermark greift der Südföhn auch bis in die Tallagen durch (im Dezember 1978 an 4 Tagen). Die seltensten Winde kommen an der Laugenwarte aus Ost bis Nordost.

Im krassen Gegensatz dazu steht die Verteilung an der Station Straßengel / Terrasse, wobei dieser Teil des Beckens (Straßengel / Feld) zu den windärmsten zählen dürfte. Der Nordföhn wird in seiner Intensität stark geschwächt (häufig nur noch 40 - 50 % der Geschwindigkeitswerte der Laugenwarte) und der Talabwind streicht in 20 - 30 m Höhe über der Talsohle - ebenfalls durch die Stauwirkung des Straßengelberges abgeschwächt - darüber. Somit tritt die Südkomponente stark in den Vordergrund (Anteil im April 1979 über 30 %). Winde aus dem Sektor S bis W, aber auch um S bis SE sind nachts relativ häufig (Kaltluftabfluß vor allem aus dem Rötzgraben). Tagsüber herrschen ebenfalls

Abb. 5

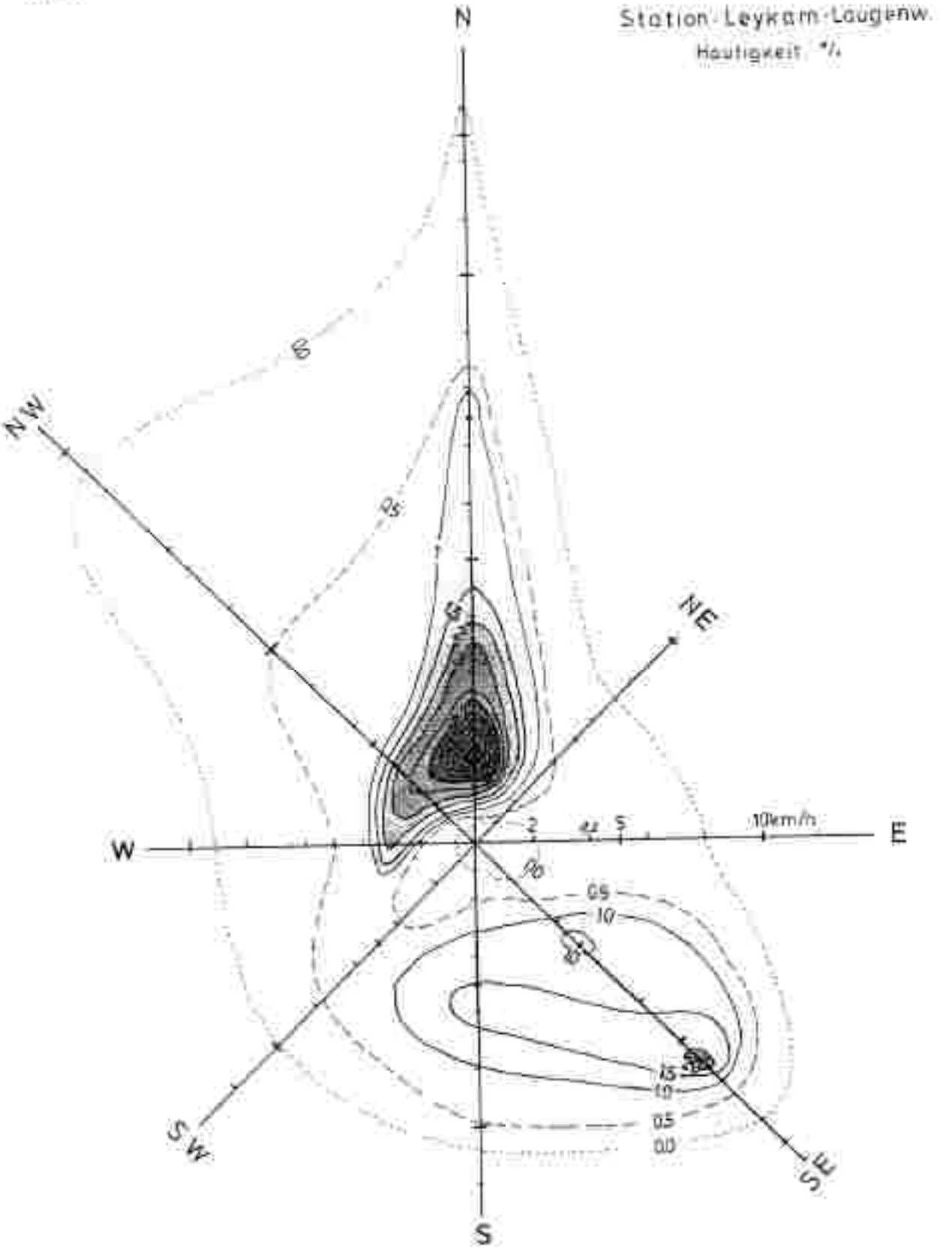


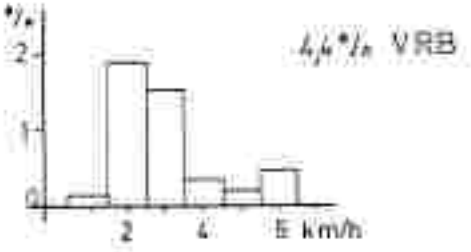
OKTOBER 1978

Anl. 6

Station Leykam-Laugenw.

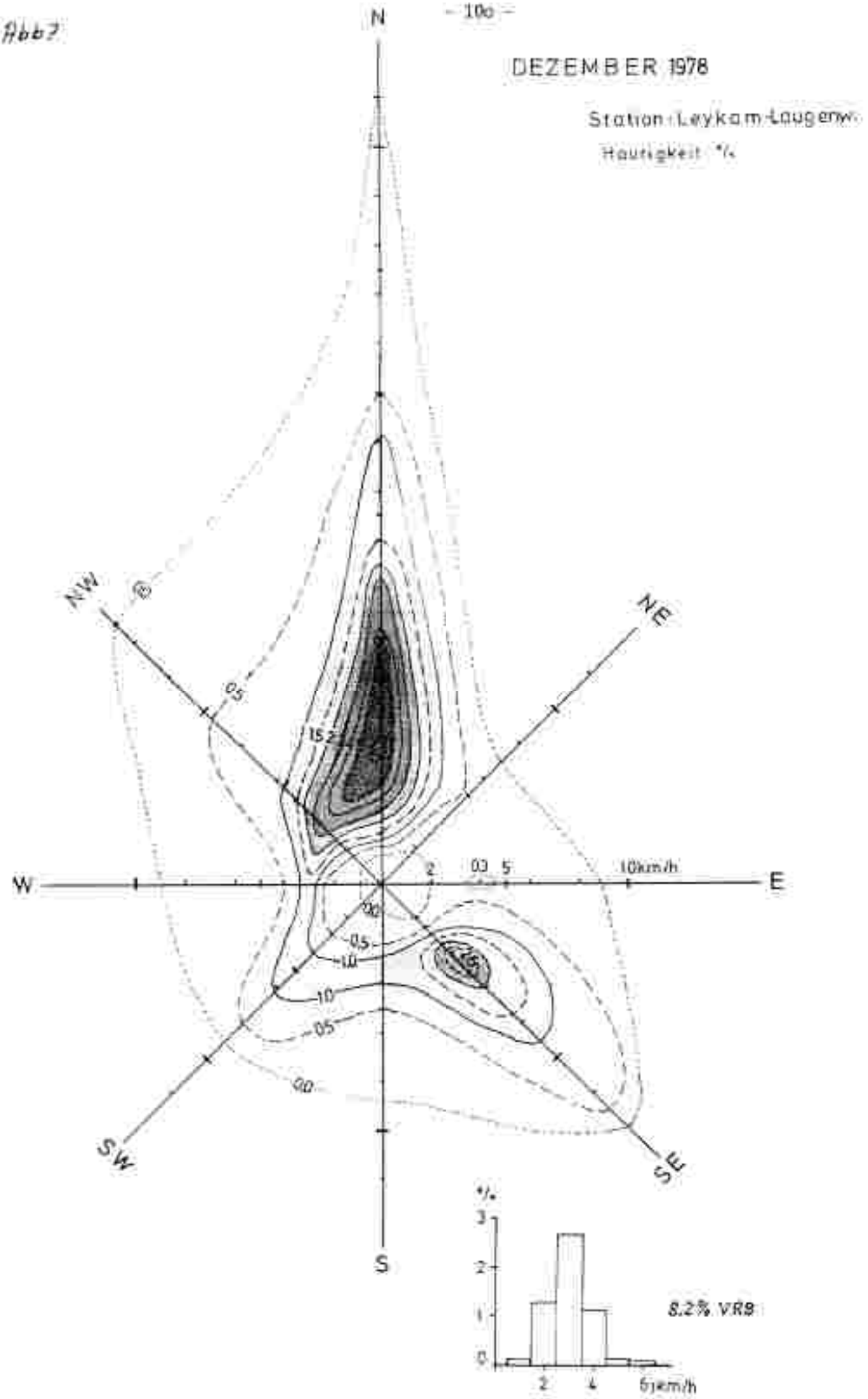
Häufigkeit %





4,4 % VRB

Abb 7


DEZEMBER 1978
Station: Leykam-Laugenw.
Häufigkeit %
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
0.5
1.5
2
0.3
5
10km/h
0.0
0.5
1.0
1.0
0.5
0.0
%
3
2
1
0
2
4
6km/h
8.2% VRB

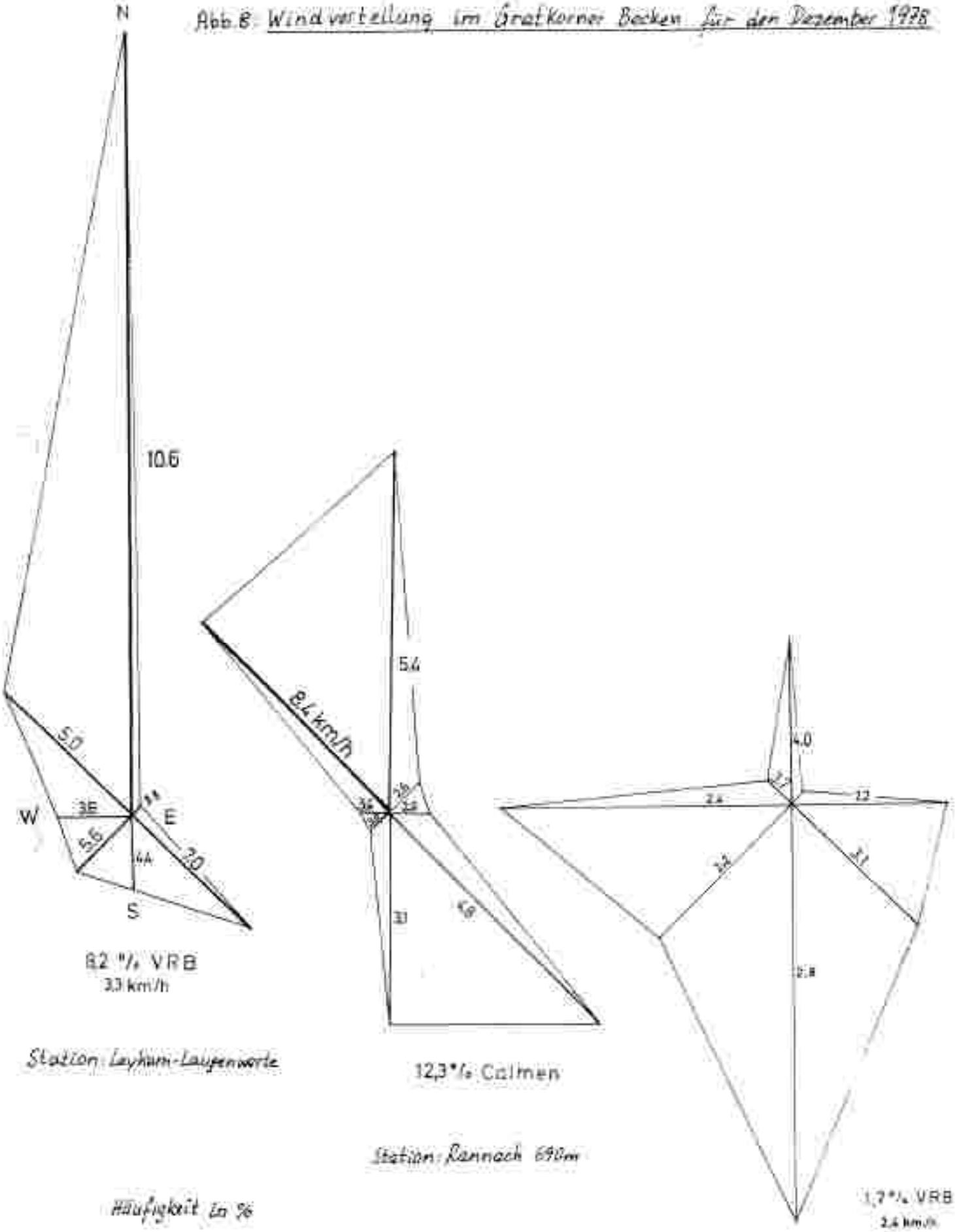
südliche bis östliche Winde vor.

In den Abb. 5 - 7 wurde eine Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit bezüglich der Windrichtung durchgeführt. So traten beispielsweise im Dezember 1978 am häufigsten (an 6 % aller Stunden) Nordwinde mit einer Geschwindigkeit von 5 - 6 km/h auf. Im Oktober 1978 lag das Maximum bei einer niedrigeren Windgeschwindigkeit (10 % für Nordwinde mit 3 - 4 km/h). Bemerkenswert ist ferner, daß in Abb. 7 die NE-Komponente gegenüber der NW-Komponente überwiegt (im Gegensatz zu den anderen Monaten). Allgemein kommt anschaulich die durch die Nord-Süd-Orientierung bedingte Verteilung mit starkem Überwiegen der nördlichen Winde zur Geltung. Im Sommer ist auf Grund des geringeren Anteils des Talabwindes bzw. verstärkten Talaufwindes eine Verschiebung zu erwarten (nur noch 30 - 40 % nördliche Winde).

2.2. Vergleiche mit Windverteilungen anderer Stationen im Gratkorner Becken speziell für den Dezember 1978 (Erläuterungen zu Abb. 8)

Die Verteilung an der Station Leykam weicht kaum von den anderen Monaten ab; hingegen fallen bei Station Straßengel / Terrasse die allgemein geringere Windgeschwindigkeit und der hohe Anteil aus dem S-W Sektor auf. Auf der Rannach dominiert eindeutig die NW-Richtung, ferner kommt der Kontrast zwischen den Winden aus dem Sektor NW-N bzw. S bis SE gut zur Geltung. Typisch für die Station auf dem Laugenturm ist das Fehlen von Calmen (halbstündlich); hingegen verzeichnet die Station Rannach 12,3 % Calmen (einstündig). Die niedrigsten mittleren halbstündlichen Windgeschwindigkeiten am Laugenturm betragen selten 1 km/h, etwas häufiger 2 km/h. Kurzfristige Calmen sind hauptsächlich bei Drehen des Windes von der Nord- in die Südrichtung und umgekehrt zu beobachten. Diese "Windsprünge" scheinen in den Diagrammen als "VRB" auf; ihre Anteil schwankt zwischen 3 - 5 % (nur selten darüber).

Abb. 8: Windverteilung im Gratkorner Becken für den Dezember 1978



2.3. Änderung der Windverteilung durch Nordföhneinfluß
(zu Abb. 9)

In der Abb. 9 ist die bedeutende Zunahme der Windintensität von 4,6 auf 9,1 km/h und die Verstärkung der Nordkomponente durch 4 Tage mit häufigem Nordföhn im November 1978 ersichtlich. Die Verteilung in Abb. 9 zeigt die für windschwache spätherbstliche bis winterliche Hochdruckwetterlagen typischen Verhältnisse. Die Intensität des Talabwindes erscheint dabei gegenüber den anderen Jahreszeiten merklich geschwächt.

2.4. Erläuterungen zu Tab. 2

In der Tab. 2 kommt deutlich der hohe Nordföhneinfluß auf der Rannach zur Geltung (104 Stunden im April 1979), knapp gefolgt von der Station Leykem (75 Stunden). Allgemein wurden bei der Auswertung der Stunden mit Nordföhn (bzw. Südföhn) die Temperaturschichtung (Temperaturgradient wenigstens 0,7 - 0,8°/100 m) und die relative Feuchte (generell unter 50 - 60 %) als Richtlinien berücksichtigt. Häufig ergab sich der Zeitpunkt des Einsetzens bzw. des Erlöschens des Föhns aus der abrupten Zu- bzw. Abnahme der Windintensität, außerdem an Hand des Temperatur- und Feuchtigkeitsverlaufes.

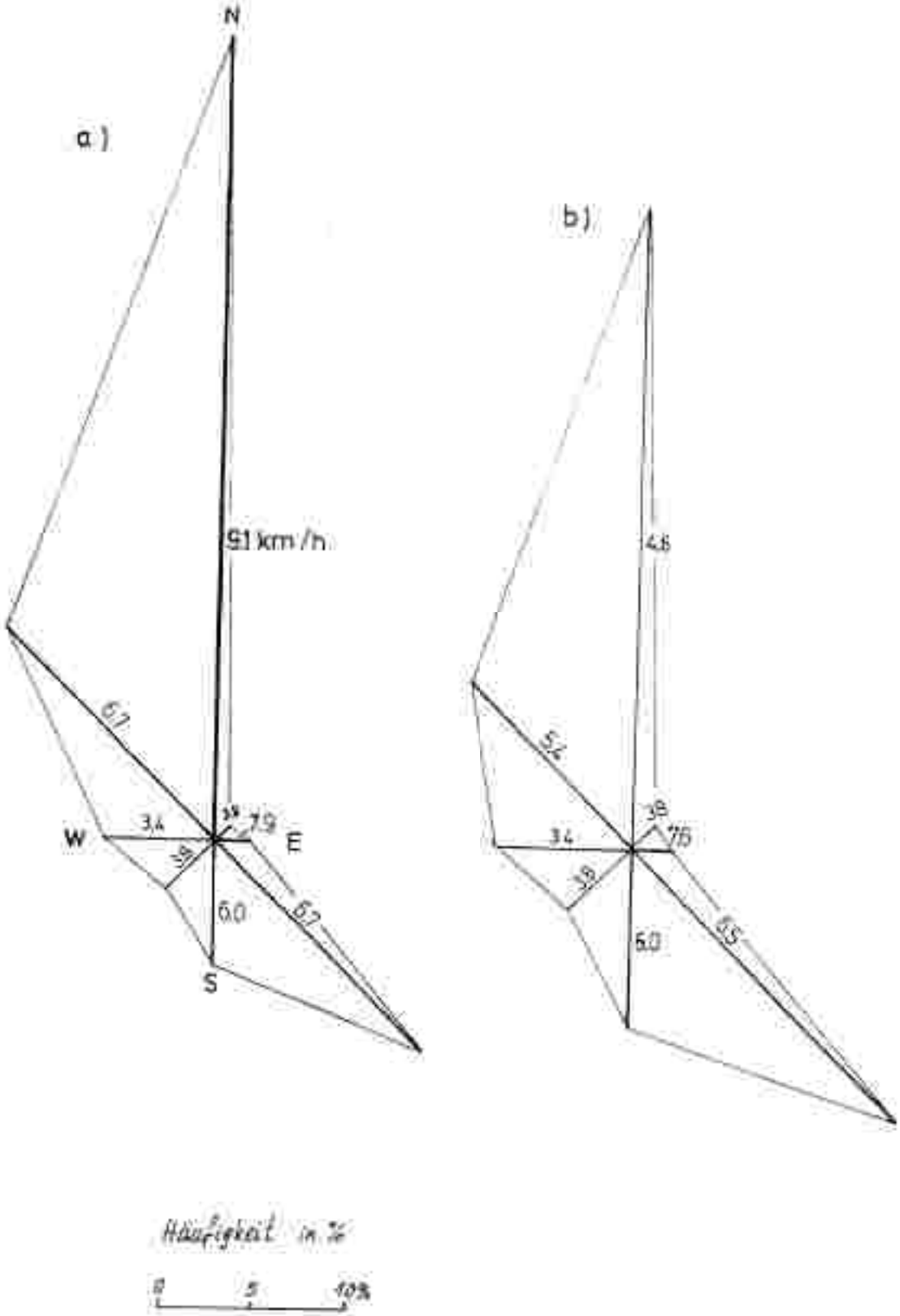
Bei Südföhn im April 1979 waren allgemein die beobachteten Gegensätze geringer als bei Nordföhn. An der Station Rannach hält zwar häufig der Nordföhn auch nachts an, der Südföhn erlischt jedoch schon wenige Stunden nach dem Erlöschen an der Beckensohle. Dies ist nicht zuletzt durch die Lage der Station an der Südwest-Flanke der Rannach mit Stoueffekten bei derartigen Strömungsverhältnissen bedingt.

Die Föhnstatistik wurde durch die Auswertung der Stunden mit bestimmten Schwellenwerten (10,15,20,30 km/h) der Windgeschwindigkeit ergänzt. Wieder zeigt sich die stärke Ventialtion an der Laugenwarte bzw. durch starken Föhneinfluß auch an der Station

Abb. 9: Windverteilung an der Station Leykam/Laugenwarte im November 1978

a) 20 Tage (davon 4 Tage mit Nordföhn)

b) 16 Tage windschwache Hochdruckwetterlage



Häufigkeit in %

0 5 10%

Tab 2: Ergänzung zu den Windverhältnissen im Gratkorner Becken
(speziell Nordföhn- bzw. Südföhneinfluß)

Station Sh m	Monat / Jahr	Zahl der Tage mit Nordföhn d	Stunden h	Zahl der Tage mit Südföhn d	Stunden h	Zahl der Stunden mit einer Windgeschwindigkeit von ≥ 10	≥ 15	≥ 20 Km/h	≥ 30	abs. Max. (zweistündiges Mittel)	Monatsmittel der Windgeschw.
Leykam/Lauschturm	September 1978	9	77	—	—	129	62	35	5	N 33 Km/h	
Straßengel/Terrasse 390m	September 1978	9	63	—	—	55	19	2	—	N 21 Km/h	
Leykam/Lauschwarte	Dezember 1978	3	19	—	—	181	43	11	1	N 31 Km/h	8.0 Km/h
Straßengel/Terrasse 390m	Dezember 1978	2	6	—	—	7	2	—	—	N 15 Km/h	2.7 Km/h
St. Oswald I 530m	Dezember 1978	1	5	2	9	24	—	—	—	SW 14 Km/h	3.1 Km/h
Rannach 690m	Dezember 1978	4	41	1	4	77	45	22	4	NW 33 Km/h	4.9 Km/h
Leykam/Lauschwarte	April 1979	7	75	5	38	278	91	56	7	N 37 Km/h	9.0 Km/h
Straßengel/Terrasse 390m	April 1979	7	54	4	37	99	44	9	—	SW 24 Km/h	5.8 Km/h
Rannach 690m	April 1979	7	101	5	53	213	97	60	15	NW 37 Km/h	7.5 Km/h

Rannach. Beachtlich sind ferner die Unterschiede im Monatsmittel der Windgeschwindigkeit im Dezember.

In den Tab. 3a und 3b[1] sind alle ausgewerteten Monate der einzelnen Stationen im Gratkorner Becken in einer Übersicht zusammengefaßt.

3. Beispiele spezieller Wetterlagen erläutert an Hand von Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf ergänzt durch Windverhältnisse und SO_2- Werte ausgewählter Meßstationen im Gratkorner Becken.

3.1. Hochdruckwetterlagen

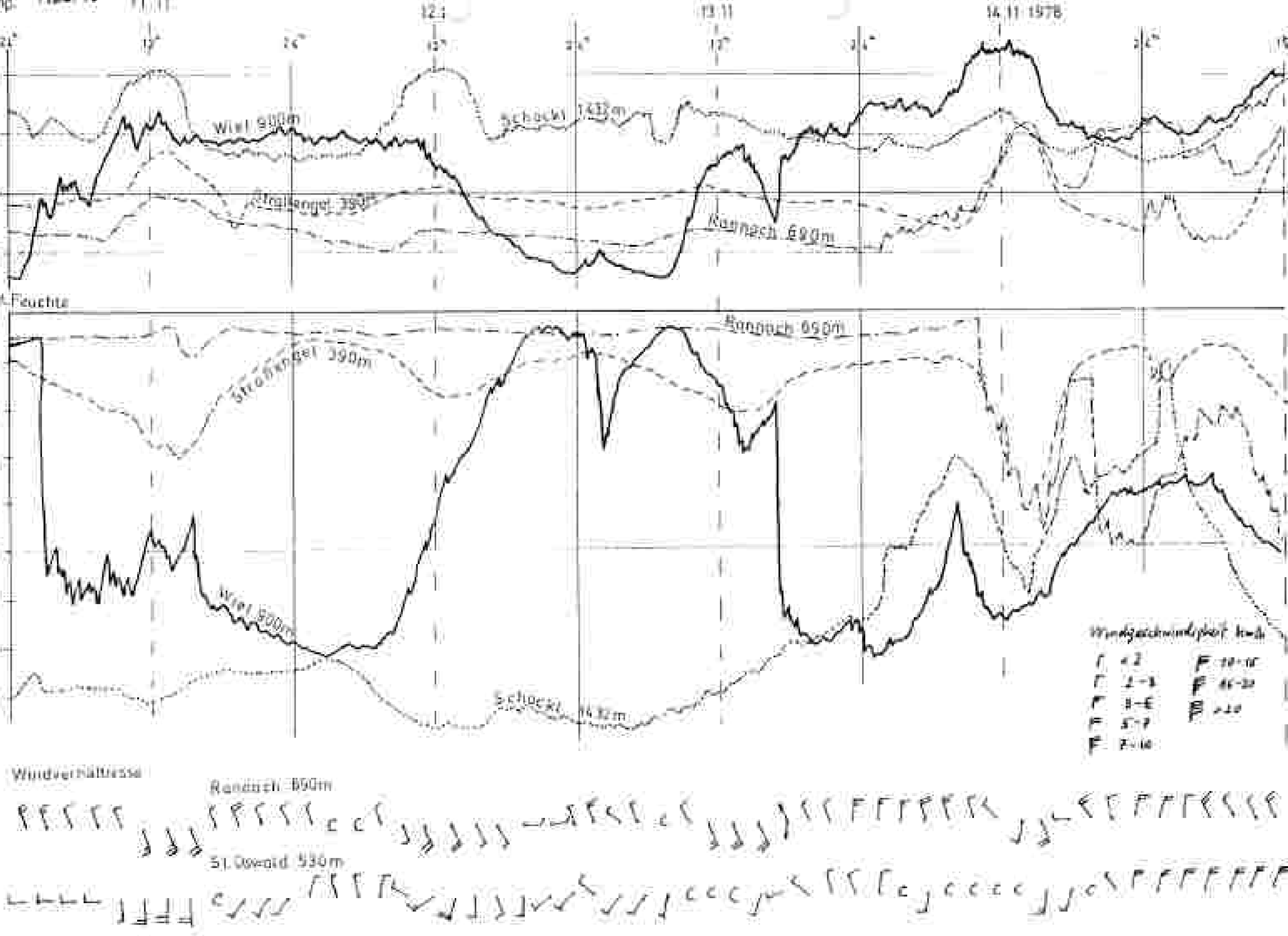
3.1.1. Die Hochdruckwetterlagen im November 1978 (speziell der Ausschnitt vom 11. - 14.11. mit der Ausbildung mächtiger Inversionen - zu Abb. 10).

Am 11.11. erkennt man am Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf der Station Wiel[2] das Absinken der Hochnebelobergrenze auf 700 - 750 m (die Station Rannach 690 m befindet sich noch innerhalb des Kaltluftkörpers). In den Nachtstunden ist diese Station sogar wärmer als der Schöckl, die relative Feuchte sinkt auf Werte unter 30 % ab. Der volle Einfluß des Höhenföhns (auch als "freier" Föhn bezeichnet) infolge kräftiger Absinkbewegungen im Hochdruckgebiet kommt vor allem an der Station Schöckl zur Geltung. Die relative Feuchte verzeichnet außergewöhnlich niedrige Werte (Minima um 11 %); die Temperaturmaxima erreichten 10° und mehr, die Maxime bleiben deutlich über der 0° -Grenze (Tagesschwankung 5 - 7°). Im weiteren Verlauf (ab dem 14.11.) schwächt sich der Höhenföhn ab, die advektive Komponente nimmt dafür zu. Vorherrschend nordwestliche Winde erfassen zuerst wieder die Station Wiel, die am 12.11. erneut in den mächtigen Kaltluftnebelkörper eingetaucht war. Etwa 12 Stunden später setzt auch an der Station Rannach Erwärmung ein; lediglich im Grazer Raum hielten sich am 14.11. noch hartnäckige Nebelreste. In der darauffolgenden klaren

[1] im Anhang

[2] Wiel bei St. Anna in der Südweststeiermark

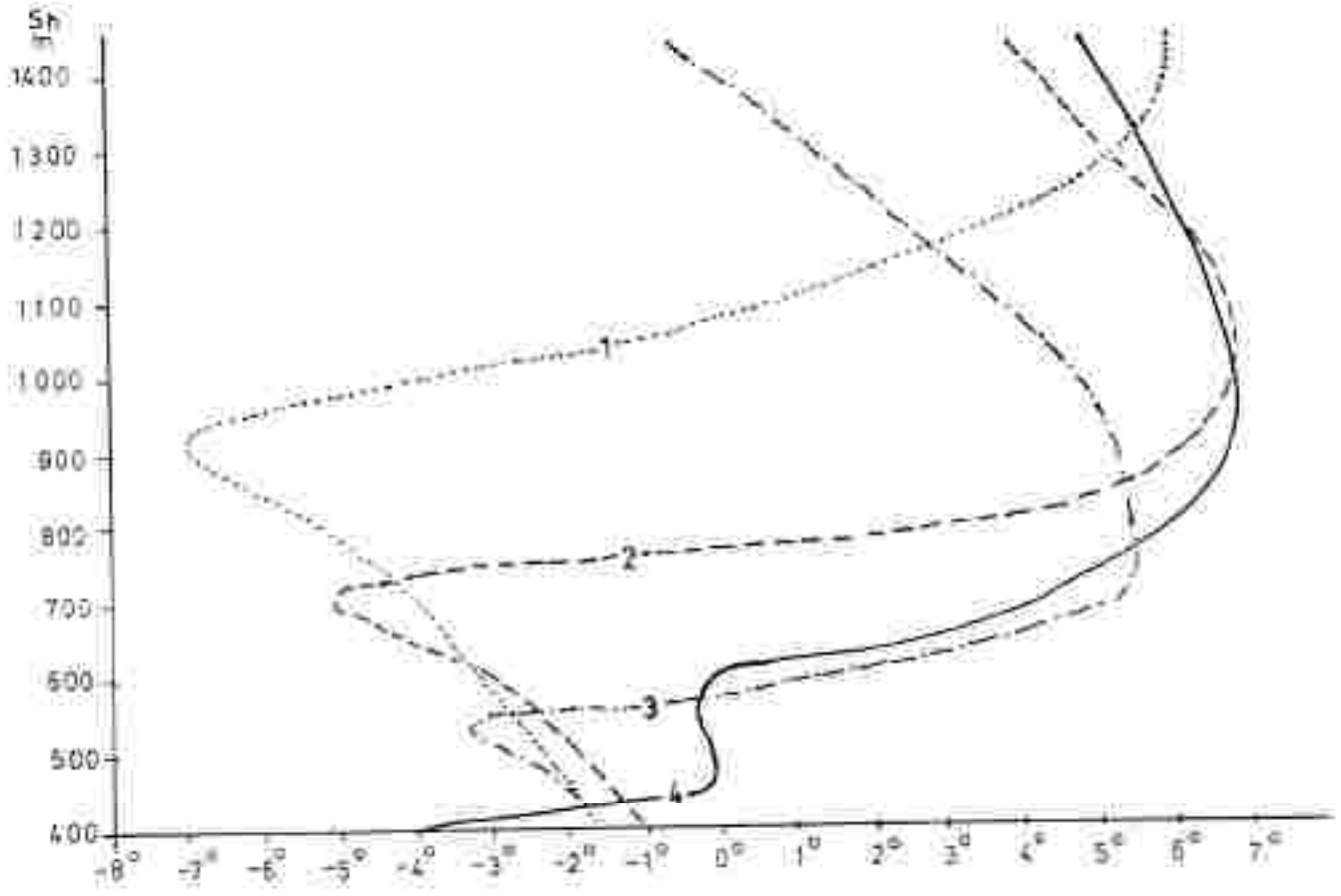
Abb 10


Temp. °C
11.11.
12.11.
13.11.
14.11.1978
Wiel 900m
Schöckl 1432m
Straßengel 390m
Rannach 690m
% rel. Feuchte
Windverhältnisse
Rannach 690m
St. Oswald 530m

Nacht zum 15.11. gab es erstmals im November kräftige Temperaturunterschiede innerhalb des Gratkorner Beckens (bis 8° zwischen Rannach und Straßengel / Terrasse). Mit der Auflösung dieser kräftigen Inversion um die Mittagsstunden des 15.11. war ein rascher Anstieg der SO_2- Werte auf der Terrasse verbunden (Meßstelle 85: Maximum 0,91 mg SO_2/m^3 zwischen 11 - 12 Uhr). Die voran gegangenen Tage wiesen eher ausgeglichene Tagesgänge in den SO_2- Werten auf, die Maxima schwankten zwischen 0,2 - 0,6 mg (am 14.11.). Damit sind bei Hochnebellagen (Obergrenze 700 m und höher) keine hohen SO_2- Werte zu erwarten.

Die größten Temperaturdifferenzen stellten sich am 11.11. bzw. 13.11. mit jeweils 13° zwischen der Höhenstation Wiel (900 m) und Schöckl (1432 m) ein. Da die Nebeloberfläche selbst eine strahlende Fläche darstellt, sinken die Temperaturminima an der Obergrenze von Hochnebeldecken tiefer ab als an tiefer gelegenen Stationen. Die tiefsten Minima in solchen Kaltluftkörpern sind deshalb grundsätzlich an der Obergrenze anzutreffen (Wiel 900 m) -7,7° am 13.11., Rannach (690 m) -4,7°, Straßengel / Terrasse (390 m) -1,7°). Ausnahmen bestehen bei advektiver Warmluftzufuhr aus südlicher Richtung unter Tiefdruckeinfluß im Mittelmeerraum. Beispiele für Temperaturschichtungen mit Hochnebel sind in Abb. 11 dargestellt und erläutert.

Abb. 11: Beispiele für Temperaturschichtungen im November 1978 in Nächten mit bzw. ohne Hochnebel.



1 (13.11., 0 Uhr): Temperaturschichtung bei Hochnebel mit einer Obergrenze um 900 m; wärmste Zone um 1500 m und darüber; Temperaturabnahme im Kaltluftkörper um etwa 0,7° - 1,0°/100 m, nur in der Nähe zur Obergrenze durch nächtliche Ausstrahlung bedingte stärkere Temperaturabnahme.

2 (14.11., 0 Uhr): Temperaturschichtung bei Hochnebel mit einer Obergrenze um 700 m; wärmste Zone in 900 - 1000 m Seehöhe; sonst wie 1.

3 (17.11., 6 Uhr): Temperaturschichtung bei Talnebel mit einer Obergrenze um 550 m (Untergrenze in Talbodennähe); wärmste Zone in 700 - 800 m Seehöhe; infolge starker Luftdurchmischung (W/NW-Wind) deutliche Temperaturabnahme um 0,8°/100 m ab einer Seehöhe um 1000 m.

4 (15.11., 6 Uhr): Temperaturschichtung nach einer klaren Nacht ohne Nebelbildung im Gratkorner Becken; Ausbildung eines seichten Kaltluftsees, darüber der durchmischte Kaltluftkörper (allerdings schon um 4 - 5° wärmer als die Beckensohle!) des Talabwindes mit einer leichten Temperaturabnahme bis zur Obergrenze des Kaltluftsees (Station St. Oswald I 530 m); dann rascher Anstieg bis zu den Stationen Rannach und Wiel (wärmste Zone).

Bei den Windverhältnissen erkennt man deutlich, daß die autochthonen Züge (Talaufwind bzw. Talabwind) erhalten bleiben, doch eher an der Station Rannach als an den tiefer gelegenen Stationen wo die Intensität stark geschwächt erscheint (offensichtlich "Höherschaltung" des Windsystems).

3.1.2. Die kontinentale Hochdruckwetterlage vom 21. - 25.11.1978 (Witterungstyp E_h, am 25. S_h) mit Erläuterungen zu den Abb. 12 und 13.

Im Tagesgang der Temperatur sind an den einzelnen Stationen die für den Spätherbst und Winter typischen Eigenheiten zu erkennen. So wird beispielsweise das Maximum an der Beckensohle im Vergleich mit den anderen Jahreszeiten nur relativ kurz erreicht; außerdem bleibt die Beckensohle an einigen Tagen kälter als die Riedel. Die nächtlichen Inversionen werden demnach nicht mehr aufgelöst, sondern bleiben abgeschwächt erhalten. Unter Südföhneinfluß am 25.11. ist die Station Flesch (1015 m) tagsüber sogar bis zu 5° wärmer als die Beckensohle. Die nächtlichen Temperaturunterschiede erreichen zwischen den Stationen Straßengel / Terrasse und Straßengel / Kirche bis zu 5° (am 23.11.), zwischen der Terrasse und Rannach 8°. Im Temperaturverlauf der Station Straßengel / Terrasse fallen wie schon während der Schönwetterperiode im Oktober 1978 (Zwischenbericht Abb. 1) die kurzfristigen Erwärmungen während der späten Nachtstunden (insbesondere am 24. und 25.). Als Ursache können Unregelmäßigkeiten in der Intensität bzw. Richtungeänderungen des Talabwindes angenommen werden.

Am Nachmittag des 25. dringt mit südöstlichen Winden Talnebel aus dem Grazer Raum vor und erfaßt rasch das gesamte Gratkorner Becken bis zu einer Höhe um 700 m. Im Grazer Raum hielt sich bereits den ganzen Tag über ein beständiger Talnebel (Obergrenze um 440 m) - im Gegensatz zum wesentlich nebelärmeren Gratkorner Becken. Der zeitlich - vertikale Temperaturverlauf im Gratkorner Becken ist in Abb. 13 dargestellt, wobei zur Verstärkung der Anschaulichkeit eine Rasterung in Stufen zu je 5° durchgeführt wurde. So sind

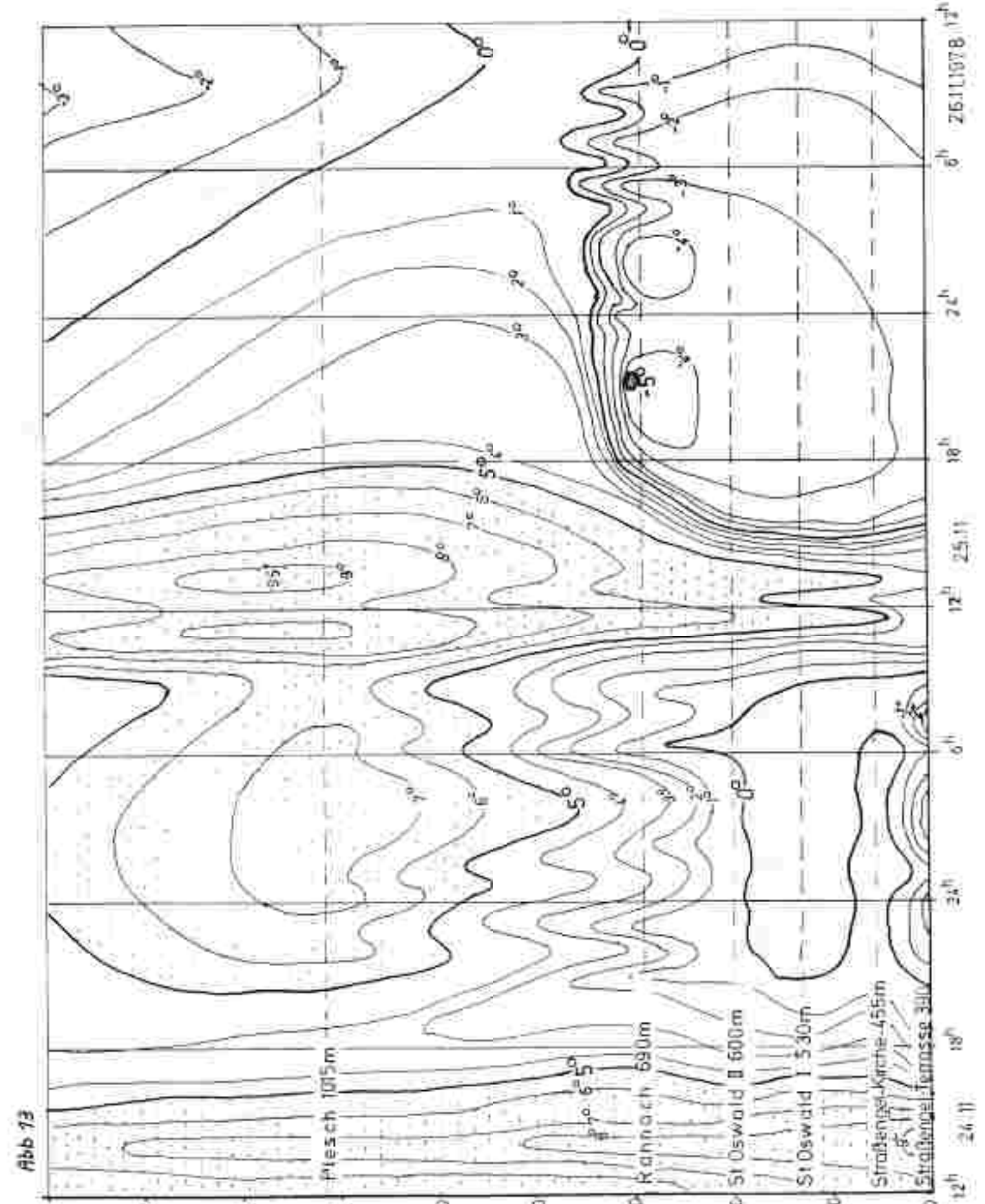
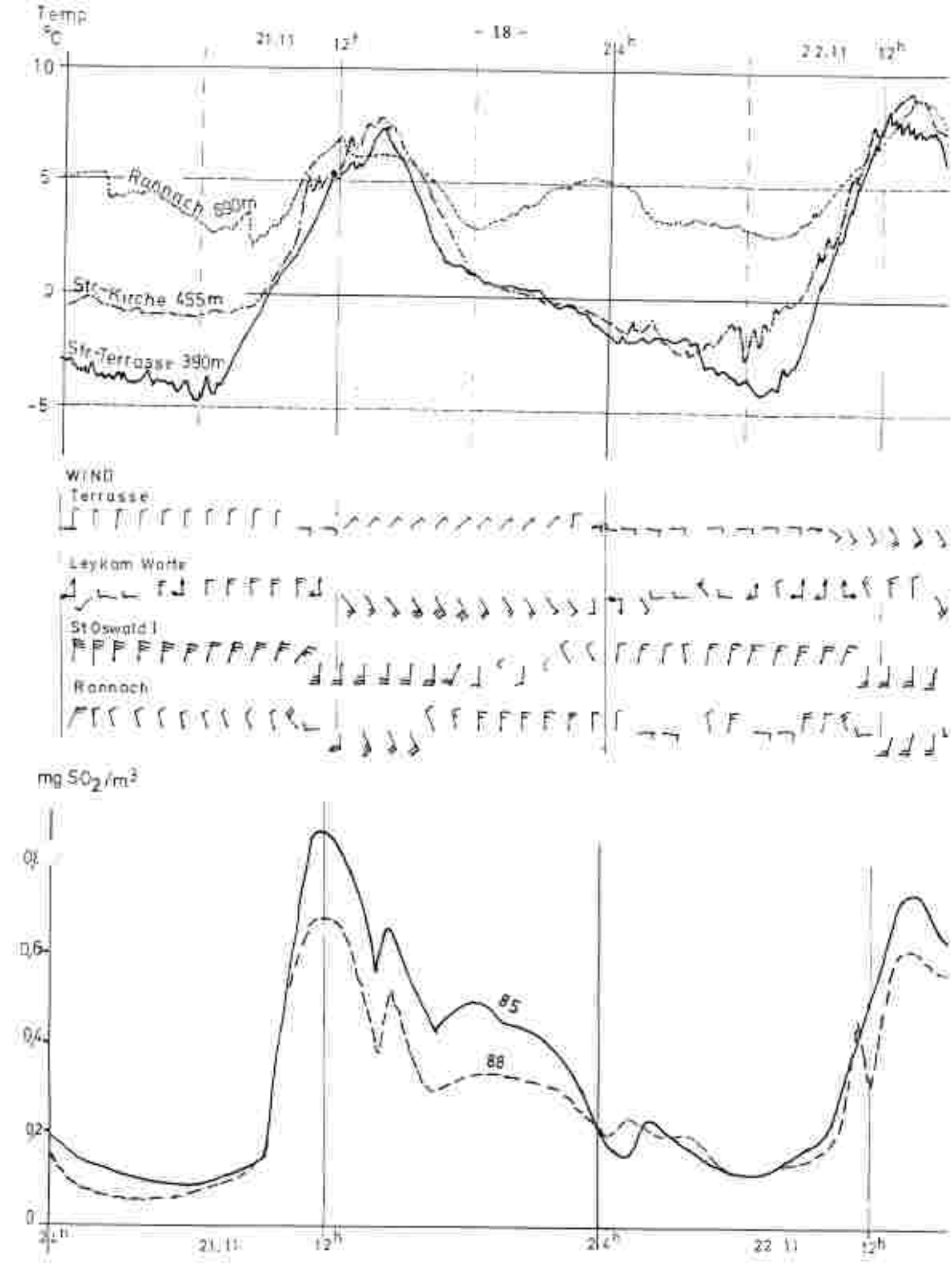


Abb 13
Sh
m
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
Plesch 1015m
Rahnach 690m
St Oswald II 600m
St Oswald I 530m
Straßengel-Kirche 455m
Straßengel-Tomasse 390
12h
26.11
18h
24h
6h
25.11
12h
18h
24h
6h
26.11.1978
12h


Temp °C
21.11
12h
24h
22.11
12h
10
5
0
-5
Rannach 680m
Str-Kirche 455m
Str-Terrasse 390m
WIND
Terrasse
Leykam Watte
St Oswald I
Rannach
mg SO2/m3
0,8
0,6
0,4
0,2
0
85
88
21.11
12h
24h
22.11
12h

etwa die relativ warmen Bereiche mit einem Punktraster, die kalten mit einem Flächenraster versehen. Deutlich ist in der Nacht zum 25.11. der auflebende Südföhn mit der damit verbundenen Erwärmung am Pleschkogel zu erkennen, die jedoch das 700 m - Niveau der Rannach nur abgeschwächt erfaßt. Die Nacht zum 26.11. ist durch eine Hochnebellage mit den kältesten Temperaturen an der Obergrenze (Rannach -5°) charakterisiert. Gleichzeitig erlischt auch der Südföhn auf dem Plesch; die Bewölkung nimmt rasch zu und schließlich setzt gegen 8 Uhr (am 26.) Schneefall ein.

Der Talaufwind bzw. Talabwind kommt besonders typisch an der Station St. Oswald I zur Geltung - an der Station Leykam / Laugenwarte sind Unregelmäßigkeiten zu beobachten. So hält der Talabwind beispielsweise am 24. ganztägig an; in der Nacht zum 22. tritt noch bis 24 Uhr SE-Wind auf. In einigen Nächten im November scheint die Meßstelle nicht voll vom Talabwind erfaßt worden zu sein (teilweise richtungsuneinheitliche Winde). Hingegen ist an der Station St. Oswald I bezüglich der Intensität des Talabwindes keine nennenswerte Abweichung gegenüber den anderen Jahreszeiten festzustellen. Er setzt dort meist gegen 18 Uhr (Geschwindigkeit häufig 6 - 10 km/h) ein und wird zwischen 11 und 12 Uhr vom Talaufwind (5 - 8 km/h) abgelöst. Auf der Rannach werden teils ähnlich wie in der Schönwetterperiode im Oktober 1978 relativ schwache östliche Winde (warme Hangwinde) registriert; teilweise treten auch überwiegend nordwestliche Winde auf. Im krassen Gegensatz zu den anderen Stationen verzeichnet die Station auf der Terrasse während der Nachtstunden vorwiegend südliche Winde (Ausnahme Nacht 21.22.11.); tagsüber setzt sich die Ostkomponente durch (vor allem am 25.11.).

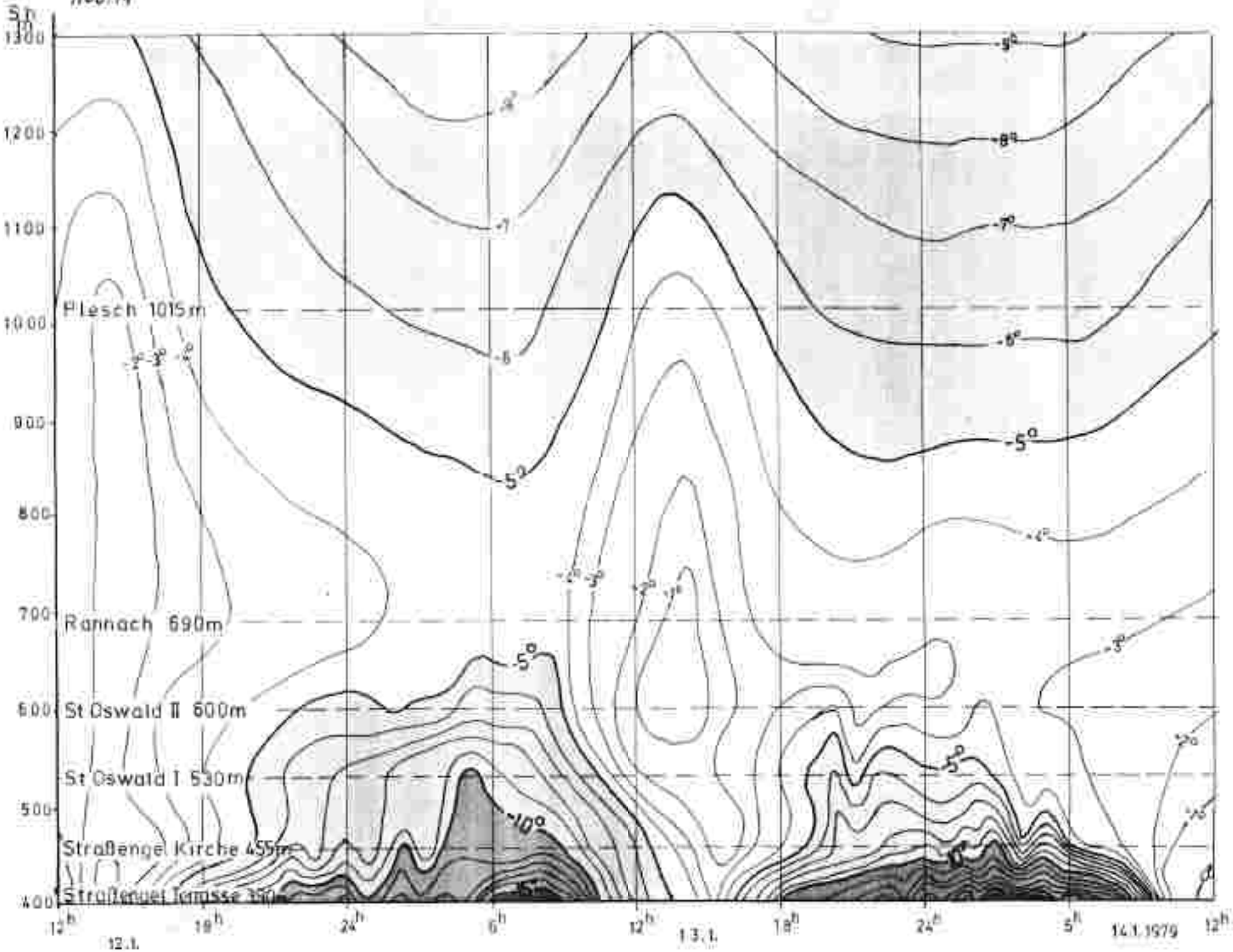
Den Temperatur- und Windverhältnissen wurden die Tagesgänge der SO_2- Werte hinzugefügt. Besonders charakteristisch sind die Maxima gegen 12 Uhr, wobei sich dieser Zeitpunkt mit dem Wechsel zwischen Talabwind bzw. Talaufwind deckt. Der Anstieg der SO_2-Werte am Abend des 25.11. ist auf die Nebelbildung (Unterbrechung des

autochthonen Windsystems im Gratkorner Becken) zurückzuführen. Ein Zusammenhang zwischen den Meßstellen im Gratkorner Becken und der Meßstelle 56 (Graz/Nord) besteht - wenigstens in diesen Tagen - nicht; vielmehr weist der Tagesgang zwei Maxima (am Vormittag bzw. am Nachmittag und Abend) auf. Von allen Hochdruckwetterlagen im Jahr zählen die im Spätherbst und Winter zu den ungünstigsten Wetterlagen für die Ausbreitung im Gratkorner Becken. Ursachen sind hauptsächlich die geringe Einstrahlung (Inversionen bleiben auch tagsüber erhalten) und eine Verminderung der Durchlüftung infolge Intensitätsabschwächung des Talabwindes.

3.1.3. Hochdruckwetterlage im Hochwinter mit Schneedecke (Witterungstyp NW_h / zu Abb. 14) (12.1. - 14.1.1979)

In den beiden klaren Strahlungsnächten mit Schneedecke werden hauptsächlich in den ersten 50-100 Höhenmetern über der Beckensohle die nächtlichen Temperaturunterschiede entscheidend verschärft (bis zu 8° zwischen der Terrasse und 65 m höher gelegenen Station Straßengel / Kirche). Ab einer Seehöhe von 700 m herrschten nördliche Winde vor, die für eine kräftige Durchmischung der Luft und damit für eine deutliche Temperaturabnahme mit der Höhe (0,8 - 1,0°/100 m) sorgten. Somit lag in den beiden Strahlungsnächten die Station Hannsch in der wärmsten Zone, gleichzeitig war es an der Beckensohle bis zu 12° kälter. Am 14. erfaßte am Vormittag die sich verstärkende Nordwestströmung föhnartig auch die Talsohle; somit bestand im Gegensatz zum 13. um die Mittagsstunden des 14. keine Inversion. Wegen der günstigeren Durchlüftung schneidet der Witterungstyp NW_h auch im Winter im Vergleich mit der in 3.1.2. besprochenen Hochdruckwetterlage relativ günstig bezüglich der SO_2- Belastung ab (Spitzenwerte allgemein nur wenig über 0,2 mg SO_2/m^3).

Abb. 14



Sh
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
Plesch 1015m
Rannach 690m
St Oswald II 600m
St Oswald I 530m
Straßengel Kirche 455m
Straßengel Terrasse 390m
-5°
-10°
12h
19h
24h
6h
12h
18h
24h
5h
12h
12.1.
13.1.
14.1.1979

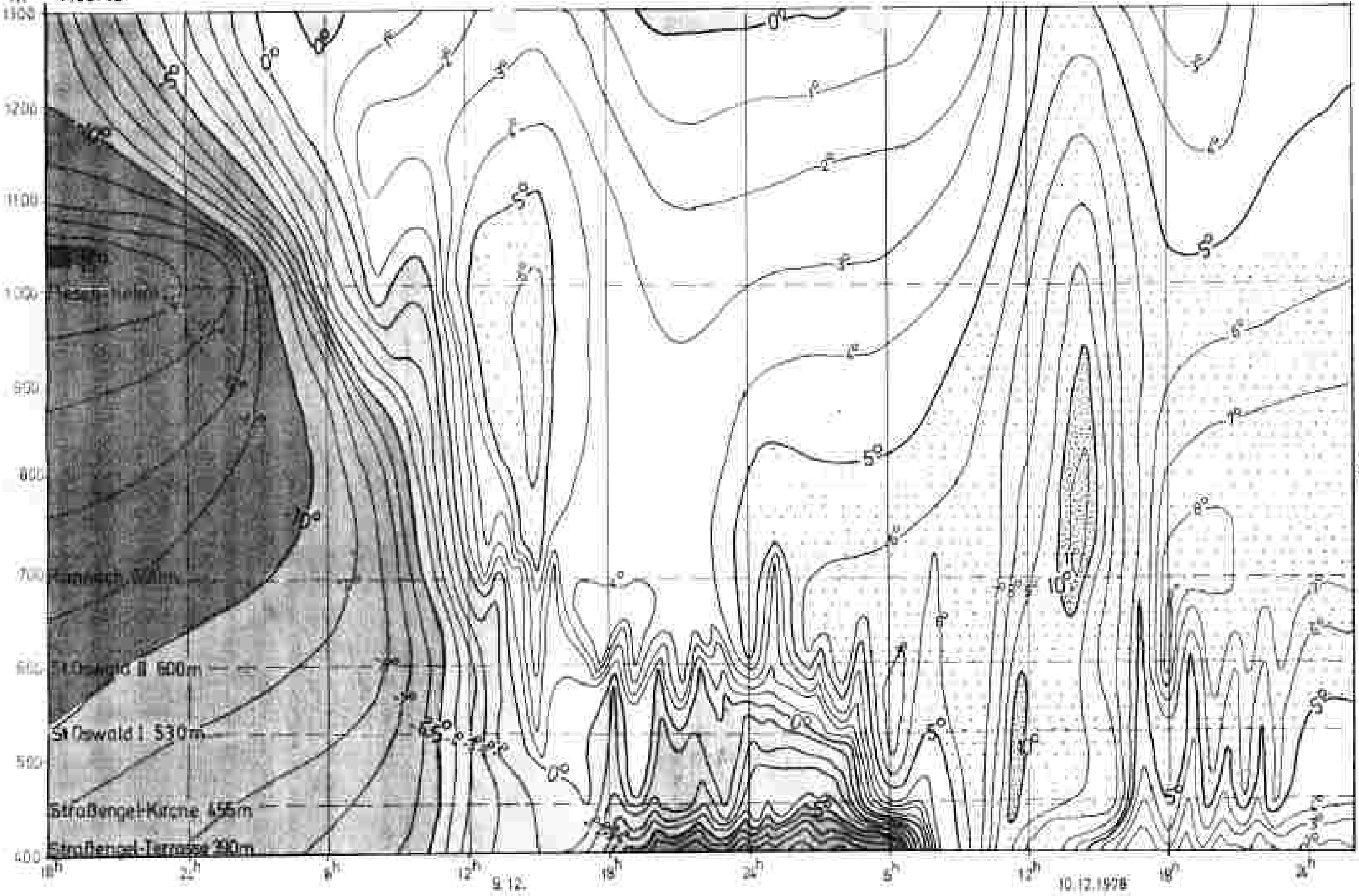
3.2. Atlantischer Warmlufteinbruch am 9. und 10.12.1978
(Witterungstyp $NW_{b/w}$ / zu Abb. 15)

In Abb. 15 erkennt man zunächst noch Reste der mächtigen kontinentalen Kaltluft (Hochnebel mit einer Obergrenze um 1000 m) mit den kältesten Temperaturen an der Obergrenze des Hochnebels (Plesch -15°). Am 9.12. wird diese Kaltluft relativ rasch von der mit nordwestlichen Winden herangeführten Warmluft verdrängt (Temperaturanstieg am Plesch um 21° innerhalb 15 Stunden). Im selben Zeitraum tritt an der Beckensohle nur eine Erwärmung um etwa 7° ein. Um 15 Uhr verzeichnet der Plesch bereits um 8° höhere Temperaturen als die Talsohle. Die Warmluft erfaßt nun in weiterer Folge die Riedel (600 m - Niveau). Im Gratkorner Talkessel hält sich noch hartnäckig ein Kaltluftsee, der aber schließlich gegen 8 Uhr von der föhnartig durchgreifenden Warmluft ausgeräumt wird. Die dabei kurzfristig aufgetretenen Temperaturunterschiede zählen zu den größten im Beobachtungszeitraum (Straßengel / Terrasse - Kirche 11° am 10.12. um 6 Uhr; Straßengel / Terrasse - St. Oswald II 15° um 4 Uhr). In der Höhe verstärkt sich ab den Mittagsstunden die Warmluftzufuhr (Rannach 11°), im Gratkorner Becken baut sich nach raschem Erlöschen des Nordföhns erneut eine Inversion auf, die allerdings infolge Bewölkung nicht so kräftig ist wie die in der Nacht zum 10.12. Derartige Warmlufteinbrüche im Winter zählen zu den interessantesten Phänomenen im Gratkorner Becken. Sie können die SO_2 - Werte - meist allerdings nur für wenige Stunden bis zur Beseitigung der Kaltluft - in die Höhe schnellen lassen. Am 9.12. stiegen die SO_2- Werte auf der Terrasse (Meßstelle 85) auf 0,6 - 0,7 mg SO_2/m^3 (Abb. 15b), sanken dann aber rasch wieder auf Werte unter 0,2 mg ab.

3.3. Die West- bis Südwetterlage vom 26.12. - 30.12.1978
(Witterungstyp vorwiegend S_b / zu Abb. 16)

In dieser Periode fällt besonders der unruhige Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf an der Station Rannach auf. Innerhalb weniger Stunden schwankte die Temperatur mehrmals bis zu 5° und

Abb. 45


m
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
St.Oswald II 600m
St.Oswald I 530m
Straßengel-Kirche 455m
Straßengel-Terrasse 390m
18h
24h
6h
12h
9.12.
18h
24h
6h
12h
10.12.1978
18h
24h
0°
5°
10°

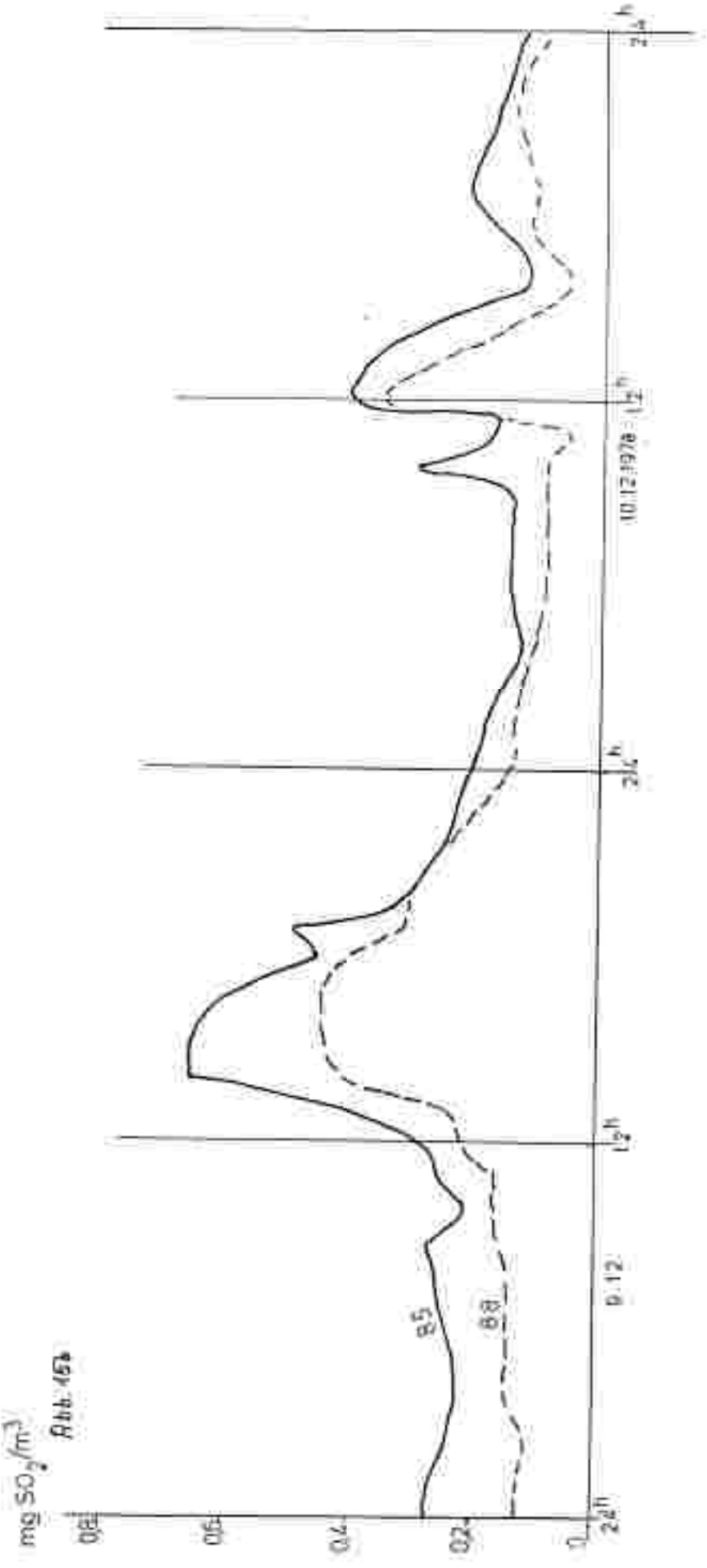
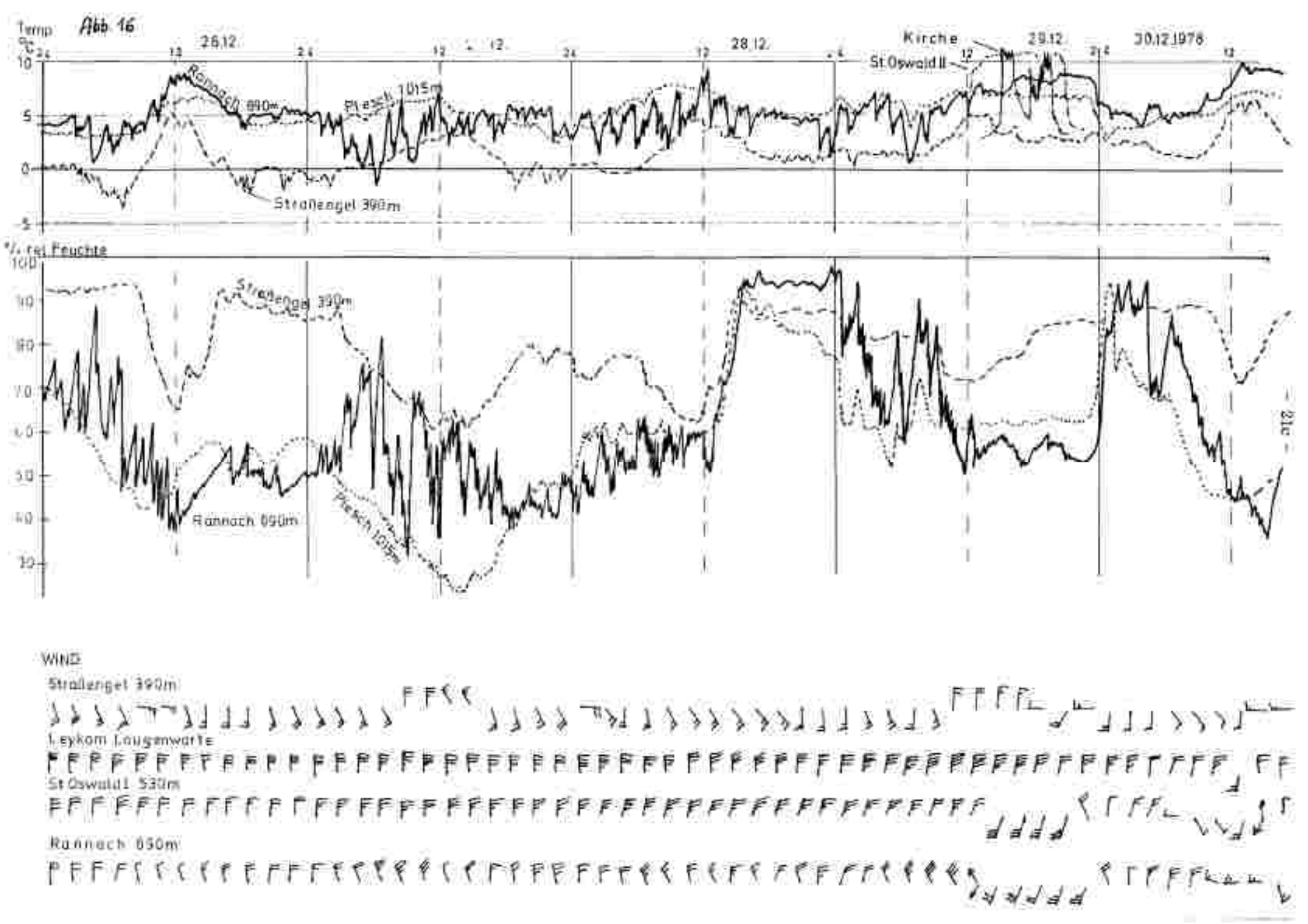


Abb. 15


Temp °C
Abb 16
26.12.
28.12.
29.12.
30.12.1976
Kirche
St Oswald II
Rannach 890m
Plesch 1015m
Straßengel 390m
% rel Feuchte
Straßengel 390m
Rannach 890m
Plesch 1015m
WIND
Straßengel 390m
Leykom Lougenwarte
St Oswald 530m
Rannach 890m

darüber. Die Differenzen in der relativen Feuchte erreichten 40 - 50 %. Die Station befand sich in diesen Tagen in der Mischungszone zwischen der mit westlichen bis südwestlichen Winden herangeführten Warmluft und dem Einflußbereich des Talabwindes mit relativ kalter Luft. Die Station Rannach verzeichnete von wenigen Ausnahmen abgesehen - auch tagsüber deutlich höhere Temperaturen (bis zu 8°) als die Terrasse, war aber gleichzeitig größtenteils kälter als die Station Flesch, insbesondere am 27. und 28.12.. Der interessanteste Tag in der Periode war zweifellos der 29.12.. Auflebender Südföhn erfaßt um 12 Uhr zunächst die Station St. Oswald II (600 m, Anstieg auf 11°). Etwa 3 Stunden später setzt auch an der Station Straßengel / Kirche eine sprunghafte Erwärmung um 7° ein. Dabei bestand kurzfristig ein Temperaturunterschied von 8° zwischen der Kirche und der Terrasse. Vor 20 Uhr ist nochmals eine deutliche Erwärmung festzustellen; dann erlischt zuerst an der Station St. Oswald II, gegen 24 Uhr auch an der Station Rannach der Südföhneinfluß. Bemerkenswert ist ferner, daß nicht nur während aller 4 Tage (26. - 29.) ununterbrochen, sondern vor allem auch am 29.11. der Talabwind mit einer bisher nicht erreichten Intensität (halbstündliche Mittel bis 26 km/h an der Laugenwarte) herrschte. Dabei ist gerade am 29.11. zu berücksichtigen, daß nur etwa 150 m über der Beckensohle bereits Süd- bis Südwestwinde (7 - 10 km/h) auftraten. Aus der Darstellung der Windverteilung in Abb. 16 kommt dieser krasse und wohl einmalige Gegensatz deutlich zur Geltung.

Bemerkenswert ist schließlich, daß trotz der zeitweise beachtlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Beckensohle und den Riedeln die SO_2- Belastung infolge des kräftigen Talabwindes gering blieb. Auffallend sind ferner die häufigen schwachen Süd- bis Südostwinde auf der Terrasse.

Ansonsten treten beim Witterungstyp S_b die höchsten SO_2-Belastungen im Beobachtungszeitraum auf. So verzeichnete die

Meßstelle 85 auf der Terrasse am 8.1.1979 Spitzenwerte bis 0,99 mg SO_2/m^3 und am 9.1. bis zu 0,88 mg. Beide Tage waren durch Südföhneinfluß auf dem Plesch gekennzeichnet; das zweite Maximum an der Meßstelle 85 fiel gleichzeitig mit dem Erlöschen des Südföhns am Plesch gegen 4 Uhr (am 9.1.) zusammen.

4. Ergänzungen zur Karte der Geruchswahrnehmungen vom 11. - 13.9.1978 (zu Abb. 17)

Für die Darstellung der Geruchswahrnehmungen in der Abb. 17 wurden sämtliche Telefonanrufe bei einer Grazer Zeitung ausgewertet. Dabei stammten allein aus den nördlichen Bereichen von Graz über 300, aus dem Raum Judendorf-Straßengel 78 Anrufe. Die weitaus überwiegende Anzahl (90 %) enthielt Klagen über Geruchsbelästigungen in den Nacht- und frühen Vormittagsstunden. Der Auswertung wurden nun die herrschenden Strömungsverhältnisse in den vorwiegend klaren Strahlungsnächten (11.- 13. bei spätsommerlichem Schönwetter) zugrunde gelegt. Die nächtliche Ausbreitung deckt sich demnach recht gut mit dem Einflußbereich des Talabwindes: einzelne Anrufe stammten beispielsweise noch aus Straßgang bzw. Messendorfberg. Deutlich erkennt man ferner die hohen Reibungsverluste durch die dichte Verbauung in den inneren Bezirken - daher erfolgt dort eher ein "Abheben" der Strömung (relativ wenige Anrufe). Am stärksten betroffen waren Teile der nördlichen Bezirke von Graz.

Mit dem Überströmen des Talabwindes über die Senke von St.Oswald (bzw. Wipfing bei Plankenwarth) gelangten Geruchsstoffe bis in den Raum Hitzendorf. Das "Kerngebiet" stellte jedoch das Gebiet um Judendorf-Straßengel dar, da dort nicht nur in den Nachtstunden, sondern auch zur Zeit der Auflösung der Inversion am Vormittag teils starke Geruchskonzentrationen auftraten.

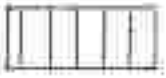
Es stellt sich nun die Frage, inwieweit im Laufe des Beobachtungszeitraumes ein Zusammenhang zwischen den von Beobachtern gemeldeten Geruchswahrnehmungen und spezieller Wetterlagen besteht.

Legende zur Karte der Geruchswahrnehmungen

(Basis: Telefonanrufe (532, davon 346 aus Graz/Nord, 78 aus Judendorf-Straßengel) vom 11.9. - 13.9.1978 bei überwiegend spätsommerlichem Schönwetter)

Gebiete mit Geruchswahrnehmungen

vereinzelt, überwiegend leicht



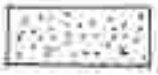
häufiger, überwiegend mäßig

häufig, überwiegend mäßig-stark

} nachts bei Talabwind

unterschiedlich

tagsüber bei Talaufwind



teilweise stark, lokal begrenzt

zur Zeit (in den Vormittagsstunden) der Auflösung der nächtlichen Schönwetterinversionen im Gratkorner - Becken

Nach den bisherigen Auswertungen haben ungünstige Witterungstypen (wie S_b, $NW_{b/w}$, E_h, S_h) sicherlich zur Verstärkung, andererseits Wetterlagen mit Nordföhn zur Verringerung der Geruchsbelastung beigetragen. Bemerkenswert ist jedoch, daß vor allem im November bei teils sehr ungünstigen austauscharmen Witterungsbedingungen nur vereinzelte und leichte Geruchswahrnehmungen gemeldet wurden. Andererseits trat an einigen Tagen trotz günstiger Verhältnisse eine Geruchsbelästigung auf. Somit kann insgesamt festgestellt werden, daß das Ausmaß eines Defektes einen wesentlichen, die Witterungsbedingungen einen eher nur geringen Einfluß auf den Grad der Geruchsbelästigung ausüben und damit die Korrelation zwischen Geruchswahrnehmung und Witterung relativ bescheiden bleibt.

5. Ergänzungen zu den Meßfahrten des Österreichischen Bundesinstitutes für Gesundheitswesen.

Die Messungen wurden jeweils ganztägig am 22. und 23.2.1979 (auch nachts) bei Hochdruckwetter durchgeführt, bei der Meßfahrt am 5.3. war der Hochdruckeinfluß schwächer (zeitweise Ac-Bewölkung). Für die beiden ersten Meßtage wurden Temperatur- und Windverhältnisse in Diagrammen (Abb. 18) dargestellt. Wie in den anderen Beispielen für Hochdruckwetterlagen fallen auch hier die Erwärmungen in den Nachtstunden an der Station Straßengel / Terrasse auf. Bedingt durch die schon kräftigere Einstrahlung bestehen im Gegensatz zum November keine Inversionen um die Mittagsstunden mehr; sie werden bereits gegen 9 - 10 Uhr aufgelöst. Bei den Windverhältnissen dominieren auf der Terrasse schwache südliche Winde. An der Station Leykam Laugenwarte hält der Talabwind bis ca. 12 Uhr noch an, bis er relativ abrupt vom Talaufwind abgelöst wird; dieser erlischt gegen 17 Uhr. Bemerkenswert ist ähnlich wie in der Schönwetterperiode im Oktober, daß die maximale Intensität des Talabwindes (bis 15 km/h am 23.) etwa 1 Stunde vor der Drehung des Windes auftritt; ansonsten schwankt die Geschwindigkeit zwischen 3 - 7 km/h. Zur Versu-

Abb. 18

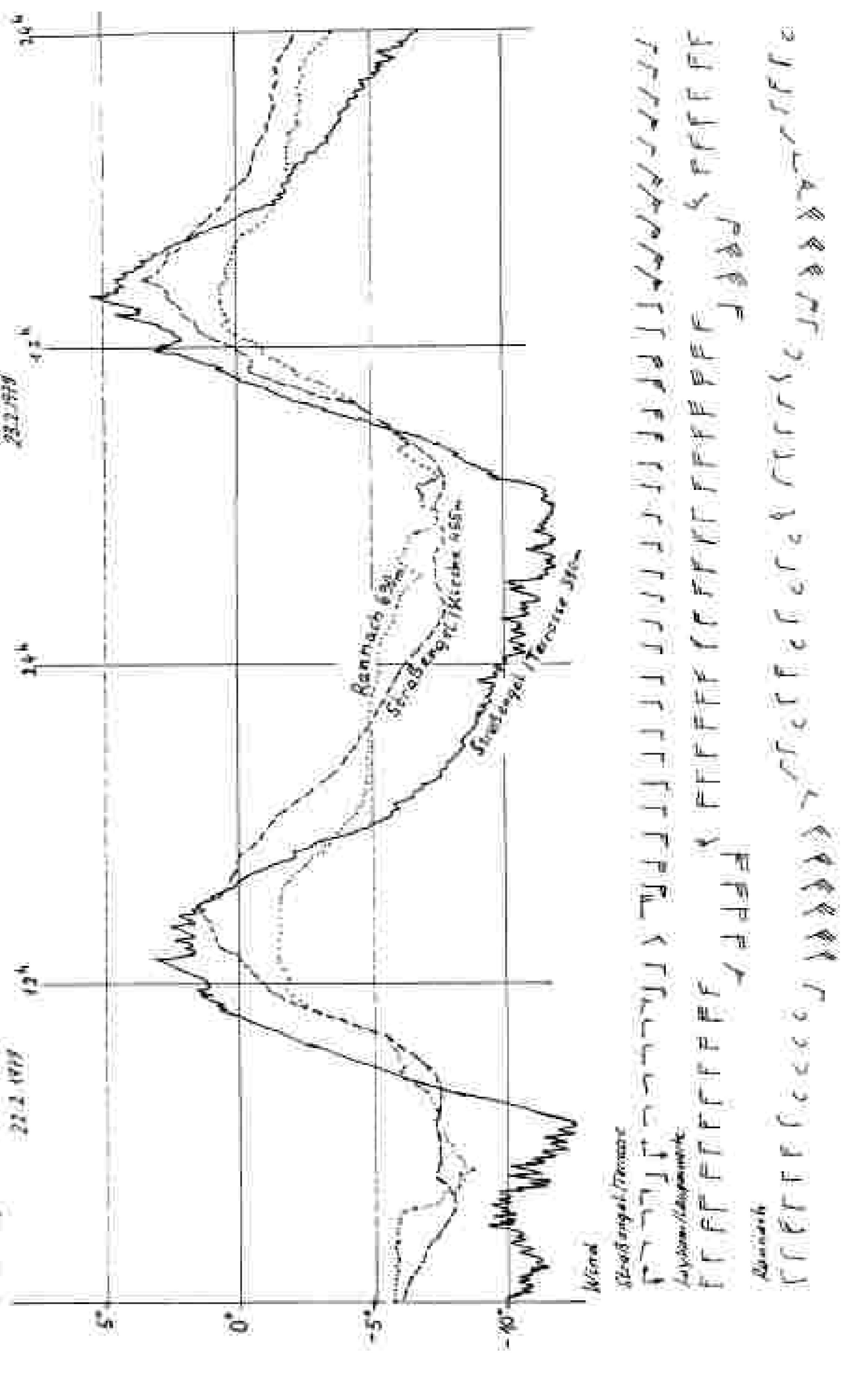
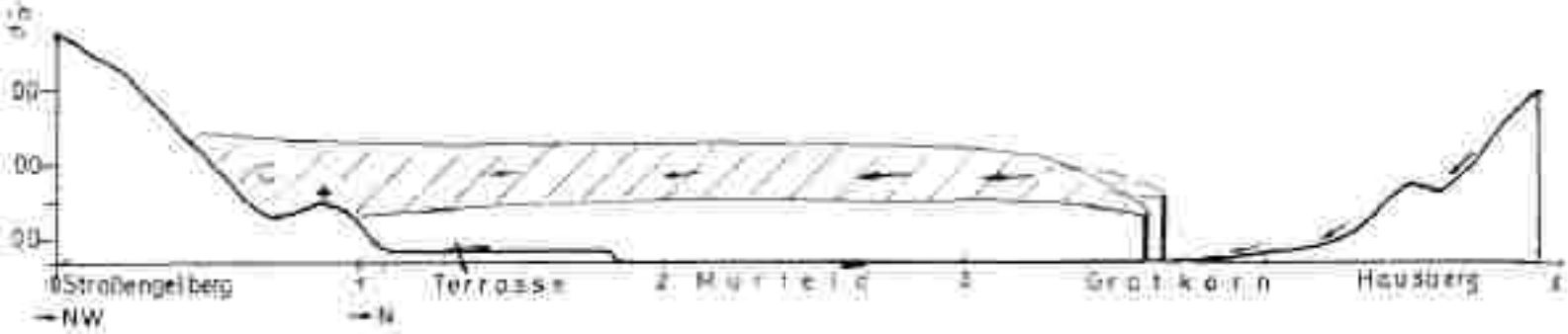

22.2.1979
23.2.1979
12h
24h
5°
0°
-5°
-10°
Rannach 630m
Straßengel/Kirche 455m
Straßengel/Terrasse 380m
Wind
Straßengel/Terrasse
Rannach

Abb. 19 autochthoner Tagesgang der Windsysteme im Gratkorner Becken



1) Situation während der Nachtstunden: Talabwind in Bodennähe Kaltluftabfluß, speziell im Süden des Beckens (Straßengler Feld) häufig aus SE bis SW, relativ hohe SO_2-Werte an der SO_2-Meßstation Straßengel/Kirche (Spitzen bis 0,8 mg/m³), auf der Terrasse hingegen geringe Werte um 0,1 mg/m³

2) Situation einige Stunden (häufig 3-4) nach Sonnenaufgang: Talaufwind aus S (Raach, Grazpforte) hat eingesetzt, in Gratkorn hält der Talabwind noch an, schwache Winde aus S bis E in Süden und Südwesten des Beckens (kein Kaltluftabfluß mehr), lokale Nordwinde, vor allem am Straßengelberg. Anstieg der SO_2-Werte auf der Terrasse (im Winter bes. durch Hausbrand).

3) Situation nach Auflösung der nächtlichen Inversion: Talaufwind hat sich durchgesetzt - Ausbreitung vorwiegend nach NW und N, im Südwesten des Beckens durch Absinkbewegungen Anstieg der SO_2-Werte auf der Terrasse (Eintritt des Maximums) an der Station Kirche Abnahme der SO_2-Werte, an den Südhängen Thermik, durch lokale Anwehung kurzzeitige Maxima an den SO_2-Meßstellen Hörgas und Hausberg, vorwiegend in den frühen Nachmittagsstunden, in den ersten Stunden des Talaufwindes gelangt noch teils stark vorbelastete Luft aus Graz/Nord durch das Talenge von Raach (Richtung St. Stefan im Osten des Beckens).

4) Situation nach Sonnenuntergang: Talaufwind hält noch in der Höhe an (höherer Schub), vor allem in Bodennähe lokaler Kaltluftabfluß, bis zum Einsetzen des Talabwindes geringe SO_2-Werte an der Station Kirche bzw. auf der Terrasse.

anschaulich den autochthonen Tagesganges der Windsysteme im Gratkorner Becken wurde in Abb. 19 eine Gliederung in vier Phasen durchgeführt. In der zweiten Phase erreicht der Talabwind sein Maximum. Zur dritten Phase ist zu ergänzen, daß der Talaufwind erst einige Zeit später - im Februar 2 - 3 Stunden - nach Auflösung der Inversion einsetzt. Im Hochwinter und Spätherbst registrierte allerdings die Meßstelle Laugenwarte auch bei tagsüber anhaltender Inversion Talaufwind.

Die Ergebnisse der Meßfahrten wurden in Karten mit Linien gleicher SO_2- Konzentration dargestellt. Der Vorteil dieser Methodik liegt zweifellos in der Anschaulichkeit - im Gegensatz zu den fixen Meßstellen, die die SO_2 - Konzentration nur punktförmig erfassen. Außerdem konnte mit den Meßfahrten nachgewiesen werden, daß wenigstens einige Stunden vorbelastete Luft aus Graz-Nord durch die Talenge bei Raach mit dem Talaufwind nordwärts geführt wird. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse kann ferner der Anteil des Hausbrandes eingegrenzt werden, der je nach Besiedelungsdichte bis etwa 50 % (vor allem in Gratkorn) der Gesamt-SO_2-Konzentration ausmacht.

Insgesamt ergibt sich eine sehr gute Korrelation mit den bisherigen kleinklimatischen Ergebnissen aus den Temperaturmeßfahrten und der Auswertung der einzelnen Stationen. Vor allem bestätigte sich die Feststellung, daß die Prallhänge des Straßengelberges mit der Station Straßengel / Kirche ein nahezu konträrer Tagesgang der SO_2- Werte gegenüber dem Tagesgang der beiden Meßstellen 88 und 85 an der Beckensohle aufweisen. Diese beiden Meßstellen weichen häufig kaum im Tagesgang und in den Spitzenwerten voneinander ab. Hingegen zeichnet sich der Tagesgang an der Meßstelle Hörgas durch ein deutlich späteres Maximum in den Nachmittagstunden aus (durch den Talaufwind bedingt).

Graz, im Mai 1979

Tabellenanhang

Tab. 3: WINDVERHÄLTNISSE IM GRATKORNER BECKEN

für ausgewählte Stationen und Monate im Beobachtungszeitraum Sept. 1978 – April 1979

Anzahl der Stunden mit WINDRICHTUNG und WINDGESCHWINDIGKEIT (in km/h)

Station	Sh m	Monat/Jahr	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	VRB	Calmen	ausgefallene Daten
Leykam Langewarte	410m	September 1978	338 8.6	3 9.1	3 10.0	53 7.7	61 6.9	10 6.9	19 4.5	78 7.1	34 3.2	—	121
			52.4%	0,5%	25%	8.9%	10.2%	1.7%	3.2%	13.0%	5.7%	—	16.8%
-11-	-11-	Oktober 1978	301 6.3	9 4.7	3 3.0	73 9.0	58 6.4	17 4.8	48 4.3	83 4.6	11 3.1	—	42
			46.7%	1.5%	0.5%	11.8%	9.4%	2.8%	7.8%	13.4%	1.8%	—	14.5%
-11-	-11-	November 1978	197 9.1	6 3.8	9 7.9	78 6.7	36 6.0	17 3.9	25 3.4	76 6.2	28 2.6	—	246
			44.5%	1.3%	1.9%	16.4%	7.6%	3.6%	5.9%	16.0%	5.9%	—	34.0%
-11-	-11-	Dezember 1978	391 10.6	9 3.3	6 5.3	80 7.0	34 4.4	39 5.6	35 3.8	89 5.0	64 3.3	—	—
			52.6%	1.2%	0.8%	10.8%	4.6%	6.3%	4.7%	12.0%	8.2%	—	—
-11-	-11-	Februar 1979	203 7.4	10 6.6	1 6.0	16 9.0	38 6.9	12 5.4	4 3.0	17 4.7	11 4.6	—	340
			65.1%	3.2%	0.3%	5.1%	12.2%	3.9%	1.3%	5.5%	3.5%	—	52.4%
-11-	-11-	März 1979	335 8.3	30 5.3	—	20 7.4	36 8.8	22 6.0	59 8.7	32 5.1	27 3.6	—	148
			56.2%	5.0%	—	3.3%	12.8%	3.7%	9.1%	5.3%	4.5%	—	19.1%
-11-	-11-	April 1979	345 9.6	46 7.7	1 2.0	65 6.4	134 8.5	32 13.4	23 7.4	31 4.6	23 5.0	—	—
			50.7%	6.3%	0.2%	9.0%	18.6%	4.4%	3.2%	4.3%	3.2%	—	—

Tab. 3 – Fortsetzung

Station / Sh m	Monat / Jahr	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	VRB	Calmen	ausgefallene Daten
Wieser/ Straßegler Feld 390m	Dezember 1978	83 4.0	7 4.1	75 3.2	85 3.1	203 2.8	91 3.2	144 2.4	17 3.7	12 2.4	27	—
		11.1%	0.9%	10.0%	11.4%	27.4%	12.2%	19.4%	2.3%	x1%	3.6%	—
St. Oswald 530m Nordhang 14°	Dezember 1978	365 2.9	32 3.4	1 2.0	41 2.6	154 2.6	29 3.7	49 1.5	20 3.4	2 2.0	51	—
		49.1%	4.3%	0.1%	5.5%	20.7%	3.9%	6.6%	2.7%	0.3%	6.9%	—
Rannach 690m Sperrlage	Dezember 1978	136 5.1	19 2.6	29 2.9	148 4.1	110 3.1	11 3.4	15 3.6	184 6.5	—	92	—
		18.3%	2.6%	3.9%	18.5%	14.8%	1.5%	2.0%	24.7%	—	12.4%	—
Wieser/ Straßegler Feld 390m	April 1979	182 7.1	53 7.7	59 5.0	71 5.3	267 4.4	56 9.6	40 4.3	54 3.8	6 3.0	4	—
		18.4%	7.4%	8.2%	9.9%	37.3%	7.5%	5.6%	6.7%	0.1%	0.6%	—
Rannach 690m	April 1979	102 4.2	11 2.3	90 2.4	148 3.8	75 6.1	28 7.6	24 4.6	185 14.6	5 2.0	43	—
		14.2%	1.5%	12.5%	20.7%	10.4%	3.9%	3.3%	25.7%	0.7%	6.0%	—

Tab. 4: November - Übersicht

Station		Sh m	mittl. tägl. Min.	mittl. tägl. Max.	Tages-amplitude	abs. Min.	abs. Max.	Zahl der Tage mit Min ≤ 0°	≤ -5°	≤ -10°	≤ -15°	Eistage Max. ≤ 0°
Bezugsklima-stationen	Graz/Flughafen	342	-1,7	3.1	5.8	-11.4	11.8	23	5	3	—	11
	Graz/Messendorfbg.	429	-1,8	3.2	5.0	-6.6	12.2	22	3	—	—	5
	Wiel	900	-1,4	6.6	8.0	-7.7	13.4	15	7	—	—	3
Sondernetz	Straßengel/Terrasse	395	-1.9	5.3	7.2	-6.5	12.4	23	2	—	—	—
	Straßengel/Kirche	455	-0.9	4.8	5.7	-4.7	11.1	21	—	—	—	3
	St. Oswald I	630	-1.5	4.1	5.6	-5.5	12.4	21	1	—	—	5
	St. Oswald II	600	-1.5	3.4	5.4	-5.6	11.0	22	1	—	—	3
	Rannach	690	-1.5	3.9	5.4	-5.3	9.4	19	5	—	—	6
	Schöckl	1431	+0.47	6.1	5.63	-10.0	12.3	11	3	1	—	4

Tab. 5: Oktober - Übersicht

	Station	Sh m	mittl. Min.	mittl. Max.	Tages-amplitude	abs. Min.	abs. Max.	Frosttage	Eistage
Beckenphäno-Stationen	Graz/Flughafen	342	4.2	14.4	10.2	-1.5	19.8	3	—
	Graz/Messendorfbg.	429	5.8	14.8	9.0	0.6	20.5	—	—
	Wiel	900	4.4	11.8	7.4	-2.2	16.8	2	—
Sonderstn.	Straßengel/Terrasse	390	4.5	15.6	11.1	-0.7	20.5	1	—
	Straßengel/Kirche	488	6.1	14.6	8.3	0.1	20.3	—	—
	St. Oswald I	530	5.8	14.4	8.6	0.2	19.3	—	—
	St. Oswald II	600	6.0	14.1	8.1	0.2	19.8	—	—
	Rannach	690	6.3	12.2	5.9	0.3	17.8	—	—
	Schöckl	1432	2.4	8.2	5.8	-5.2	14.2	8	1

Tab 6 Dezember - Übersicht

°C

Station		Sh m	mittl. tägl. Min.	mittl. tägl. Max.	Tages-amplitude	abs. Min.	abs. Max.	Zahl der Tage mit Min. ≤ 0°	Min. ≤ -5°	Min. ≤ -10°	Min. ≤ -15°	Eistage Max. ≤ 0°
Bezugsklima-stationen	Graz/Flughafen	342	-7.3	1.2	8.1	-15.6	+1.2	31	20	8	1	12
	Graz/Messendorfbg	429	-3.4	2.9	6.3	-12.1	10.4	25	10	2	—	12
	Wiel	900	-3.7	2.6	6.3	-15.5	11.0	18	15	5	2	9
Sonderrecht:	Straßengel/Terrasse	390	-4.6	2.7	7.3	-12.1	9.1	29	13	4		10
	Straßengel/Kirche	458	-2.1	2.6	4.7	-9.0	11.1	20	8	—	—	11
	St. Oswald I	550	-3.1	2.9	6.0	-10.9	11.3	26	11	2	—	11
	St. Oswald II	600	-5.0	3.1	8.1	-10.9	11.4	20	11	3	—	10
	Rannach	690	-3.2	2.9	6.1	-12.2	10.8	19	9	4	—	11
	Plesch	1016	-2.8	1.8	4.6	-14.5	7.8	18	8	4	—	11
	Schöckl	1432	-5.2	2.8	8.0	-16.5	7.5	24	16	7	2	15

Tab. 7 Jänner - Übersicht

°C

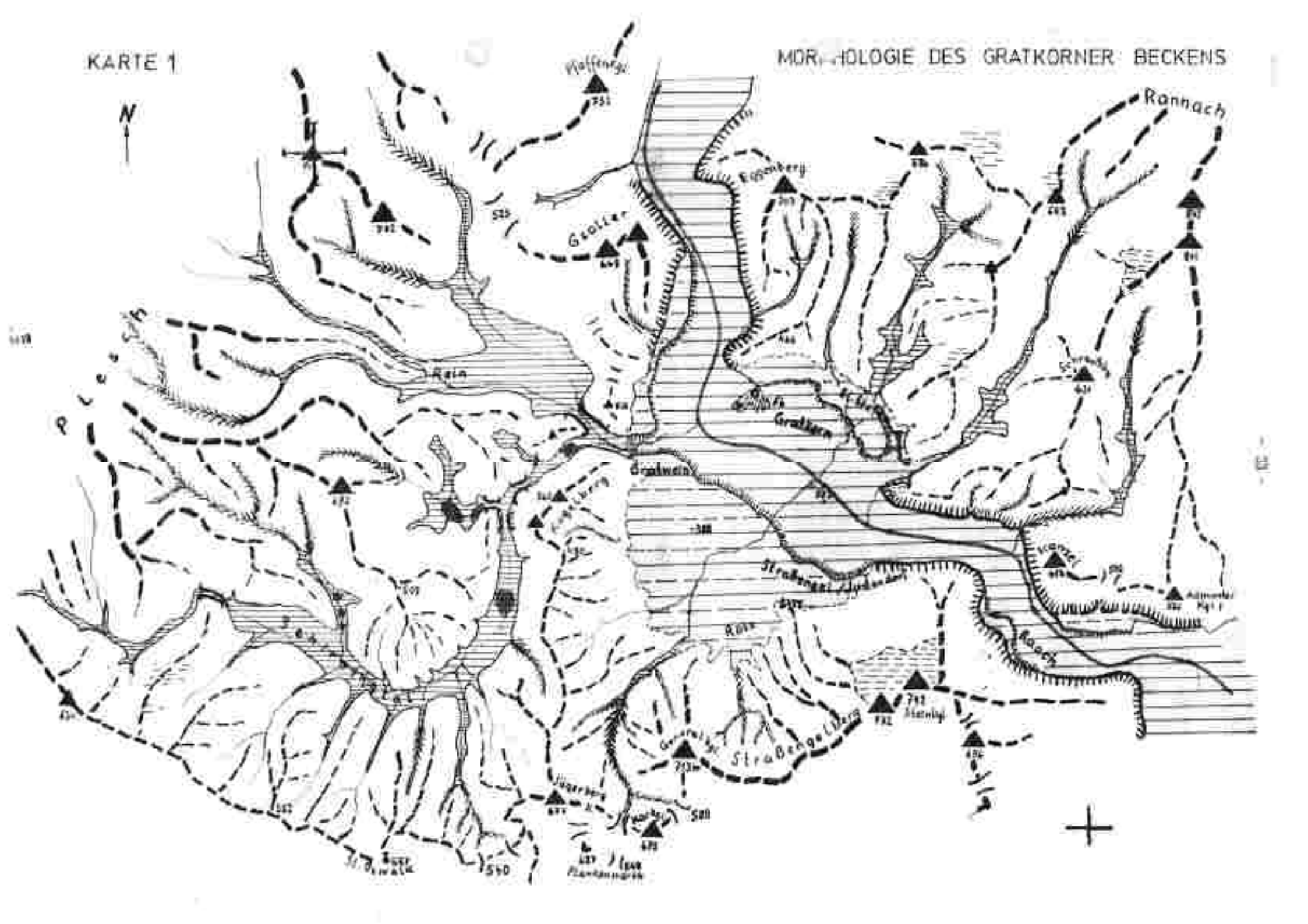
	Station	Sh m	mittl. tägl. Min.	mittl. tägl. Max.	Tages-amplitude	abs. Min.	abs. Max.	Zahl der Tage mit Min. ≤ 0°	≤ −5°	≤ −10°	≤ −15°	Eistage Max ≤ 0°
Bezugs-klimastationen	Graz/Flughafen	342	-2.7	-0.3	8.8	-19.8	10.2	30	24	15	7	19
	Graz/Messendorf 69	429	-6.8	+0.1	6.9	-13.3	10.9	29	21	8	–	12
	Wiel	900	-6.9	+0.1	7.0	-15.3	9.4	30	21	9	1	16
Sondermessnetz	Straßengel/Terrasse	390	-8.9	0.0	8.9	-16.5	7.2	29	21	13	6	17
	Straßengel/Kirche	455	-6.4	0.2	6.6	-12.8	6.7	29	19	9	–	18
	St. Oswald I	530	-6.9	-0.5	6.4	-13.0	6.8	31	20	9	–	20
	St. Oswald II	600	-6.5	-0.2	6.3	-13.4	9.8	31	18	6	–	18
	Rannach	680	-6.1	-0.6	5.5	-13.3	9.4	29	18	5	–	19
	Plesch	1045	-6.9	-1.2	5.7	-14.9	6.5	30	21	7	–	18
	Schöckl	1432	-9.2	-3.4	5.8	-19.6	6.0	29	25	14	5	22

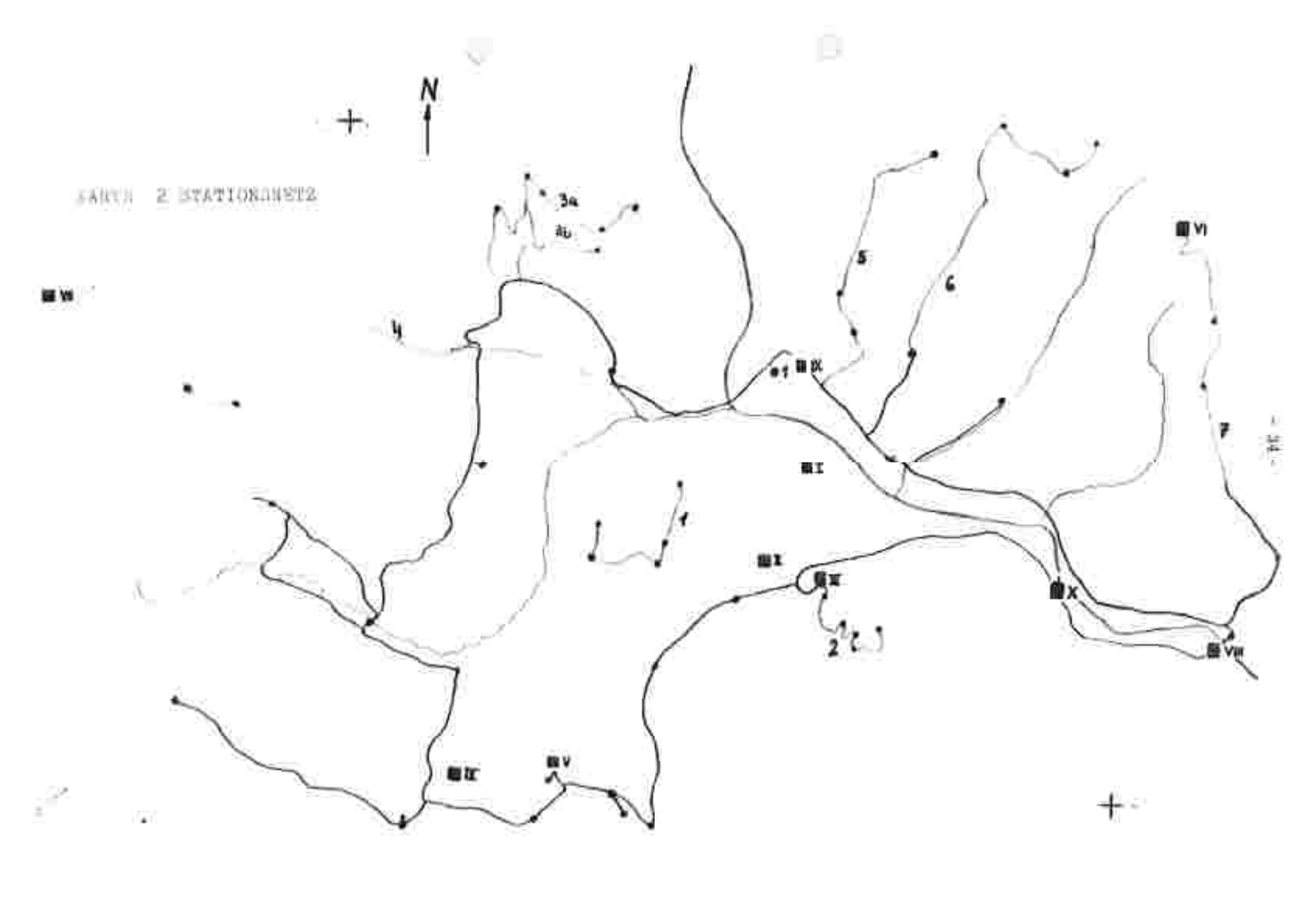
Tab.8: Februar – Übersicht

	Station	Sh m	mittl. tägl. Min	mittl. tägl. Max	Tages-amplitude	abs. Min.	abs. Max.	Zahl der Tage mit Min. ≤ 0°	≤ −5°	≤ −10°	≤ −15°	größte Ausr. ≤ 0°
Bezugsklima-stationen	Graz/Flughafen	342	-4.3	3.0	7.3	-15.0	7.5	24	12	3	1	1
	Graz/Messendorf	429	-2.6	3.3	5.9	-8.8	7.3	28	7	—	—	2
	Wiel	900	-4.5	1.7	6.2	-9.5	8.4	25	16	—	—	11
Sondermeßn.	Straßengel/Terrasse	390	-3.8	3.6	7.4	-12.8	9.0	23	9	2	—	1
	Straßengel/Kirche	455	-2.4	2.9	5.3	-8.0	9.0	20	6	—	—	3
	St. Oswald I	530	-3.3	2.3	5.6	-8.8	7.8	25	7	—	—	9
	St. Oswald II	600	-3.2	2.8	7.0	-8.8	8.5	25	8	—	—	8
	Bannuch	690	-3.3	1.6	4.9	-8.8	6.8	25	7	—	—	12
	Plesch	1015	-4.7	0.3	5.0	-8.9	6.4	28	15			13
	Schöckl	1432	-7.8	-1.6	5.4	-12.5	5.4	28	18	6	—	18

KARTE 1

MORPHOLOGIE DES GRATKORNER BECKENS

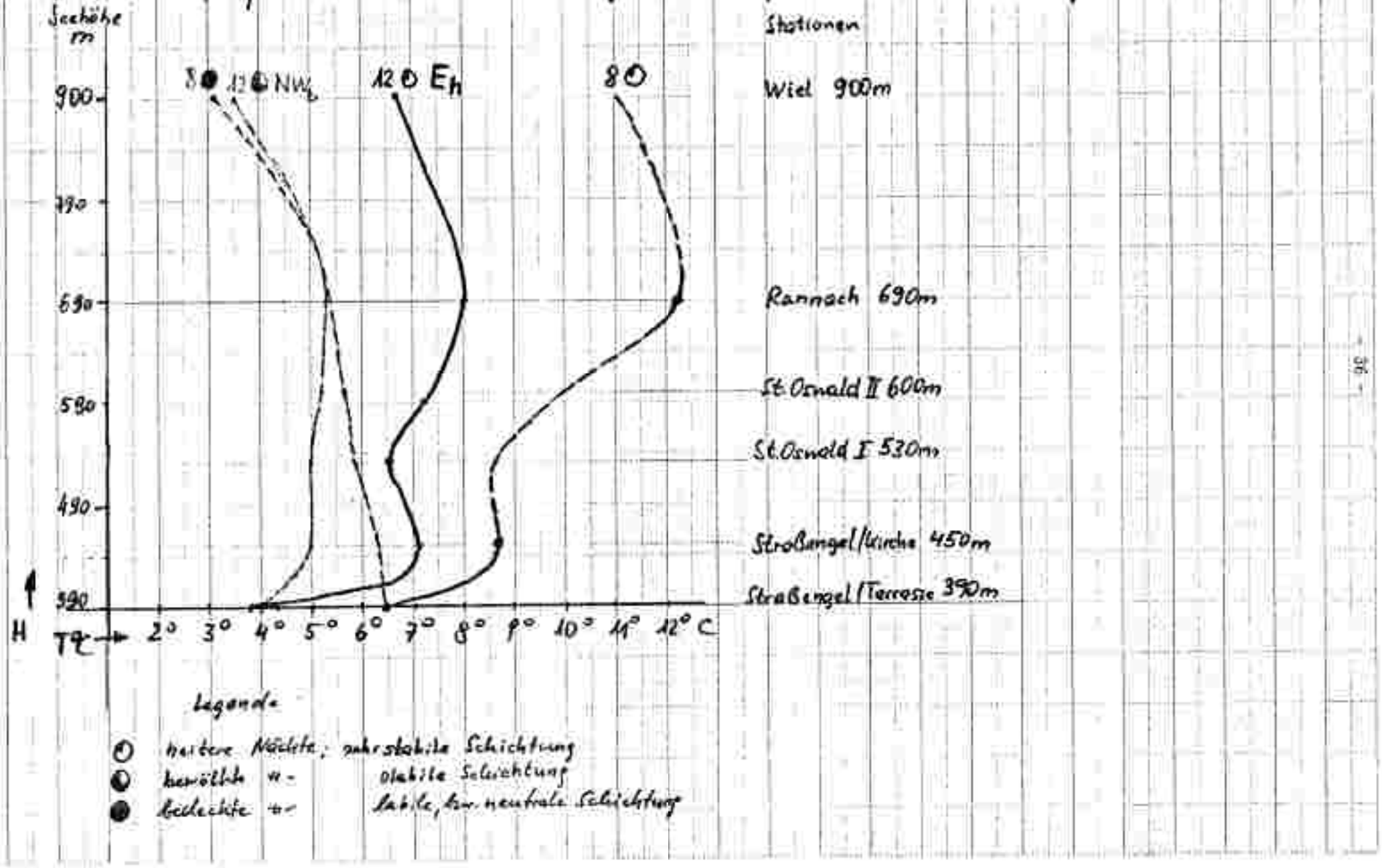



N
3a
3b
4
5
6
7
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X

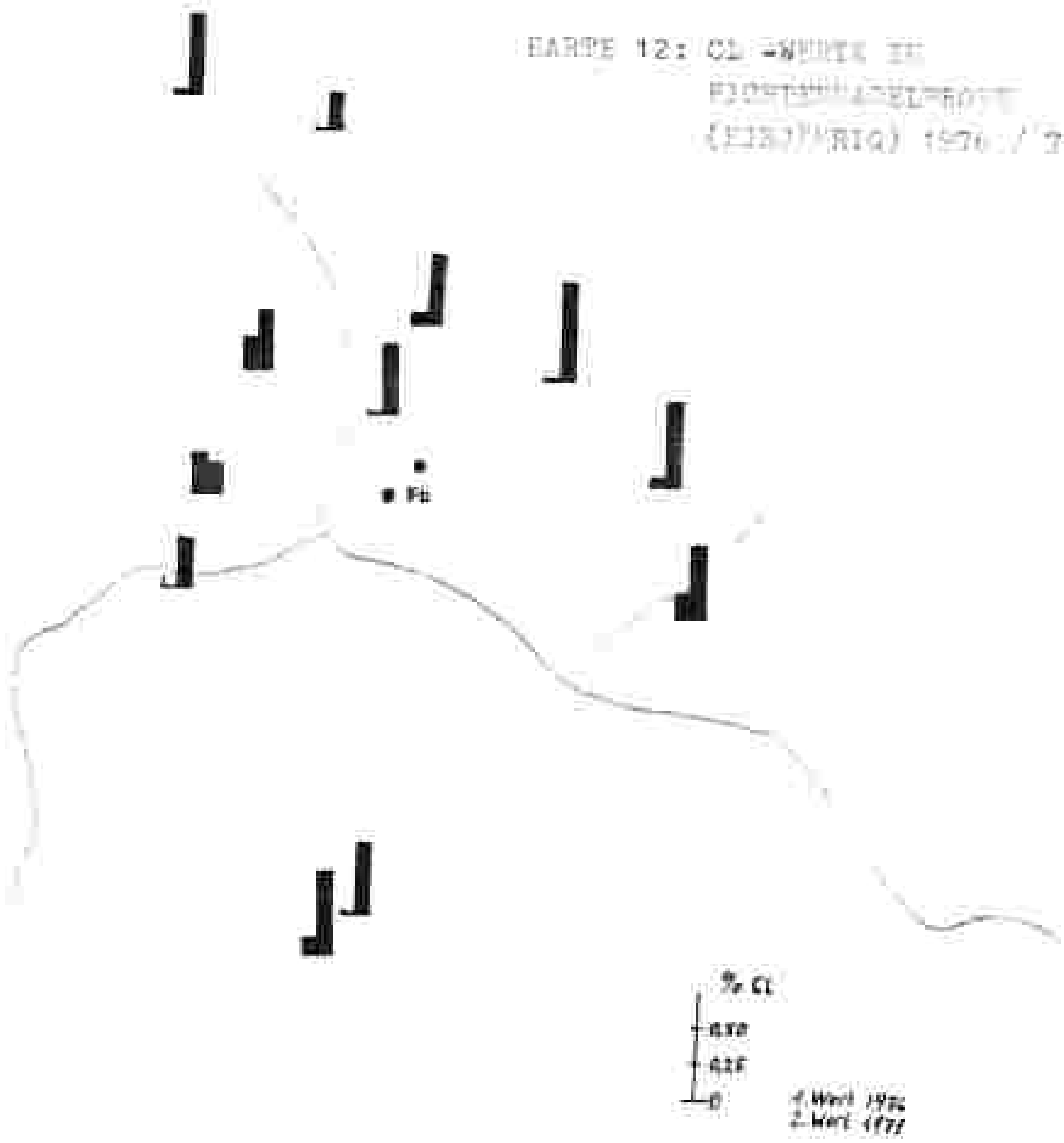
Karte 7
N
leicht
mäßig
stark
Gratkorn
Gratwein
Judendorf
Kanzel
Straßengelberg

Karte 6 Auswertung der Temperaturminima / Stationsnetz - Grotkorner Becken

Vertikalprofile - Temperaturverteilung in Abhängigkeit von der Bewölkung



KARTE 12: Cl -WERTE IM [illegible]
(EIN[illegible]RIQ) 1976 / 77



KARTE 13 : FLUOR - WERTE IN FICHTENNADELPROBEN (EINZUGSGEBIET) 1976/78

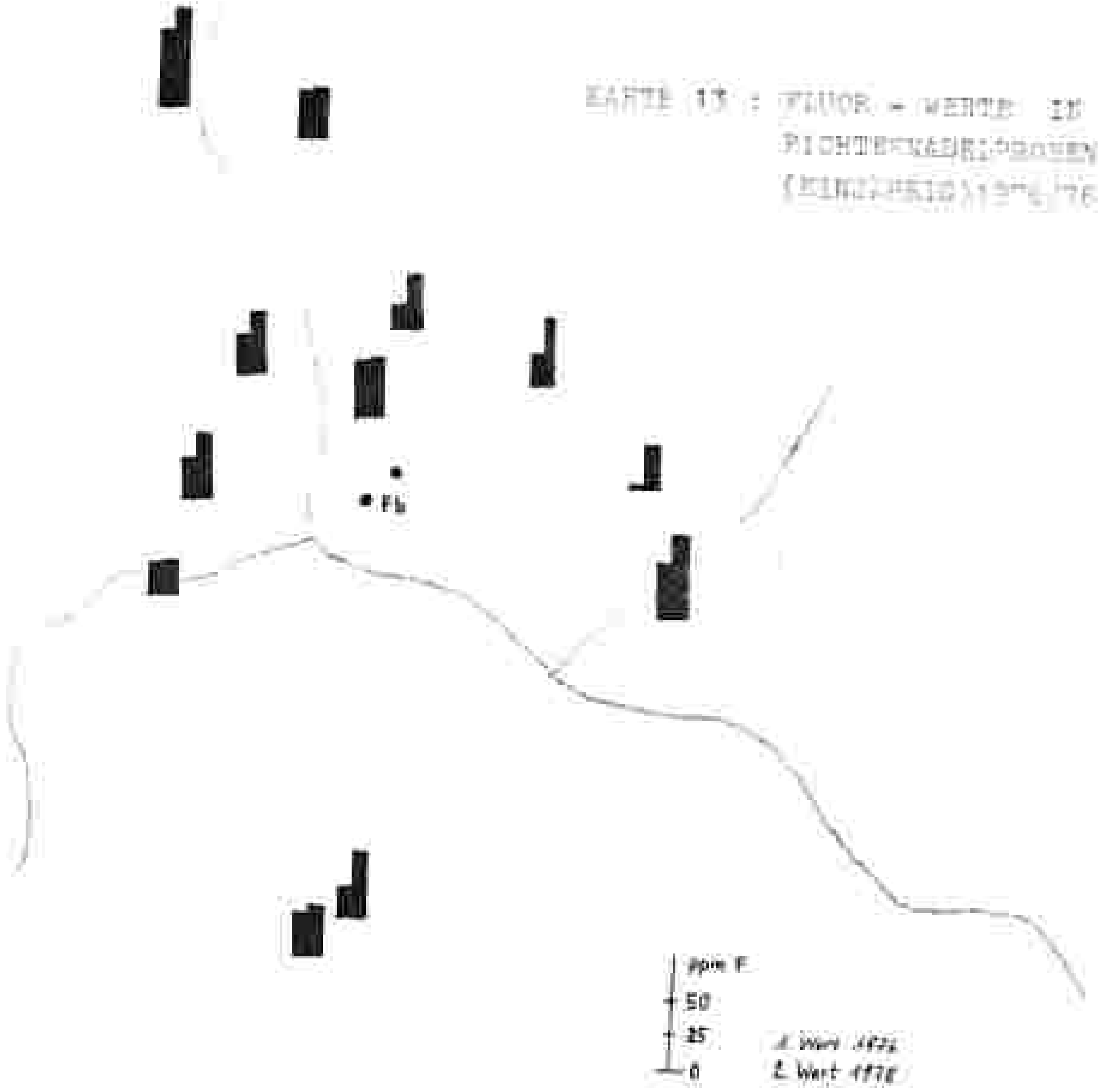


Abb. 5.14.

Datum: 5. März 1979
Uhrzeit: 14.00 - 15.00 Uhr
Windrichtung: OSO

Die SO_2-Konzentration in der aus Ost einströmenden Luft sinkt weiter ab. In einen großen Teil des Gratkorner Beckens liegen die Konzentrationen zwischen 80 und 100 $\mu g/m^3$. Der Hausbrand von Gratkorn bewirkt eine Erhöhung bis 170 $\mu g/m^3$.

Das Gebiet Gratwein - Mörgas - Rein liegt innerhalb der Ausbreitungskegels der Werksemissionen. Hohe Konzentrationen treten im Bereich Mörgas auf. Aus den Meßwerten der Ausbreitungsmessung kann das ungefähre Ausmaß des Gebietes erhöhter Belastung (> 200 $\mu g/m^3$) angegeben werden (gestrichelte Linie). Besonders hohe Werte treten offenbar an der ortsfesten Meßstelle Mörgas auf.

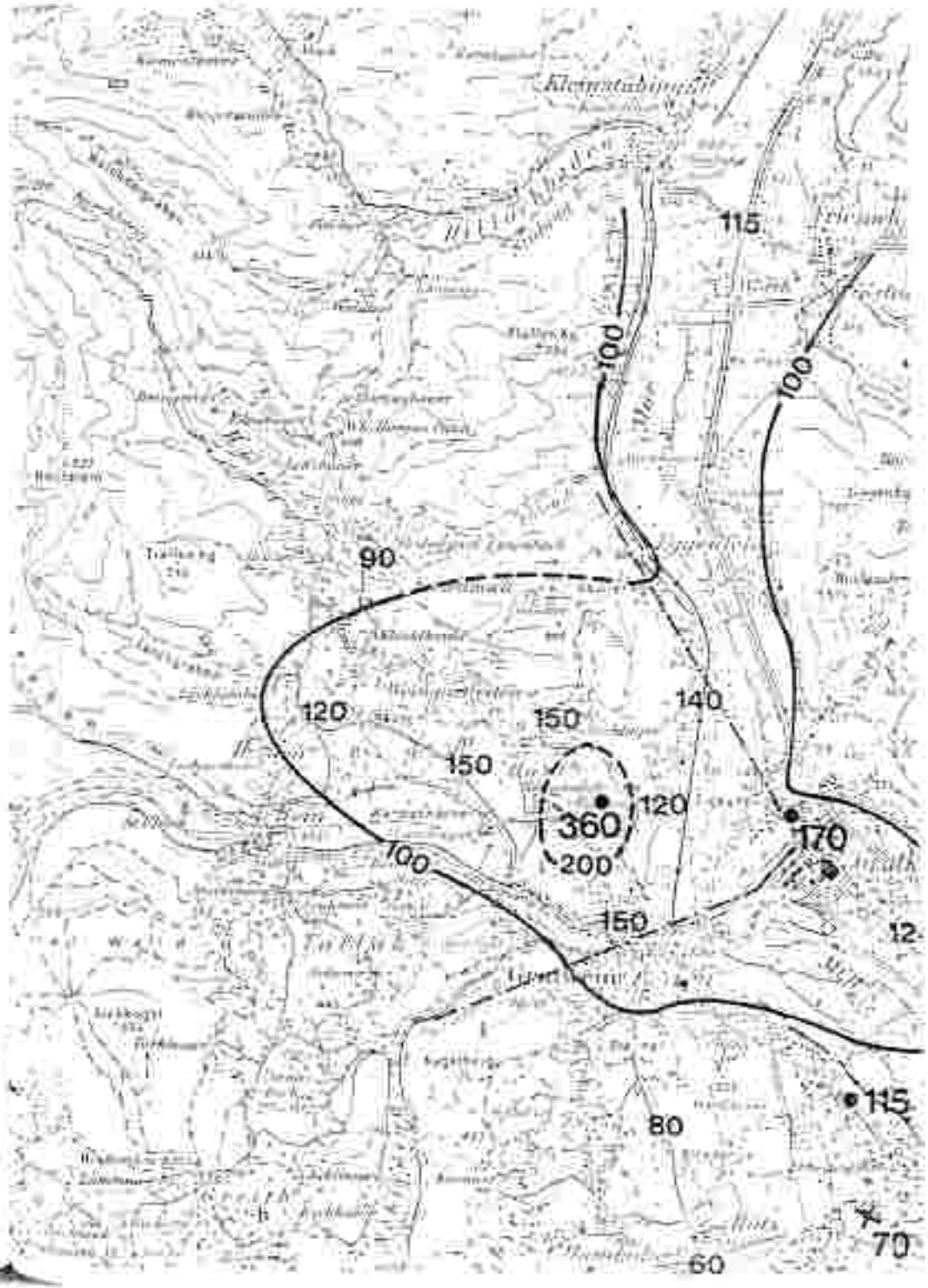


Abb. 5.21:

Datum: 3. März 1979
Uhrzeit: 11.00 - 12.00 Uhr
Windrichtung: SO

Im Vergleich zu den beiden anderen Meßtagen erfolgt die Winddrehung von SSW auf SO sehr plötzlich. Dadurch sind vormittags im Grazer Becken einerseits noch vom Werk verursachte Emissionen vorhanden, während von Graz nun bereits stark belastete Luft einströmt. Als Folge wird der größte Teil des Beckens mit Konzentrationen von 200 - 300 ug/m^3 belastet. In einem Streifen entlang der Mur, der von Graz bis Gratkorn reicht, liegen die Werte zwischen 300 und 340 ug/m^3.

Das Korrelationsspektrometer zeigt den Ausbreitungskegel der Werksemission. Eine Emissionsverteilung kann mangels geeigneter Fußstrecken nicht angegeben werden. Die ortsfeste Meßstelle in Gurgau registriert hohe Werte.

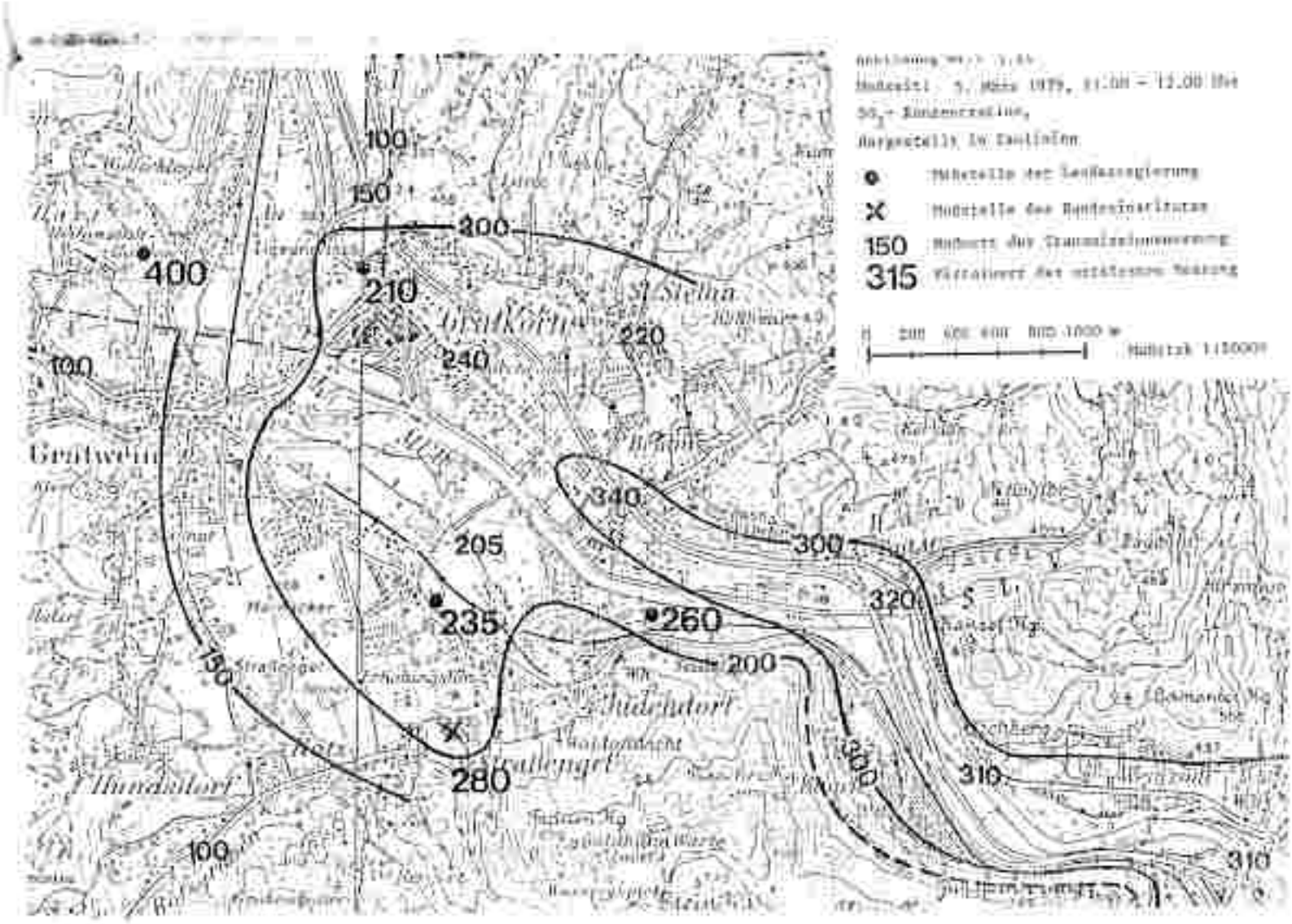


Abb. 5.18.
Datum: 5. März 1979
Uhrzeit: 8.00 - 9.00 Uhr
Windrichtung: NNW - NW
Die Vorbelastung der in den Raum Gratkorn einströmenden Luft beträgt 50 - 60 $\mu g/m^3$.

In 1,5 - 2 km Entfernung vom Werk werden SO_2-Konzentrationen von 150 - 200 $\mu g/m^3$ registriert. Davon sind etwa 60 - 100 $\mu g/m^3$ durch Hausbrand und Vorbelastung bewirkt.

Ein starker Anstieg der Werte kann zwischen dem Talboden und der Kirche von Straßengel beobachtet werden. Die Werksemissionen breiten sich somit oberhalb des Talbodens aus und prallen an die Hänge bei Judendorf und Straßengel.

Auch im Murtal zwischen dem Gratkorner Becken und Graz besteht ein Werkseinfluß. Die Konzentrationen liegen um 180 $\mu g/m^3$. Davon sind 60 - 100 $\mu g/m^3$ vom Hausbrand und Vorbelastung verursacht.

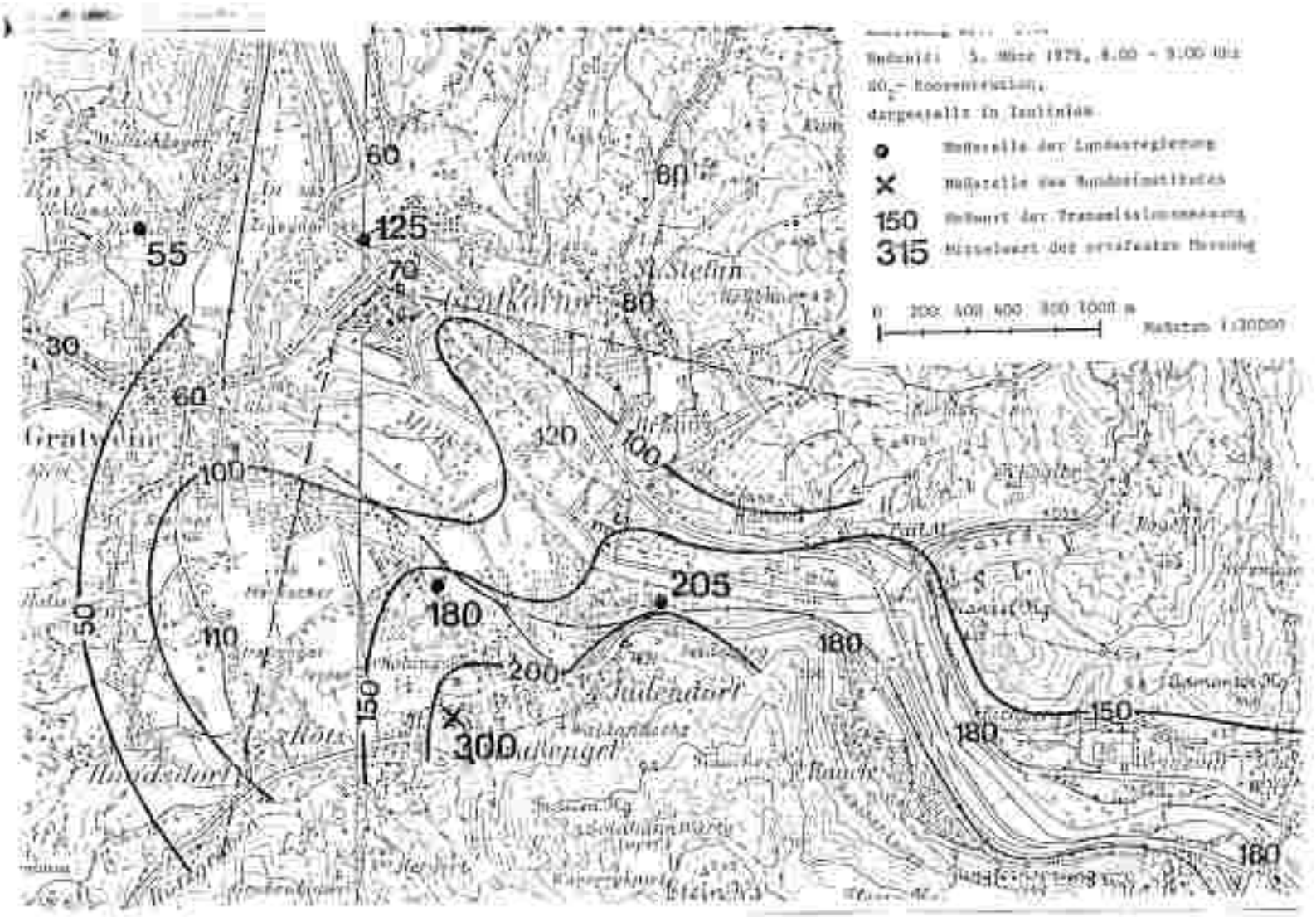


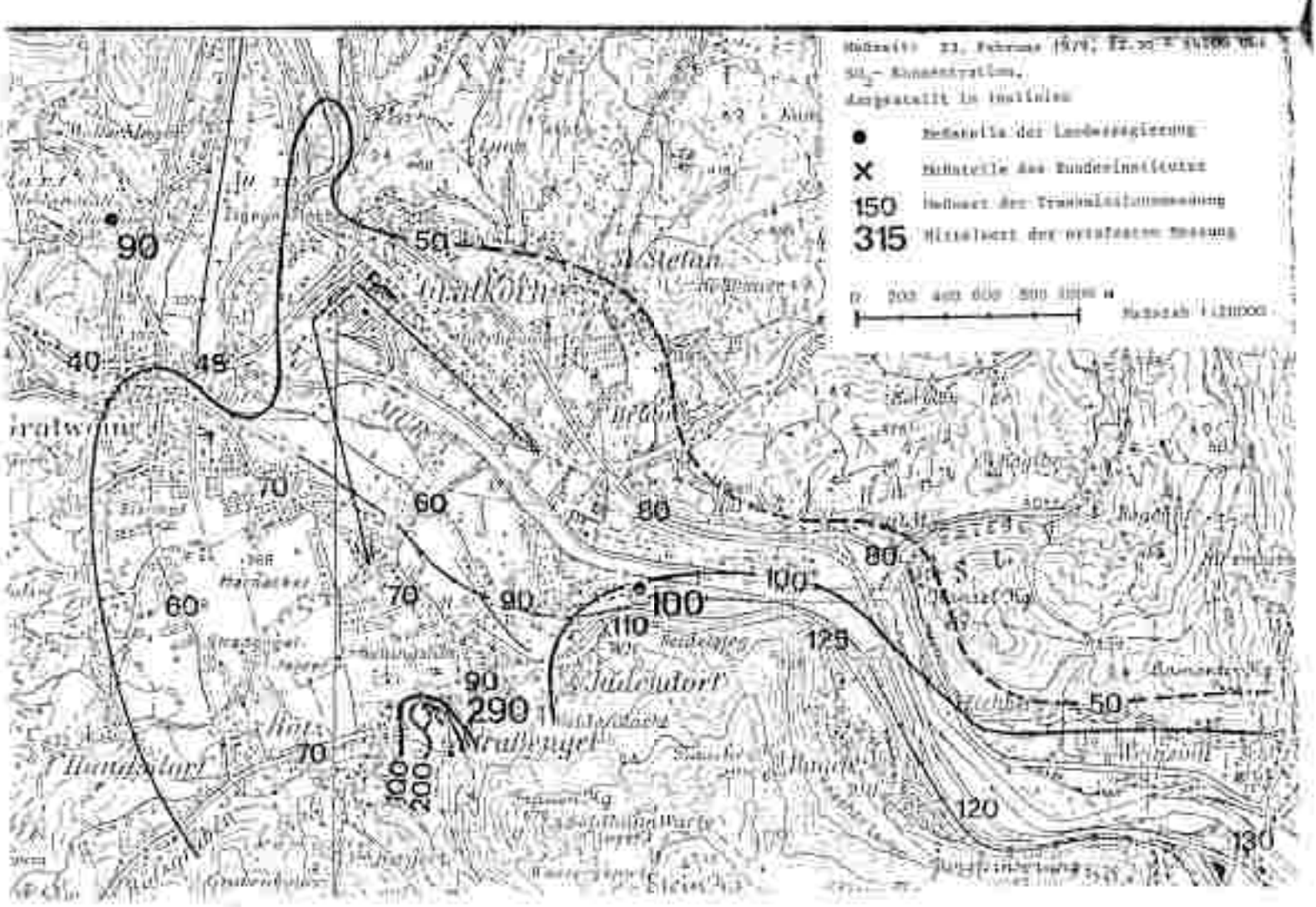
Abb. 5.19.

Datum: 23. Februar 1979
Uhrzeit: 22.30 - 24.00 Uhr
Windrichtung: NNW - NW
Die Vorbelastung der in den Raum Gartkorn einströmenden Luft beträgt 40 - 50 $\mu g/m^3$.

An der Meßstelle bei der Kirche von Straßengel traten bei winterlichem Hochdruckwetterlagen hohe Konzentrationen auf. Daher wurde eine Messung der Immissionsverteilung während der Nacht durchgeführt.

Die Immissionsverteilung im Gartkorner Becken zeigt keine einem Einfluß, der dem Werk zugeschrieben werden kann. Lediglich im Murtal zwischen dem Becken und Graz ist ein geringer Anstieg bis auf 130 $\mu g/m^3$ zu beobachten, wovon etwa 50 - 70 $\mu g/m^3$ vom Werk verursacht sind.

Bei Auffahrt zur Kirche steigen die Konzentrationen allerdings sehr rasch bis fast 300 $\mu g/m^3$ an. Das beweist, daß sich die Gase, wie in den frühen Morgenstunden, über dem Talboden ausbreiten und auf die Berge bei Judendorf und Straßengel auftreffen.



STADTKLIMAUNTERSUCHUNG GRAZ

(R.LAZAR)

	Seite
1. Einleitung	1
2. Großklimatische Lage von Graz	2
3. Stadtklimatische Besonderheiten	5
3.1 Die städtische Wärmeinsel	5
3.2 Inversionen	7
3.3 Windsysteme	9
3.4 Nebelverhältnisse	12
4. Abbildungsverzeichnis	13

STADTKLIMAUNTERSUCHUNG GRAZ

(R.LAZAR)

1. EINLEITUNG

In den letzten Jahren wurden auf dem Sektor Rauchgaswäsche bedeutende technologische Fortschritte erzielt; dies betrifft auch Pyrolyseanlagen. Derartige Pyrolyseanlagen, mit dem Vorteil der Nachverbrennung (ohne Geruchsprobleme infolge hoher Temperaturen) sind nun auch für die Verbrennung von Krankenhausmüll im Einsatz. Speziell für den Großraum Graz sollen nun im Rahmen dieser Arbeit die klimatischen Verhältnisse am Standort der bisherigen, völlig unbefriedigenden Verbrennungsanlage des Landeskrankenhauses bzw. des Landessonderkrankenhauses (Feldhof) im Vergleich mit Alternativstandorten im Riedelland untersucht werden, um nach einer Bewertung - trotz der relativ geringen zu erwartenden Emissionen nach der Rauchgaswäsche - eine Optimierung des Standortes anzustreben.

Als Grundlagen standen Meßergebnisse von Windmeßstationen des Magistrates (Meßzeitraum generell 1974/75, in einigen Fällen seit 1969), ferner eigene Meßfahrten und Messungen am Wirtschaftshof bzw. der Universität Graz, und schließlich Ergebnisse einer Windmeßstation am LKH zur Verfügung. Für die Finanzierung der letztgenannten Station seit April 1983 sei Herrn Univ.Prof. Dr. E.R. Möse herzlich gedankt.

2. GROSSKLIMATISCHE LAGE VON GRAZ (zu Abb. 1 und 2, Seite 15 und 16)

Vor einer genaueren Betrachtung des Stadtklimas, das quasi in das Großklima "eingebettet" ist, sei wegen eines Vergleiches mit anderen Städten Österreichs auch auf die makro- bzw. regionalklimatischen Bedingungen von Graz hingewiesen. Sie werden durch die Lage südlich des Alpenhauptkammes innerhalb Mitteleuropas geprägt. Daraus ergeben sich nun folgende Eigenschaften, die von den Städten nördlich der Alpen teilweise stark abweichen.

1) Ausgeprägter Jahresgang des Niederschlages (Winterminimum, Schneearmut, Sommermaximum Gewitterreichtum).

2) Allgemein stärker akzentuierter Jahresgang der Temperatur in den Tallagen (kontinentaler geprägt als auf der Alpennordseite; Riedellagen allerdings wintermild!).

3) Geringe mittlere Windgeschwindigkeiten (generell 1-2 m/sec) mit ausgeprägtem Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Winterminimum, z.T. unter 1 m/sec, Frühjahrmaximum bis 3 m/sec).

4) Markanter Jahresgang der relativen Sonnenscheindauer mit Minimum im Spätherbst und Winter (November/Dezember - Hochnebel) und Maximum im Sommer.

5) Abschwächung atlantischer Störungseinflüsse; als Lee-Effekte häufig nördliche Fallwinde und Bewölkungsauflockerung.

Zur Ergänzung seien nun einige Klimadaten der Stationen (1) Graz-Universität (369 m), (2) Graz-Thalerhof (342 m) und (3) Graz-Messendorfberg (429 m) angeführt.

Tab. 1: Niederschlag, mm (1951-70, nach /9/).

Graz-Universität

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
27	33	48	56	93	130	129	119	77	62	59	39	872

Tab. 2 : Temperatur, °C (1951-70)

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1)	-2.1	0.2	4.2	10.0	14.8	17.8	19.6	19.1	14.8	9.0	4.4	-0.4	9.1
2)	-3.8	-1.3	3.3	9.2	13.5	17.4	18.7	17.7	14.3	9.0	3.6	-1.5	8.3
3)	-1.9	0.2	4.3	9.8	13.9	17.4	18.0	18.2	15.1	10.2	4.5	-0.4	9.2

Tab. 3 : Windgeschwindigkeit, m/sec

1) Graz-Universität, 2 m über Grund (1951-70) 2) Graz-Thalerhof, 1954-70

	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1)	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0	0.9	1.3
2)	0.9	1.2	1.5	1.8	1.9	1.8	1.6	1.5	1.2	1.0	1.0	0.9	1.4

Bem.: für die neu errichtete Station Graz-Universität (25 m über Grund) ergeben sich etwas höhere Werte; Calmen sind sehr selten.

Tab. 4 : Relative Sonnenscheindauer in %

Graz-Universität

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
29	37	42	47	49	48	54	55	53	48	29	23	45

Geländeklimatische Einflüsse:

Bedingt durch seine Lage am Austritt des Murtales in das Vorland (Talausgangslage) einerseits bzw. in einem flachen Talbecken andererseits [1]) ergibt sich eine Reihe wichtiger klimatischer Eigenschaften.

a) Als Folge des Düseneffektes im Bereich der Weinzödlbrücke sehr gute Durchlüftung dieses Abschnittes in der Nacht.

1) mit asymmetrischer Seitentallage (vgl. Karte 1)

b) Autochthones Talauf- bzw. Talabwindsystem mit Prägung der Windrichtungsverteilung (nördliche Richtungen nachts, südliche tagsüber).

c) Abnahme der Windgeschwindigkeit nachts nach Süden zu (Wildoner Berg), tagsüber im Norden von Graz (Staueffekte am Plabutsch und an der Rannach).

d) Hohe Nebelhäufigkeit.

e) Hohe Inversionsbereitschaft; Aufbau der Inversionen durch die Lokalwinde vorgegeben.

Stadtklimatische Eigenschaften:

Auf Grund der Baukörperstruktur (Verbauungsdichte, Verteilung von Industrien, Parks, etc.) lassen sich folgende Merkmale des Stadtklimas ableiten.

a) Entwicklung einer nächtlichen "Wärmeinsel", deren Intensität von den Ausstrahlungsbedingungen in der Nacht beeinflußt wird.

b) Inversionsstruktur bzw. der vertikale Aufbau der Atmosphäre über der Stadt werden stark modifiziert.

c) Verringerung der Windgeschwindigkeit (Bodenreibung), kanalisierende Wirkung von Häuserzeilen.

d) Änderung der Strahlungsbilanz (infolge Aerosol).

e) Geringere Nebelwahrscheinlichkeit.

3. STADTKLIMATISCHE BESONDERHEITEN

3.1 Die städtische Wärmeinsel

Für die Charakterisierung der horizontalen Temperaturverhältnisse in Graz spielt die Ausprägung der "Wärmeinsel" [1] eine wesentliche Rolle. Ihre Entstehung verdankt sie dem Wärmespeichervermögen vor allem der dicht verbauten Teile des Stadtgebietes und damit den wesentlich höheren Oberflächentemperaturen gegenüber dem Grazer Feld mit den landwirtschaftlich genutzten Flächen (insbesondere Wiesen). Die dabei entstehenden Lufttemperaturunterschiede (bezogen auf 2 m über Grund) erreichen dabei im Hochwinter in klaren Nächten mit Schneedecke ein Maximum bis 10 °C ohne Schneedecke durchschnittlich 4 bis 6 °C bzw. 1,1 bis 3,0 °C im Monatsdurchschnitt (Differenz mittleres tägliches Minimum Graz/Universität - Thalerhof; höhere Werte im Winter, geringere im Herbst). Die beiden Abbildungen 3 und 4 basieren auf den Ergebnissen der vorhin erwähnten Vergleiche der beiden Hauptstationen Graz/Universität und Thalerhof und mehreren Meßfahrten im gesamten Stadtgebiet. Die Isolinien stellen dabei Linien gleicher positiver Abweichung von Thalerhof (bezogen auf das mittlere tägliche Minimum) dar. Wie Untersuchungen aus anderen Städten bestätigen [2] Gestalt der Wärmeinsel - der Verlauf der Isolinien bzw. vor allem die Lage des Wärmemaximums - neben den bereits angeführten Bewölkungsverhältnissen auch von den Strömungsbedingungen, im speziellen vom Murtalabwind ab. Die Karten geben den derzeitigen Kenntnisstand wieder, wobei der Verlauf der Isolinien durch weitere Meßfahrten noch genauer erfaßt werden könnte.

In der Vegetationsperiode zeigt sich unter dem starken Einfluß des Murtalabwindes mit vorherrschend nördlichen Winden über dem Stadtgebiet Wärmeinselkern etwas nach Süden verschoben. Gleichzeitig kann die vom Grazer Feld nach Norden als Flurwind vordringende bodennahe seichte Kaltluft nur die südlichen Bezirke erfassen (im Frühjahr sogar oft Unterbleiben dieses Flurwindes). Die "Wärmepole" umfassen die dicht verbauten Teile der Bezirke Gries, Lend,

1) Im Sinne einer positiven Temperaturanomalie gegenüber dem Umland vorallem während der Nacht- und Morgenstunden.

2) Zum Beispiel /9/

Innere Stadt und Jakomini. Die Kältepole sind in den Seitentälern anzutreffen (mittlere Abweichung bis ca. 2 °C in Mariatrost), in denen sich die Kaltluft sammelt bzw. an Hindernissen staut. Diese Tatsache ist insbesondere dann für die weiteren Überlegungen im Standortbereich LNH von Bedeutung. Dieser unterliegt nämlich dem Einfluß des Kaltluftabflusses aus dem Mariatroster Tal (und erst in zweiter Linie dem aus dem Stiftingtal). Der Standort LSNH Feldhof im Süden von Graz wird hingegen vom Murtalabwind beherrscht (vor allem ab ca. 50 m über Grund).

Im Winter zeichnet der Talabwind allerdings für die Verlagerung des Wärmeinselschwerpunktes nach Nordwesten verantwortlich. Er führt im Gegensatz zur Vegetationsperiode (März bis September) im Vergleich zum Grazer Feld verhältnismäßig wärmere Luft heran. Diese Temperaturbedingungen des Murtalabwindes sind derzeit noch Gegenstand weiterer Erhebungen; eine endgültige Klärung sollen Sondenaufstiege im Winter 1984/85 bringen. Immerhin verzeichnen die vom Murtalabwind voll erfaßten Abschnitte (z.B. Kleinstübing, Weinzödl) im Spätherbst und Winter um 4 bis 6 °C höhere Temperaturen; im Frühjahr schrumpft dieser Betrag auf 1 bis 3 °C zusammen; außerdem scheinen bei schwacher Intensität des Talabwindes nun auch Tage mit negativer Abweichung auf.

Die höhere Temperatur des Murtalabwindes und die längere Andauer der nächtlichen Ausstrahlung begünstigen nun das weitere Vordringen der seichten (mitunter mit Nebel gekoppelten) Kaltluft aus dem Grazer Feld nach Norden ist. Die Stärke des Murtalabwindes erfährt nach den Hebergebnissen der Station Schloßberg keine Änderung gegenüber den Verhältnissen in der Vegetationsperiode (am Schloßberg durchschnittlich 3-4 m/sec). Aus thermodynamischen Gründen (Erhöhung der Stabilität) vermag nun der Talabwind bei höheren Temperaturen nur noch in den Abschnitten mit hoher Geschwindigkeit (infolge Düseneffekt nach der Enge von Raach) bis zur Talsohle durchzugreifen. Am Hauptbahnhof und weiter nördlich bis zum lokal begrenzten Maximum bei der Weinzödlbrücke ist es deshalb in klaren Winternächten bei vorherrschend nördlichen Winden am wärmsten. Bemerkenswert erscheint ferner, daß die vom Grazer Feld einströmende Kaltluft am weitesten im Westen nach Norden vordringt, was an den oft quer durch das Stadtgebiet verlaufenden Nebelgrenzen erkennbar wird. Dabei spielt die asymmetrische Talanlage von

Graz mit den Seitentälern im Osten und ihren Kaltluftzuflüssen eine maßgebende Rolle. Die Stärke der Wärmeinsel wird trotz der geringeren Anzahl der klaren Nächte gegenüber der Vegetationsperiode erhöht (Hauptursachen die höhere Temperatur des Murtalabwindes und die anthropogene Wärmezufuhr).

Die Kenntnisse über die Temperaturverteilung am Morgen mit der "Wärmeinsel" sind letztlich für die Abschätzung der Inversionsstärke von Relevanz. In der Vegetationsperiode beispielsweise erfolgt in den "Wärmepolen" bedingt durch die gute Durchmischung eine deutliche Temperaturabnahme mit der Höhe - eine bodennahe Inversion fehlt - erst oberhalb des Talabwindkörpers in ca. 550 m nimmt die Temperatur wieder zu (freie Inversion). In allen anderen Teilen der Stadt, mit Ausnahme der Riedellagen, besteht zusätzlich eine Bodeninversion von wenigen 10-er Metern, die vor allem im Hochwinter bei Schneedecke hohe Beträge (5 °C und mehr) erreichen kann.

3.2 Inversionen

Für die klimatische Standortbeurteilung von Pyrolyseanlagen, für die im Vergleich mit Kraftwerken und Großindustriebetrieben mit eher kleineren Kaminhöhen (bis etwa 50 m) gerechnet werden muß, sind hinsichtlich der Ausbreitungsverhältnisse die Schichtungsbedingungen in den ersten 100 Höhenmetern von Interesse. Nach Auswertung von Sondenaufstiegen vom Thalerhof ergibt sich für die Nacht- und Morgenstunden eine Dominanz der stabilen Ausbreitungsklassen 5, 6 und 7 mit großer Inversionsbereitschaft (Tab. 5)

Tab. 5: Tage mit bzw. ohne Inversion zum 6^h-Termin /2/.

	Sept. 81/Nov. 82	Dez. 81-Febr.82	März 82/Juni 82
mit	88 %	83 %	80 %
ohne	12 %	17 %	20 %

Diese hohe Inversionshäufigkeit resultiert aus der abgeschirmten Lage südlich des Alpenhauptkammes und der beckenartigen Abgeschlossenheit des Grazer Feldes. Die Struktur der Inversionen wird dabei wesentlich von der Mächtigkeit des Murtalabwindes bestimmt, wie dies Untersuchungen im Gratkorner Becken bestätigten (R. Lazar 1979) /17/. Häufig setzt sich die Inversion aus einer seichten, meist nur wenige 10-er-Meter mächtigen, bodennahen Schicht mit starker Temperaturzunahme, einer bis zur Obergrenze des Talabwindes anschließenden Schicht mit nur geringen Temperaturveränderungen (mitunter sogar leichte Temperaturabnahme) und eines darüber liegenden "Warmluftpaketes" mit deutlicher Temperaturzunahme bis zur Inversionsgrenze zusammen. Von März bis September reicht die Inversion häufig bis in ca. 600-650 m (Ergebnisse der Stationen Platte 650 m, Hubertushöhe 540 m und Plabutsch 765 m); im Spätherbst und Winter treten die Obergrenzen gestreuter auf, wobei die mächtigen Inversionen nun merklich stärker vertreten sind. Zu den mächtigen Inversionen zählen auch die auch die freien Inversionen (generell mit Hochnebel gekoppelt). Lufthygienisch muß dabei der Untergrenze besonderes Augenmerk geschenkt werden; sie fungiert als "Sperrschicht" und unterbindet jeglichen vertikalen Luftaustausch (Abb. 1).

Die relativ ungünstigen lufthygienischen Bedingungen in Graz sind nun hauptsächlich dadurch bedingt, daß vor allem der Hausbrand in die bodennahe Schicht emittiert. An der Immission sind deshalb diese "Hausbrandemissionen" weitaus mehr beteiligt als etwa Emissionen aus dem Fernheizkraftwerk, denen neben günstigeren Schichtungsbedingungen noch höhere Windgeschwindigkeiten innerhalb des Talabwindes für eine bessere Verdünnung zugute kommen. Um überhaupt über den Bereich des Talabwindes zu emittieren - damit würde Graz von den Emissionen nicht betroffen [1] - wäre nach vorsichtigen Schätzungen eine Kaminhöhe von ca. 120 m bis 150 m erforderlich. Für Pyrolyseanlagen wäre wegen der vergleichsweise geringeren Emissionen eine Kaminhöhe von 30-50 m ausreichend, um über die bodennahe "Hausbrandschicht" hinaus zu emittieren. Bei der endgültigen Festlegung der Kaminhöhe sind allerdings neben den Strömungsverhältnissen Art und Höhe der Verbauung innerhalb eines Radius von 1000 m zu berücksichtigen.

1) Dies bezieht sich auf den Zeitbereich Nacht bis zum Vormittag

Am Nachmittag erreicht der Talaufwind seine maximale Stärke (über dem Stadtgebiet generell 3-5 m/sec), nur im Winterhalbjahr läßt sich keine signifikante Zunahme der Windstärke feststellen. Diese Tageszeit deckt sich mit der weitesten Ausdehnung schadstoffbelasteter Luft murtalaufwärts in das Gratkorner Becken (H. Kolb 1981)/17/. Mit dem Einsetzen des Murtalabwindes gelangt dann diese vorbelastete Luft, die Emissionen aus der Leykam in Gratkorn inbegriffen, wieder nach Graz zurück. Somit ist an der Station Graz-Nord auch keine abrupte Abnahme der SO_2-Konzentrationen zu beobachten. In der Vegetationsperiode hält der Talaufwind meist noch ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang an, wobei gegenüber dem Vormittag nun eher östliche Komponenten überwiegen; in tieferen Lagen, vor allem in den Seitentälern, beginnt hingegen der Kaltluftabfluß, wodurch es zu Windscherungen mit der darüberströmenden Warmluft kommt (Abb. 6).

Im weiteren Verlauf (Abb. 7) herrschen nun im gesamten Stadtgebiet tal- und hangabwärts gerichtete Winde vor; nur im Winter kommt es mitunter schon in den frühen Nachtstunden im Süden von Graz zu gegenläufigen Strömungen - als Folge der bereits entsprechend groß gewordenen Temperaturdifferenz - zwischen dem überwärmten Stadtgebiet und dem rasch abgekühlten Grazer Feld. In den folgenden Stunden wird auch das Zentrum der Wärmeinsel von diesen Flurwinden nach Norden verdrängt. Das Strömungsbild entspricht nun jenem der Abb. 8; die Häufigkeit der beobachteten Windscherungen zwischen den bodennahen Flurwinden (stadteinwärts nach Norden) und dem Murtalabwind erreichen nun ihr Maximum. Höhere Emittenten, wie etwa das Fernheizkraftwerk bleiben allerdings verschont; sie werden erst im Laufe des Vormittags in den Talaufwind einbezogen.

Dieses autochtnone Windsystem prägt die Windrichtungsverteilung in den einzelnen Stadtteilen; in der Abb. 9 wurde versucht, das Stadtgebiet nach Hauptwindrichtungen zu gliedern (Schrägschrift-Nacht, sekrecht-Tag).

Weiters erscheint es sinnvoll, in die Standortüberlegungen die mittleren Windgeschwindigkeiten als Maß für die Durchlüftung heranzuziehen (Abb. 10). Ähnlich wie in Salzburg, einer Stadt in Talausgangslage, drückt der stärkere Talabwind dem Verteilungsbild seinen Stempel auf. Am ungünstigsten schneiden die Beckenrand- bzw. Hangfußlagen entlang des Plabutschzuges ab; auch in den Seitentälern mit der infolge Verbauung erhöhten Bodenreibung verminderten Stärke der Kaltluftabflüsse, dürften die mittleren Geschwindigkeiten 1,0 m/sec nicht übersteigen; außerdem bleiben die Werte tagsüber - wegen der überwiegend quer zur dominanten Strömungsrichtung S-SE verlaufenden Orientierung der Täler - niedriger als über dem Stadtgebiet. Die höchsten Windgeschwindigkeiten verzeichnet der Nordwesten von Graz, speziell der Bereich um die Weinzödlbrücke. Diese gute Durchlüftung würde nun auch auf eine günstige lufthygienische Situation schließen lassen, doch erweist sich diese als trügerisch [1]. Die von Süden das Stadtgebiet erfassende Talaufwindströmung nimmt auf ihrem Weg nach Norden die gesamten Emissionen vor allem der niedrigen Quellen auf ("Hausbrand"), was letztlich im Norden von Graz zu einer drastischen Erhöhung der SO_2-Werte gegenüber den Nachtstunden führt.

Zur Charakterisierung des Jahres und Tagesganges der Windgeschwindigkeit seien nun die Abb. 11, 12 und 13 (Isoplethendarstellung) beigefügt. Die für die Station Algersdorf im Nordwesten von Graz ausgewerteten Ergebnisse besitzen mit nur geringen Abweichungen für das gesamte Stadtgebiet Gültigkeit.

(Minimum der Durchlüftung im Jahresgang im Winter, Minimum im Tagesgang am Morgen). Im Süden von Graz muß jedoch mit eher ausgeprägteren Gegensätzen zwischen dem morgendlichen Minimum und dem Maximum am Nachmittag gerechnet werden.

Von W. Hanringer (1974) /3/ [2] stammt die Abb. 13, die auf Ergebnissen von Windmessungen über dem Dachniveau von Graz beruht (vermutlich 20-30 m über Grund, genaue Lage der Station leider nicht angegeben).

1) Vgl. Abb. 6: Strömungsverhältnisse am Vormittag.

2) Im Zuge einer Stadtklimauntersuchung wurden auch meteorologische Untersuchungen durchgeführt.

Die relativ hohen Windgeschwindigkeiten nachts sprechen jedoch eindeutig für einen Standort der Messung im Norden (Gösting bzw. Feldorf); die Werte bleiben allerdings noch unter jenen der Station Schloßberg. Die Werte tagsüber ergeben gute Übereinstimmung mit den anderen Meßstationen im Grazer Stadtgebiet (z.B. Bauhof/Raiffeisenstraße).

3.4 Nebelverhältnisse

Wie bereits im Abschnitt 3.2 (Inversionen) erwähnt, sind für die Standortbetrachtungen weniger die Hochnebel mit günstigeren Ausbreitungsbedingungen, sondern die Talnebel von Interesse. Bei der Freisetzung von Emissionen innerhalb eines Nebelkörpers kommt es zur "Versauerung" desselben; bei Niederschlägen aus Nebeln (Nieseln, Schneegriesel) in Ballungs- und Industriegebieten wurden dabei generell sehr niedrige pH-Werte gemessen. Ferner zeichnen sich vor allem die seichten (wenige 10-er Meter mächtigen) Talnebel durch eine stark stabile Schichtung (Inversion) aus; eine Emissionshöhe (Kaminhöhe + Rauchfahnenüberhöhung) oberhalb dieser seichten Talnebel wäre deshalb anzustreben.

Für den Grazer Raum wurde nun versucht, die Nebelgefährdung (ausgedrückt in Zahl der Tage mit Nebel) in einer Karte darzustellen (Abb. 14). Trotz der beachtlichen Gegensätze zwischen dem Grazer Feld und den begünstigten Riedellagen bzw. den Unterschieden innerhalb des Stadtgebietes reichen die Nebelbeobachtungen bei weitem noch nicht aus, um eine klare Differenzierung der Nebelgefährdung zu erzielen; die Darstellung ist daher noch mit Unsicherheiten behaftet. Bemerkenswert ist die im Zusammenhang mit dem Talabwindsystem stehende Nebelarmut im Bereich der Weinzödlbrücke. Andererseits reichen an einigen Tagen Talnebel vom Gratkorner Becken noch in den Murdurchbruch bei Raach hinein, "heben" aber dann meist ab (häufig verbunden mit einer Auflockerung und Auflösung des Nebels). Insgesamt schneiden die Riedelstandorte bzw. der LKH-Bereich hinsichtlich der Nebelverhältnisse deutlich günstiger ab als die südlichen Bezirke mit dem Standort LSKH.

4. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abb. 1: Geländedarstellung /Graz-Umgebung/ Standorte 15

Abb. 2: Stationen 16

Abb. 3: Wärmeinsel/Vegetationsperiode 17

Abb. 4: Wärmeinsel/Winter 18

Abb. 5: Windverhältnisse am Vormittag 19

Abb. 6: Windverteilung am Abend 20

Abb. 7: Windverteilung frühe Nachtstunden 21

Abb. 8: Windverhältnisse am Morgen (Vegetationsperiode) bzw. in der Nacht (Winter) 22

Abb. 9: Hauptwindrichtungen im Grazer Raum 23

Abb. 10: Durchlüftung/Jahresmittel der Windgeschwindigkeit 25

Abb. 11: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwert, m/s) 26

Abb. 12: Tagesgang der Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwert, m/s) 26

Abb. 13: Isopletendarstellung der Windgeschwindigkeit über Graz im tages- und jahreszeitlichen Ablauf 27

Abb. 14: Nebelverhältnisse 28

Abb. 15: Tagesgang des Windes an der Station LKH für Hochdruckwetterlagen 29

Abb. 16: Windrichtungsverteilung für den August 1983, Station LKH (16-teilige Windrose) 30

Seite

Abb. 17: Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen LKH und Universität Graz im Juli und November 1983 31

Abb. 18: Calmenhäufigkeit an der Station LKH im November 1983 32

Abb. 19: Windrichtungsverteilung an der Station Zentralbauhof Raiffeisenstraße (Calmen) 32

Abb. 20: Windrichtungsverteilung für die Station Raiffeisenstraße 33

Abb. 21: Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen Schloßberg und Bauhof im Dezember 1974 34

Abb. 22: Tagesgang des Windes an der Station Zentralbauhof in der Raiffeisenstraße für Hochdruckwetterlagen 35

Abb. 23: Windrichtungsverteilung für die Station Kalkschberg (1973 - 1979) und Jahresgang der Windgeschwindigkeit 36

Abb. 24: Tagesgang der Windrichtungen an der Station Messendorfberg für den April 1981 37

Abb. 25: Engerer Immissionsbereich - LKH-Heizhaus 38

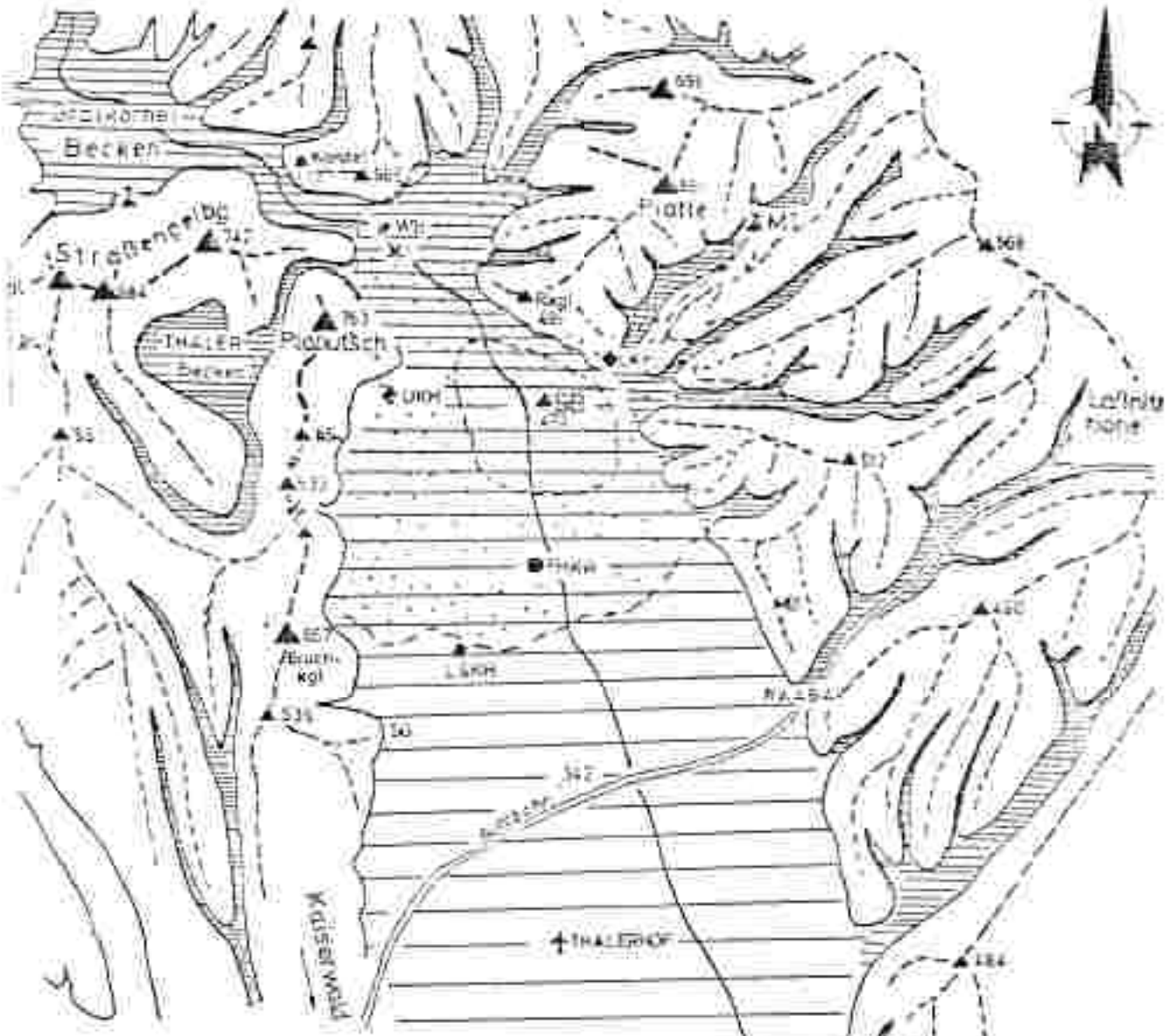
Abb. 26: Engerer Immissionsbereich - LKH-Gärtnerei 39

Abb. 27: Engerer Immissionsbereich - LSDH-Feldhof 40

Abb. 28: Windrichtungsverteilung für die Station LKH 41

Abb. 29: Immissionsbelastung durch die derzeitige Müllverbrennung am LKH 42

Abb. 1: Geländedarstellung / Graz - Umgebung / Standorte



Legende:

- Bergrücken mit Höhenangaben in m
- Seitentäler
- Haupttalbereiche - Grazer Feld

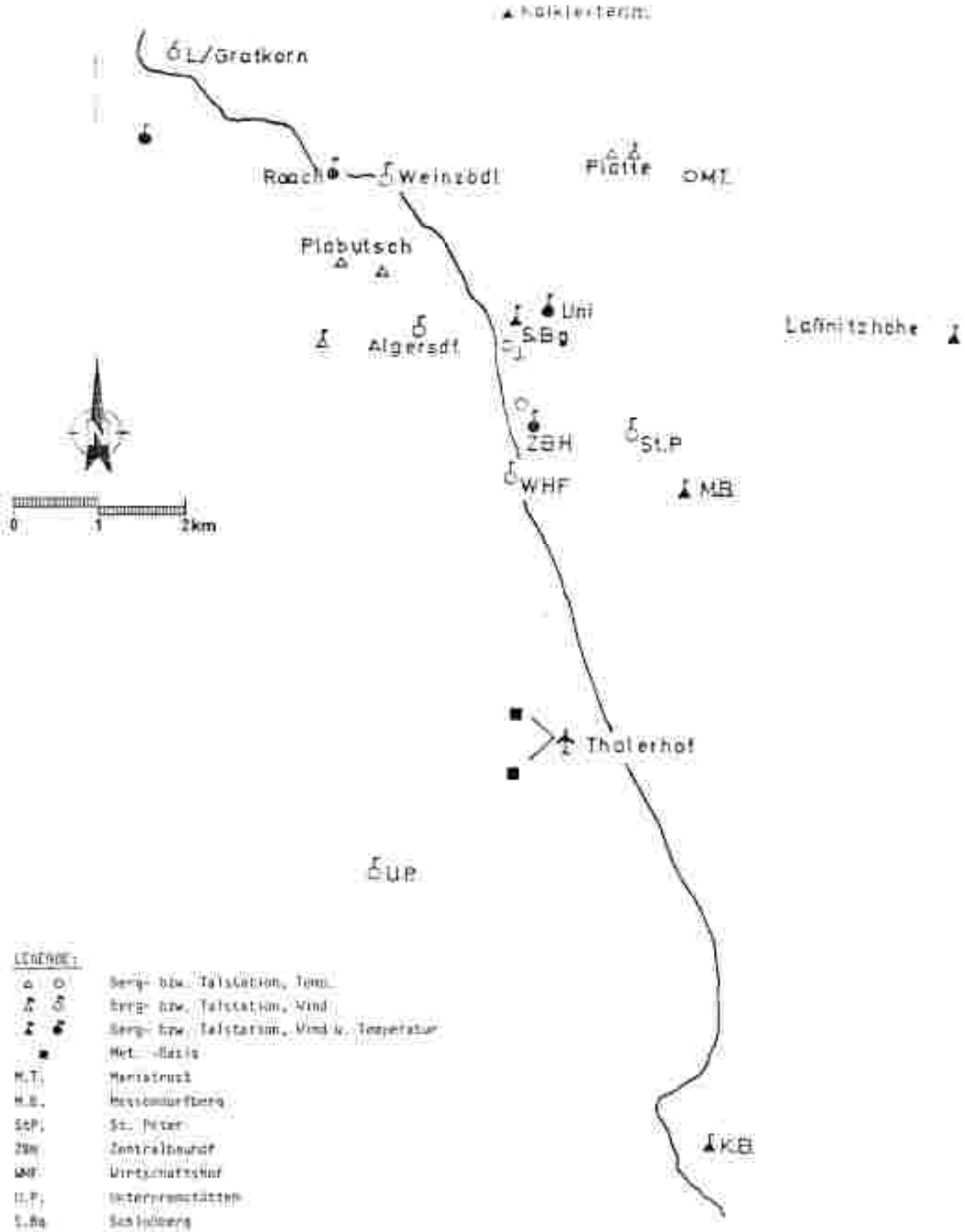
Abkürzungen:

MT	Moststraße
SB	Schloßberg
WS	Weinzödlbrücke
FHKH	Fernheizkraftwerk
LKH	Landeskrankenhaus
LSKH	Landessonderkrankenhaus
UKH	Unfallkrankenhaus
KB	Kollischberg
MB	Messendorfberg
SG	Straßgang

Schwach bzw. dicht punktierte Bereiche = wenig bzw. stark verbaute Gebiete

0 1 2 3km

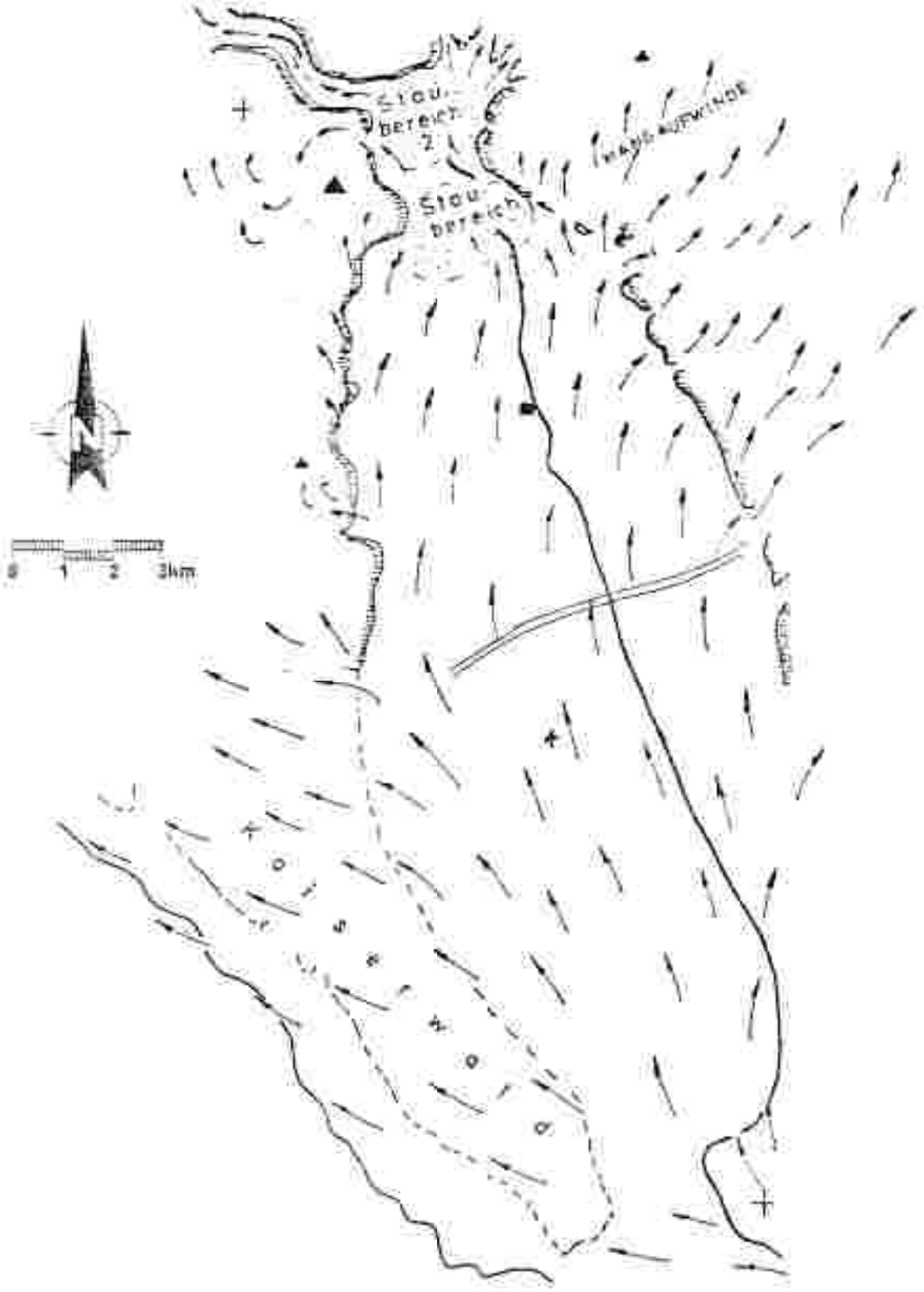
Abb. 2: Stationen



LEGENDE:

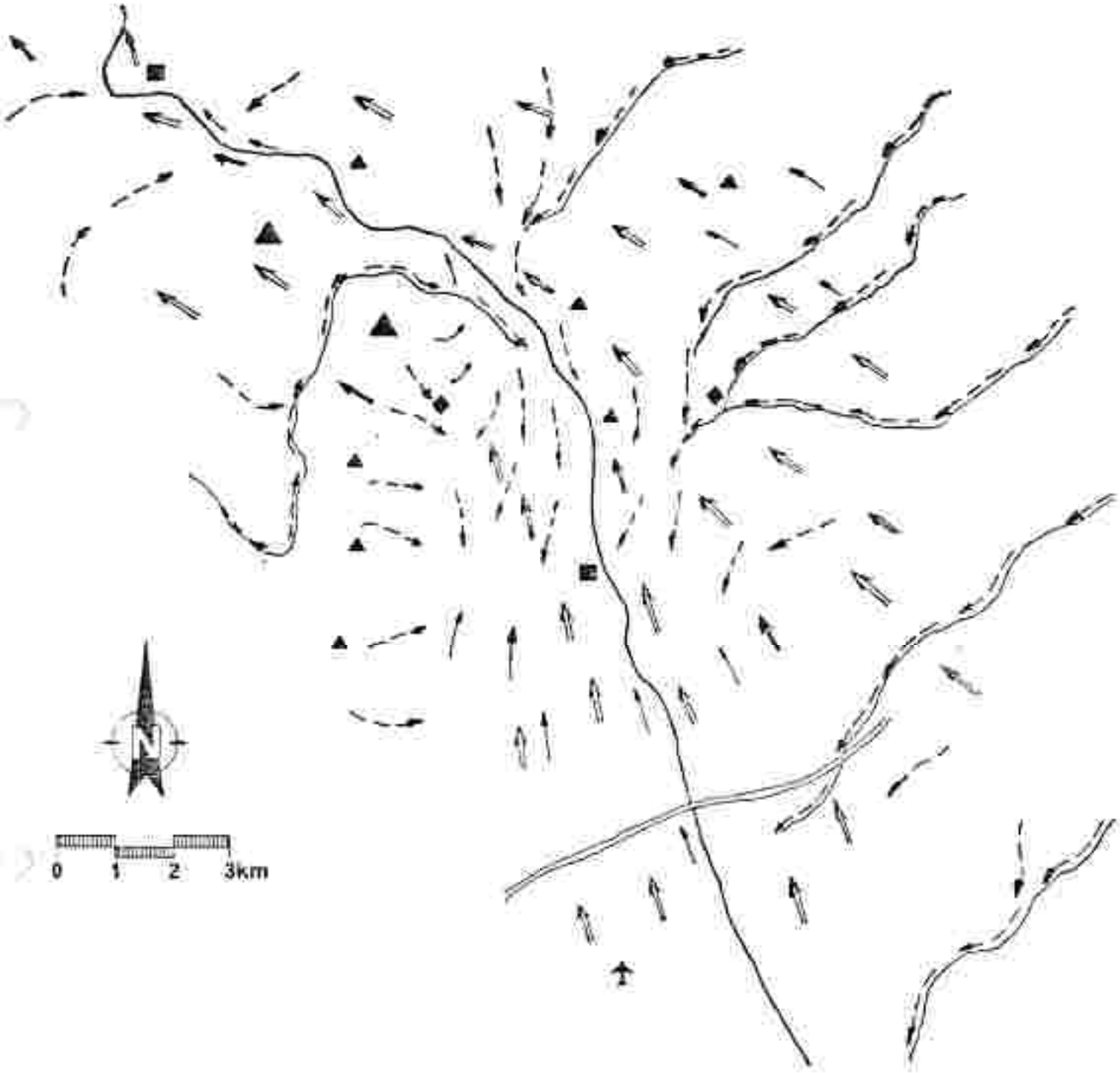
△ ○	Berg- bzw. Talstation, Temp.
⛰ ⛰	Berg- bzw. Talstation, Wind
⛰ ⛰	Berg- bzw. Talstation, Wind u. Temperatur
■	Met. -Basis
M.T.	Meristruck
M.B.	Messendorfberg
St.P.	St. Peter
ZBH	Zentralbahnhof
WHF	Wirtschaftshof
U.P.	Universitätsstätten
S.Bg.	Schloßberg
K.B.	Kollischberg
J.	Joanneum

Abb. 5: Windverhältnisse am Vormittag



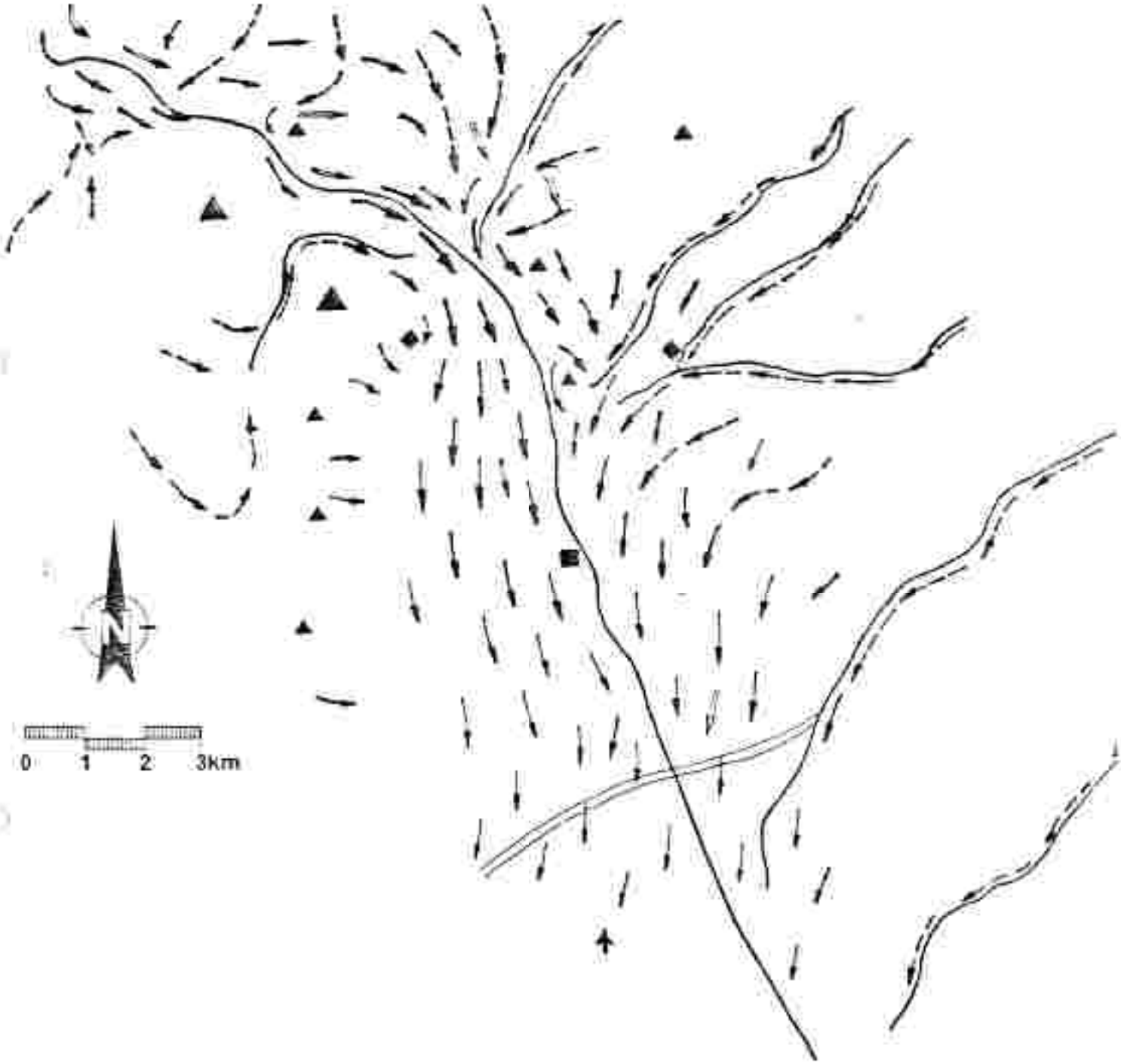
Bemerkung: Wichtig sind die Staueffekte bei Talaufwindströmung;
in der ersten Phase sind auch lokale Hangaufwinde verbreitet.

Abb. 6: Windverteilung am Abend



LEGENDE: noch in Höhen ab 50 bis 100 m über Grund anhaltende Talaufwindströmung, die auf den Riedeln (z.B. Messendorfberg) noch bis in die späten Nachtstunden anhalten kann; in den Seitentälern bereits Kaltluftabfluß; dadurch wieder Windscherungen mit der darüber strömenden wärmeren Luft- Gegenstück zur Situation am Morgen (bezogen auf die Windrichtungen)

Abb.7: Windverteilung frühe Nachtstunden



LEGENDE:

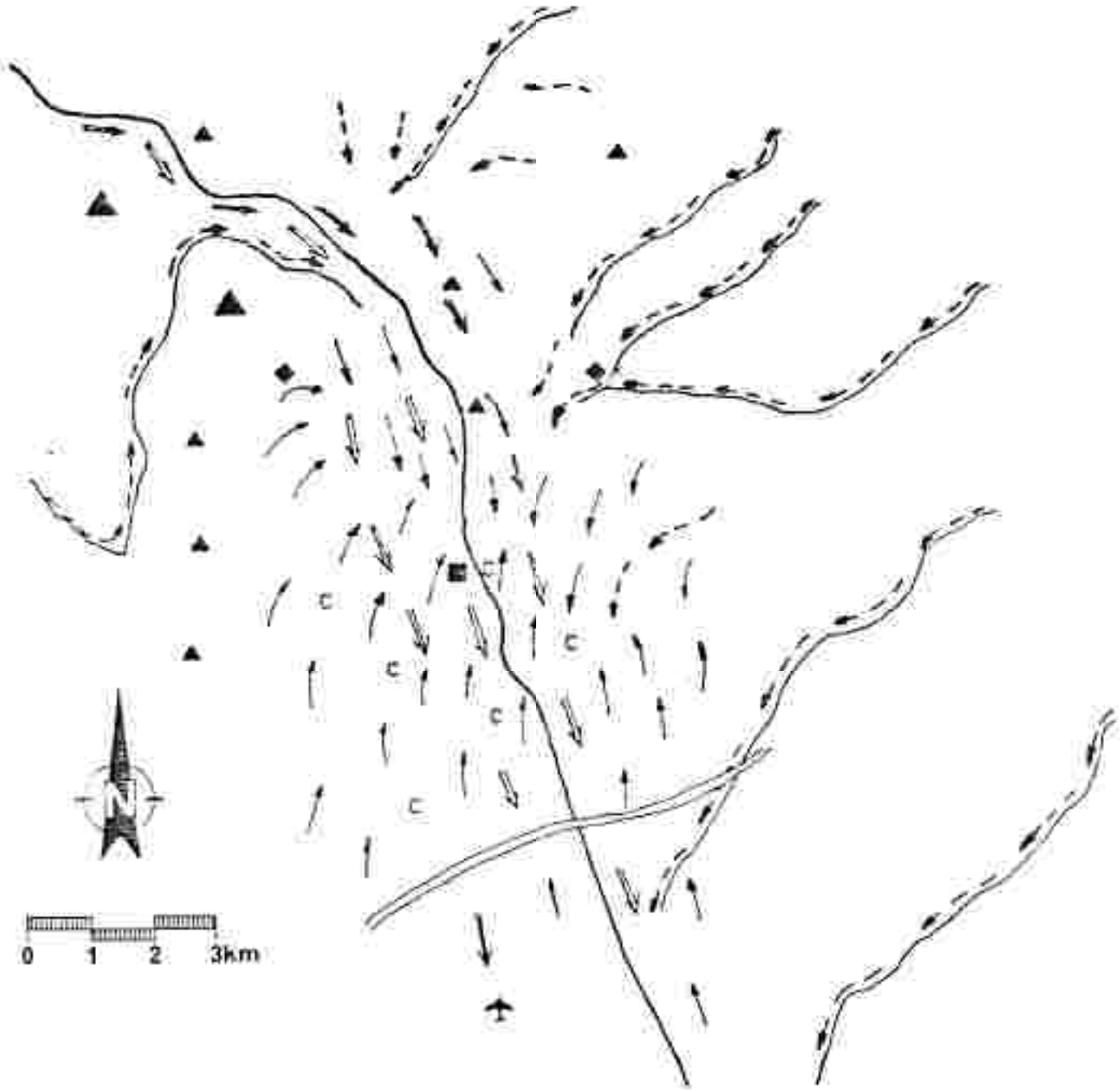
Strömungen ca 50 m ü. Grund

schwache bzw. ausgeprägte bodennahe Strömungen

Kaltluftabfluß

Bemerkung: Deutlich sind unabhängig voneinander die Windsysteme im Haupt- bzw. in den Seitentälern erkennbar.

Abb. 8: Windverhältnisse am Morgen (Vegetationsperiode) bzw. in der Nacht (Winter)

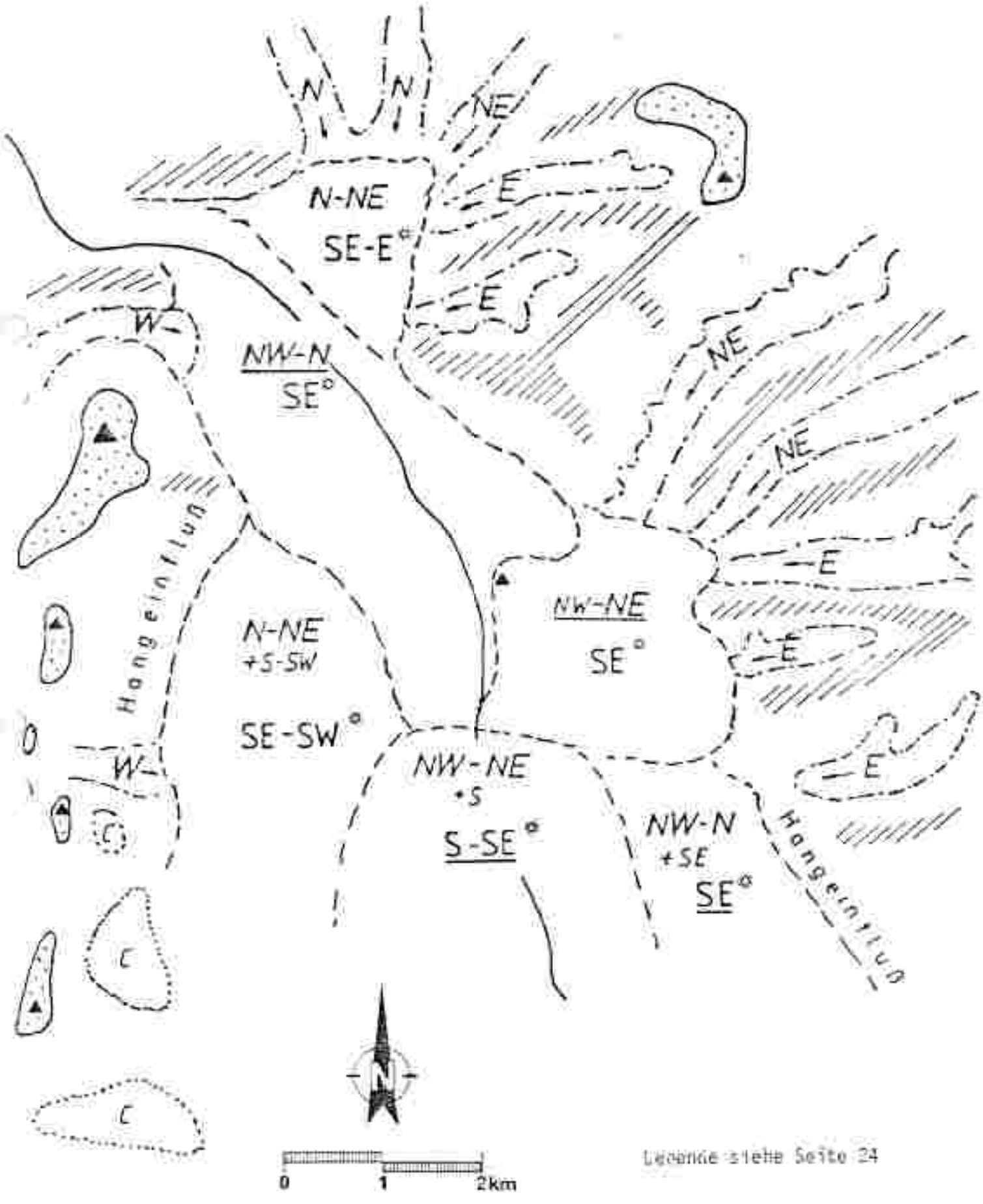


LEGENDE:

- Strömungen knp. 30 m ü. Grund
- Kaltluftabfluß von den Seitentälern
- schwache bodennahe Strömungen (Flurwinde), C=Calmen
- Fernheizkraftwerk
- Löh (Landeskrankenhaus)
- Autobahn
- Flugplatz/Thalermoor

Bemerkung: Zu beachten sind die generalisierenden Strömungen (vgl. Abb. 7)

Abb. 9: Hauptwindrichtungen im Grazer Raum



Legende siehe Seite 24

Legende zu Abb. 9 (Hauptwindrichtungen) (Seite 23)

LEGENDE:

N — Hauptwindrichtung/Nacht

S — Hauptwindrichtung/Tag

- SW — Zusatzkomponente/Nacht

NE → — dominante Hauptwindrichtung in Seitentälern (Unterordnete jeweils in entgegengesetzter Richtung)

N — dominante Windrichtung insgesamt

Riedeltyp 1 - abweichende Bedingungen von den Talstationen, aber noch innerhalb der Talabwindströmung aus dem Murtal daher nachts Winde vorherrschend aus dem Sektor NW - NE, mitunter im Sommer noch bis in die frühen Nachtstunden östliche Winde tagsüber überwiegend Winde aus dem Sektor Süd bis Ost

Riedeltyp 2 - ähnlich dem Typ 1, doch über der Talwindströmung; daher in Nächten bei Hochdruckwetter nur geringe Windgeschwindigkeiten

Bereiche im Südwesten der Stadt mit häufigen Calmen; vorherrschend sind östliche bzw. westliche Winde

Anmerkung: Im gesamten Grazer Raum treten - mit Ausnahme des Winters - infolge Tiefdruckeinfluß wesentlich häufiger Nordwinde (meist an der Rückseite von Fronten) tagsüber als Südwinde nachts auf.

Abb.10: Durchlüftung / Jahresmittel der Windgeschwindigkeit

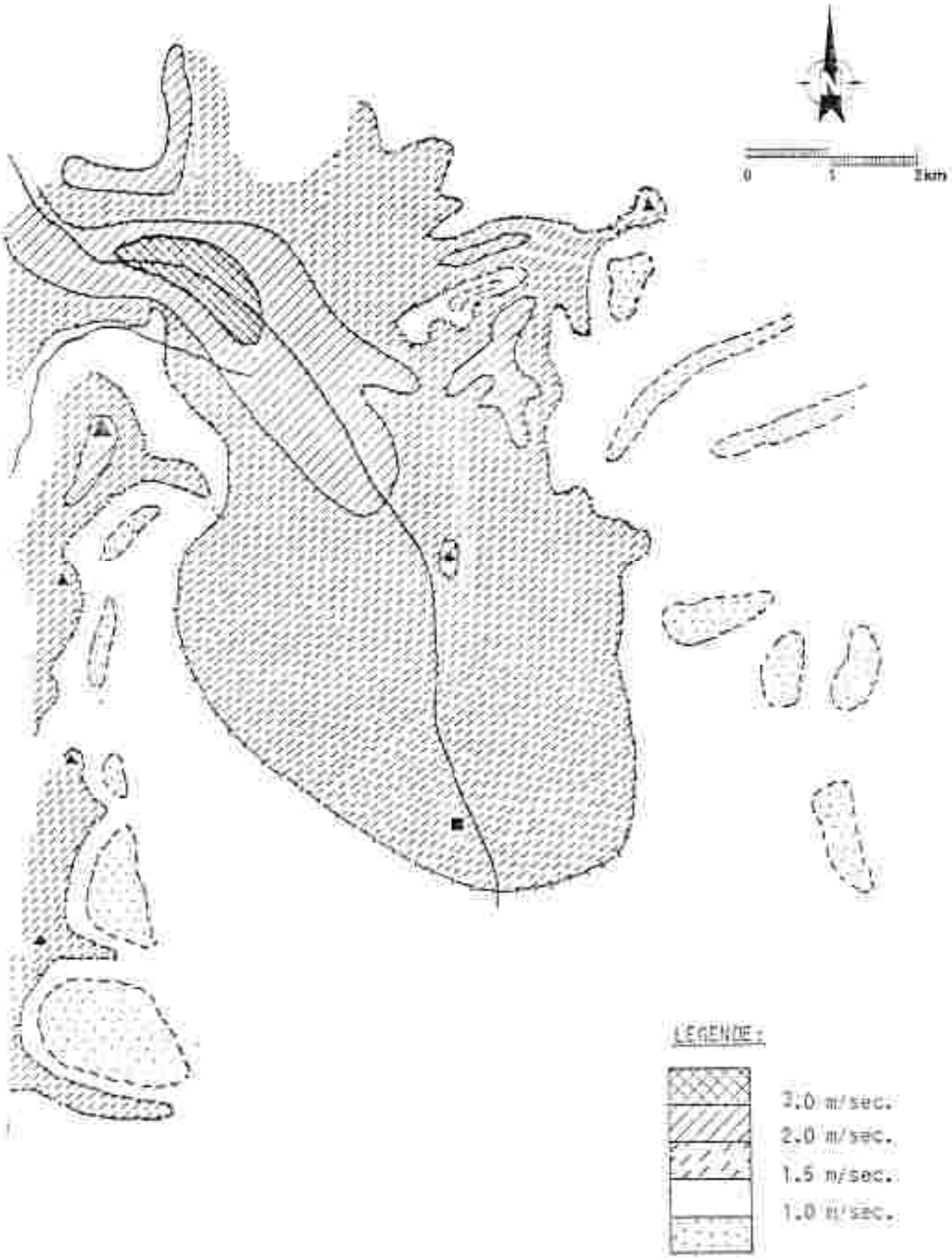
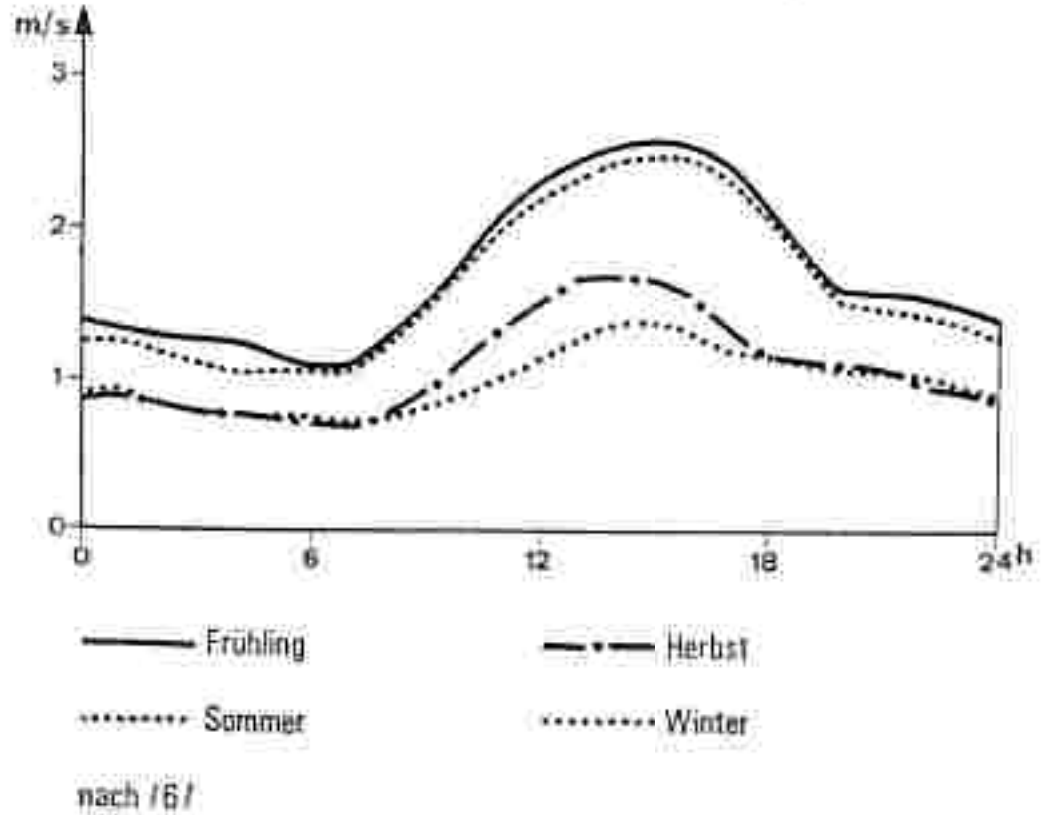


Abb. 11: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwert, m/s)

nach /6/

Abb. 12: Tagesgang der Windgeschwindigkeit (Stundenmittelwert, m/s)



nach /6/

Abb. 13: Isopiethendarstellung der Windgeschwindigkeit über Graz im tages- und jahreszeitlichen Ablauf.

Genaue Lage der Messung unbekannt (nach /3/).

Langjährige Mittelwerte in km/h.

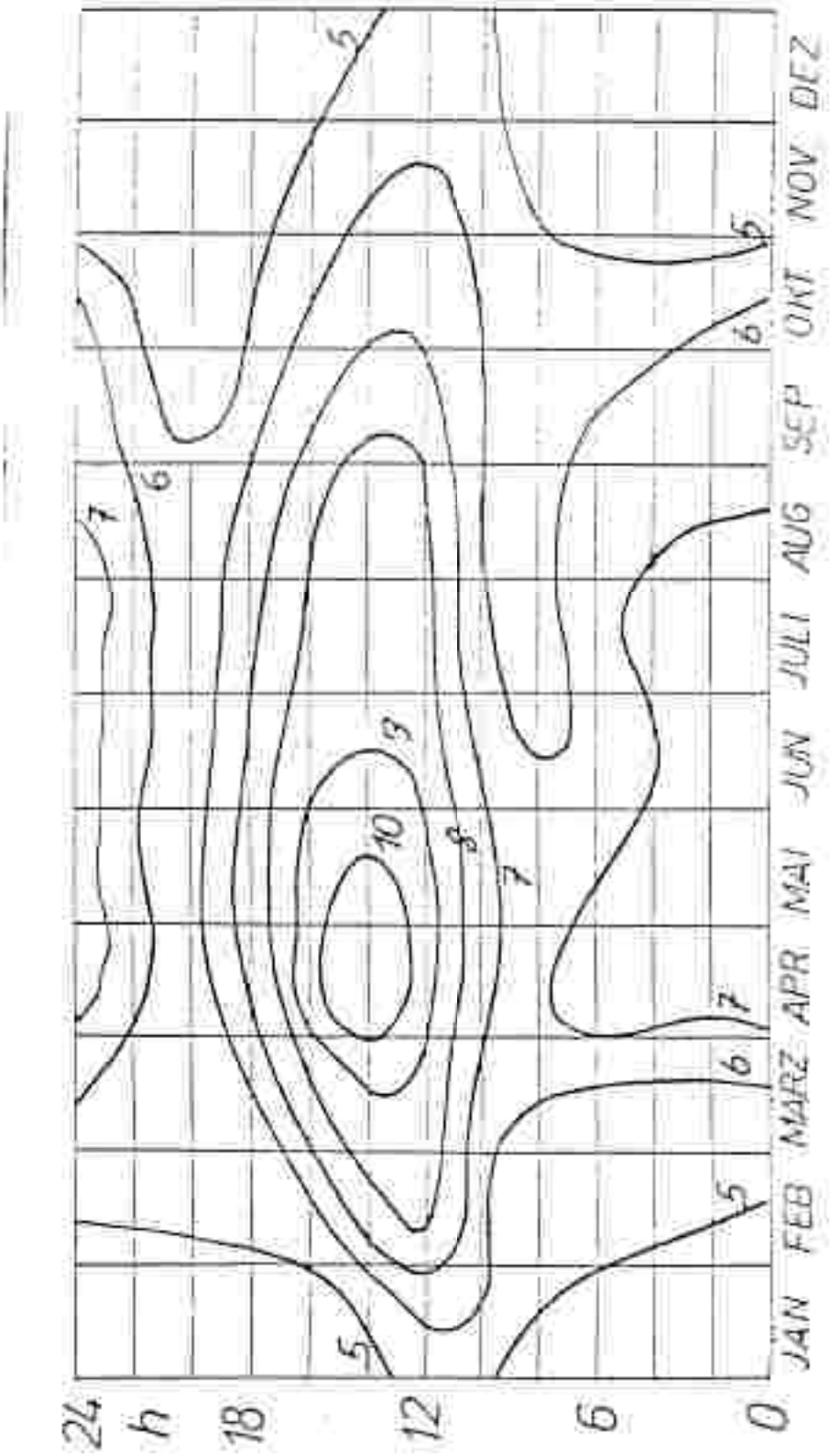
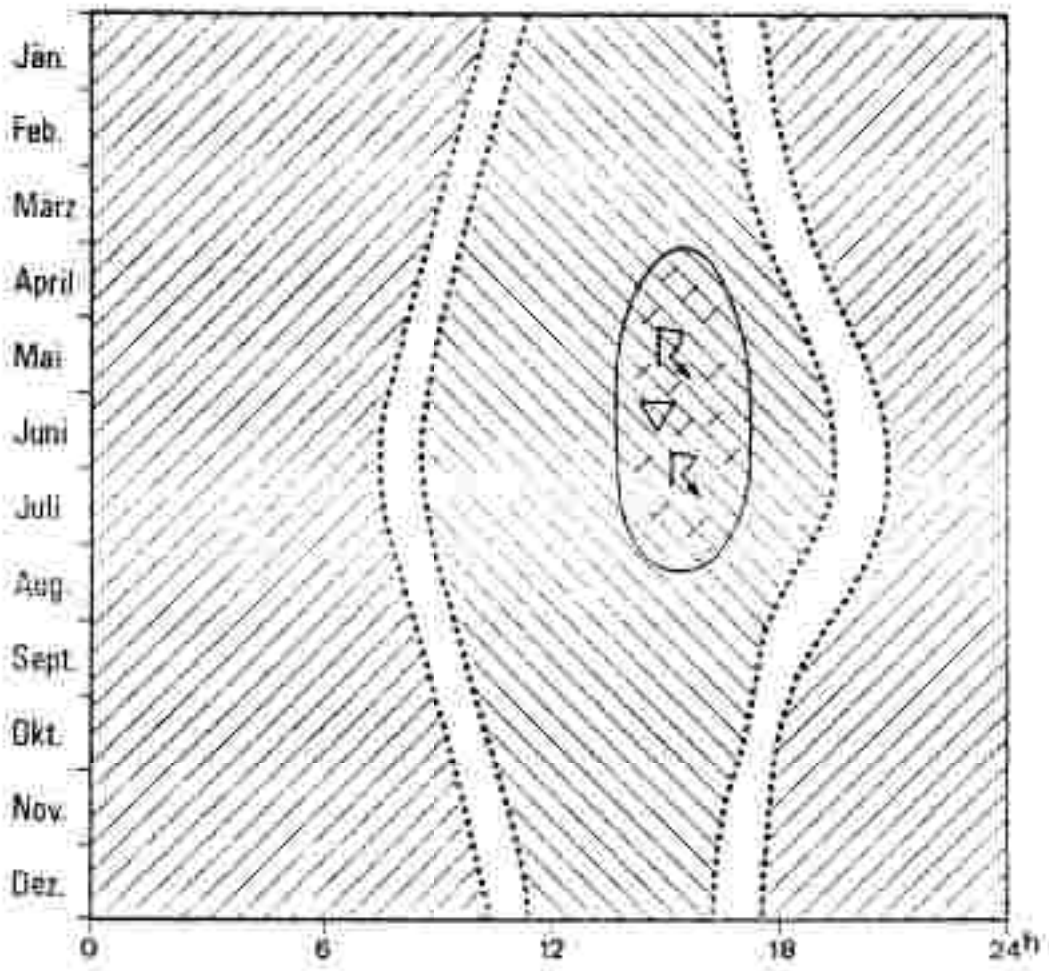


Abb. 15: Tagesgang des Windes an der Station LKH für Hochdruckwetterlagen

unter Berücksichtigung der Trombkitte der Station Universität Graz (1901-1904)

Wind- und bewölkungsarmes "Strahlungswetter" entspricht ca. 1/3 der erfaßten Wetterlagen.



LEGENDE

Vorherrschend Talabwind (aus der Matiatroster-Tal) mit Hauptwindrichtung NNE, Geschwindigkeit 0,5 - 2,0 m/sec; im Winterhalbjahr in der zweiten Nachthälfte gehäuftes Auftreten von Windstillen.

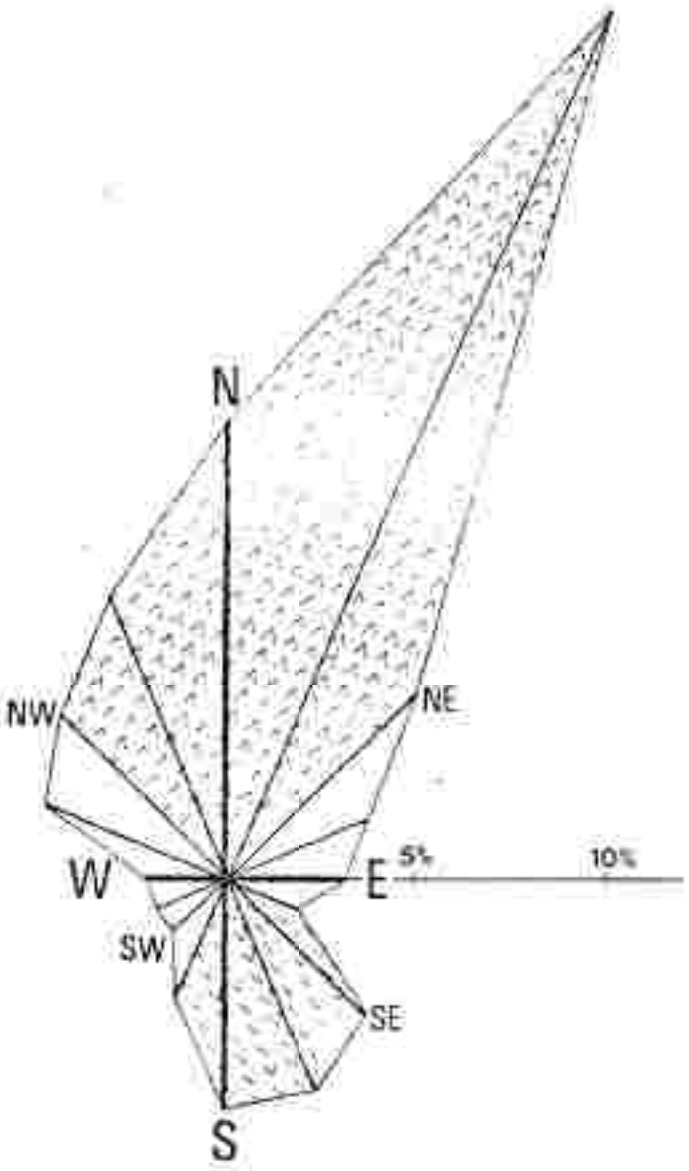
Vorherrschend Talaufwind aus dem Sektor Süd bis West; am Mittag generell aus Süd bis Süd-Ost; am Vormittag meist noch relativ schwach (1 - 2 m/sec), später stärker (Maximum am Nachmittag 2,5 - 4,0 m/sec).

Zeitabschnitte am Nachmittag mit Störung des autochtonen Windsystems durch Schauen und Gewitter (häufig vorüberhende Winde aus dem Sektor West-Nord).

Zeitbereiche des Windwechsels mit teilweise richtungsuneinheitlichen Winden und hoher Calmenwahrscheinlichkeit; allgemein ungünstige Ausbreitungsbedingungen (besonders am Morgen bei stabiler Schichtung).

Anmerkung: Dieses Schema des autochtonen Windsystems trägt auch die Windrichtungsverteilung im gesamten Monat; es beträgt die Wahrscheinlichkeit für Winde aus südlichen Richtungen tagsüber 70-80 % (am Nachmittag mitunter auch etwas weniger infolge Gewitter); der verbleibende Rest entfällt auf Tiefdruckperioden mit hoher Niederschlagsbereitschaft, überwiegend starker Bewölkung und Wind.

Abb. 16: Windrichtungsverteilung für den August 1983 Station LKH (16-teilige Windrose)

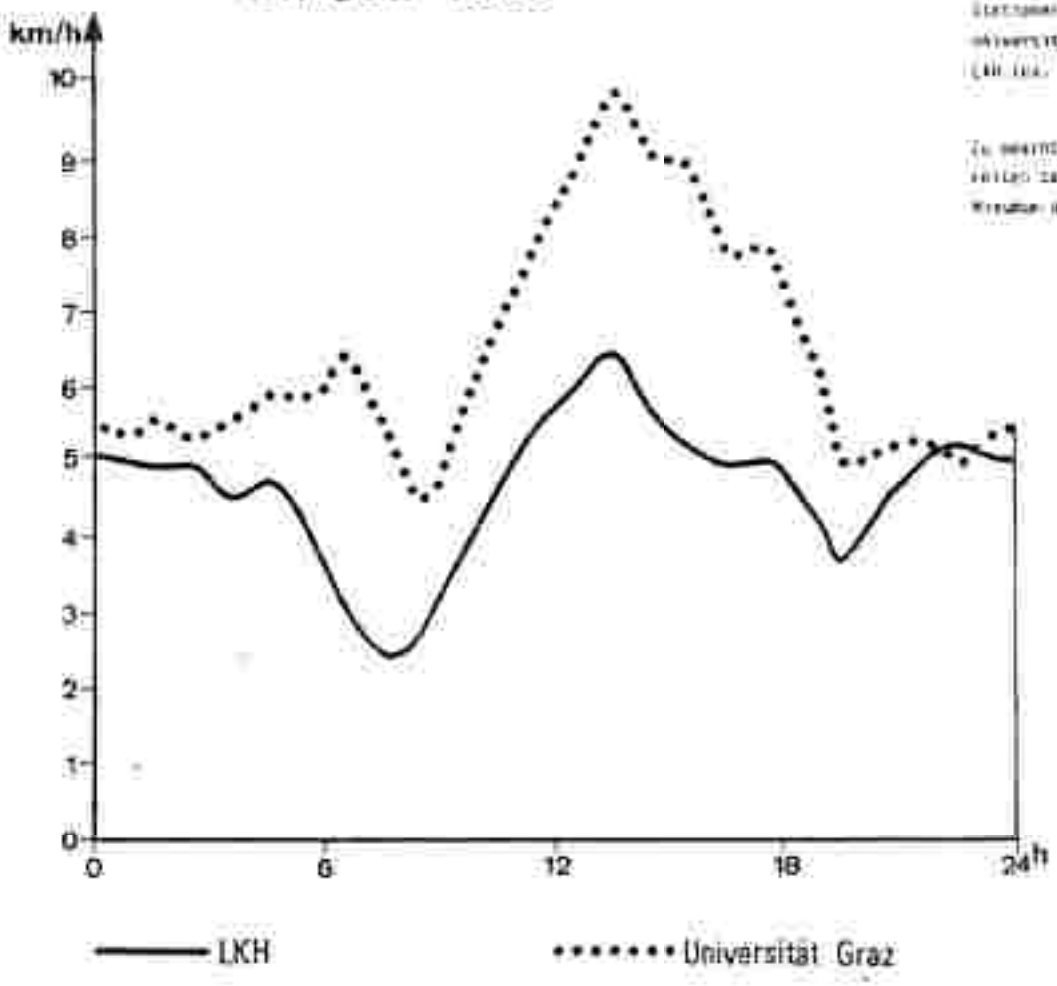


Talaufwindkomponenten (SSW - ESE)

Talabwindkomponenten (NW - NE)

Verhältnis Talab- und Talaufwindkomponenten 2,3:1
Anteil der Windstillen: 5 %

Abb. 17: Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen LKH und Universität Graz im Juli 1983



Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen LKH und Universität Graz im November 1983

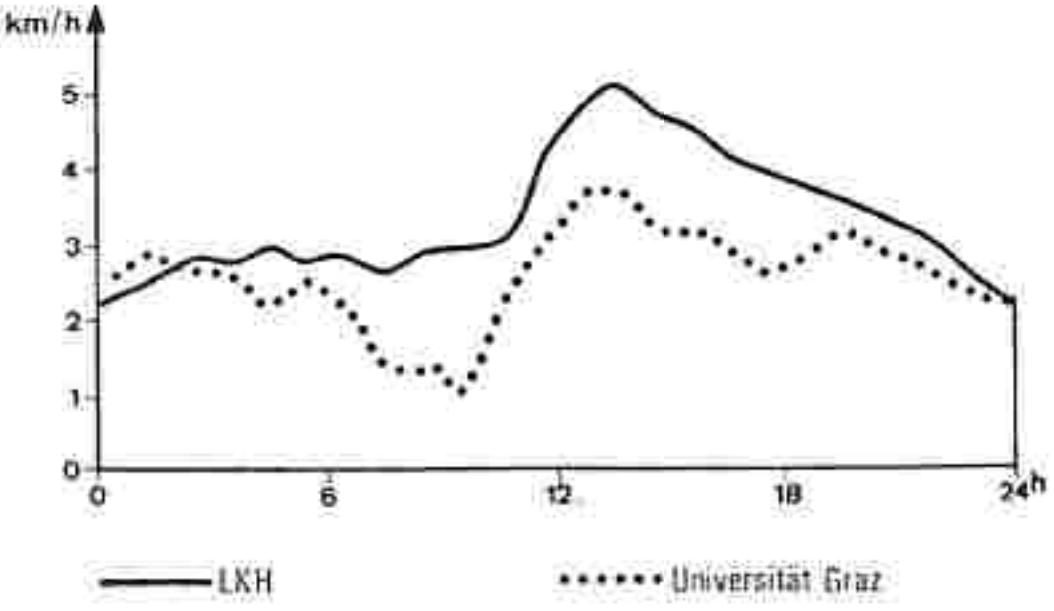


Abb. 18: Calmenhäufigkeit an der Station LKH im November

Die größte Calmenwahrscheinlichkeit tritt während des Windwechsels vom Talabwind zum Talaufwind am Vormittag auf.

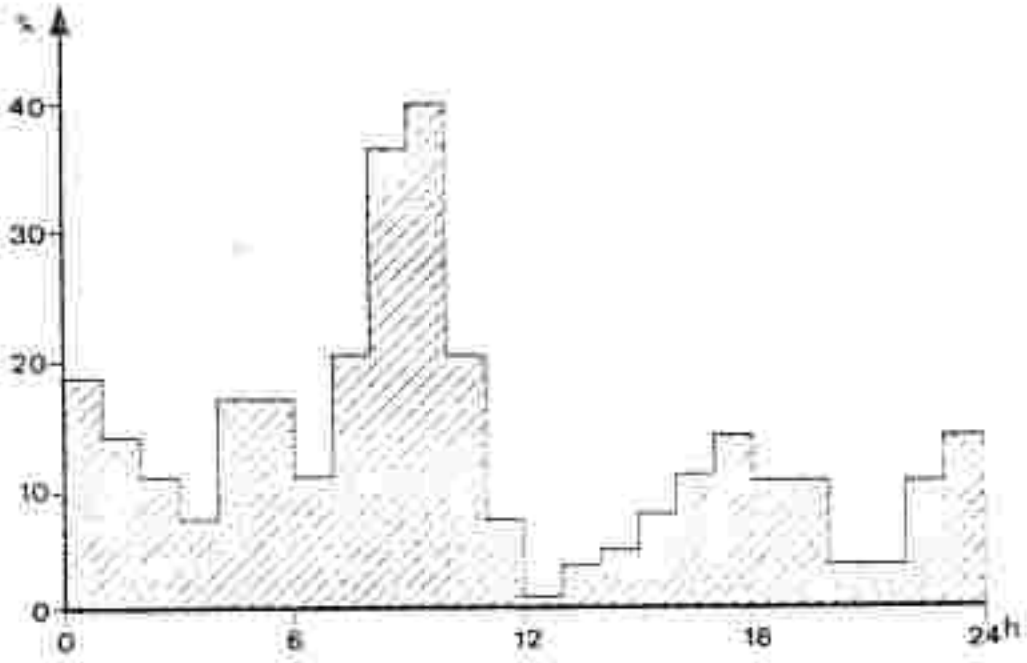


Abb. 19: Windrichtungsverteilung an der Station Zentralbauhof - Raiffeisenstraße

Die Calmen beziehen sich auf Windgeschwindigkeiten ≤0,5 km/h (Mittel 1969 - 1973) nach /3/.

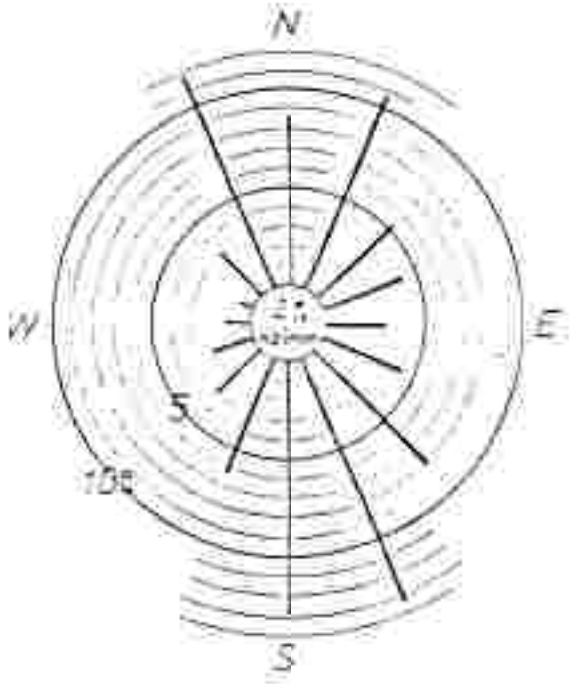
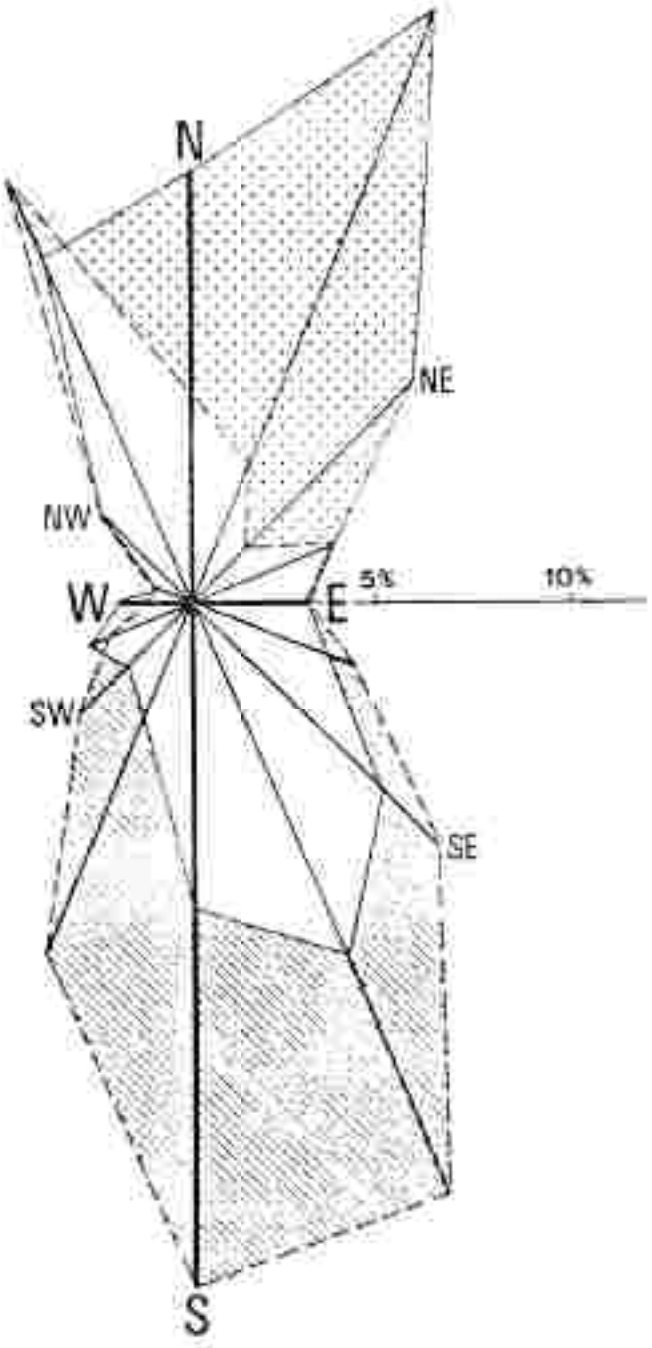


Abb. 20: Windrichtungsverteilung für die Station Raiffeisenstraße

nach /3/



——— für die Verhältnisse in der Nacht

– – – – Windrose/Tag

Abb. 21: Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen Schloßberg und Bauhof im Dezember 1974

Zu beachten sind die deutliche vertikale Zunahme der Windgeschwindigkeit und die Umkehrung des Tagesganges (Maximum am Schloßberg in der Nacht, am Bauhof zu Mittag).

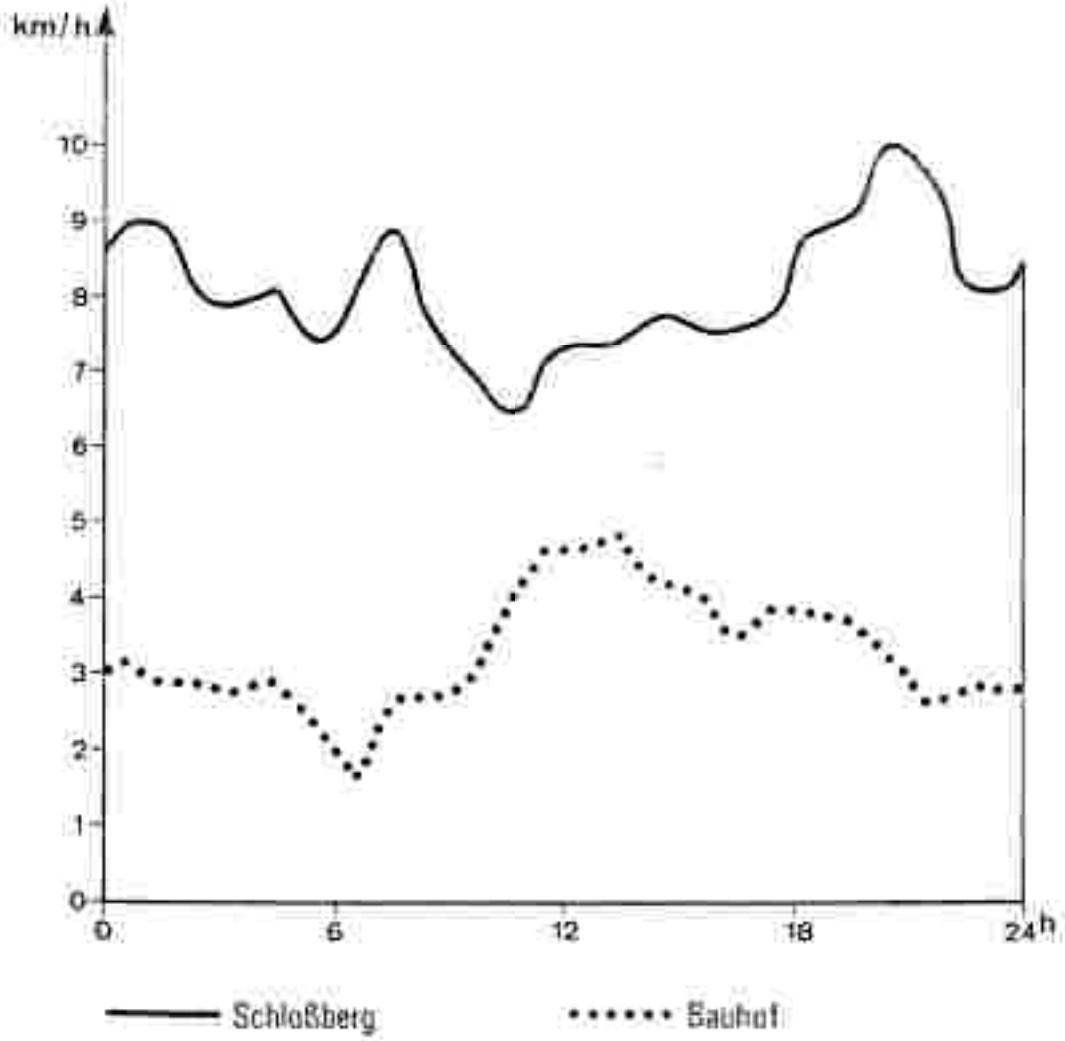
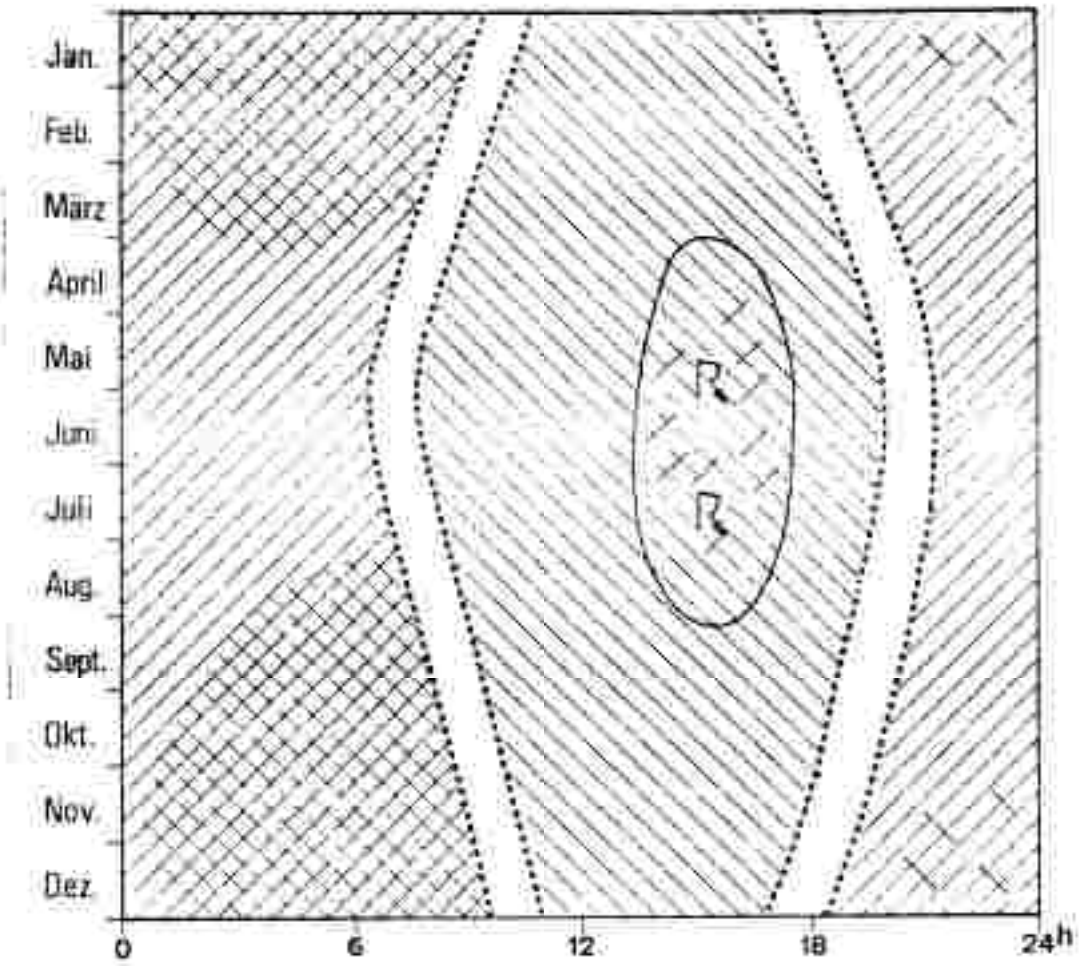


Abb. 22: Tagesgang des Windes an der Station Zentralbauhof in der Raiffeisenstraße für Hochdruckwetterlagen

Analog zu /5/

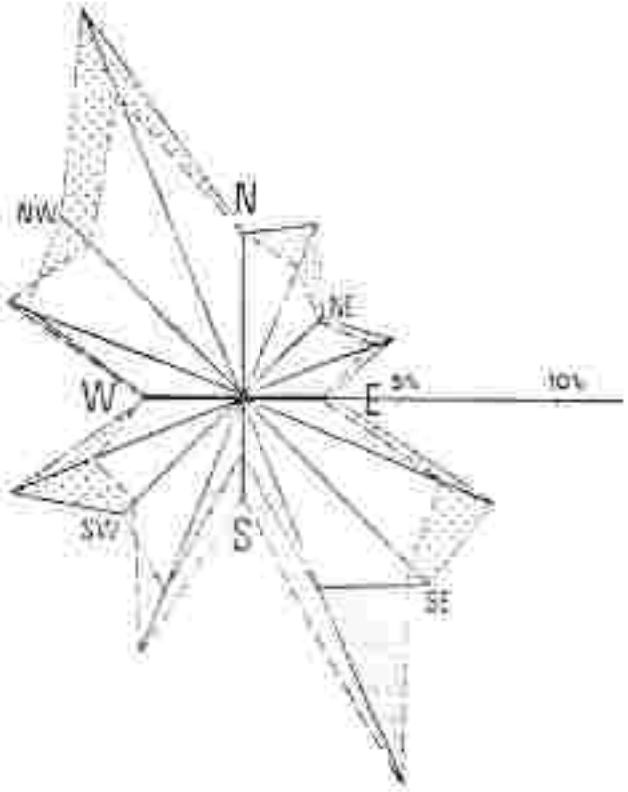


Legende:

- vorherrschend Talabwindkomponenten aus N bis NE; seltener aus NW bis N, mit meist nur geringer Stärke (in der ersten Nachthälfte 0,5 - 1,5 m/sec., in der zweiten Nachthälfte generell < 1 m/sec., teilweise Calmen).
- vereinzeltes Auftreten von Flurwinden aus SW bis SE
- verstärktes Auftreten von Flurwinden aus SW bis SE in der zweiten Nachthälfte im Winter; bei hoher Calmenbereitschaft.
- vorherrschend Talaufwind aus SE bis S
- Talaufwind vorübergehend durch Schauer und Gewitter von nördlichen Winden abgelöst.

Anmerkung: Die Ergebnisse beziehen sich auf eine Meßhöhe 10 - 15 m ü.Grund; für 40 - 50 m ü.Grund sind aufgrund der Ergebnisse von Schlaffberg höhere nächtliche Windgeschwindigkeiten (Calmenwahrscheinlichkeit nur noch gering) bei starkem Dominanz der Talwinde aus NW bis NNE und stark verringerte Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Flurwinden aus dem Grazer Feld zu erwarten.

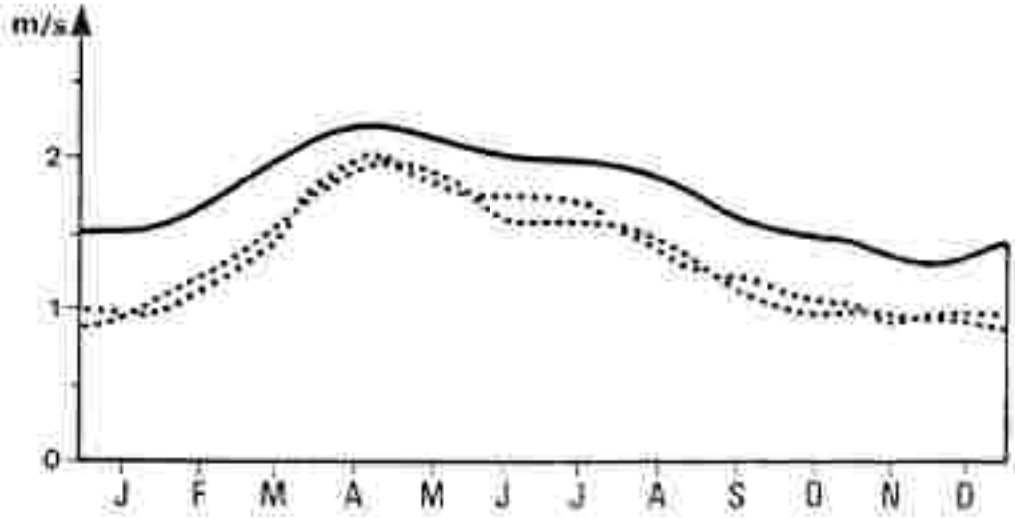
Abb. 23: Windrichtungsverteilung für die Station Kollischberg (1973 - 1979)



——— für die Verhältnisse in der Nacht

– – – – Windrose/Tag

Jahresgang der Windgeschwindigkeit



——— Kollischberg

..... Thalerhof (nach H. WAKONIGG 1978)

..... Algersdorf (nach H. KOLB und H. MOHNL 1979)

Abb. 24: Tagesgang der Windrichtungen an der Station Messendorfberg für den April 1981

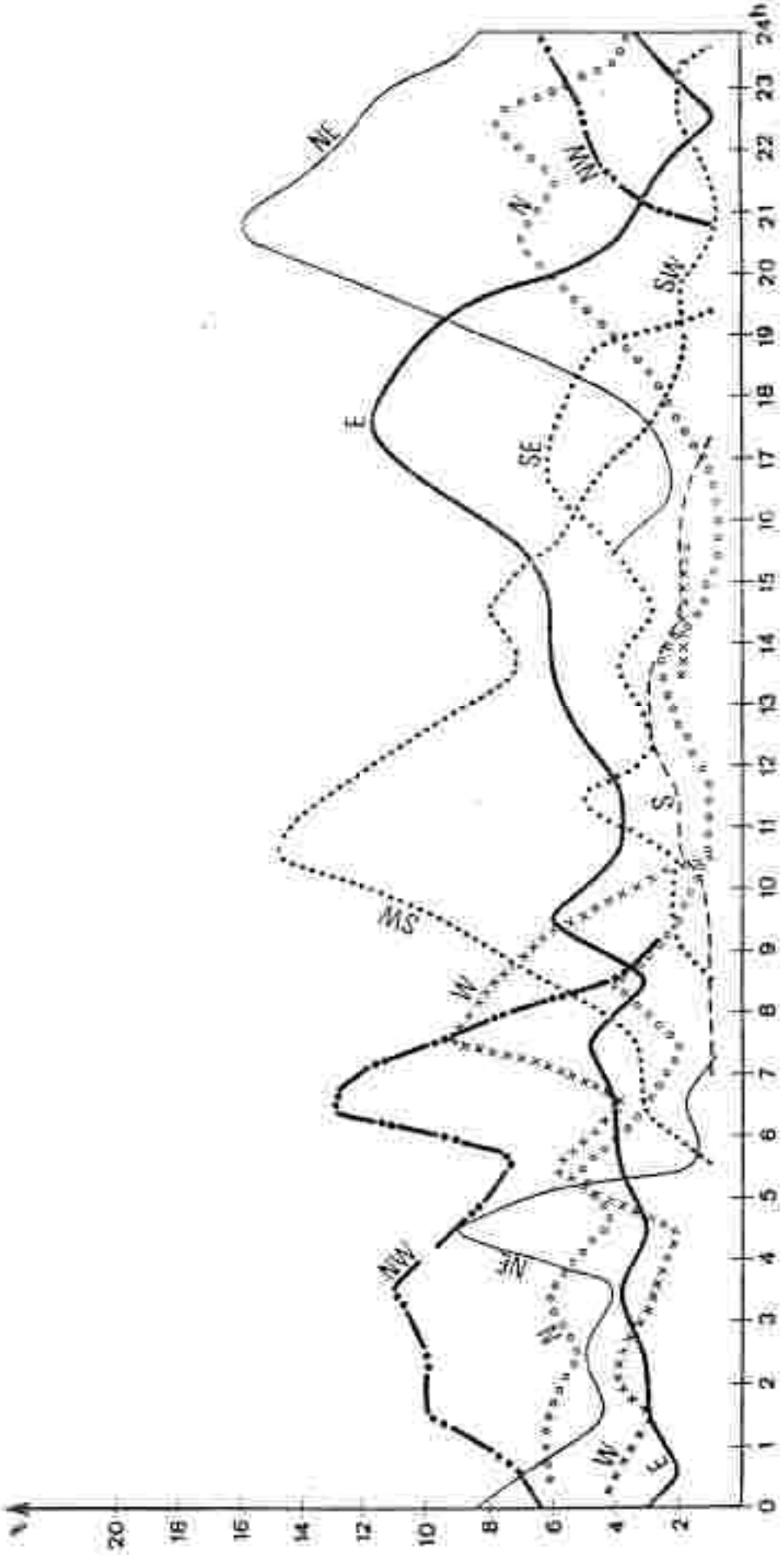


Abb. 25: Engerer Immissionsbereich - LKH/Heizhaus

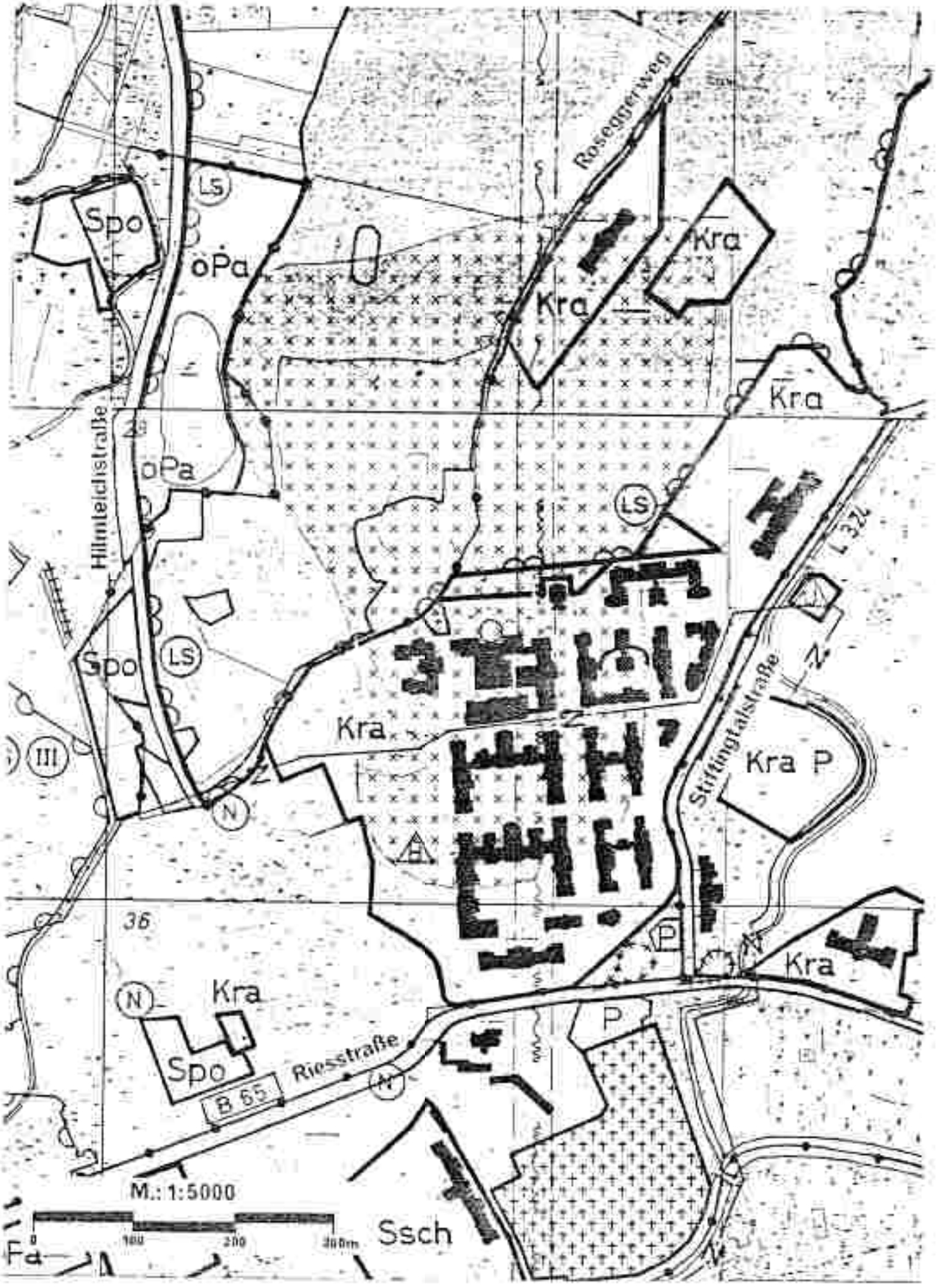


Abb. 26: Engerer Immissionsbereich - LKH / Gärtnerei

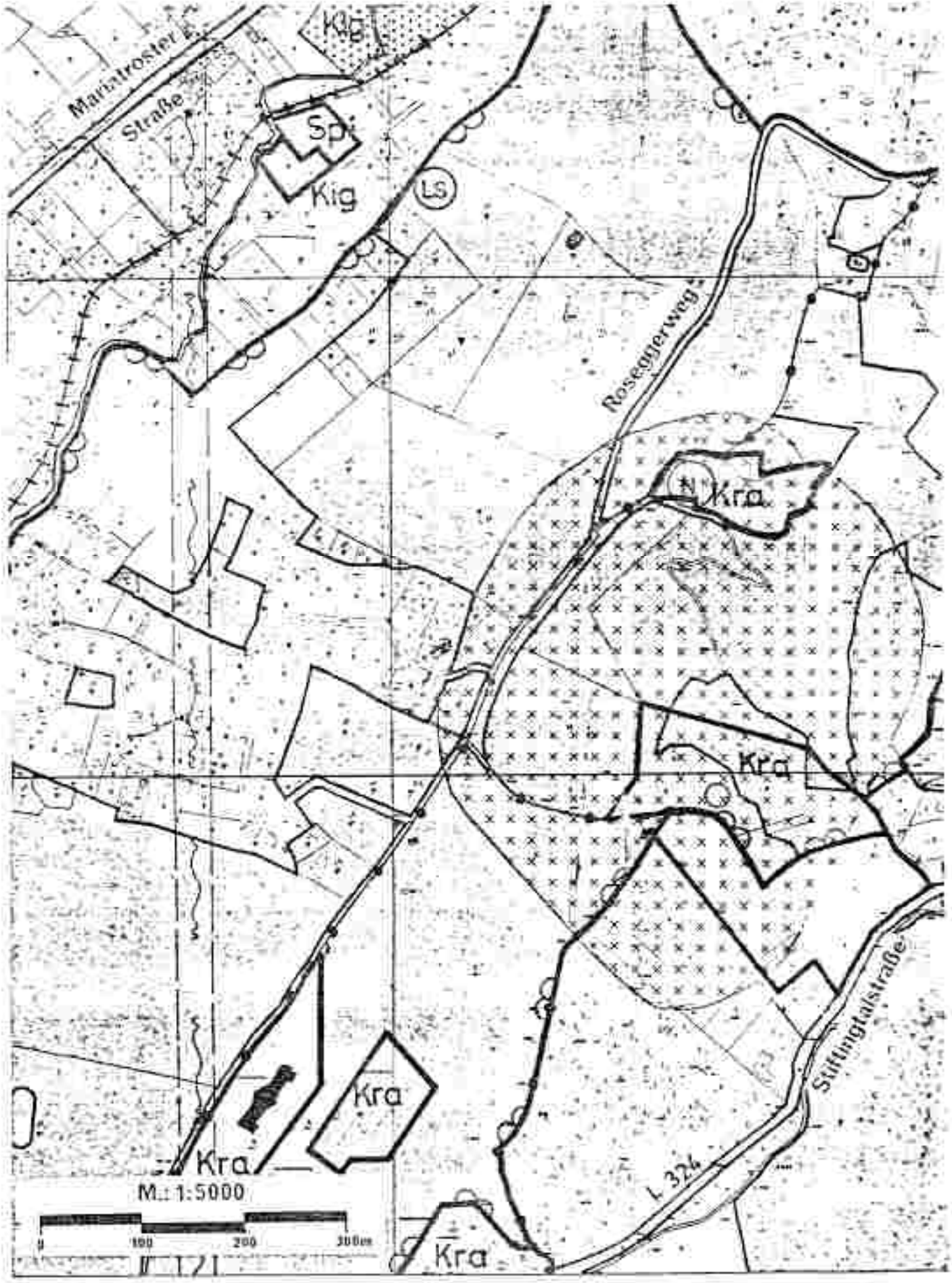


Abb. 27: Engerer Immissionsbereich - LSKH / Feldhof

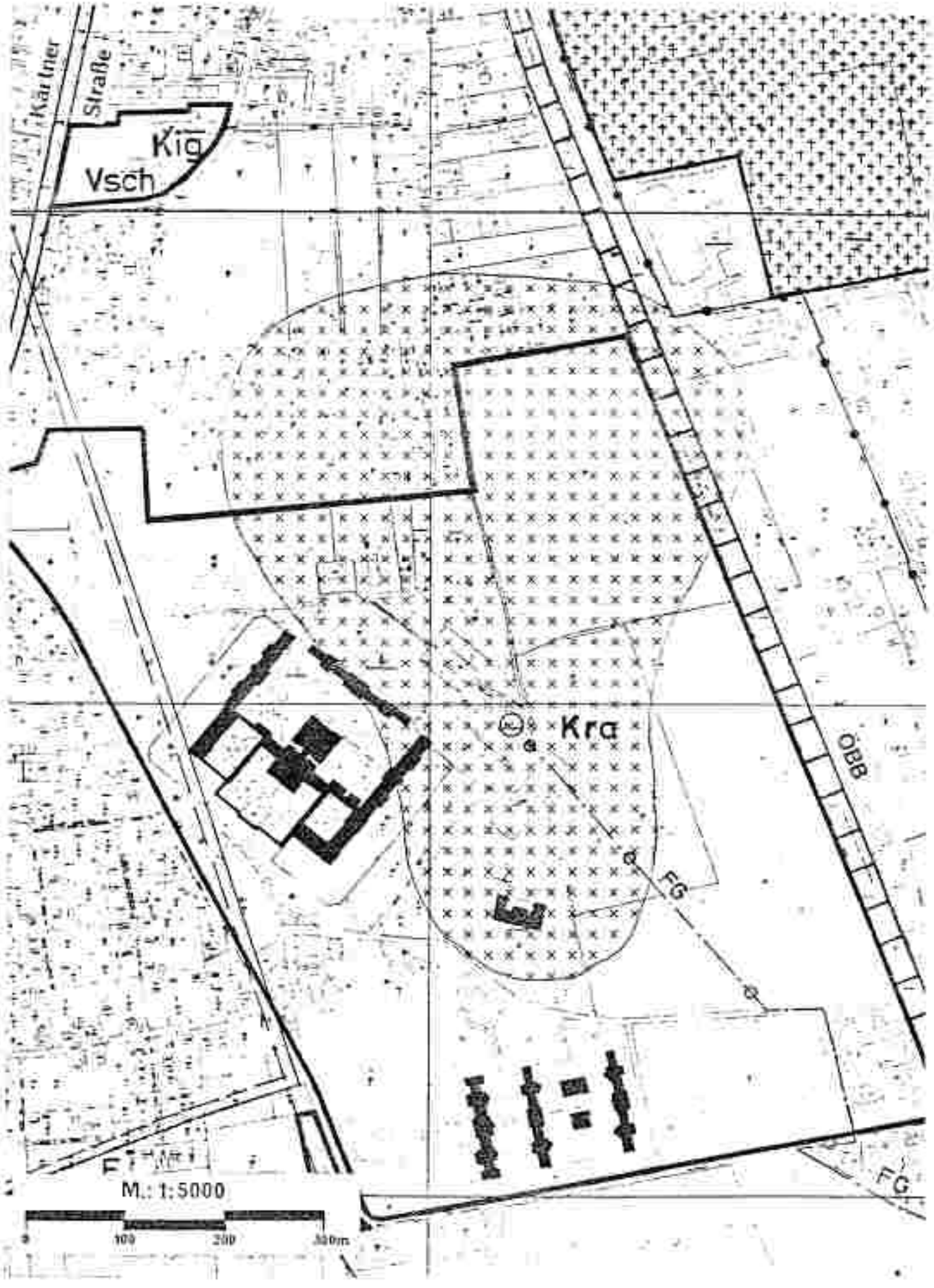
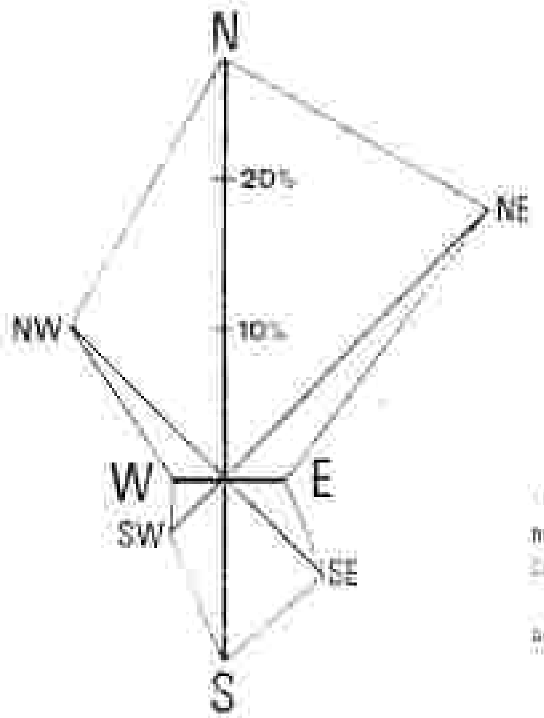
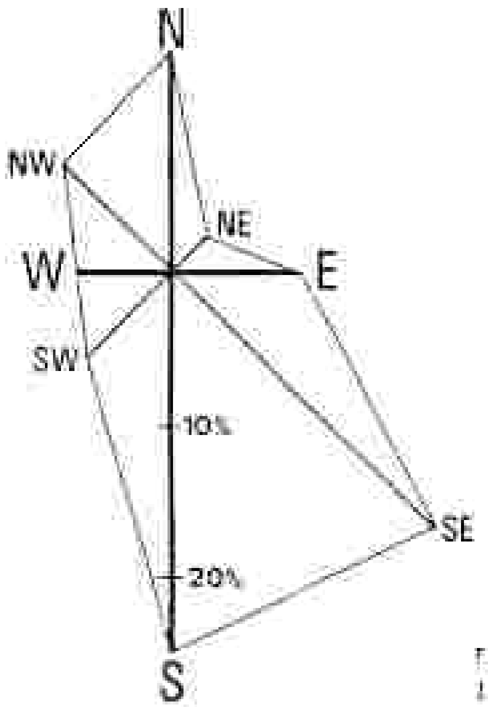


Abb. 28: Windrichtungsverteilung für die Station LKH Tagesmittel



Durchschnittliche Verteilung für den Zeitbereich April [illegible] – Mai [illegible]
bezogen auf Stunden mit Wind [illegible]
Calmenanteil im Sommerhalbjahr [illegible]
im Winter [illegible]
Bemerkung: Im Winter sind die Talabwindkomponenten (NW – N) [illegible] [illegible] [illegible] in der Verteilung um die [illegible] [illegible] eingeplant.

Windrichtungsverteilung für die Station LKH Mittel 10 bis 18 Uhr



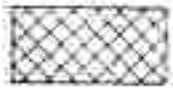
Für den Zeitbereich mit der günstigsten Durchlüftung von
10 bis 18 Uhr; die Winde aus NW – N stellen häufig [illegible] dar.

Abb. 29: Immissionsbelastung durch die derzeitige Müllverbrennung am LKH

(Legende siehe Seite 43)

Legende zu Abb. 29: (Immissionsbelastung)

LEGENDE:



Bereiche mit häufiger und sehr hoher Immissionsbelastung (Gebiet um die Hilmwarte, Leechwald; Belastung vorherrschend am Nachmittag)

Bereiche mit häufiger und mäßig hoher Immissionsbelastung (Teile des Leechwaldes, Rekonvaleszentenheim (!) und Kinderklinik) bzw. seltenerer, aber infolge Prallhangeffektes relativ hoher Immissionsbelastung (Billrothgasse - Holubgasse - Riesstraße; vorwiegend am Vormittag)

Bereiche mit allgemein nur geringer bis mäßiger Immissionsbelastung; beispielsweise werden am Morgen bei Talabwind aus NNE die Abschnitte Elisabethstraße - Leonhardstraße überströmt - Immissionswirkung daher gering.

Hauptwindrichtung/Tag

Standort der derzeitigen Müllverbrennung

Hauptwindrichtung/Nacht - Morgen

Anmerkung: Zu den wichtigsten Emissionen aus dem Kamin der Müllverbrennung zählen CO, C_xH_y (infolge unvollständiger Verbrennung, teilweise schlechter "Ausbrand") HCL (aus PVC Abfällen), SO_2 + NO_x (Rauchgase aus der Kohlenfeuerung werden ebenfalls in den Kamin eingeführt)

GELÄNDEKLIMATISCHE STUDIE ÜBER DEN EINFLUSS VON STRASSENDÄMMEN AUF DIE ERHÖHUNG DER FROSTGEFÄHRDUNG IN OBSTBAUANLAGEN IM RAUM KLEINSTÜBING

(R.LAZAR)

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	3
	2.1 Morphologische Lage	3
	2.2 Allgemeine Klimazüge	4
3.	MESSMETHODIK	9
	3.1 Meßstellennetz	9
	3.2 Meßfahrten	11
4.	ERGEBNISSE	12
	4.1 Die Auswertung der Temperaturminima	12
	4.2 Ergebnisse der Meßfahrten	13
	4.2.1 Die Meßfahrten am 19.5.	13
	4.2.2 Die Meßfahrt am 28.6.	17
	4.2.3 Die Windverhältnisse in den beiden Meßnächten	19
	4.3 Erläuterungen zur Kaltluftkarte	21
5.	SCHLUSSBEMERKUNGEN	30
6.	LITERATUR	31

GELÄNDEKLIMATISCHE STUDIE ÜBER DEN EINFLUSS VON STRASSENDÄMMEN AUF DIE ERHÖHUNG DER FROSTGEFÄHRDUNG IN OBSTBAUANLAGEN IM RAUM KLEINSTÜBING.

(R.LAZAR)

1. EINLEITUNG

In den letzten Dezennien entwickelte sich ein relativ junger praxisorientierter Zweig der Klimatologie, die Geländeklimatologie. Ihr Ziel ist es, die geländebedingten Klimaunterschiede mittels einer geeigneten Meßmethodik aufzuzeigen und kartographisch[4)] darzustellen. Diese Ergebnisse sollten dann den jeweiligen Institutionen als Planungsgrundlage dienen.

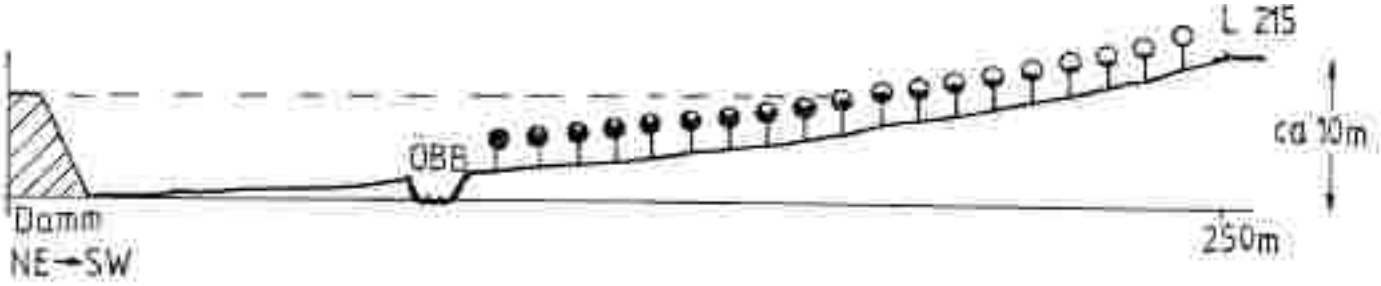
Die geländebedingten - nächtlichen - Temperaturunterschiede basieren im wesentlichen auf den Kaltluftabfluß, von dessen Mächtigkeit und Intensität bzw. Beeinflussung (Kanalisierung, Staueffekte) weitgehend die Temperaturverteilung und damit Gunstunterschiede hinsichtlich der Frostgefährdung abhängen. Inzwischen haben sich mehrere Autoren mit dem speziellen Problem des Kaltluftstaues an Hindernissen auseinandergesetzt. Dabei ist insbesondere die aufschlußreiche Studie von King (1973) zu nennen, der in drei unterschiedlichen Talanlagen mittels eines künstlichen Folienzaunes und eines dichten Meßnetzes (Temperatur und Wind) die Auswirkung auf die Temperaturverteilung - vor allem den sogenannten "Kaltstaueffekt" nachweisen konnte. Durch unterschiedliche Öffnungsbreiten innerhalb des Kaltluftstauzaunes bestimmte er das Ausmaß der Temperaturerhöhung, die durch den ermöglichten Kaltluftabfluß (Düsenwirkung mit starker Durchmischung) eingetreten war.

Auch Schnelle (1963) zeigte in seiner umfassenden Monographie "Frostschutz im Pflanzenbau" den Einfluß natürlicher und künstlicher Hindernisse auf den Kaltluftabfluß auf. Speziell in den Anbaugebieten der Steiermark liegen nach einer Studie über den Einsatz von Infrarotstrahlern zur Frostbekämpfung

1) Die Kartengrundlagen im Maßstab 1:5000 wurden dankbarerweise von der Pyhrnautobahn-AG zur Verfügung gestellt.

detaillierte Ergebnisse über die Temperaturverteilung an einem flachen Osthang und deren Beeinflussung infolge Kaltluftstaues durch einen Wald (Karte 7 im Text) vor. Ziel der Untersuchungen im Raume Kleinstübing war es nun, die Auswirkungen von Straßendämmen auf die nächtliche Temperaturverteilung in Obstbauanlagen mittels eines Sondermeßnetzes bzw. Meßfahrten zu prüfen. Anlaß dazu waren Frostschäden in der Anlage A (Karte 2): nach gemeinsamer Begehung mit dem Betriebsleiter und dem Obstbaudirektor Dipl.-Ing. Oswald lag hier offensichtlich eine Beeinflussung der Temperaturverteilung und damit eine Erhöhung der Frostgefährdung im unteren Teil der Anlage vor. Mittels eines Nivelliergerätes konnte eine Deckung der Schadensobergrenze mit der Dammoberkante eindrucksvoll nachgewiesen werden (Abb.1).

Abb.1: Schadensbild in der Anlage A nach einer klaren windschwachen Strahlungsnacht im April 1981.



Schwarze Sektoren: geschätzter Prozentanteil der erfrorenen Blüten (nach Stichproben erfaßt)

L 215 - Landesstraße 215

Zu dem markanten Schadensbild trug neben den günstigen Strahlungsbedingungen mit relativ großen Temperaturunterschieden auf kurze Entfernungen sicher dazu bei, daß die Temperaturverhältnisse knapp über bzw. unter dem kritischen Schwellenwert lagen.

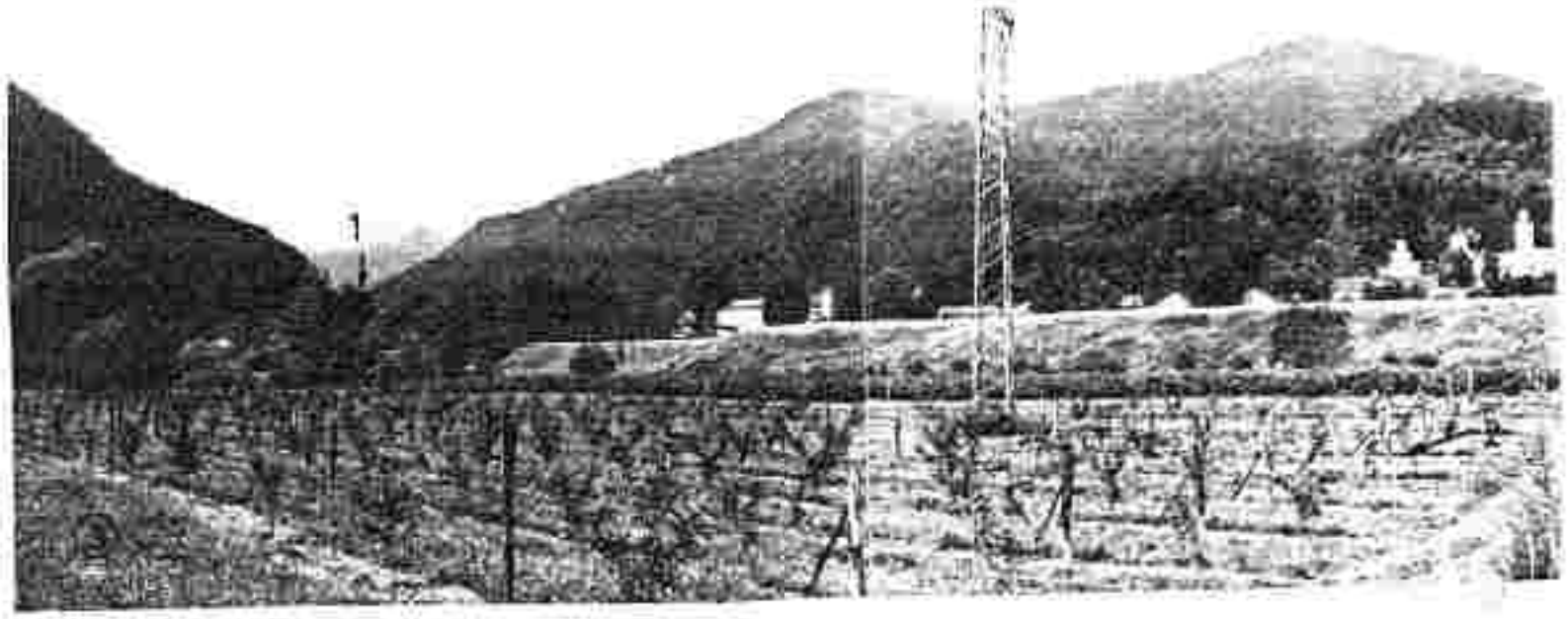
2. LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES: KLIMAZÜGE DES MITTLEREN MURTALES

2.1 Morphologische Lage (zu Karte 1)

Das Untersuchungsgebiet (Raum Kleinstübing) befindet sich im Bereich des Murdurchbruches zwischen Bruck und Graz. Kleinstübing weist eine Talrand- bzw. Terrassenlage auf, wobei die Terrasse (in Karte 1 stärker hervorgehoben) mit etwa 5-7 m zur rezenten Au abfällt. Die Terrassenkante ist besonders von Meßstelle (= MSt) 18 gut zu erkennen (Abb.2.3).

Abb.2: Blick von der MSt 18 in Bereich der rezenten Au nach Norden zur Terrassenkante mit vereinzelten Bäumen bzw. Dammabschluß (), übergehend in die Murbrücke 2, Pfeil).

Abb.3: Der Verlauf der Würmterrassenkante von MSt 18 (2) aus gesehen. Blick Richtung WSW zur Einmündung des Stübingbaches (1). Im Vordergrund links der Schutzdamm (3)



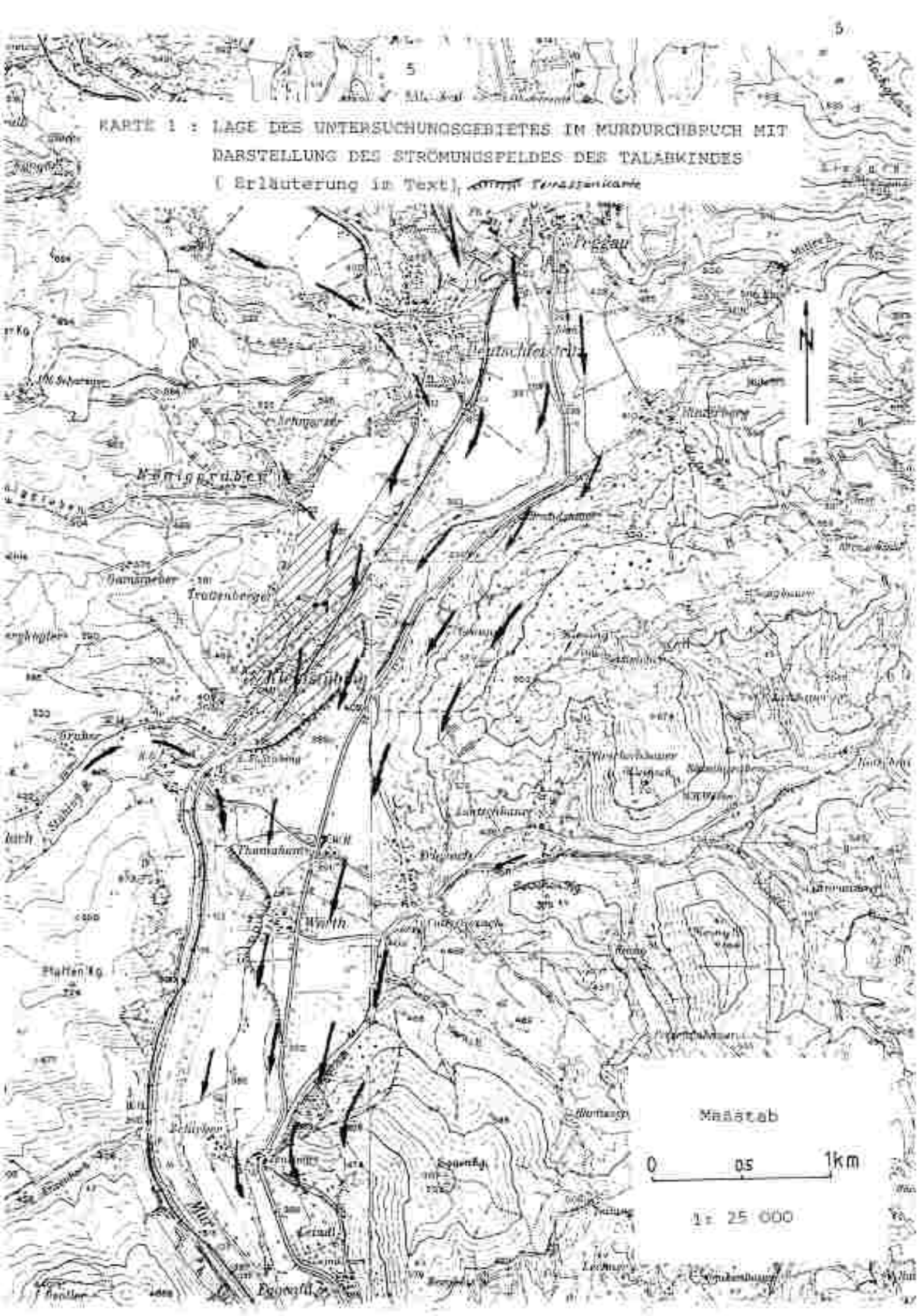
Südlich von Kleinstübing mündet der Stübingbach, nördlich der Übelbach in die Mur; beide sind als Sohlentäler anzusprechen, während der Königgraben noch einen ausgesprochenen Kerbtalcharakter aufweist (relativ junge Talanlage). Das Murtal selbst besitzt eine Talsohle, deren Breite zwischen 600 und 1200 m schwankt. Infolge der unterschiedlichen Seitenerosion (Prallhangwirkung) wechselt die Hangneigung der Talflanken rasch, zum Teil sind Wandbildungen entstanden.

2.2 Allgemeine Klimadaten: Einfluß des Talabwindes

Bedingt durch seine Lage südlich des Alpenhauptkammes wird der atlantische Einfluß merklich abgeschwächt. Fronten aus dem Sektor W bis N machen sich meist nur noch durch Schauer, häufig, vor allem nach Frontdurchgang, durch Nordföhneffekte bemerkbar. Die Windwirkung dieser, im Winter teils bora-artigen, Fallwinde wird innerhalb des Murdurchbruches durch Kanalisierung lokal erheblich verstärkt (Ergebnisse einer Windmeßstation in Gratkorn (Lazar, 1979). Tiefdruckeinflüsse aus dem Mittelmeerraum sind bei weitem nicht mehr so wetterwirksam wie in der Südweststeiermark, erbringen jedoch vor allem im Winterhalbjahr noch einen hohen Anteil an Gesamtniederschlag (im Sommer Gewitter).

Nach H. Wakonigg (1978) kann das Klima dieses Abschnittes dem Übergangsklima "Terrassenstufe" zugeordnet werden, das auf Grund seiner relativ geringen Frostgefährdung, verhältnismäßig milden Wintertemperaturen und ausreichenden Sommerwärme für den Anbau von Sonderkulturen geeignet ist.

KARTE 1 : LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES IM MURDURCHBRUCH MIT DARSTELLUNG DES STRÖMUNGSFELDES DES TALABWINDES (Erläuterung im Text).



Tab.1: Klimadaten der Station Frohnleiten (Periode 1951-70), 440 m Sh. (nach H. Wakonigg, 1978)

a) Jahresgang der Temperatur °C

J	F	M	A	M	J	J	A	S
-2.1	-0.2	3.4	8.2	12.8	16.7	18.0	17.2	14.2

O	N	D	Jahr
9.3	3.9	-0.4	8.5

b) Vegetationsperiode

5 °: 231 d
10 °: 170 d

Zum Vergleich (Riedelklima): Messendorfberg (429 m): 239 d

c) Zahl der Niederschlagstage: 96.4 d

Niederschlagsmenge: 834 mm/Jahr
Zum Vergleich Bruck: 100,9 d mit 777 mm / Jahr

d) Zahl der Tage mit Schneedecke: 51 d

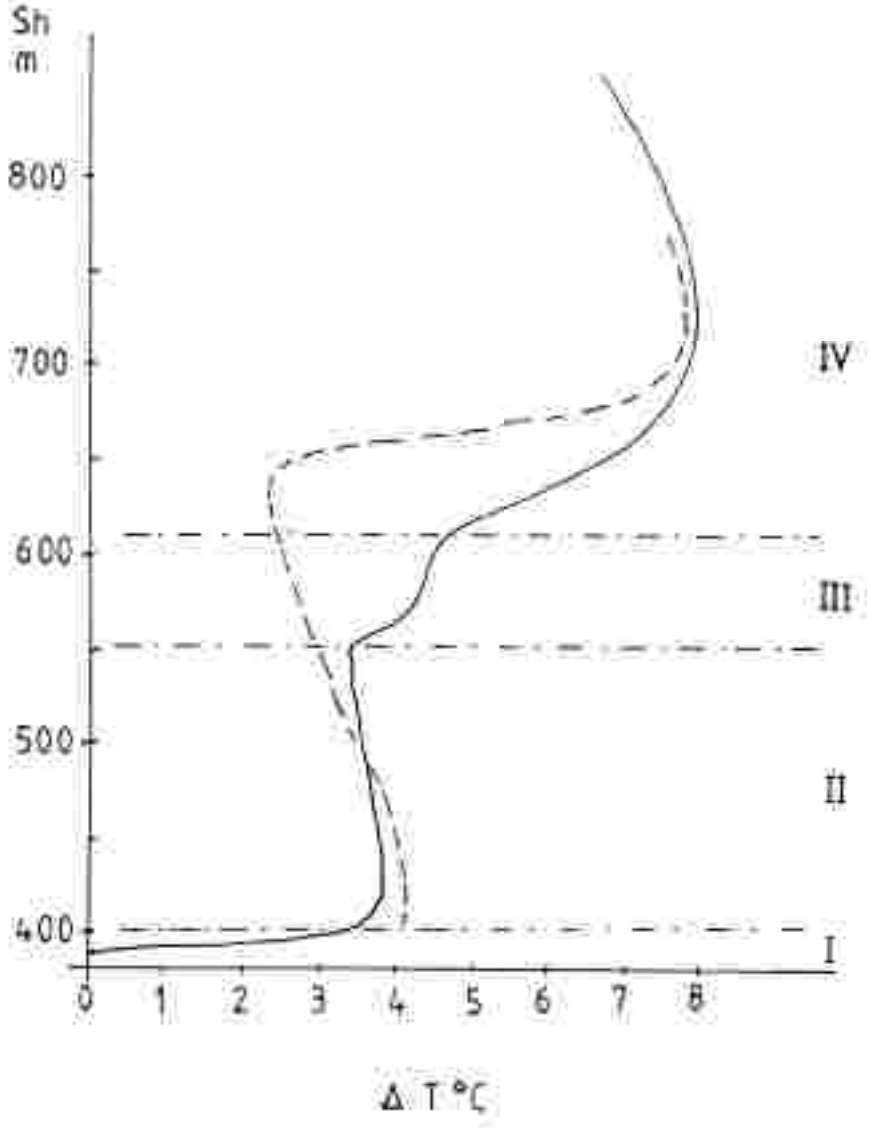
Zum Vergleich Bruck: 70 d

e) Zahl der Tage mit Nebel (aus Beobachtungen geschätzt): ca. 40 d.

Diese günstigen Temperaturverhältnisse sind ausschließlich auf das stark ausgeprägte autochthone Windsystem (Talabwind nachts, Talaufwind tagsüber) zurückzuführen. Der Talabwind verhindert infolge seiner relativ großen Intensität (3-5 m/sec, mitunter auch darüber) die Ausbildung von Talnebelkaltluftseen, wie etwa in Tälern des Vorlandes, wo häufig die Untergrenze von Obst- und Weinanlagen durch die Kaltluftobergrenze gegeben ist. Nur das Gratkorner Becken bildet innerhalb des Murdurchbruches eine Ausnahme. Auf Grund der im Auftrag des Landeshygienikers Univ.Prof. Dr. R. Möse im

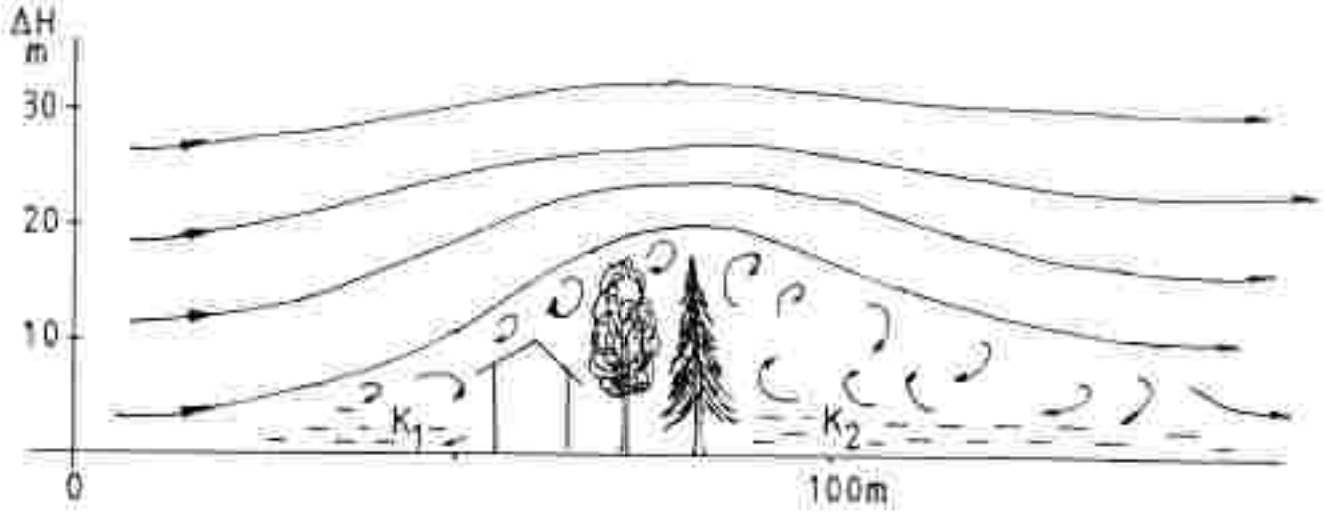
Zeitraum 1978/79 durchgeführte Klimastudie konnte im Gratkorner Becken folgende Struktur des Temperatur-Wind-Feldes gefunden werden.

Abb.4: Die vertikale Gliederung der bodennahen Luftschicht (bis etwa 400 m über Grund) bei Hochdruckwetterlagen im Gratkorner Becken und im Raum Kleinstübing (strichliert). Erläuterung der Zonen im Text.



Bedingt durch die Beckenlage sinkt die Intensität des Talabwindes derart, daß sich eine seichte Kaltluftschicht (ca. 10 m mächtig) ausbilden kann, die auch die Terrasse um Straßengel miteinbezieht. Talnebel sind bereits merklich häufiger als in Kleinstübing zu beobachten. Obstbau in dieser Tallage erscheint wegen der stark erhöhten Frostgefährdung nicht mehr sinnvoll. An diese Zone I schließt der Hauptbereich des Talabwindes an, in dem die Temperatur meist gering mit der Höhe abnimmt (gute Durchmischung). Ab ca. 550 m Seehöhe folgt eine Reibungszone, in der noch nördliche Winde vorherrschen, das Temperaturniveau jedoch schon etwas höher liegt als in Zone II. Eine markante Temperaturzunahme erfolgt generell erst ab ca. 600 m NN: diese sogenannte "warme Hangzone", die Obergrenze dieser quasi bereits "abgehobenen" Bodeninversionen befindet sich in ca. 700-750 m NN. Im Raum Kleinstübing konnte das Strömungsfeld des Talabwindes an Hand der Nebelbildungen an den Prallhängen (punktierte Bereiche in Karte 1) gut verfolgt werden. Wesentlicher Unterschied zum Gratkorner Becken dürfte wohl die fehlende seichte Kaltluftschicht (keine Bodeninversion bzw. nur angedeutet) sein. Bei den Meßfahrten bis in den Raum Deutschfeistritz konnte jedoch festgestellt werden, daß in breiteren Talabschnitten mit erhöhter Bodenreibung (Auwälder, Siedlungen) lokal eng begrenzte "Kaltluftinseln" bestehen (Abb.5).

Abb.5: Einfluß der Bodenreibung auf das Strömungsfeld des Talabwindes und damit die Temperaturverteilung in Bodennähe (K_1 - Kaltluftbereich im Luv, K_2 - Kaltluftbereich im Lee der Hindernisse), schematisch.



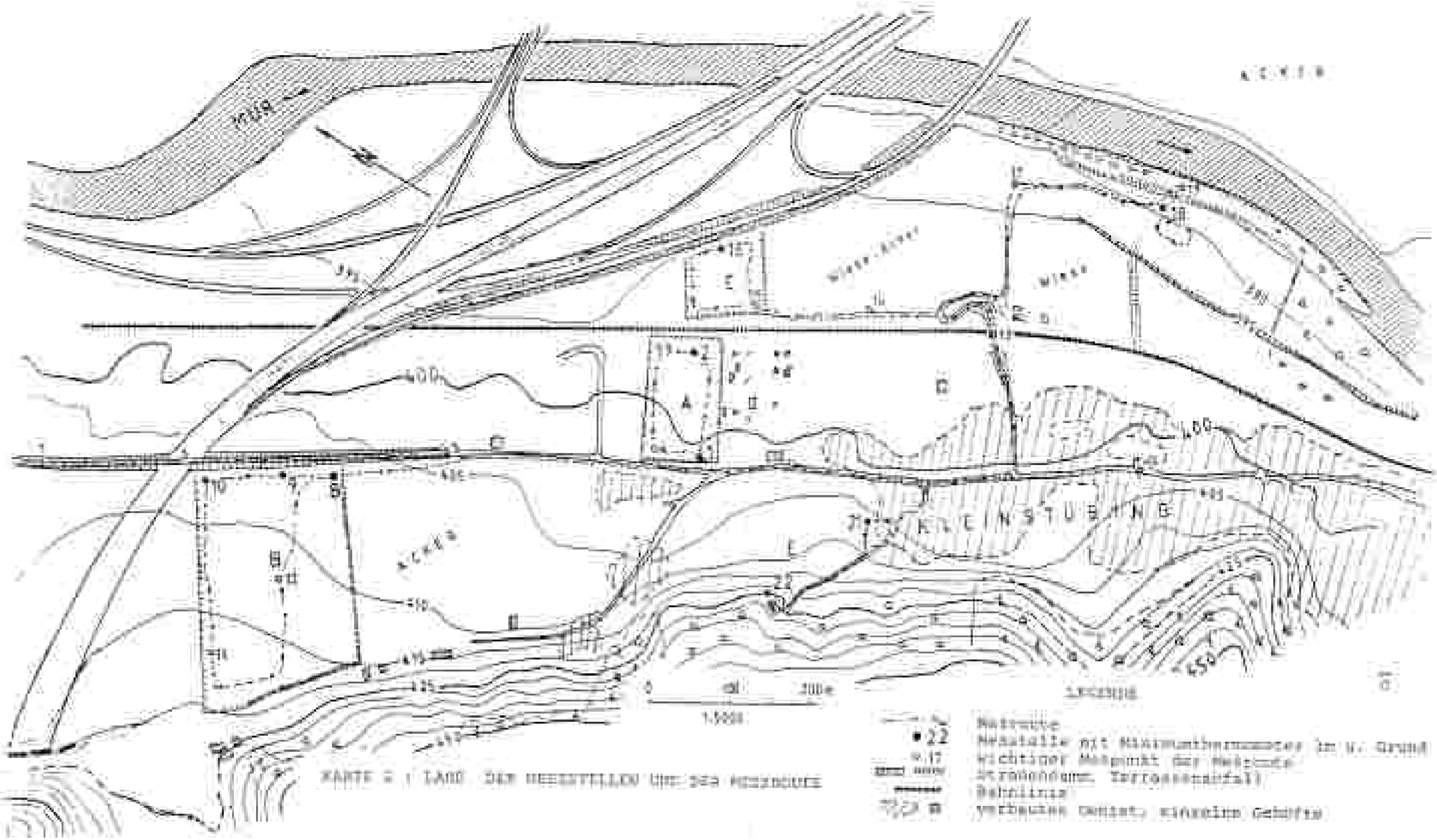
In windoffenen Talabschnitten greift somit der Talabwind abgeschwächt fast immer bis zum Boden durch.

In Karte 1 ist das Strömungsbild des Talabwindes mit den Prallhängen (Nebelbildung durch Staueffekte) dargestellt. Die Obergrenze des Talabwindes wird mit etwa 550 m angenommen, wobei durch Überströmen von Bergrücken auch höhere Werte erzielt werden. Dieser Talabwind läßt in den Tallagen auf Grund der guten Ventilierung kaum eine Talnebenbildung zu. Strahlungsnebel nach klaren Nächten bilden deshalb eher eine Ausnahme. Im Winter und Spätherbst bei Hochnebel setzt die Untergrenze häufig in Mittelhanglagen, ab etwa 560 m an. Somit zählt dieser Talabschnitt zu den nebelärmsten in der Steiermark. Leider gibt es keine exakte Nebelstatistik von diesem Talabschnitt. Bruck/Mur verzeichnet bereits wieder 64 d; im Raum Kleinstübing dürfte er etwa 40 d betragen. Tatsächlich wurden zahlreiche Hangnebelbildungen innerhalb des Talabwindfeldes beobachtet, an der Talsohle herrschten jedoch gute Sichtbedingungen.

3. MESSMETHODIK

3.1 Das Minimumtemperatur-Meßstellennetz

Das Untersuchungsgebiet wurde schwerpunktmäßig in 5 Teilbereiche gegliedert. In der Anlage A (relativ junge Äpfelanlage) wurden zwei Meßstellen errichtet (Basisstation 1, MSt 2). Die Anlage B (teils jüngere, teils ältere Obstbäume) weist ein Profil (NW-SE) zur Erfassung der Temperaturdifferenz in der Nähe des Dammes der Überführung der LZ15 auf. Das Meßgelände C, eine ältere Anlage, wurde durch die MSt 16 erschlossen. Im Meßabschnitt D (junge Anlage in der rezenten Au) genügte ebenfalls eine Meßstelle (MSt 18) zur Bestimmung der Temperaturverhältnisse. Im Unterhangbereich E dienten zwei bereits bestehende Meßstellen, 21 und 22, zur Abgrenzung der "warmen Hangzone".



KARTE 2 : LAGE DER MESSSTELLEN UND DER MESSROUTE

Die Messungen erfolgten mittels eines Minimumthermometers, das durch eine Drahtschlinge an einem Pfahl fixiert war und außerdem durch eine Alufolie gegen direkte Ausstrahlung bzw. Einstrahlung geschützt war. Die Meßhöhe betrug einheitlich 1 m. Diese Praxis der Temperaturerfassung zur Bestimmung der Kaltluftgefährdung hat sich in der Praxis (insbesondere ein in Deutschland[1]) häufig angewandtes Verfahren) bewährt. Mit der Meßhöhe (1 m über Grund) wird bereits die unerwünschte Abhängigkeit von der Vegetation (Mulch) recht gut erreicht.
An den beiden Meßstellen 1 und 2 wurden außerdem in 2 m Höhe in der Wetterhütte, ausgestattet mit je einem Thermograph und Extremthermometer, Messungen vorgenommen. Die Abweichungen von der Hüttentemperatur schwankten zwischen 1 und 2 °C (in bedeckten Nächten Differenz nahe 0 °C). Die Minimumtemperaturen wurden nach klaren Nächten vom Betriebsleiter abgelesen. An dieser Stelle sei Herrn Dipl.-Ing. Tettinger für die Mitarbeit - auch bei den Meßfahrten und beim Aufbau des Meßnetzes - herzlich gedankt.

3.2 Die Meßfahrten

Bei derartigen Untersuchungen, wo der Beobachtungszeitraum zwar relativ kurz sein kann, die Stationsdichte jedoch möglichst groß sein soll, haben sich Meßfahrten für eine Erweiterung der Meßdaten zur flächendeckenden Bearbeitung als sinnvoll erwiesen. Diese Meßfahrten erfolgten mittels eines Pkw's[2], der mit einem empfindlichen, rasch reagierenden Widerstandsthermometer ("Sekundenthermometer") bestückt war (Meßhöhe ca. 1,2 m über Grund) und dessen digitales Anzeigegerät am Armaturenbrett fixiert wurde. Die Daten wurden mit einem Diktaphon aufgenommen und dann ausgewertet. An wichtigen

---

[1]) Speziell in Deutschland hat sich eine Meßhöhe von 70 cm durchgesetzt, die Unterschiede zwischen 70 und 100 cm über Grund sind jedoch gering.

[2]) Für die Bereitstellung eines Pkw's für die Meßfahrt am 28.6. sei Herrn Univ.Prof. Dr. Möse herzlich gedankt.

Meßpunkten wurde außerdem Richtung und Stärke von Luftströmungen (Kaltluftabfluß) bestimmt; hiezu wurden auch Rauchversuche durchgeführt.

Die Karte 2 enthält außer dem Meßstellennetz noch die wichtigsten Meßpunkte der Mebroute, die in beiden Meßnächten jeweils zweimal befahren wurde, um deckende Ergebnisse zu erhalten.

4. ERGEBNISSE

4.1 Die Auswertung der Minima aus den heiteren Strahlungsnächten

Tab.2: Abweichungen der Minimumtemperaturen von der Basismeßstelle 1 (heitere Strahlungsnächte) in °C.

Datum	MSt Nr. 2	8	9	10	16	18	21	22
7.5.	-1.0	0.0	-1.0	+0.5	-1.3	0.0	+1.2	+1.6
11.5.	-0.4	-0.5	-0.9	-0.1	+0.4	-0.1	+0.4	+0.9
18.5.	-0.9	-0.8	-1.0	+0.5	-1.0	-0.5	+0.7	+1.3
19.5.	-0.8	-2.3	-2.5	-0.9	-1.2	-0.4	+0.3	+0.9
19.5.	-0.7	-2.2	-2.6	-1.0	-0.7	-0.2	+0.4	+0.9
28.5.	-0.6	-1.3	-1.6	+0.9	-0.6	0.0	+0.6	+1.2
29.5.	-0.7	-1.1	-0.9	+0.9	-0.4	+0.7	+0.3	+1.2
14.6.	-0.5	-1.0	-1.5	0.0	-1.4	0.0	+0.2	+0.8
28.6.	-0.5	-1.4	-1.6	+0.5	-2.0	-0.8	+1.0	+1.6
28.6.	-0.8	-0.8	-0.6	+1.0	-1.1	-0.3	+1.5	+1.6
Mittel	-0.7	-1.1	-1.5	+0.2	-0.8	-0.2	+0.6	+1.2

Die Auswertung der Minima aus den heiteren Strahlungsnächten ist deshalb sinnvoll, da nur in diesen Nächten die typischen Temperaturunterschiede nachweisbar sind: in bewölkten Nächten tritt eine Abschwächung der Differenzen, in bedeckten eine vollkommene Nivellierung der Temperaturverhältnisse ein.

Auf Grund seiner windoffenen, neutralen Lage kann die Basisstation 1[1]) als unbeeinflußt von baulichen Maßnahmen angesehen werden. Sie eignet sich daher für die Bestimmung der Temperaturabweichungen von den anderen Meßstellen. Die Ergebnisse in Tab.2 zeigen, daß in der Regel nicht alle Nächte die gleiche Verteilung aufweisen. Die Temperaturunterschiede hängen weitgehend von den Parametern Windgeschwindigkeit als Maß für die Turbulenz und damit der Durchmischung der bodennahen Kaltluft mit darübergeschichteter wärmerer Luft bzw. den Bewölkungsverhältnissen (unter Einbeziehung der relativen Feuchte) ab. Dabei kristallisiert sich deutlich heraus, daß in einer windschwachen und klaren Nacht die maximalen Gunstunterschiede zwischen Talsohle und Hanglagen auftreten. Als Beispiele aus der Meßperiode seien der 28.6. und der 18.5. angeführt. Bei Erhöhung der Windgeschwindigkeit sinken die Minima im Bereich der rezenten Au nicht so tief ab (MSt 18, im Mittel nur um 0.2 ^{o} tiefere Minima als an der BMSt 1).

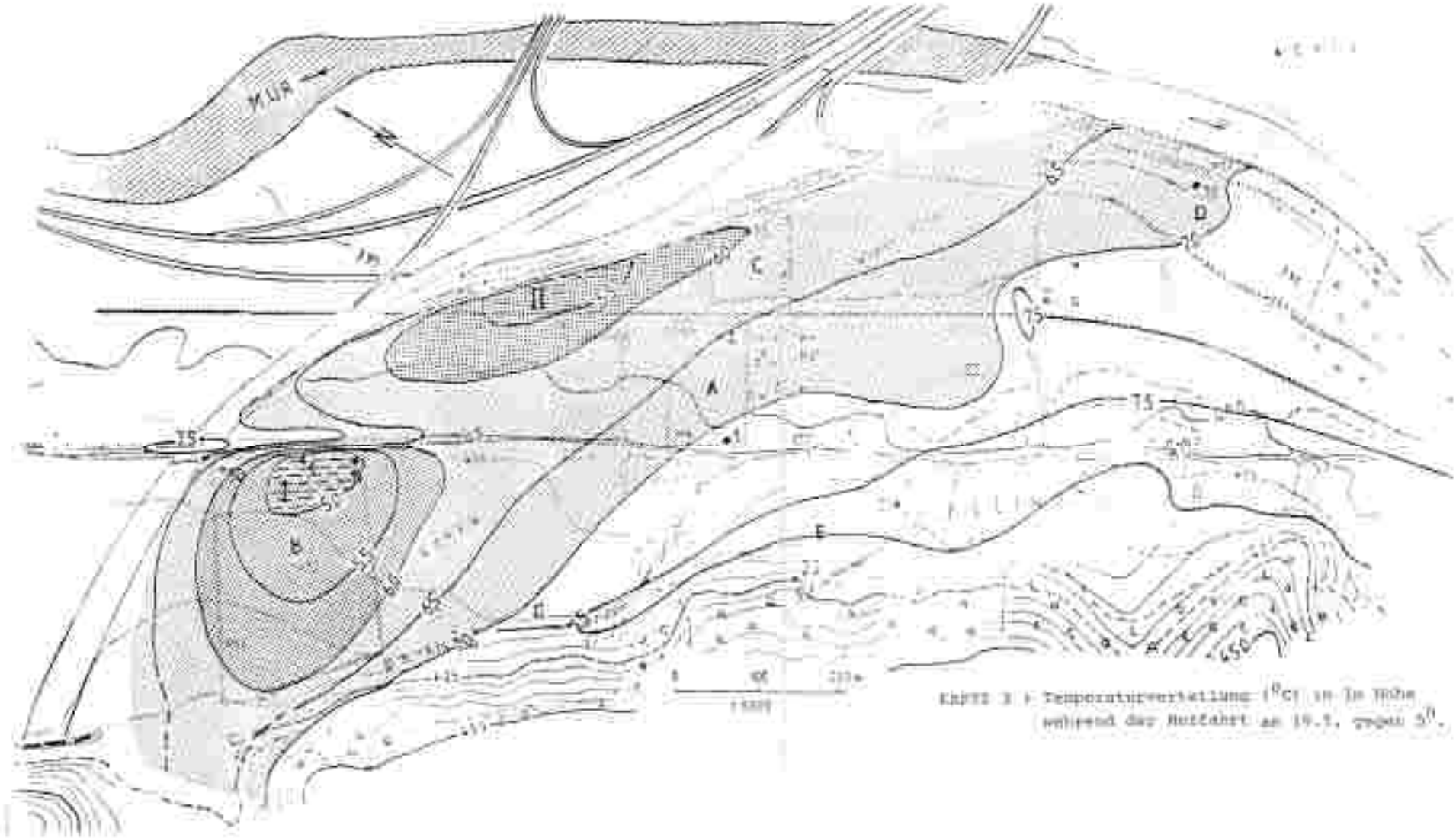
4.2 Ergebnisse der Meßfahrten

4.2.1 Die Meßfahrt am 19.5. (zu Karte 3)

Die Meßfahrt begann um 4^{h} und endete gegen 5^{30}. Die Fahrtgeschwindigkeit innerhalb der Anlage betrug etwa 10-15 km/h, um den Fühler ausreichend zu belüften, aber auch um nicht

---

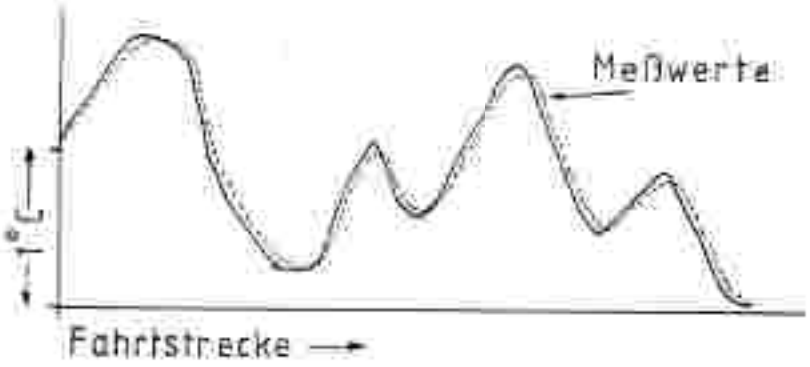
[1]) Im Rahmen des Forschungsprojektes "Naturraumpotentialkarten/ Klima - Mittleres Murtal" erlangt diese Station noch größere Bedeutung durch einen längeren Beobachtungszeitraum.



Kapitel 3 : Temperaturverteilung (^{0}C) in 1m Höhe
während der Ausfahrt am 19.5. gegen 5^{h}.

die Werte zu stark "abzuschleifen". Aus Kontrollmessungen "verfehlt" man die oberen bzw. unteren Grenzwerte maximal um 0.1 - 0.2 °C (Abb.6). Bzw. es ist eine geringfügige zeitliche Verzögerung gegeben ("Verschleppung" der Werte).

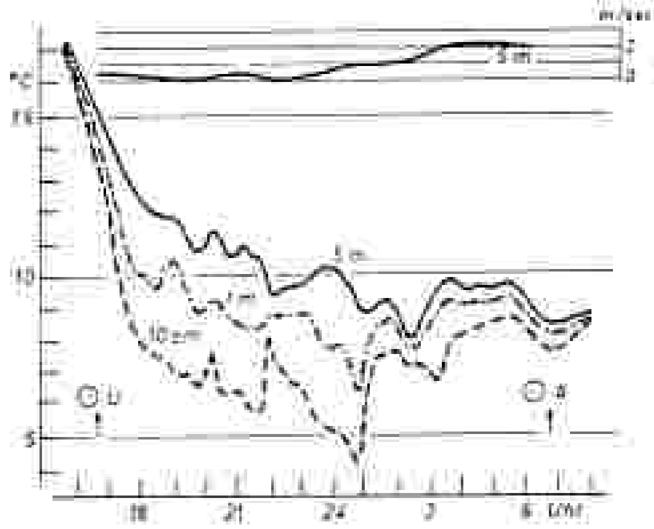
Abb.6: Vergleich zwischen Meßfahrtprofil und tatsächlichen Werten (schematisch).



In wichtigen Abschnitten erfolgten Meßgänge (etwa in den Dammbereichen), die gemeinsam mit dem Betriebsleiter durchgeführt wurden (mit einem Fühler gleicher Bauart). In Karte 3 wurden nun die Ergebnisse kartographisch dargestellt (die Strömungsverhältnisse in Karte 5). Deutlich sind zwei Kaltluftstaubereiche erkennbar, wobei die tiefsten Temperaturen im Meßgelände B an der MSt 9 mit 4.7 ° verzeichnet wurden (Staubereich I). Bemerkenswert war, daß der tiefergelegene Staubereich II hinsichtlich der Intensität schwächer ausgeprägt war. Dies ist auf den zunehmenden Einfluß des Talabwindes zurückzuführen, der eine Durchmischung mit wärmerer Luft begünstigt, aber auch den Kaltluftabfluß entlang des Dammes förderte. An der Dammkrone selbst (Nähe MSt 16) herrschten vorwiegend nördliche Winde vor, wobei die Temperaturen kaum noch niedriger waren als in der günstigsten Zone ("warme Hangzone", MSt 21, 22). An der Talsohle (Dammfuß) schwankte die Intensität des Kaltluftabflusses zwischen 0.5 und 1.0 m/sec (sogenannte "Kaltluftpulsationen", Kaltluft fließt "tropfenartig" ab). Der Zusammenhang zunehmende Windgeschwindigkeit - Erhöhung der Temperatur kommt in den beiden

Abb. 7 und 8 deutlich zum Ausdruck. So werden die beachtlichen Temperaturdifferenzen (Abb.7) zwischen 0.1 und 5 m Höhe von etwa 5 ° auf 1-2 ° reduziert (wesentliche Einschränkung der Kaltluftproduktion). Zwischen 1 und 5 m verringert sich die Temperaturspanne von 2 ° auf etwa 0.5 °.

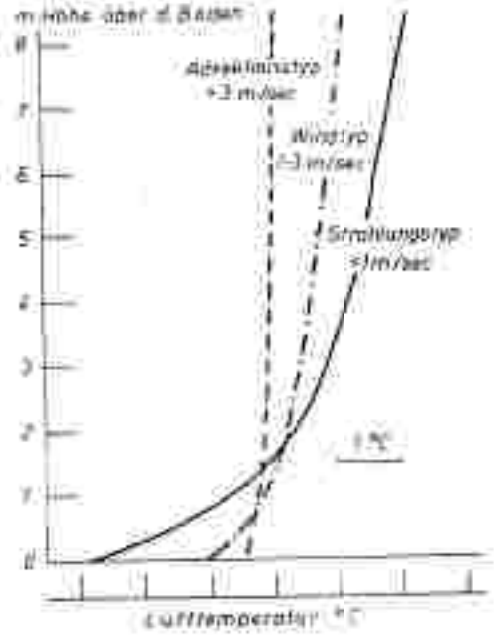
Abb.7:



Nächtlicher Temperaturanstieg in Bodennähe durch Windzunahme. Unten: Temperaturverlauf in 10 cm, 1 m und 3 m Höhe. Oben: Windgeschwindigkeit in 3 m Höhe. Nach H. [illegible], [illegible]

In Abb.8 ist eine Gliederung in einen Strahlungstyp, dem vergleichsweise die zweite Meßnacht (28.6.) entsprechen würde, in einen Advektionstyp und in einen Windtyp enthalten. Letzterer trifft auf die Verhältnisse - nach den Windmessungen bei MP 13 und 6 ca. 8 m über Grund - während der ersten Meßnacht zum 19.5. zu. Tatsächlich betragen die Temperaturunterschiede zwischen kältester und wärmster Zone nur ca. 1 ° - die Kaltluftstaubereiche ausgenommen. Die tiefst gelegene MSt 18 registrierte nur um 0.2 bis 0.5 ° niedrigere Werte als die Basisstation 1. Charakteristisch ist ferner die fehlende Temperaturzunahme am Hang, das Maximum wird bereits bei MSt 21 erreicht.

Abb.8: Typen der nächtlichen vertikalen Temperaturprofile in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit (nach Schnelle, 1963).



4.2.2 Die Meßfahrt am 28.6.1981

Im Gegensatz zu Karte 3 zeigt Karte 4 die Temperaturverteilung nach einer typischen Strahlungsnacht (zum Zeitpunkt des Eintrittes des Temperaturminimums kurz vor Sonnenaufgang am - geländebedingt - überhöhten Horizont). Bei schwächerer Intensität des Talabwindes im Murtal erreichten die Unterschiede in den unbeeinflußten Gebieten bis zu 2.5 ^{o} (ΔT MP 13 - MSt 18). Außerdem schneidet der Kaltluftbereich II mit Werten unter 9.0 ^{o} schlecht ab. Die Gunst der Unterhanglagen (MSt 22), aber auch die Überwärmungseffekte ("Wärmeinselbildung") im verbauten Bereich von Kleinstübing treten hervor.

In Abb.9 wurden nun an Hand eines Vertikalschnittes vom Kaltluftstaubereich II zur MSt 22 die unterschiedlichen Verhältnisse gegenübergestellt.

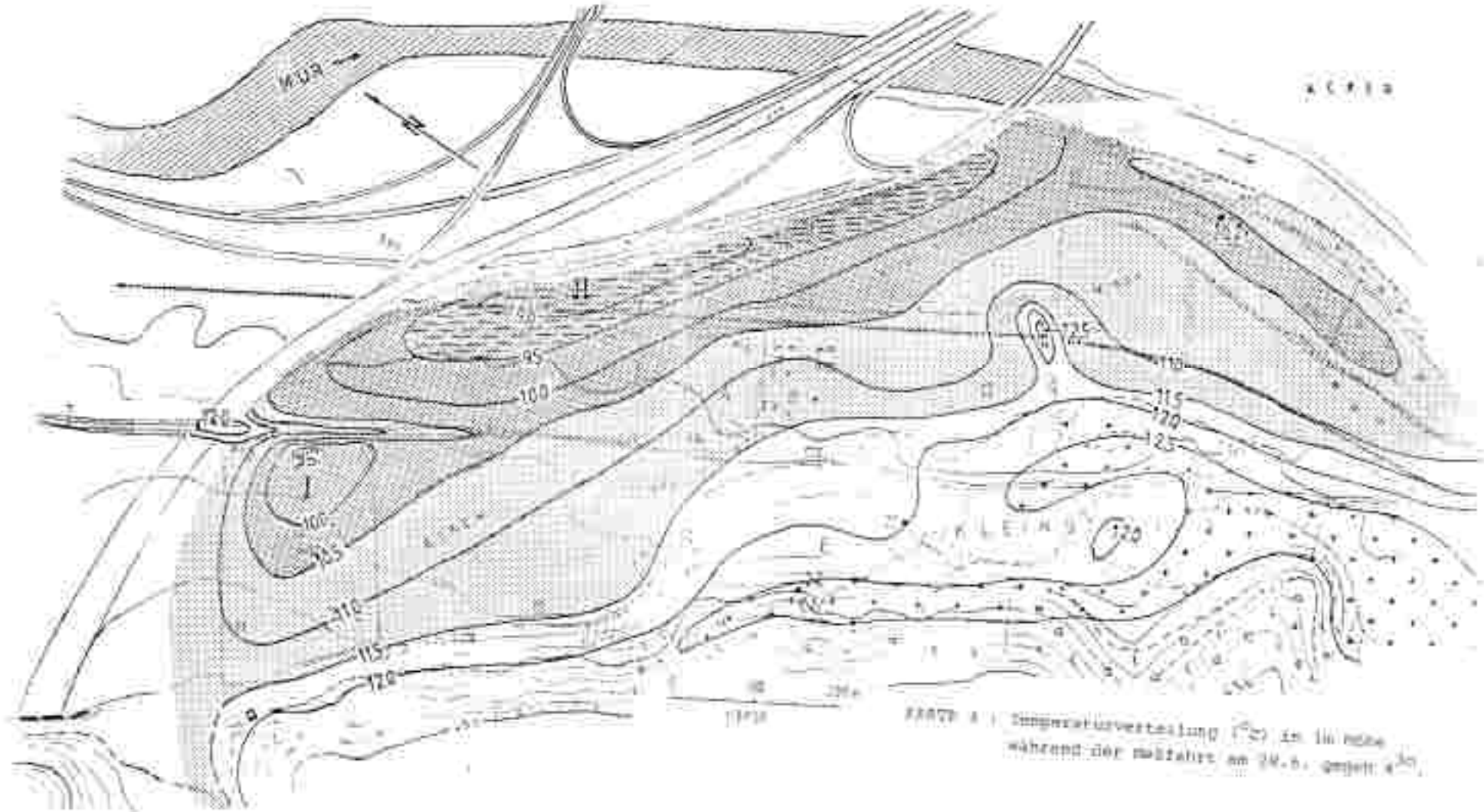
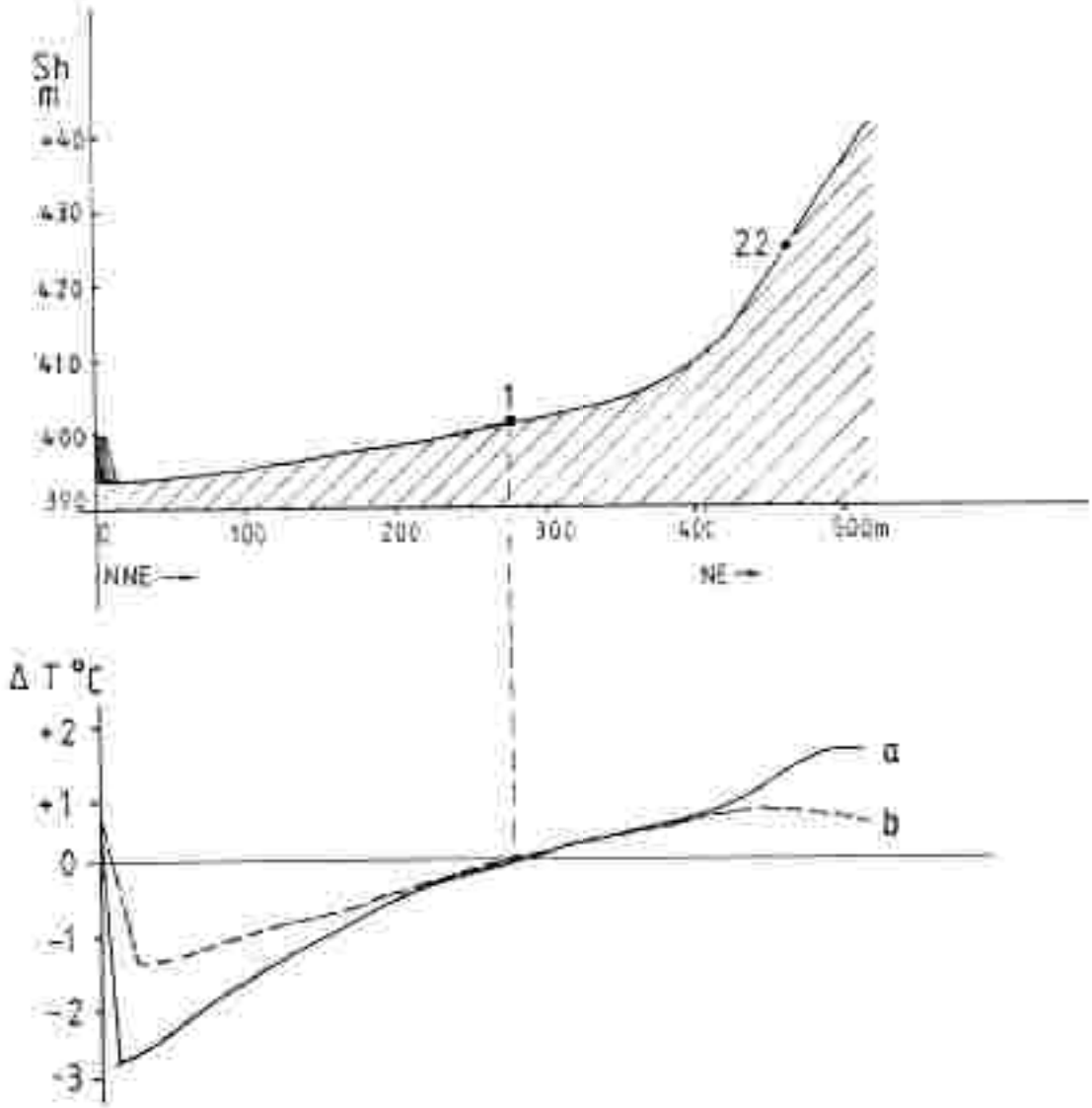


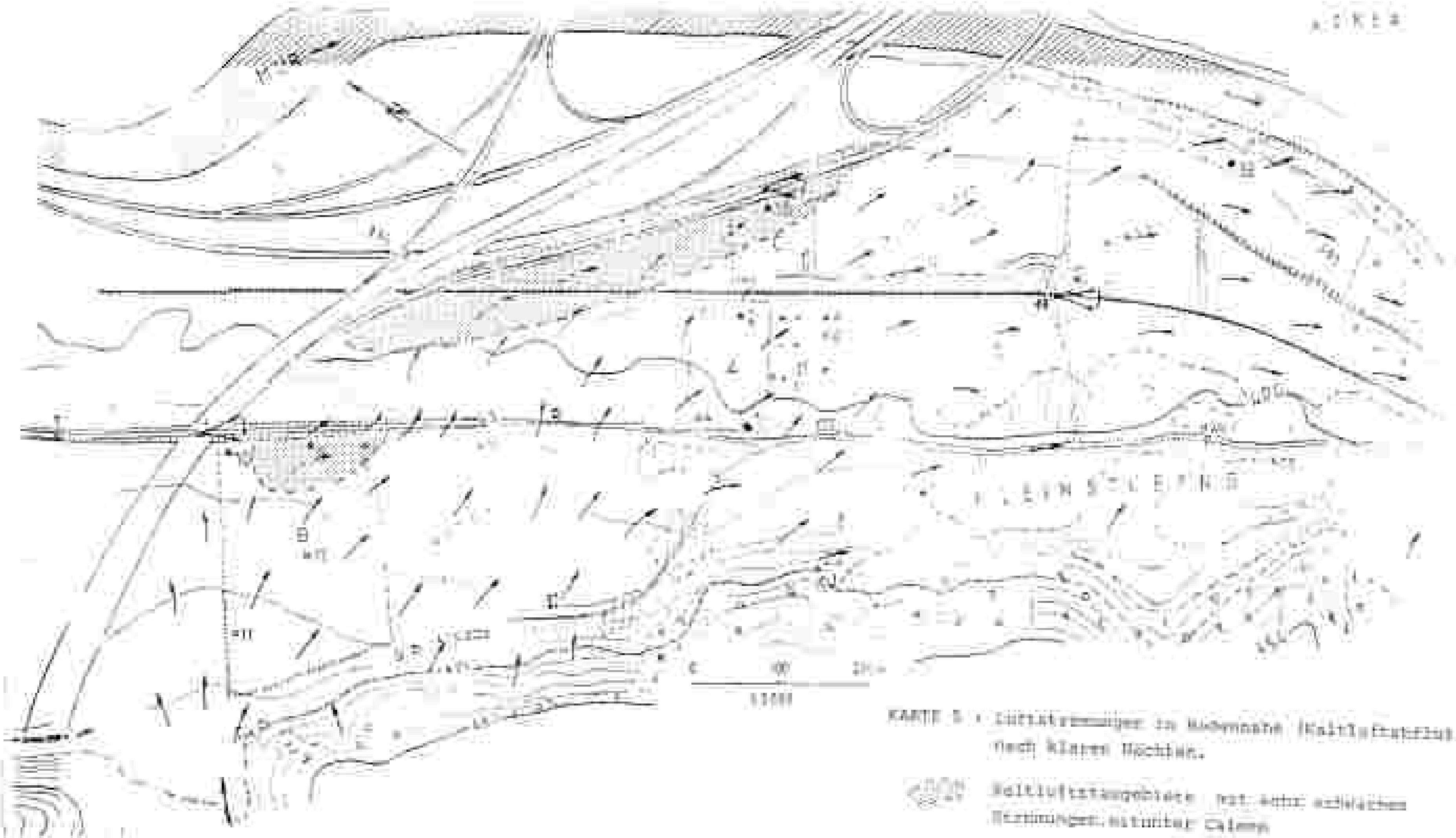
ABB. 4 : Temperaturverteilung (°C) in 1m Höhe während der Meßfahrt am 24.6. gegen 4h.

Abb.9: Vertikalschnitt vom Kaltluftstaubereich II zur Meßstelle 22 (Geländeprofil 3-fach überhöht).



4.2.3 Die Windverhältnisse in den beiden Meßnächten

In Karte 5 wurde versucht, das Strömungsbild des bodennahen Kaltluftabflusses auf der Basis der beiden Meßnächte zu veranschaulichen. In den schraffierten Bereichen ist in Strahlungsnächten mit schwacher Intensität des Talabwindes mit dem Absinken der Windgeschwindigkeit unter 0.5 m/sec zu rechnen (häufig Calmen). Die Windverhältnisse an höher



KARTE 5 : Luftströmungen in Bodennähe (Kaltluftabfluß) nach klaren Nächten.

Kaltluftstaugebiete mit sehr schwachen Strömungen, mitunter Calmen

gelegenen Meßpunkten (MP6, MP13) werden weitgehend vom Talabwind im Murtal bestimmt. Bemerkenswert ist ferner der relativ seichte Kaltluftabfluß aus dem Königgraben. Infolge des geringen Kaltlufteinzugsgebietes bzw. der steilen Talflanken in diesem Kerbtälchen bleibt die Kaltluftabflußmenge bescheiden und bedeutet keinesfalls eine Erhöhung der Frostgefährdung in der angrenzenden Anlage B.

4.3 Erläuterungen zur Kaltluftkarte (Karte 6)

Zunächst galt es, die Werte aus den beiden Meßfahrten in die Ergebnisse des Meßstellennetzes einzubinden. Von diesen interpolierten Werten wurden ebenfalls die Differenzen zur Basisstation gebildet und in Tab.3 zusammengefaßt.

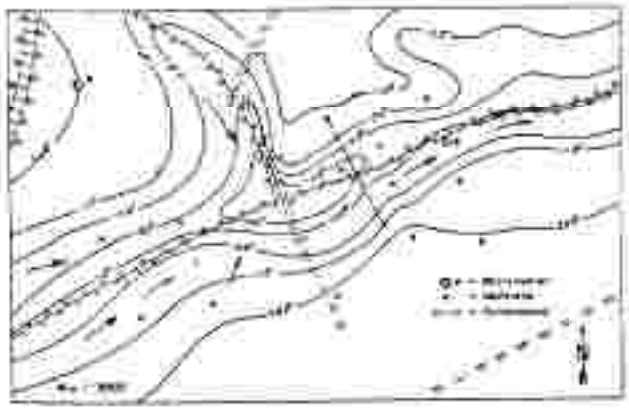
Tab.3: Einbindung der Meßwerte (an den übrigen Meßpunkten während der Meßfahrten). Abweichung von der Basisstation 1 in °C.

2	3	4	5	6	7	8	9	10
-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	+0.9	+0.7	-1.1	-1.5	+0.2
11	12	13	14	15	16	17	18	19
-0.2	-0.8	+1.3	-0.2	-0.7	-0.9	-0.3	-0.2	+0.2
20	21	22						
+1.4	+0.6	+1.2						

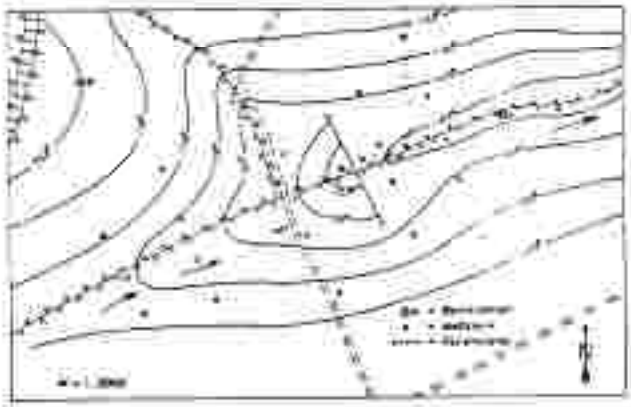
In Karte 6 wurde nun eine Gliederung des Gebietes in Kaltluftzonen vorgenommen. Die Zonen 5 bis 7 dürfen als völlig unbeeinflußt angesehen werden, wobei die Zonen 6 und 7 hinsichtlich der Frostgefährdung ausgesprochene Gunstzonen darstellen (selten Frostschäden). Zone 4 ist als Übergangszone zu betrachten, die Frostgefährdung nimmt geringfügig zu. Ab Zone 3 wird die weitere Erhöhung der Frostgefährdung durch Straßendämme bewirkt. Das Ausmaß der Temperaturerniedrigung durch

Kaltluftstau an Dämmen hat King genau untersucht. Für ein ähnlich orographisch gegliedertes Gelände läßt sich aus den Abb.10a und 10b eine Differenz von etwa 2 °C feststellen. Das Ausmaß des Kaltluftstaueffektes in den beiden Bereichen I und II erreicht deshalb geringfügig niedrigere Beträge (zwischen 1.0 und 1.5 °C), da es sich bei der Studie von King um Täler handelte, die ausschließlich als Wiese genutzt wurden (höhere Kaltluftproduktion). Bemerkenswert ist ferner die starke Zunahme der Temperatur von der Talsohle (mit -6 °C bzw. -4 °C) zur Basisstation B am Hang mit etwa 0 °C. Dort fehlt die ausgleichende Wirkung eines darübergeschalteten Talabwindsystems wie etwa im Murtal.

Abb.10a,b: Künstlich bewirkter Kaltluftstau mit Temperaturerniedrigung um 2 °C (nach King, 19 3).

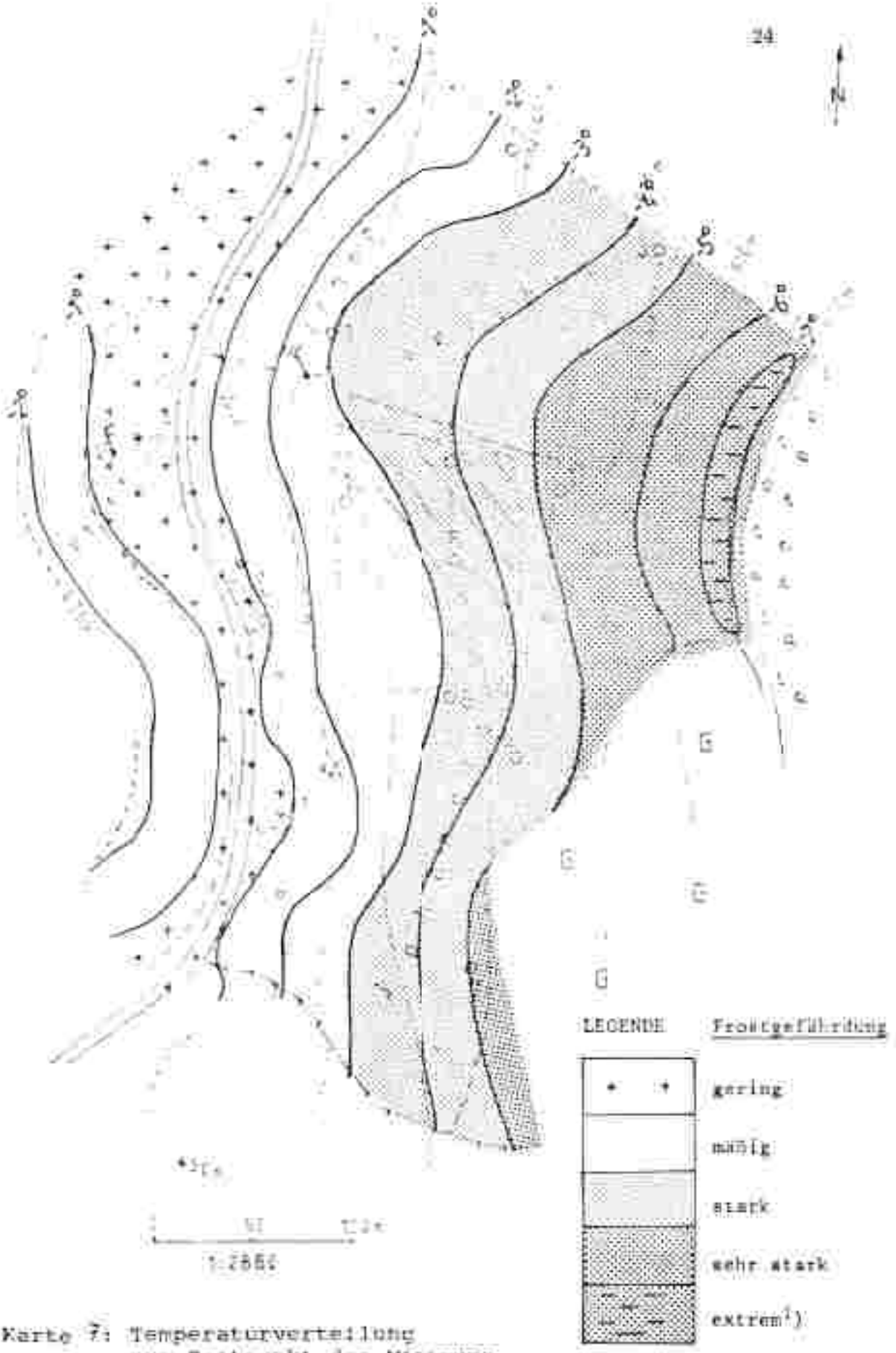


Temperaturverteilung der nächtlichen Minima ohne Stauraum (Mittel aus 3 Strahlungsnächten) in 4,7 m Höhe im Meßgelände A.



Temperaturverteilung (Meßgelände A) bei geschlossener Folienwand während der Kaltluftströmung

Ein wesentlich höheres Ausmaß der Temperaturerniedrigung durch Kaltluftstau wurde an einem Osthang bei Raaba/Graz festgestellt (Lazar, 1981). Hier erzielten die Unterschiede zwischen Staubereich und Riedelkamm Werte zwischen 5-6 °C. Als Gründe dafür können das relativ große Kaltlufteinzugsgebiet und die Hindernishöhe (ca. 15-20 m) angeführt werden. In Karte 7 kommt diese Stauwirkung eindrucksvoll zum Ausdruck.



Karte 7: Temperaturverteilung zum Zeitpunkt des Minimums gegen 6 Uhr: (in 1 m Höhe)

Allgemein läßt sich zusammenfassen, daß die kaltluftstauende Wirkung umso nachhaltiger ist, je größer das Kaltlufteinzugsgebiet und die Hindernishöhe sind. Daneben spielen zweifellos Hanglänge und Hangneigung, aber auch die Kulturart wegen der Erhöhung der Bodenreibung eine Rolle.

Ergänzend zu den bisherigen Erläuterungen seien nun die einzelnen Abschnitte des Untersuchungsgebietes an Hand von Aufnahmen beschrieben.

Abb.11: Blick von MSt 22 nach Norden auf das Meßgelände B mit der Überführung der L215 (MP6 mit Pfeil, Dammabschnitt hervorgehoben). In Bildmitte rechts einige neugebaute Häuser, die den Kaltluftabfluß (Pfeile) kanalisieren.

Abb.12: Kaltluftstau am Damm der Überführung der L215 mit den MSt 8 und 9 (kältester Bereich strichliert). Die Temperaturdifferenzen zur Dammkrone erreichten Maximalwerte zwischen 2.5 und 3.0 °.

Abb.13: Blick von der MSt 22 nach Nordosten auf das Meßgelände A mit der Basisstation I bzw. der MSt 2; punktiert der ungefähre Verlauf der Frostschadensobergrenze; im direkten Staubereich II liegt das Meßgelände C; der kälteste Abschnitt stellt eine Wiese am linken Bildrand dar (strichlierter Bereich); im Bild ferner hervorgehoben der Damm mit der entlang abfließenden Kaltluft (Pfeile).

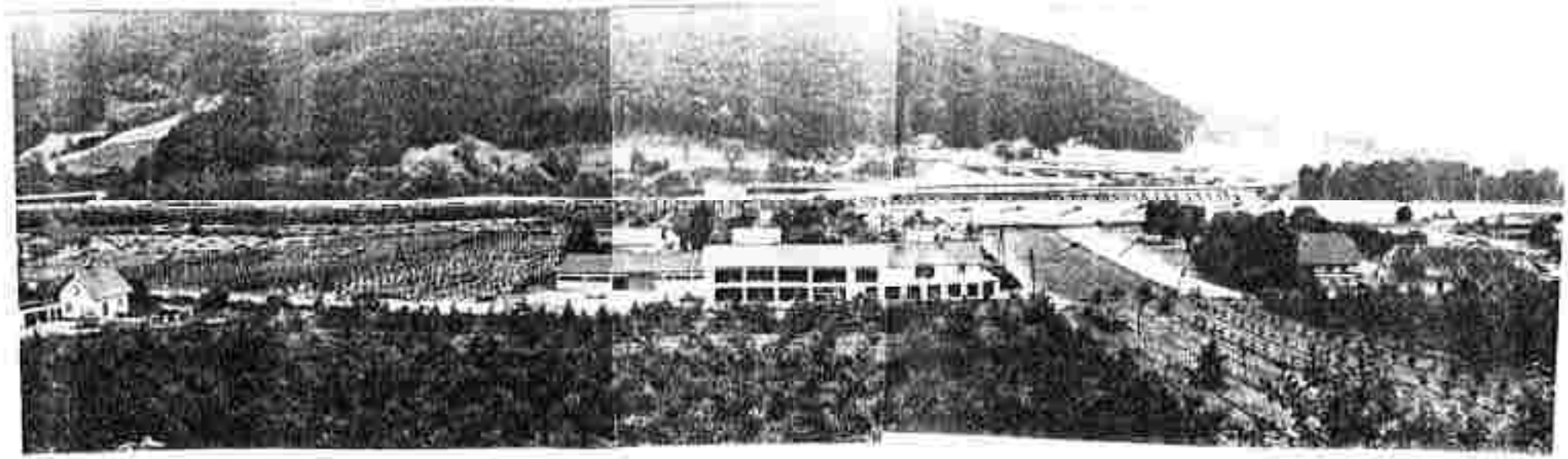


Abb.14: Detailaufnahme aus dem Meßgelände C mit der Mst 16. Auf Grund der Höhe des Dammes befinden sich auch die Dammkronen im Kaltluftbereich, doch nimmt die Temperatur vertikal rasch zu (um etwa 1 °/3 m).

Abb.10: Aufnahmestandort: PN 11 (Überführung der TEB) mit Blickrichtung NNW; in diesem Talabschnitt fällt das Gelände gleichmäßig ab (keine Terrassenkante); bedingt durch die Windoffenheit kann sich der Einfluß des Talabwindes stärker durchsetzen. Die lichte (1 m) Freiland im Auwald ermöglicht den Kaltluftzufluß aus der Anlage D. Daher trotz der tiefen Lage in der rechten Zone nur eine relativ geringe Frostgefährdung (Zone 4 in der Kaltluftkarte). Im linken Bildabschnitt ist die Fortsetzung des Dammes mit der Murbrücke (2) zu erkennen.

5. SCHLUSSBEMERKUNGEN (Hinweise zur Frostbekämpfung)

In den frostgefährdeten Bereichen der Anlagen A, B und C erscheint eine Frostbekämpfung - vor allem nach den Schäden in der Anlage A - erforderlich, die je nach Frostempfindlichkeit der einzelnen Sorten abgestuft werden könnte. Da die Kaltluftschicht nur sehr seicht ist und daher die Temperaturdifferenzen in den ersten 5-10 Metern über Grund relativ gross sind, würde sich zur Frostbekämpfung die Bewindung mittels Propeller anbieten, ein Verfahren, das mehrfach in Südtirol angewandt wurde. Es wurden Erfolge - Temperaturerwärmung bis zu 2.5 ^{o} - mittels eines Propellers (Durchmesser 2.5 m), angetrieben durch einen 12.5 PS starken Elektromotor, erzielt. Allerdings muß bei dieser Methode die Lärmentwicklung berücksichtigt werden. Um eine Belästigung der Anrainer zu vermeiden, erweist sich somit die Beregnung als sinnvolle Alternative. Der Wirkungsgrad dieser Methode übertrifft jenen der Bewindung bei weitem: ein Frostschutz bis etwa -7 ^{o} - bei entsprechend erhöhtem Wasserverbrauch - kann erzielt werden. Die Methode zeichnet sich ferner durch Energieunabhängigkeit und Umweltfreundlichkeit aus. Der relativ hohe Wasserverbrauch kann durch die Nähe zur Mur gedeckt werden. Auf Grund des Wassermangels bestehen im Gegensatz zu Südtirol in der Steiermark nur wenige Beregnungsanlagen. Die Investitionskosten für Beregnungsanlagen amortisieren sich - je nach Häufigkeit und Intensität der Spätfröste - relativ rasch.

6. LITERATUR

KING, E. (1973): Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftabflusses und der Frostgefährdung durch Straßenbauten. - Ber. dt. Wetterdienst, Nr.130, 24 S.

LAZAR, R. (1979): Zwischen- und Endbericht über kleinklimatische Untersuchungen im Gratkorner Becken. - Manuskript unveröff.

SCHNELLE, F. (1963): Frostschutz im Pflanzenbau.
Band I: Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadenverhütung. 488 S.
Band II: Die Praxis der Frostschadenverhütung. 604 S.
Offenbach/Main.

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

Graz, im Juli 1981

GELÄNDEKLIMATISCHE STUDIE FÜR DEN RAUM KAISERWALD

mit 7 Karten, 40 Abbildungen und 4 Tabellen im Text

(R.LAZAR)

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Lage des Untersuchungsraumes . Großklimatische Verhältnisse	1
2.1.	Ergebnisse der Station Graz/Thalerhof	3
3.	Ergebnisse der geländeklimatischen Untersuchungen	6
3.1.	Geländebeschreibung	6
3.2.	Meßmethodik	7
3.3.	Meßfahrten und Sondenaufstiege	9
3.4.	Temperaturverhältnisse	10
3.5.	Windverhältnisse	18
3.6.	Zur Frage der Ausbreitungsklassen	31a
3.7.	Bemerkungen zur bestehenden Immissionssituation im Kaiserwald	40
4.	Abschließende Beurteilung der Standorte	41
5.	Literatur	42

GRAZ, IM OKTOBER 1982

GELÄNDEKLIMATISCHE STUDIE FÜR DEN RAUM KAISERWALD

(R.LAZAR)

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat sich innerhalb der Klimatologie ein relativ junger praxisorientierter Zweig - die Gelände-(Lokal-)Klimatologie - entwickelt. Ihr Ziel ist es, mittels einer auf die Anforderungen bzw. auf das Gelände abgestimmten Meßmethodik die Abhängigkeit einzelner wichtiger Klimaparameter (z.B. Temperatur) von der Topographie aufzuzeigen und die Ergebnisse anschaulich in Karten darzustellen. Diese Karten gehen dann als Entscheidungsgrundlage für die Raumplanung, im vorliegenden Fall für die Standortwahl einer Mülldeponie für den Großraum Graz, ein.

Die Untersuchungen wurden dankenswerterweise vom Landeshygieniker, Univ.Prof. Dr. J.R. MOSER (Bereitstellung eines Pkw für Meßfahrten und Sondenaufstiege), von der M.D.H. - Mülldeponie Halbenrain GmbH (Bereitstellung der Deponie für Meßzwecke), von der Forschungsgesellschaft Joanneum, Abteilung für Umweltgeologie (Leiter: Univ.Doz. Dr. W. GRÄF: Bereitstellung von Thermistorfühler, Anemometer, Fesselballonsonde) und des Referates für Luftreinhaltung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (Bereitstellung einer digitalen Windmeßstation) unterstützt.

2. Lage des Untersuchungsraumes (Karte 1) - Großklimatische Verhältnisse

Der Kaiserwald stellt einen Rest pleistozäner Terrassen dar; charakteristisch ist eine mehrere Meter mächtige lehmig-tonige Schicht ("Lehmhaube") im Gegensatz zu den jüngeren Schotterterrassen im Grazer Feld. Der Kaiserwald weist eine durchschnittliche Breite von 2,5 - 3,0 km und eine Länge von 12 - 13 km auf; er zeigt ferner eine NW-SE-Orientierung. Er liegt innerhalb des Grazer Beckens, das im Süden durch den Wildoner Berg gut abgeschlossen ist. Als mittlere Seehöhe kann ein Wert von 340 - 350 m (nur im Südabschnitt auch etwas tiefer) angenommen werden; der Kaiserwald überragt somit das Grazer Feld bzw. das angrenzende Kainachtal um 20 - 30 m.

Auf Grund seiner Lage südlich des Alpenhauptkammes einerseits und der Beckenlage andererseits ergibt sich für den Kaiserwald eine Reihe wichtiger großklimatischer (bzw. regionalklimatischer) Eigenschaften.

1) Gemäßigt kontinental geprägter Jahresgang des Niederschlages (Winterminimum - Sommermaximum, häufige Schneearmut ("grüne Weihnachten"), Gewitterreichtum).

2) Größere Temperaturgegensätze im Jahresgang der Temperatur gegenüber der Alpennordseite mit kälteren Wintern (sieht man von den Verhältnissen auf den Riedeln ab) und wärmeren Sommern.

3) Geringe mittlere Windgeschwindigkeiten (generell 1 - 2 m/sec) mit ausgeprägtem Jahresgang der Windgeschwindigkeit in den talnahen Lagen (Winterminimum, z.T. unter 1 m/sec, Frühjahrsmaximum bis 3 m/sec).

4) Markanter Jahresgang der Sonnenscheindauer mit Minimum im Spätherbst und Winter (November/Dezember - Hochnebel) und Maximum im Sommer.

5) Abschwächung atlantischer Störungseinflüsse; als Leeffekte häufig nördliche Winde, besonders tagsüber, und Fallwindcharakter ("Nordföhn") und Bewölkungsauflockerung.

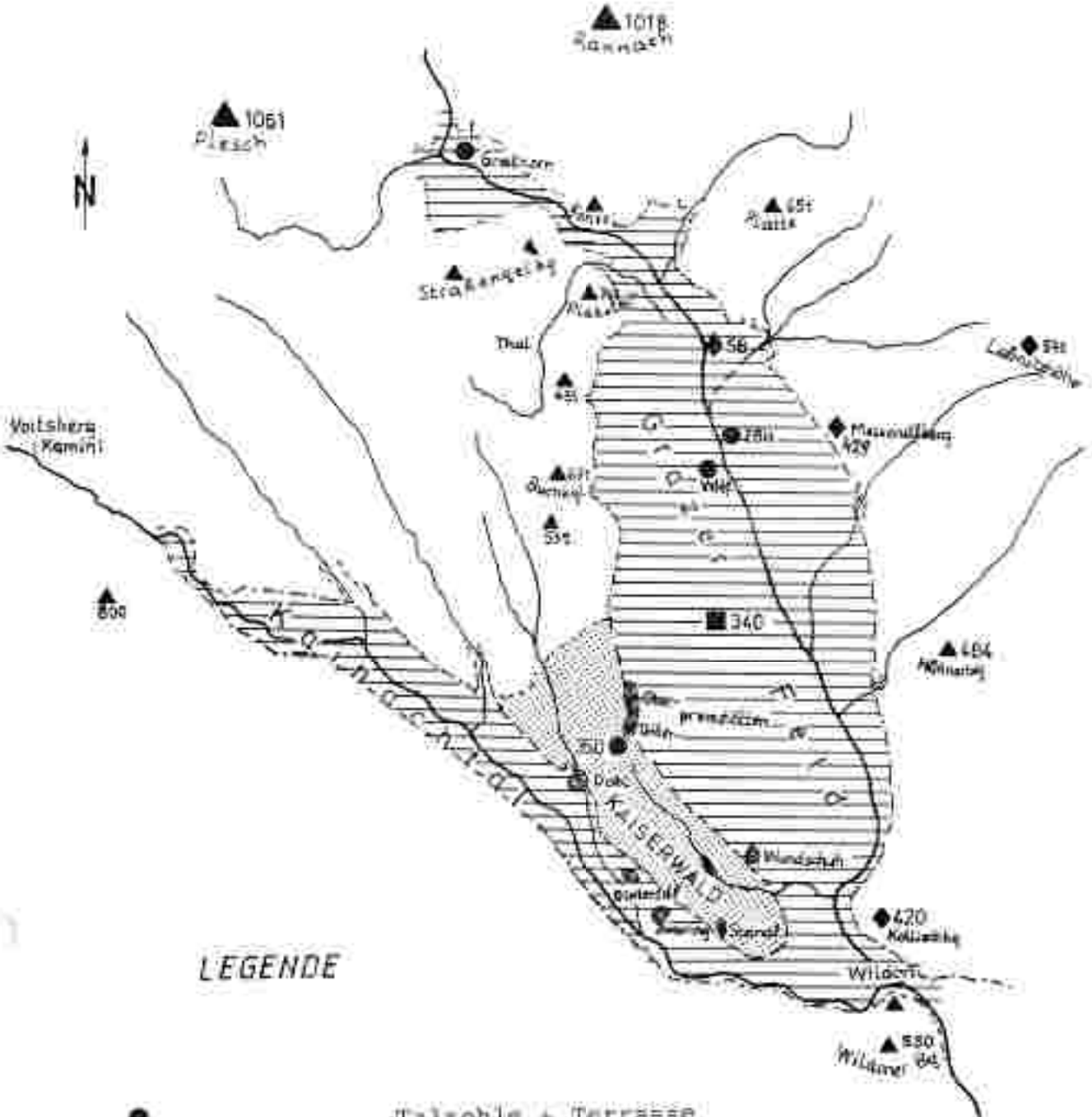
Eigenschaften aus regionalklimatischer Sicht (Beckenlage, Einfluß der Haupttäler Mur- und Kainachtal):

1) Häufige Ausbildung von Inversionen, deren Mächtigkeit, Stärke und Andauer von der Jahreszeit abhängt.

2) Relativ hohe Nebelwahrscheinlichkeit: Mächtigkeit, Zeitpunkt der Auflösung ist von der Jahreszeit abhängig.

3) Ausbildung eines autochthonen Talauf-Talabwindsystems innerhalb des Kainach- bzw. des Murtales, wobei eine Überlagerung dieses Systems mit einem Regionalwindsystem gegeben ist (Strömung zum Randgebirge aus dem Sektor Süd bis Ost tagsüber und schwache Strömung vom Randgebirge in das Vorland aus dem Sektor West bis Nord nachts).

KARTE 1 LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES . STATIONSNETZ



● ◆ Windmessung < Talsohle + Terrasse / Berg

■ Met. Basis (zivil + mil.)

Siedlungen im Raum Kaiserwald

Stationsabkürzungen

ZBH Zentralbauhof
WHf Wirtschaftshof
SB Schlossberg
L Leykam/Gratkorn

Bevor noch auf diese Eigenschaften mit Datenmaterial der Station Graz/Thalerhof näher eingegangen wird, sind noch einige Ergänzungen zu Karte 1 notwendig. Entscheidend für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen des Kaiserwaldes ist die Erfassung der Windverhältnisse, die je nach Lage (Tal, Riedel) mehr oder weniger stark voneinander abweichen; deshalb scheinen in der Karte die Windmessstationen getrennt für Riedel- und Tallagen auf. Die Bezugsbasis für sämtliche Klimaparameter stellt der Flughafen Thalerhof, inmitten des Grazer Feldes und nordöstlich des Kaiserwaldes gelegen, dar.

2.1 Ergebnisse der Station Graz/Thalerhof

2.1.1 Temperaturverhältnisse

a) Jahresgang der Temperatur (siehe Abb. 1)[2]

b) Vegetationsperiode (Periode 1951-80)[1]
für 5 °C Tagesmittel: 23.3. – 5.11. Dauer 228 d
für 10 °C Tagesmittel: 23.4. – 8.10. Dauer 169 d

c) 14^h-Temp.[1]

	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Mittel
(1951-1980)	8.4	13.8	18.2	21.5	23.1	22.7	19.3	14.4	19.9 °C

d) mittl. tägl. Maximum[1]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
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 °C

e) mittl. tägl. Minimum[1]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
-8.0	-5.3	-1.6	2.9	7.4	11.3	12.5	12.0	8.7	3.7	-0.3	-5.0	3.2 °C

f) aperiodische Tagesschwenkung[1]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
8.9	9.6	11.2	11.2	12.2	11.7	12.0	11.8	11.7	11.2	8.1	7.7	10.6 °C

---

1) nach R. LAZAR und H. WAKONIGG (1981)

2 nach H. WAKONIGG (1978)

g) mittl. absol. Minima[1])

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
-17.3	-13.5	-9.7	-3.6	0.1	5.0	7.1	6.0	1.5	-3.6	-7.8	-14.0	°C

h) Verteilung der Tage mit Frost[2]) (1950-76)

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
29.9	24.7	20.1	6.1	0.9	0.0	0.4	7.0	15.3	27.9	132.3

i) Zahl der Sommertage (Maximum ≥ 25 °)[2]: 46

j) letzter Frost durchschnittlich am 1.5.; bis -2.0 ° am 20.4.
erster Frost durchschnittlich am 10.10.; bis -2.0 ° am 18.10.

k) absolute Extreme:[2])
mittl. absol. Min. -20.8 ° (1951-70), bisher tiefster Wert -27.0 ° (1956);
mittl. absol. Max. 31.8 °, bisher höchster Wert 38.5 ° (1950)

2.1.2 Niederschlagsverhältnisse und Verdunstung

a) Jahresgang (Abb. 1) [2])

b) Zahl der Tage mit Niederschlag über 1.0 mm[2])

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
6.1	5.5	7.3	7.4	9.9	11.5	11.6	10.5	8.4	6.6	7.9	6.4	99.1

c) Zahl der Tage mit unterschiedlichen Niederschlagsmengen (Graz-Universität) [2])

	1 - 4.9	5 - 9.9	10 - 19.9	20 - 30.9	40 - 59.9	60 - 84.9	>85.0
%	46.9	23.1	17.1	9.4	16.5	3.0	-

d) Zahl der Tage mit Gewitter (1951-70)[2])

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
-	0.05	0.3	2.2	5.2	9.9	8.9	8.3	3.7	1.0	0.15	0.05	39.0

---

[1]) nach R. LAZAR und H. WAKONIGG (1981)
[2] nach R. LAZAR (1979)

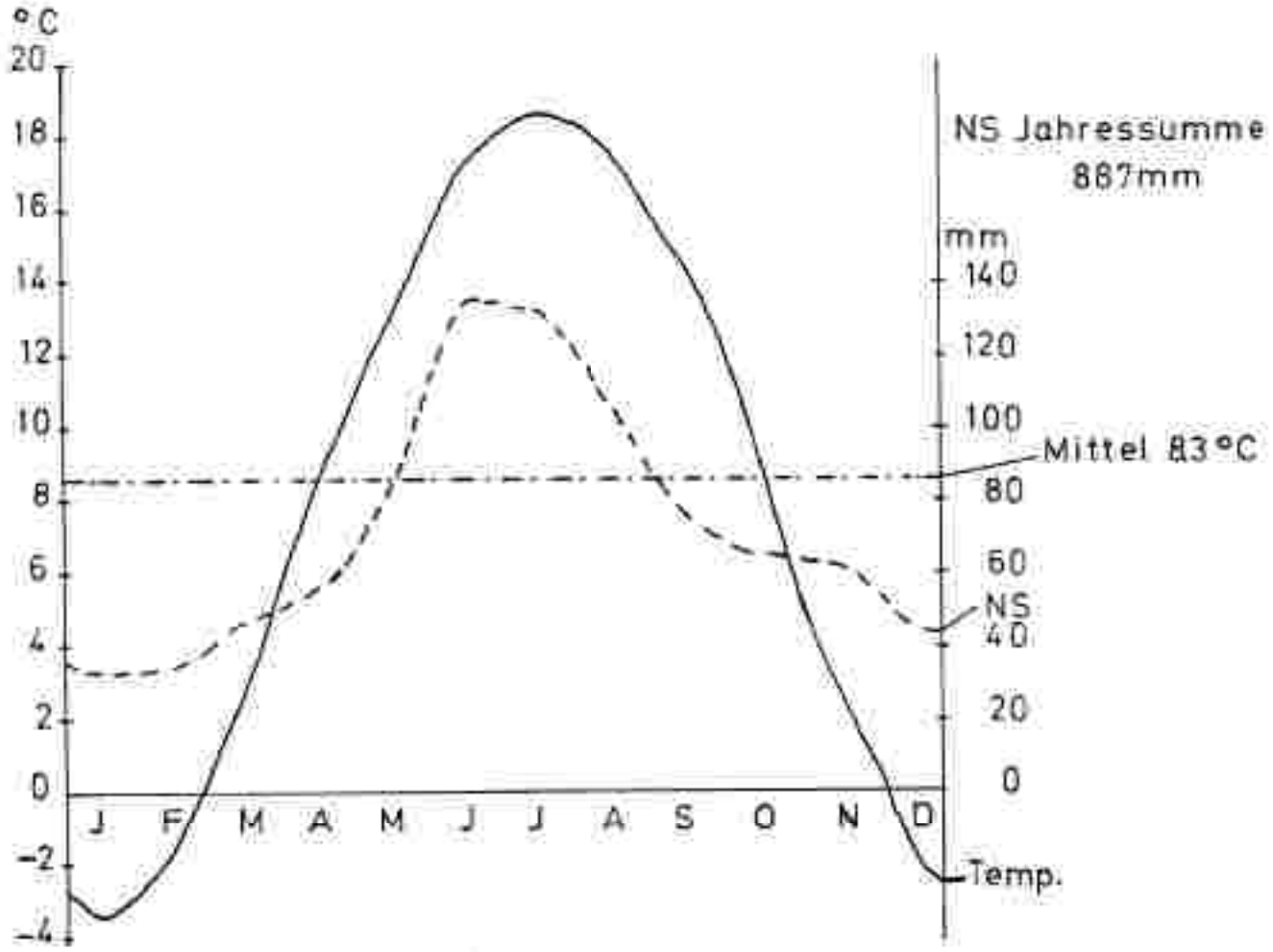


Abb. 1: Jahresgang der Temperatur (durchgezogene Linie) und des Niederschlages (strichliert) für die Station Thalerhof (1951-70).

e) Zahl der Tage mit Schneedecke: 58

f) Verdunstung, gemessen an der Station Messendorfberg: Angaben in mm

1 9 8 1

Juni	Juli	August	September
66.6	70.4	70.4	44.6

1 9 8 2

April	Mai	Juni	Juli	August	September
41.8	69.5	59.2	67.1	57.4	38.4

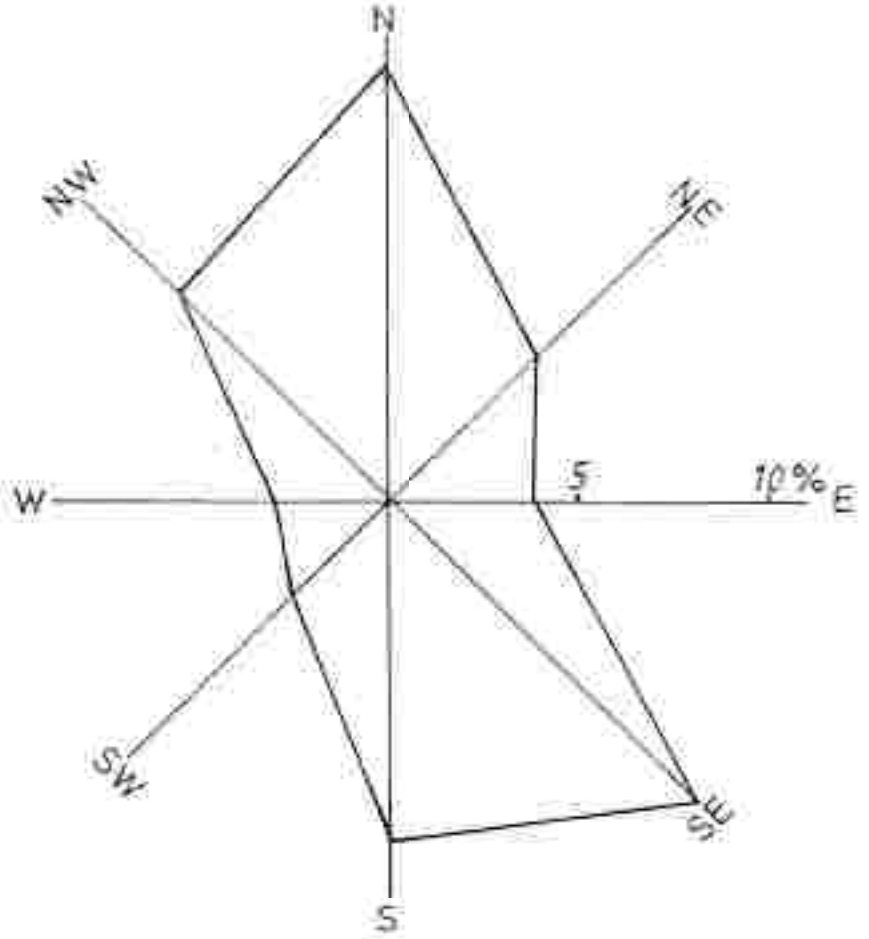


Abb. 2: Windrichtungsverteilung ("Windrose") nach H. WAKONIGG 1978 und W. MAHRINGER 1974 mit 43 % Calmen.

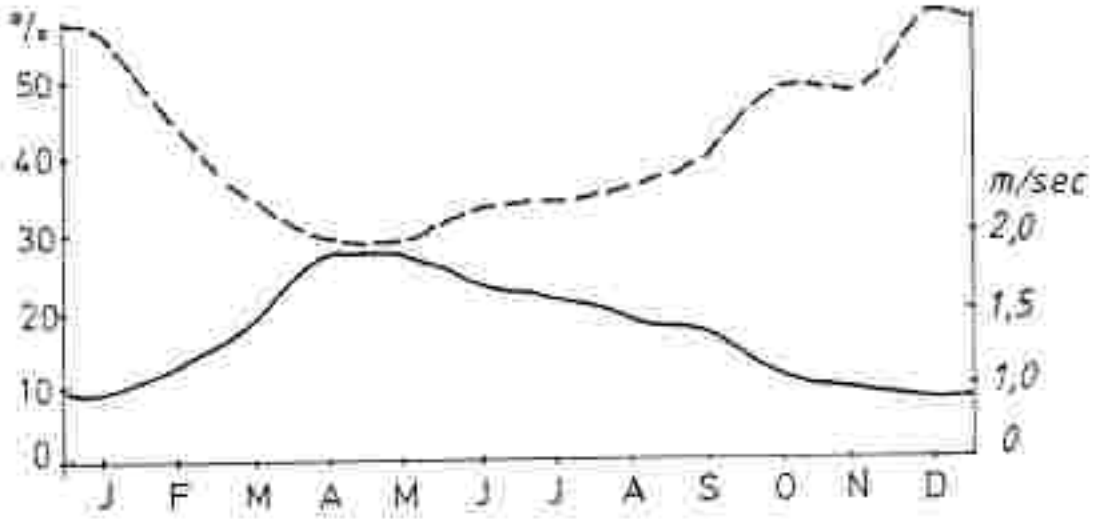


Abb. 3: Jahresgang der Calmenhäufigkeit in % (strichliert) und Jahresgang der Windgeschwindigkeiten (durchgezogene Linie) in m/sec.

2.1.3 Bewölkung / Sonnenscheindauer

a) relative Sonnenscheindauer (in % der maximal möglichen Dauer)[2]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
29	37	42	47	49	48	54	55	53	48	29	23	45

b) Bewölkung in Zehnteln Himmelsbedeckung[2]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
6.5	6.3	6.1	5.9	5.9	5.9	5.1	5.1	5.1	5.4	7.1	7.0	6.0

2.1.4 Feuchte- bzw. Nebelverhältnisse

a) Monatsmittel der absoluten Luftfeuchte in mm Dampfdruck[2]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
3.2	3.6	4.4	6.2	8.2	10.9	11.8	11.7	9.8	7.3	5.2	3.8	7.2

b) Zahl der Tage mit Nebel (Sichtweite unter 1000 m Beobachtung: Terminintervall alle 3 Stunden)[2]

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
18.5	11.3	9.9	5.0	4.5	5.3	6.3	10.4	16.0	18.9	13.9	20.6	142.0

2.1.5 Windverhältnisse

Die beiden beigefügten Diagramme (Abb. 2 und 3) sollen zunächst nur einen Überblick vermitteln, eine Detailbeschreibung erfolgt in Abschnitt 4. Aus Abb. 2 geht hervor, daß im wesentlichen nur 2 Sektoren dominieren (NW-N und S-SE), wobei die nördlichen Winde häufig in den frühen Nachtstunden (mitunter auch tagsüber), die südlichen tagsüber vorherrschen. Die zweite Nachthälfte und die frühen Vormittagsstunden zeichnen sich durch Calmen aus. Der Calmenanteil ist in Abb. 3 dargestellt und verhält sich umgekehrt proportional zum Jahresgang der mittleren Windgeschwindigkeit.

3. Ergebnisse der geländeklimatischen Untersuchungen

3.1 Geländebeschreibung (zu Karte 2)

Bei genauerer Betrachtung zerfällt der Kaiserwald in drei Abschnitte.

Im Nordwesten erfolgt infolge älterer Terrassenanteile eine merkliche Anhebung auf höhere Niveaus (um 370 bzw. um 400 m), während im Südosten nur 320 m erreicht werden. Der mittlere Abschnitt ist mit Höhen um 350 m relativ einheitlich. Er zeigt eine asymmetrische Talanlage, wobei auffällt, daß Tobel an der Ostflanke nahezu fehlen. Andererseits zeichnet sich letztere durch einen markanteren Terrassenabfall aus als die Westseite. Der Mittelabschnitt wird ferner der Länge nach (in NW-SE-Richtung) vom Poniglbach durchzogen, dessen unterer Bereich durch Teichanlagen ("Wundschuher Teiche") verschen wurde. Dieses Tal weist infolge seines größeren Alters Muldencharakter auf, während die Tobel, SW-NE orientiert, eine relativ junge Entwicklung darstellen (rezente Formen) und sich in den Terrassenkörper einschneiden (steile Hangneigungen). Im Nordwesten sind außerdem noch zwei Seitentäler mit N-S-Verlauf anzuführen, das Döblbachtal und das Gepringbachtal. Ersteres wird markant durch zwei Dämme (Bahn im Norden, Autobahn im Süden) gegliedert. Die Talsohle des Gepringbachtales ist relativ schmal und teilweise bewaldet.

3.2 Meßmethodik

3.2.1 Stationsnetz

Um die Windverhältnisse speziell im Kaiserwald zu erfassen, war es zunächst notwendig, an einem geeigneten Standort (möglichst repräsentativ) eine Windmeßstation zu errichten. Die nächstgelegene Station Graz/Thalerhof erweist sich auf Grund der hohen Calmenhäufigkeit in den Nacht- und Morgenstunden für die Charakterisierung der Bedingungen als unzureichend, die nächstgelegenen Riedelstationen Graz/Messendorfberg und Kollischberg können ebenfalls nur Anhaltspunkte liefern und wurden für Vergleiche herangezogen. So wurde Ende Juni auf einem nicht mehr benutzten Kamin einer Ziegelei[1]) in Unterpremstätten eine Windmeßstation (Type Kroneis) eingerichtet. Wegen der ungemeinen Ausgesetztheit mußte mit Seilsicherung gearbeitet werden (Höhe des Kamins 35 m). Nach langwieriger Arbeit wurde ein Eisenrohr mit Schellen an der Innenseite des Kamins befestigt, das

---

[1]) An dieser Stelle sei Herrn HRAS jun. (Premstättner Ziegelwerke) für die Erlaubnis zur Errichtung der Station gedankt.

nun ca. 1.5 m über den Kaminkopf ragt und mit dem Windgeber versehen wurde. Die Rechenanlage der Windmeßstation konnte im Dachgeschoß eines Nebengebäudes untergebracht werden. Windgeber (Blitzableiter) als auch die Rechenanlage waren gegen Überspannung abgesichert; letztere mußte allerdings nach einem schweren Gewitter ergänzt werden.

Abb. 4: Ansicht der Windmeßstation Unterpremstätten am Kamin.

Die großen Vorteile liegen in der Wartungsfreundlichkeit bzw. in der bereits halbstündlich ausgedruckten Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsmittelung.

Die Vergleichsstation Kollischberg wurde 1973 von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, errichtet (Wölfleschreiber auf ca. 6 m hohem Mast montiert). Sie befindet sich in ca. 423 m Seehöhe auf einer freistehenden Kuppe und charakterisiert die Verhältnisse auf den Riedeln, zeigt allerdings im Gegensatz zur Station Labnitzhöhe noch deutlichen Einfluß des Murtalwindsystems. Die Daten wurden mir dankenswerterweise von Herrn Ing. CHALUPA (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien) zur Verfügung gestellt.

Die zweite Riedelstation, Graz/Messendorfberg (429 m), weist merkliche Abweichungen zum Kollischberg auf (besonders hinsichtlich der Windgeschwindigkeit). Dies ist zum Teil durch die ostseitige Riedelrückenlage, teils durch Wald im Westen gegeben. Die in nur geringfügig größerer Seehöhe betriebene Station Schloßberg wird wesentlich besser vom Talwindsystem erfaßt und daher stärker ventiliert (LAZAR, 1982).

Die Station Voitsberg am Verkehrsturm (480 m) vom Kraftwerk GDK III vermittelt gute Aufschlüsse über das Talwindsystem im Kainachtal.

3.3. Meßfahrten und Sondenaufstiege

Je kürzer die Beobachtungszeiträume bei klimatischen Untersuchungen sind, desto intensiver müssen auch "Feldmessungen" erfolgen. Hierzu leisten Sondenaufstiege und Meßfahrten wertvolle Dienste.

Tab. 1: Liste der durchgeführten Meßfahrten.

Datum	Dauer	
9./10. Juli	$23^h - 2^{45}$	mit Aufstiegen in Unterpremstätten
13. Juli	$21^h - 24^h$	
14. Juli	$22^{30} - 24^h$	
30. Juli	$23^h - 0^{15}$	
10./11. Aug.	$20^h - 1^h$	Hälbenrain, Aufstiege + Meßfahrt
12./13. Aug.	$18^h - 0^{30}$	Aufstiege Deponie Köglerweg Graz, Aufstiege Unterpremstätten
18./19. Aug.	$18^h - 23^h$ $5^{30} - 6^{30}$	Kaiserwald/Seitentäler, Kaltluftströmungsmessung und -nachweise; Aufstiege, Rauchpatronentests
21./22. Aug.	ganztägig Sondenaufstiege und Strömungsnachweise mit Rauchpatronen im Raum Graz	

Ausrüstung:

2 Thermistorfühler -40/+140 °C (± 0.1 °C Genauigkeit), Firma Kiepe-Elektrik;

1 digitaler Handwindmesser (Kromis), kontinuierliche Messung 2 sec-Mittel;

1 Teleskopmast ausfahrbar auf 9.50 m

2 Sätze Rauchpatronen (Farben weiß, gelb; Brenndauer ca. 1 min), Firma Kuwi;

1 Winde mit 500 m Kunststoffseil und Zählwerk;

Ballon 100 g, Zugkraft max. ca. 2 kp
1 Wasserstoffflasche, ausreichend für 3 Ballonfüllungen;
80 m Verlängerungskabel für den 2. Thermistorfühler;
1 Einstechfühler für Erdbodentemperaturmessungen;
1 Diktaphon für die Dateneingabe.

1 Ballon (100 g)
2 Anemometer
3 Teleskopmast
4 Verlängerungskabel
5 Thermistorfühler
6 Winde
7 Wasserstoffflasche

Abb. 4: Sonde im Einsatz.

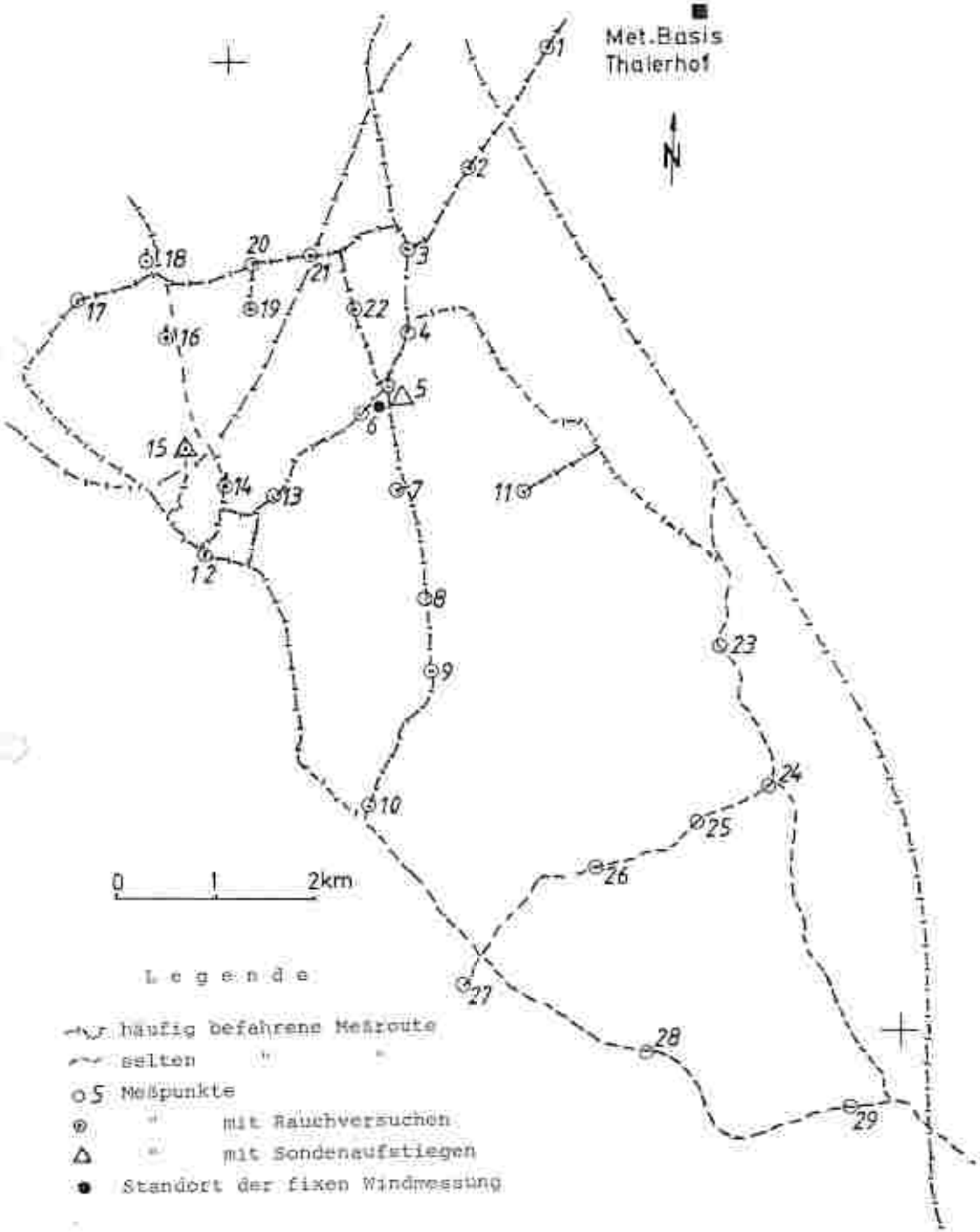
In Karte 3 sind die Meßrouten und -punkte enthalten; Tab. 2 gibt außerdem noch eine Übersicht über die Lage der Meßpunkte.

3.4 Temperaturverhältnisse

3.4.1 Ergebnisse der Meßfahrten

In Tab. 3 sind die mittleren Temperaturabweichungen vom Basismeßpunkt 2 im Grazer Feld angeführt (nahezu identisch mit den Bedingungen an der Station Graz/Thalerhof) und durch die Angaben über die Windverhältnisse ergänzt.

KARTE 3 MESSPUNKTE UND MESSROUTEN



Tab. 2: Meßpunktübersicht.

Mp.Nr.	Seehöhe [m]	Lage
1	340	Grazer Feld, NW Uferbereich Schotterteich
2	336	Grazer Feld, Maisfeld
3	335	Talschlenrandlage, Ortsbereich Oberpremstätten
4	332	Terrassenfußlage, Ortsbereich Unterpremstätten
5	350	Terrassenrandlage, mit Windmessung am Kamin (35 m über Grund) und Fesselballonaufstiegen
6	347	flache Muldentallage auf Terrasse
7	348	flache Muldentallage auf Terrasse mit Kaltluftstaueinfluß vom Wald
8	352	Terrasse, große Lichtung, nördlicher Bereich
9	350	Terrasse, große Lichtung, südlicher Bereich, Beginn eines Tälchens
10	317	Kainachtal - Talsohle
11	325	Grazer Feld, Talschlenrand
12	322	Dobl/Unterberg, Talschle/Kainachtal, Ortsber.
13	325	Brücke Gepringbach, Seitental/Sohle
14	353	Dobl/Oberberg; Terrassenspornlage, Rauchversuche
15	328	Talsohle Doblbach (Seitental), Sondenaufstiege, Rauch-Strömungs-Versuche
16	335	wie 15, Rauchversuche, Windmessung
17	370	höhere (ältere) Terrassenstufe
18	343	wie 16
19	347	Talsohle Gepringbach: bewaldet
20	348	Talsohle Gepringbach, Waldrand
21	355	Terrasse (Brücke über Autobahn)
22	351	windoffene Terrassenlage
23	319	Grazer Feld, nördlich Kasten
24	319	Grazer Feld, Randlage, Ortsbereich Wundschuh
25	342	Terrassenlage, frei
26	348	Terrassenlage, bewaldet
27	312	Talsohle Kainachtal, SW Zwaring
28	310	Talsohle Kainachtal, Randbereich
29	315	Terrassenkantenlage, Ortsbereich Weitendorf

Tab. 3: Temperatur- und Windverhältnisse an den Meßpunkten.

Mp.Nr.	Temp.Abweich. v.Basispkt.2	Durchlüftung	Hauptwindkomponenten nachts	tags
	°C			
1	+0.5/+1.0	mäßig, windoffen	NW C	SE-E
2	0 entspr.Thaler-hof	mäßig, windoffen	NW C	SE-E
3	+0.5/+1.0	etwas geringer als 1,2	NW C	SE-E
4	+1.0/+1.5	etwas geringer als 1,2	NW C	SE-E
5	0/+0.5	gut, windoffen (bezogen auf Windverhältn. über Wipfelhöhe), auf 2 m bezogen gering, nachts häufig Calmen	NW-N	SE-E
6	-0.5/0	gering bis sehr gering, nachts häufig Calmen		
7	-0.5/-1.0	sehr gering; ab Abend bis zum Vormittag Calmen		
8	-0.5/:0	gering bis sehr gering		
9	-0.5/-1.0	gering, nachts teilweise Kaltluftabfluß zum Kainachtal		
10	-0.5/0	mäßig, windoffen	NW	SE
11	-1.0/-1.5	gering, nachts generell Calmen		
12	0/+0.5	mäßig, etwas geringer als Mp. 10		
13	-0.5/-1.0	gering, Kanalisierung der Winde, Kaltluftabfluß	N	S-E
14	+1.0/+1.5	mäßig, windoffen, nachts nur sehr schwache Luftbewegung		
15	-1.0/-1.5	(Kaltluftstau am Damm) mäßig (Talwindsystem)		
16		geringer als 15		
17	ähnlich 14			
18	-0.5/-1.0	ähnlich 15		
19	-0.5/-1.0	Bestandsverhältnisse, oberhalb der Wipfel etwas geringer		
20		Bestandsverhältnisse, oberhalb der Wipfel etwas geringer		

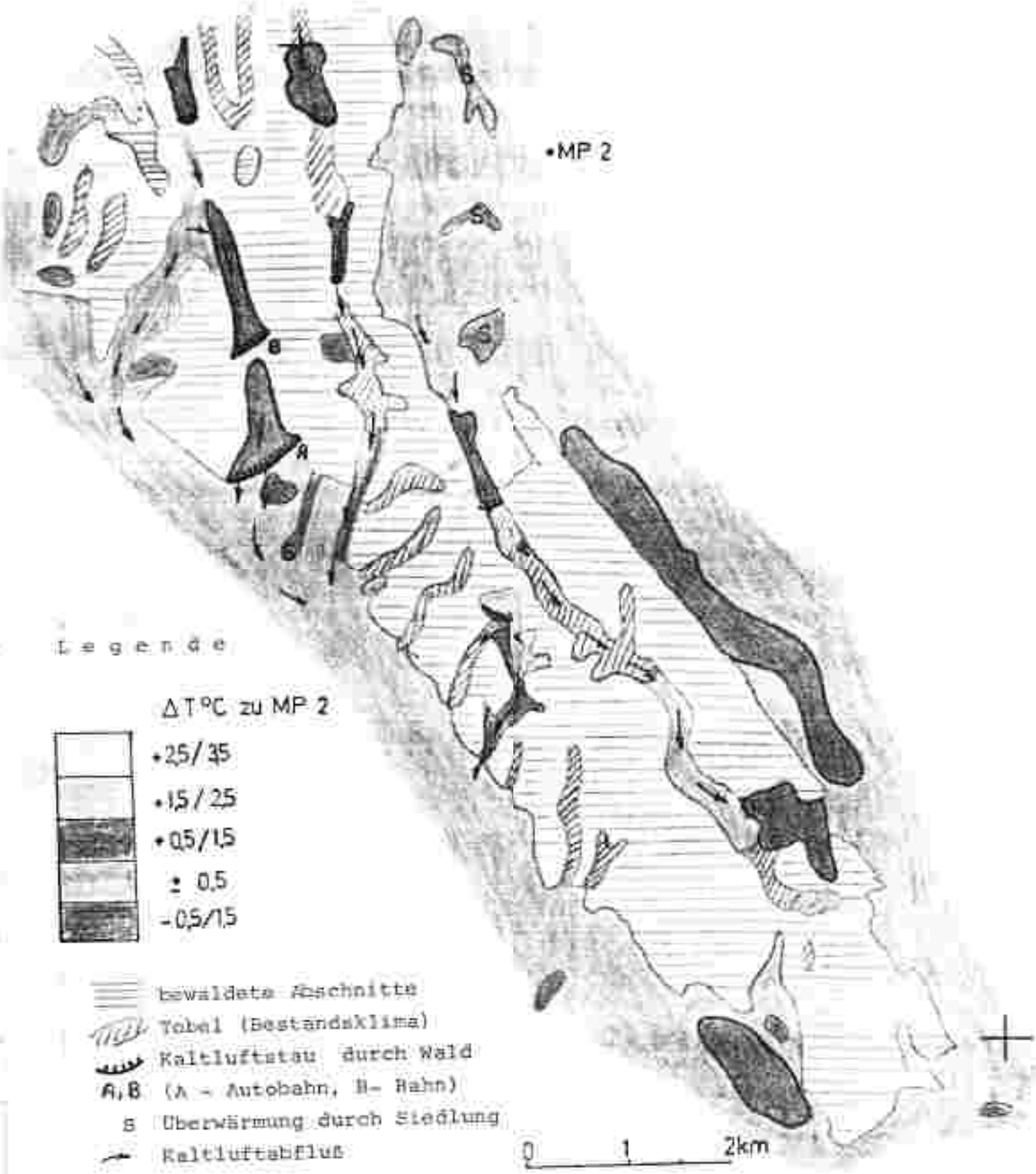
Tab. 3 Fortsetzung

Mp.Nr.	Temp.Abweich. v.Basispkt.2	Durchlüftung	Hauptwindkomponenten nachts	tags
21	0/+0.5	etwas geringer als 5		
22	ähnlich 5			
23	ähnlich 2: Kaltluftgefährdung etwas höher			
24	wie 23			
25	-0.5/±0			
26	0/+0.5	mäßig bis gut, bezogen auf den Wipfelbereich	NW	SE-E
27	kälter als 10			
28	wie 27			
29	0/+0.5	gering		

Die Ergebnisse aus Tab. 3 dienten als Grundlage für die Kaltluftkarte (Karte 4). Bei Umweltverträglichkeitsprüfungen für Deponiestandorte muß nach H.J. SENG (1979) auch die Lage bezüglich Kaltluftverteilung und -abfluß berücksichtigt werden. Es zeigen sich vor allem in den Talabschnitten mit Kaltluftstau (durch Wald, aber auch durch Dämme) etwas tiefere Temperaturen als im Grazer Feld. Teilweise trägt der Untergrund zur Temperaturverteilung bei, so beispielsweise am westlichen Rand des Grazer Feldes (Laabach, vernäßte Böden). Die grünen Flächen hingegen betreffen entweder günstig gelegene Terrassensporne (Dobl) oder kommen durch Überwärmung von Ortschaften zustande (Unterpremstätten). Das Ausmaß der Überwärmung ist noch in den frühen Nachtstunden am größten; in weiterer Folge kühlen auch Verkehrsflächen, etc. aus, sodaß die Unterschiede zum unbeeinflußten Freiland geringer werden.

Große Teile des Untersuchungsprogrammes werden von Wald eingenommen. Im allgemeinen liegen die Temperaturen etwas höher als im Freiland (tagsüber kühler), jedoch wirken bestandsbedingte Komponenten mit (Art und Höhe der Kultur). Beispielsweise stellen Waldlichtungen, speziell mit Jungkulturen, kältere Bereiche, Altbestände (Kiefer, Föhre) relativ warme Abschnitte dar. Messungen in Tobeln (LAZAR 1979) haben ergeben, daß auch innerhalb des Waldes morphologische Kompo-

Karte 4 KALTLUFTKARTE



nenten die Temperaturverteilung beeinflussen (Sammlung von Kaltluft in den Tobeln).

3.4.2 Ergebnisse der Sondenaufstiege

3.4.2.1 Sondenaufstiege auf bestehenden, geordneten Deponien

Um einen Einblick über die Ausbreitungsbedingungen auf einer Deponie und deren Umgebung zu gewinnen, wurde in Halbenrain eine Meßkampagne durchgeführt. Die Ergebnisse der Aufstiege sind in Abb. 5 dargestellt. Die Schichtung zeigt demnach schon bald nach Sonnenuntergang eine stabile Ausprägung; nur in den ersten Metern über Grund wirkt sich die gegenüber der Luft höhere Bodentemperatur auf die Schichtung aus (neutral). Die am Meßtag (10.8.) angetroffenen Bedingungen dürfen an Hochdruckwetterlagen erwartet werden, wobei Ein- bzw. Ausstrahlung nicht bzw. nur wenig behindert werden. Der Anteil dieser Tage beträgt je nach Jahreszeit 20-40 % (Winterminimum, Frühjahr-Herbstmaximum). Hinzu kommen weitere 30 % (Hochrandlagen, geringe Bewölkung und Windgeschwindigkeit) mit nur geringen Abweichungen (Temperaturzunahme mit der Höhe schwächer; Inversionen nicht so ausgeprägt). Etwa ein Drittel, mitunter oft nur ein Viertel aller Tage wird dann überwiegend von Tief- bzw. Tiefdruckrandlagen beeinflußt. In solchen Nächten tritt wegen des hohen Bedeckungsgrades (fallweise auch mit der höheren Windgeschwindigkeit) in der Regel Temperaturzunahme mit der Höhe ein. Ziel der durchgeführten Aufstiege war es, vor allem die Bedingungen bei Strahlungswetter zu prüfen.

Ergänzend zu den Aufstiegen in Halbenrain sei noch auf die Bodentemperaturen, in 10 cm Tiefe gemessen, verwiesen. In den von schweren Walzen verdichteten Bereichen ergaben sich Werte von 20-25 °C, im frisch aufgeschütteten Abschnitt 40-50 °C. Diese Unterschiede sind durch die unterschiedliche Luftzufuhr bedingt. Die Luftströmungen während der Meßzeit waren relativ gering (schwach aus NW mit 0.5 bis 1.5 km/h), wobei ab der Wipfelhöhe der Bäume (ab ca. 25 m) eine Geschwindigkeitszunahme zu beobachten war. Die Geruchstests erbrachten eine Geruchsschwelle in ca. 300-400 m vom Standort (im Wald), jedoch herrschten, bedingt durch überaus heftige Gewitterregen an den Tagen vorher, extreme Bedingungen. Über dem festgewalzten Teil der Deponie waren die Immissionen relativ gering; "Geruchsemittenten" stellten hingegen feuchte Abschnitte dar.

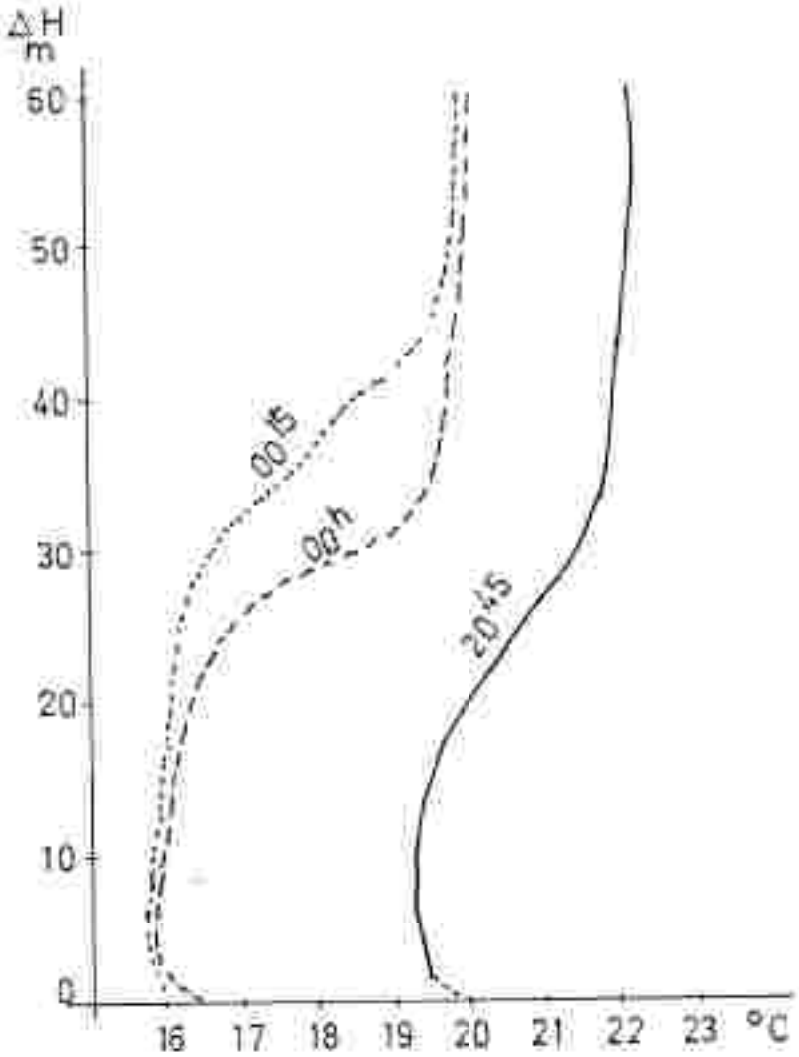


Abb. 5: Sondenaufstiege auf der Mülldeponie Halbenrain; zu beobachten ist die merkliche Temperaturzunahme ab ca. 20-30 m Höhe über Grund.

Interessante Ergebnisse brachten auch die Aufstiege auf der geordneten Deponie Graz/Köglerweg (Abb. 6). Im Gegensatz zur Deponie Halbenrain (von Wald umschlossen) ist das Gelände offen; die Deponie überragt das Terrain um einige Meter. Die Messungen[1]) begannen etwa eine Stunde vor Sonnenuntergang mit deutlicher Temperaturabnahme (etwa 1 °/100 m) bei Ostwind (3 m/sec). Nach Sonnenuntergang drehte die Strömung auf Nordost (1-2 m/sec), die Temperaturschichtung nahm rasch an Stabilität zu (zunächst noch Isothermie, 20^{30}).

---

[1]) Die Messungen wurden wie auch in Halbenrain durch Strömungsnachweise mittels Rauchpatronen ergänzt.

Um 23^h herrschte bei schwachem Nord-bis Nordostwind eine Inversion von 2 °C (bis 40 m über Grund). Die Erdbodentemperaturen lagen generell etwas höher als in Malbenrain (um 30 °C in 10 cm Tiefe); die Oberfläche zeigte bereits Bewuchs (Grasbüschel) und war nur schwach "geruchsbelastet". Das anfallende Deponiegas wird derzeit abgefackelt. Am Süd- bzw. Westabschnitt mit feuchten Stellen war ähnlich wie in Malbenrain Geruch feststellbar; als Geruchsschwelle kann auch hier ein Betrag von etwa 300-400 m angegeben werden (unter ungünstigen Bedingungen).

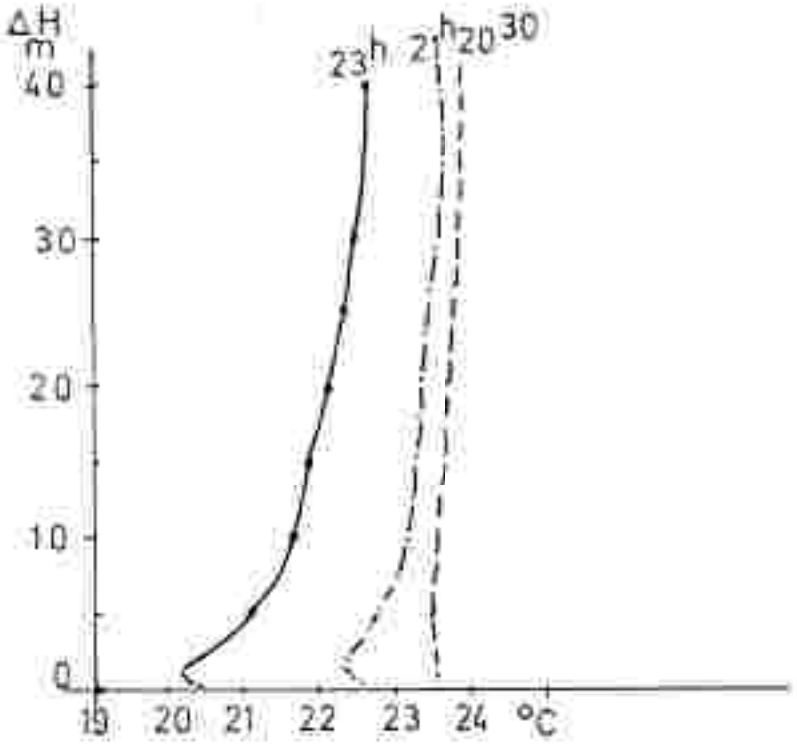


Abb. 6: Sondenaufstiege auf der geordneten Deponie Graz/Kögelerweg; zu beachten ist der Aufbau der Inversion im bodennahen Bereich (um 20^{30} noch Isothermie).

Im Kaiserwald selbst wurden an zwei Punkten Sondenaufstiege durchgeführt. Abb. 7 zeigt die Ergebnisse der Aufstiege nahe der Windmeßstation Unterpremstätten. Bei Strahlungswetter baut sich die Inversion relativ rasch auf, wobei innerhalb der ersten 50 Höhenmeter Temperaturzunahmen von 4 °C und mehr durchaus möglich sind (im Winter bei Schneedecke auch höhere Beträge). Nach den Werten der Station Unterpremstätten herrschten Winde aus dem Sektor NW-N vor (fallweise aus W-NW), die Geschwindigkeiten schwankten zwischen 1-2 m/sec.

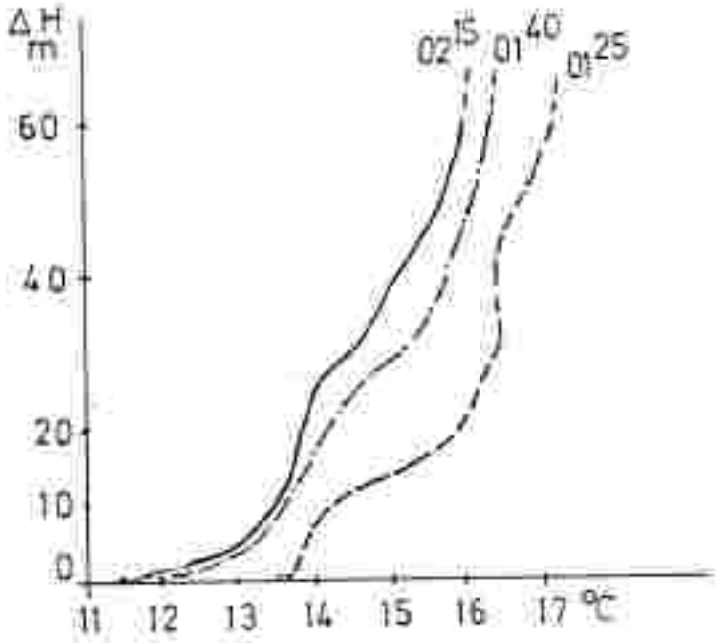


Abb. 7: Sondenaufstiege auf der Kaiserwaldterrasse bei Unterpremstätten (Meßpunkt 5): zu beachten sind die starken Temperaturzunahmen in den ersten Metern über Grund (seichte Kaltluftschicht).

Im Doblbachtal interessierte insbesondere die Stauwirkung des Autobahndammes auf den Strömungsverlauf und die vertikale Temperaturstruktur. Von E. KING (1972) wurde in Deutschland die kaltluftstauende Wirkung von Dämmen eingehend untersucht, besonders in Hinblick auf den Einfluß von Durchlässen im Damm. Speziell beim Autobahndamm nördlich von Doblдorf konnte im Verlauf der Abend- und Nachtaufstiege ein deutliches Überströmen der Kaltluft festgestellt werden. Die Temperaturen waren auf der Stauseite bis zu 2 ^{o} niedriger als auf der Leeseite. Die Stauwirkung des Dammes nimmt dann gegen Morgen etwas ab (Abb. 8). Die Strömungsgeschwindigkeiten überstiegen 2 m/sec nicht, wobei dies mit Sicherheit auf die relativ große Talsohlenbreite zurückzuführen ist (Verhältnis Kaltluftzufuhr - Talquerschnitt entscheidend). Auf der Stauseite (nördlich des Dammes) war zuvor gejaucht worden (Geruchsemission!). Mit der Kaltluftströmung konnte der Geruch noch bis ca. 900 m vom Damm entfernt nachgewiesen werden; im weiteren Verlauf der Nacht, aber auch am Morgen, gingen die Werte merklich zurück.

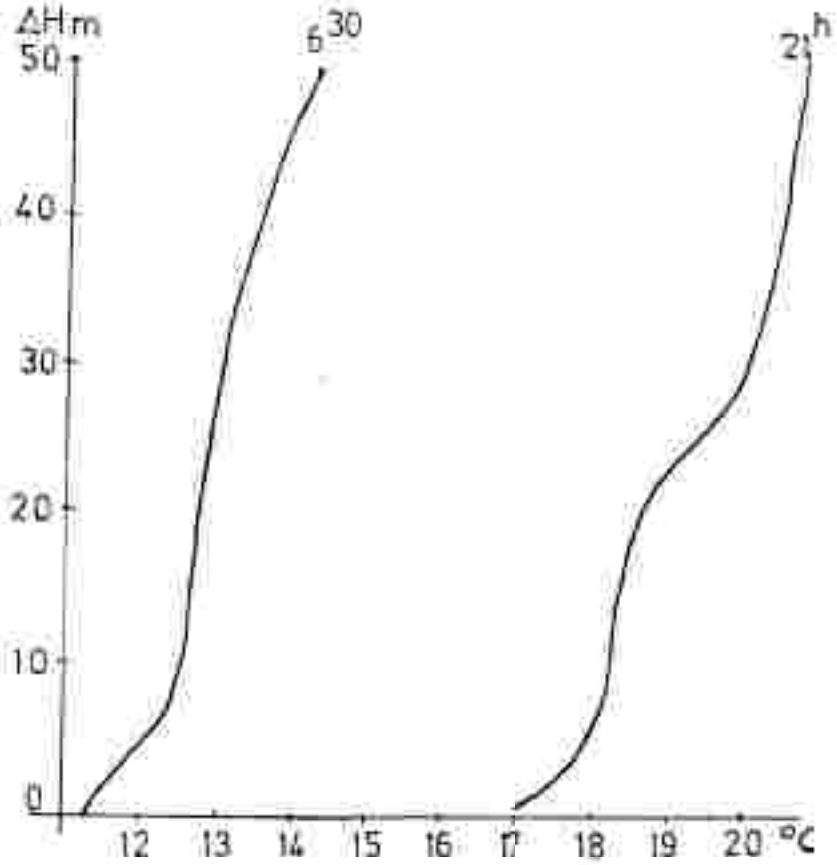


Abb. 8: Sondenaufstiege im Doblbachtal (Meßpunkt 15).

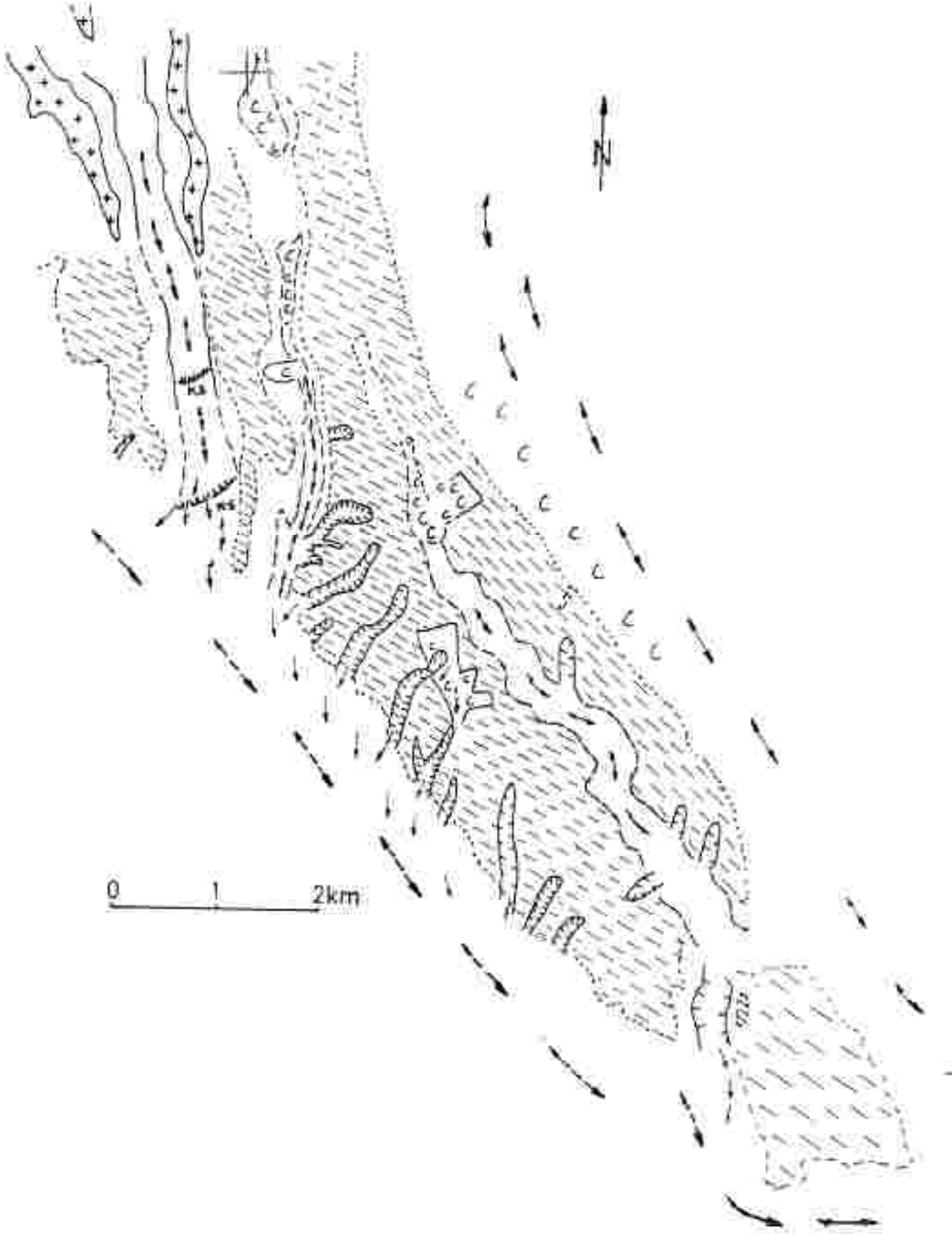
3.5 Windverhältnisse

3.5.1 Ergebnisse der Meßfahrten

In Karte 5 sind die Strömungsbeobachtungen bei den Meßpunkten dargestellt, insbesondere lokale Kaltluftabflüsse bzw. deren Stau durch Dämme oder Wald. Die am besten ventilierten Lagen trifft man im Nordwesten auf den Riedelrücken an (Raum Tobelbad). Noch relativ gute Durchlüftung (geringerer Calmenanteil als am Thalerhof) weisen die Terrassenbereiche auf, die in der Karte mit unterbrochener Schraffur gekennzeichnet sind (bezogen auf die Wipfelhöhe der Bäume). Die Lagen mit der geringsten Durchlüftung bilden Waldlichtungen oder Abschnitte auf der Kaiserwaldterrasse, die teilweise von Wald umgeben sind. Lokal dürfte der Calmenanteil über 50 % liegen (Bestandsklima der Waldlichtungen). Die dominante Zeit der Calmen betrifft außer in den Nachtstunden noch die frühen Vormittagsstunden. Einen

KARTE 5: BODENNAHE WINDVERHÄLTNISSE BEI HOCHDRUCKWETTER

tagesperiodischer Wechsel von Talauf- zu Talabwind (nachts) und umgekehrt; schraffierte Bereiche in Wipfelhöhe relativ gut ventilierte Terrassenlagen; C Abschnitte mit hoher Calmenhäufigkeit, z.B. Waldlichtungen; + gut ventilierte Rückenlagen im Nordwesten.



Sonderfall stellen die Tobel dar, die mit ihrem SW-NE-Verlauf quer zur Windrichtung tagsüber (SE) eine blockierende Wirkung ausüben (Abheben bzw. Verwirbelung der Strömung, Rotorbildungen). In den N-S-streichenden Tälern ist durch den kanalisierenden Effekt eher mit einer Erhöhung der Durchlüftung zu rechnen (z.B. Doblbachtal). Generell besteht sowohl im Grazer Feld als auch im Kainachtal ein tagesperiodischer Wechsel von Talauf- zu Talabwind; allerdings erfolgt der Wechsel nicht immer gleichzeitig. Die infolge der Verbauung im Raum Graz ausgeprägte "Wärmeinsel" bewirkt, daß vom Freiland kühlere Luft zum Zentrum einströmt (Flurwinde). Ein Teil dieser Strömungen kommt aus dem Grazer Feld: deshalb setzen sich in der Regel (besonders im Winterhalbjahr) talaufwärts gerichtete Winde im Grazer Feld früher durch als im Kainachtal (Differenzierung in der Karte 5).

3.5.2 Ergebnisse der Stationen

3.5.2.1 Die Strömungsverhältnisse 50 bis 100 m über Grund (in etwa 400 m Seehöhe, zu Karte 6)

Sowohl die Ergebnisse der Station Voitsberg/Kamin für das Kainachtal, als auch die Stationen Unterpremstätten und Kollischberg für das Murtal bestätigen übereinstimmend die Dominanz nordwestlicher Winde während der Nacht- und frühen Morgenstunden. Dies trifft besonders auf die Tage mit Hochdruckwetter zu. Im Winterhalbjahr scheinen auch häufig westliche Komponenten auf (am Kollischberg orographisch bedingt südwestliche). Sie treten vor allem dann auf, wenn im Murtal der Talabwind geringe Intensität zeigt und dann die kältere Luft des Kainachtals in das Grazer Feld einströmt, wobei angenommen werden darf, daß sich die Luft des Murtalabwindes beim Überströmen der Stadt Graz "aufheizt" bzw. sich mit Schadstoffen anreichert (speziell im Winter, Hausbrand!).

3.5.2.2 Die Windverhältnisse an der Station Kollischberg (423 m)

Aus Abb.8 ersieht man deutlich die zwei Hauptwindrichtungssektoren (WNW-NNW bzw. ESE-SSE); daneben spielen südwestliche Winde tagsüber (meist in Verbindung mit Tiefvorderseitenwetterlagen Südwestströmung) bzw. nachts (hier mehr aus WSW: durch die Ablenkung des Talabwindes

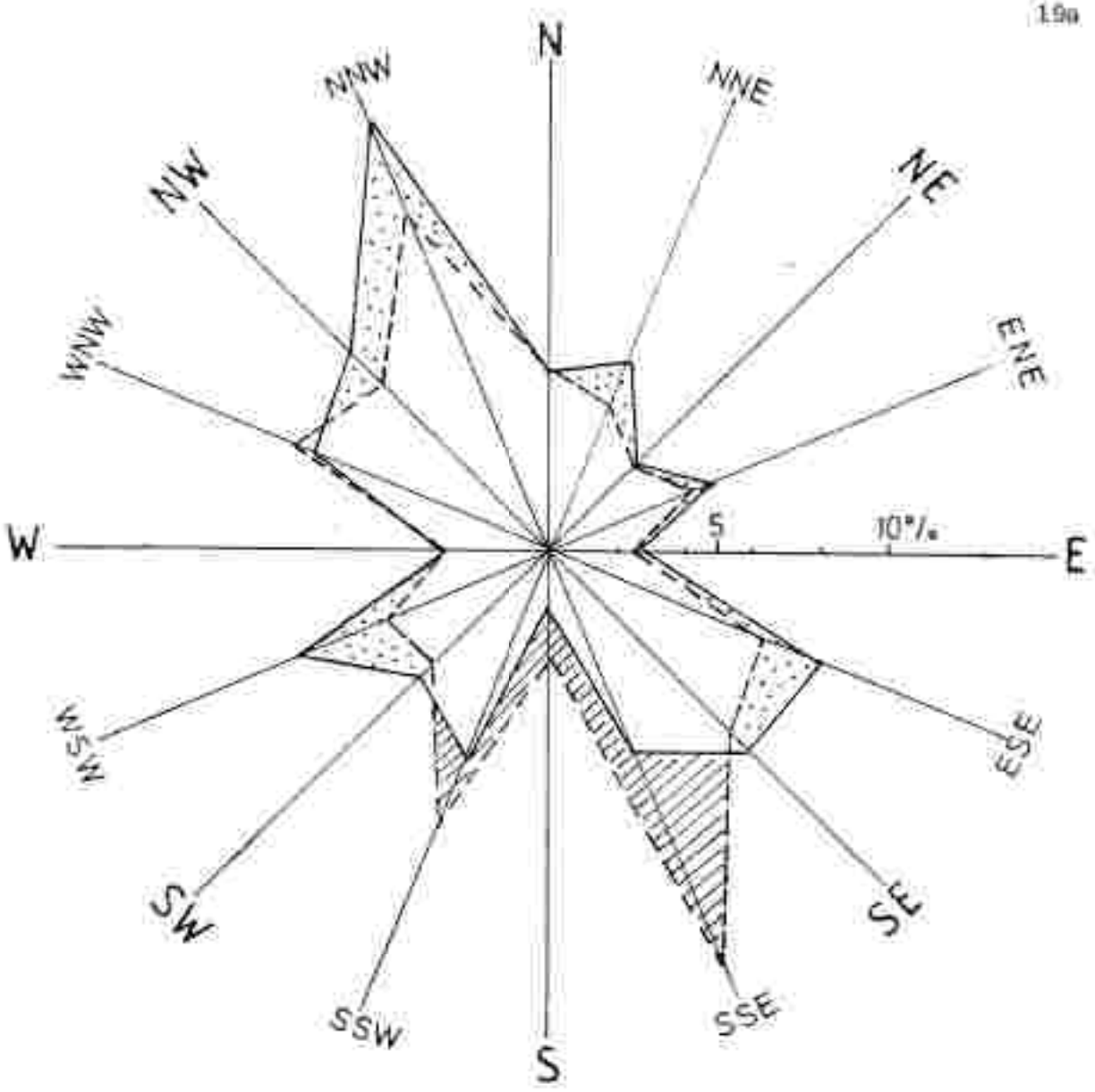


Abb. 9: Windrichtungsverteilung für die Station Kollischberg (1973-1978). strichlierte Windrose/Tag - durchgezogene für die Verhältnisse in der Nacht.

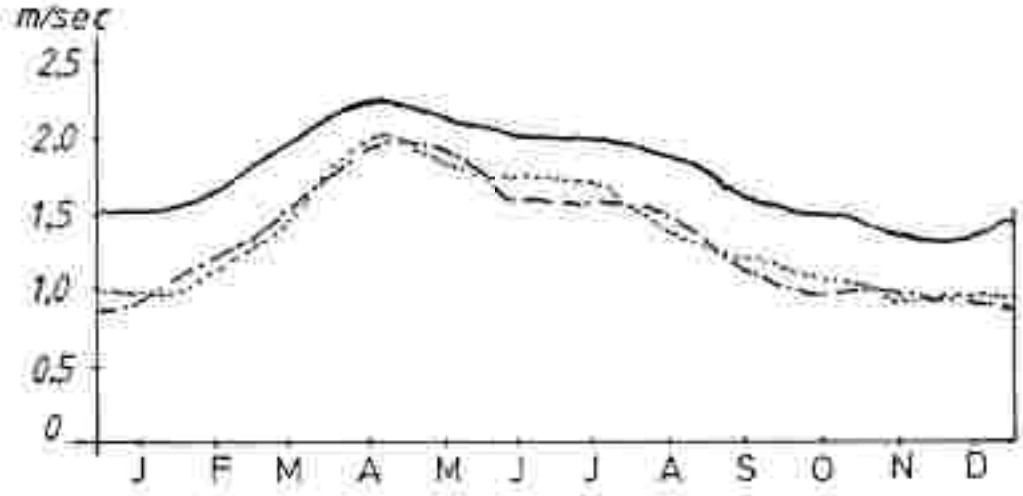


Abb. 10: Jahresgang der Windgeschwindigkeit (durchgezogene Kurve - Kollischberg; punktiert - Algersdorf (nach H. KOLB und H. MOHNL 1979); strichpunktiert - Thalerhof (nach E. WAKONIGG 1978)).

vom Kainachtal her bedingt). Winde aus dem Sektor ENE bis NNE treten bevorzugt in den Nachmittags- und Abendstunden auf. Es fällt ferner auf, daß der Gegensatz zwischen den nächtlichen Nordwestwinden und den südostlichen tagsüber bei der Gliederung zwischen Tag und Nacht nur sehr abgeschwächt zur Geltung kommt. Dies ist auf eine Verschiebung der Zeitpunkte des Windwechsels von den astronomischen Sonnen- auf- bzw. -untergängen zurückzuführen. In der Regel hält der Talabwind in der Vegetationsperiode (April bis September) noch einige Stunden nach Sonnenaufgang an, setzt mitunter aber erst ab $21/22^{h}$ ein. Somit ergibt sich eine Überlappung, die Gegensätze verwischen. Bezüglich der Windgeschwindigkeit (Jahresgang) gibt die Abb. 10 Aufschluß. Im Vergleich mit den Talstationen zeigt die Riedelstation Kollischberg etwas höhere Werte, besonders im Winter. Wegen der windoffenen Lage werden nahezu keine Calmen registriert; die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten werden im April/Mai verzeichnet. Dieses Maximum ist auf den dynamischen Witterungsverlauf - relativ rascher Luftmassenwechsel - während des Frühjahres zurückzuführen.

3.5.2.3 Meßergebnisse aus dem bisherigen Untersuchungszeitraum (Juli - September 1982)

Bei speziellen Untersuchungen haben sich Analysen des Tagesganges der Windrichtungen bewährt; an Hand der Diagramme (Abb. 11 bis 15) können Rückschlüsse auf die Talwindsysteme gezogen werden. So zeigt beispielsweise ein Vergleich der Station Unterpremstätten mit Kollischberg, daß wenigstens zeitweise eine relativ gute Übereinstimmung besteht. In den späten Nachtstunden dominieren Winde aus dem Sektor West bis Nordwest, gegen 9^{h} zeichnet sich dann eine "Umbruchphase" ab, in Unterpremstätten dreht die Strömung bereits auf Ost bis Südost, am Kollischberg erfolgt die Drehung in die Talaufwindrichtung entweder über SW (so auch am Messendorfberg) oder über Ost bis Nordost. Ab Mittag setzt sich einheitlich SE-bis Südwind durch, wobei diese Phase dem "Regionalwind" zuzuordnen ist (Strömung zum Randgebirge). Auch intensitätsmäßig läßt sich eine merkliche Steigerung gegenüber den Verhältnissen am Vormittag feststellen. Am Vormittag wird häufig noch am Thalerhof "umlaufender Wind" mit Kennzahl 99 im Flugwetterdienst gemeldet. Das beigefügte Beispiel von R. KOLB und H. MÖHNL (1979) in Abb.20a,b[4] enthält die Angaben über den Anteil dieser "umlaufenden Winde" (über 30 %).

Nächste Seite

für klimatologische Zwecke wird man jedoch immer versuchen, die registrierten Werte einer Richtung zuzuordnen (Ausnahmen bei stark abweichenden Richtungen innerhalb einer Stunde); im allgemeinen erhält man dann etwa 2-5 % richtungsuneinheitliche Winde.

Im weiteren Tagesverlauf flaut nun der zum Randgebirge hin gerichtete "Regionalwind" ab; gleichzeitig erfolgt eine Drehung auf östliche Komponenten (etwa $19-21^h$). Anschließend kann sich zusehends der Talabwind durchsetzen (im Kaiserwald aus dem Sektor West bis Nord, am Kollischberg aus Nordwest bis Nordost). Am Thalerhof hingegen greift der Talabwind schon seltener bis zur Talsohle durch, insbesondere ab ca. 4^h nimmt die Calmenwahrscheinlichkeit rasch zu. Außerdem zeigen sich bereits ab 5^h talaufwärts gerichtete Komponenten (SE bis S), die als Flurwinde in den Raum Graz zu deuten sind (bei Frühmeßfahrten auf Grund von Abgasfahnen - Mischgutanlage in der Nähe Mp. 2 - gut zu beobachten). Erst ab ca. 10^h machen die Calmen den auflebenden Süd- bis Südostwinden Platz. Gegen 18^h ist auch am Thalerhof eine Drehung auf Ost unverkennbar. Wenngleich noch bis ca. 22^h oft unterschiedliche Richtungen vorherrschen (VR, variabel). Ab diesem Zeitpunkt überwiegen dann Talabwindkomponenten aus dem Sektor West bis Nord. Die nördlichen Winde tagsüber, deren Anteil stark von der jeweiligen Monatswitterung abhängt, treten im Zuge von Gewittern (Nachmittag/Abend) bzw. an der Rückseite abziehender Kaltfronten auf, teilweise als Fallwinde ("Nordföhn").

In der Vergleichsperiode vom 10.-19. September (spätsommerliches Schönwetter) kommen die geländeklimatischen Gegensätze zwischen der Talstation Thalerhof und der Terrassenstation Unterpremstätten (am Kamin) markanter zur Geltung als im Juli 1982. Die Intensität des Talabwindes ist zu gering, um bis zur Talsohle durchzugreifen; als Folge tritt schon relativ früh am Thalerhof Talnebelbildung ein. Der Talnebel dringt dann im weiteren Verlauf bis Graz vor bzw. ein; auf die nur sehr schwachen Flurwindkomponenten spricht jedoch der Windgeber nur selten an (10-20 % SE von $5-9^h$). Am Abend beschränkt sich der Talabwind aus NE bis N auf den Zeitbereich von $19-22^h$; dann "hebt" die Strömung ab.

An der Station Unterpremstätten verdrängen mit dem Schwächerwerden des Murtalabwindes die Winde aus dem Sektor W bis NW die bis ca. 1^h noch dominierenden nördlichen Winde. Gegen 8^h scheint nun vorübergehend eine sehr ruhige Phase auf (Calmenanteil bis 40 %); erst ab

ca. 9^h setzen unter Drehung von Ost (zu Beginn) auf Süd bis Südost Talaufwinde ein; die Rückdrehung erfolgt ebenfalls wieder über Ost.

Aus den Diagrammen geht ferner hervor, daß es zu bestimmten Tageszeiten, speziell späte Nachtstunden, Morgen und Vormittag, aber auch am Abend, Windscherungen zwischen den Bedingungen an der Talsohle und den Riedeln kommen muß. In Graz selbst läßt sich dies an den unterschiedlich orientierten Abgasfahnen des Hausbrandes einerseits bzw. jenen höherer Emittenten (z.B. Fernheizkraftwerk) andererseits beobachten.

Zur Ergänzung der Diagramme seien noch die Tagesgänge der Windgeschwindigkeit hinzugefügt (Abb. 16 bis 18). Für die Talstation Thalerhof mit häufigen Calmen in der Nacht und am Morgen stellt sich ein ausgeprägter Tagesgang der Windgeschwindigkeit ein als auf den Riedeln. Tagsüber treten allgemein nur geringe Unterschiede auf, sieht man von der Station Messendorfberg im September (Abb. 17) ab, die auf Grund ihrer nicht repräsentativen Lage deutliche Abweichungen (z.T. sogar Umkehrungen) zeigt. Der Tagesgang entspricht etwa dem Typ am Schloßberg, wo in der Nacht infolge der relativ großen Intensität des Talabwindes in diesem Abschnitt höhere Windgeschwindigkeiten zu verzeichnen sind als tagsüber.

Der Tagesgang der Windgeschwindigkeit ist ferner auch noch von der jeweiligen Jahreszeit abhängig (Abb. 19). Bei großer Amplitude zwischen Minimum am Morgen und Maximum am frühen Nachmittag (bis 7 km/h, in Tallagen bis 10 km/h) zeichnen sich Frühjahr und Sommer durch gute Durchlüftung aus, während im Winter und Herbst die Amplitude 4 km/h nicht übersteigt (das Maximum am Nachmittag bleibt im Mittel unter 8 km/h). In der Nacht bleiben die jahreszeitlichen Gegensätze bescheiden.

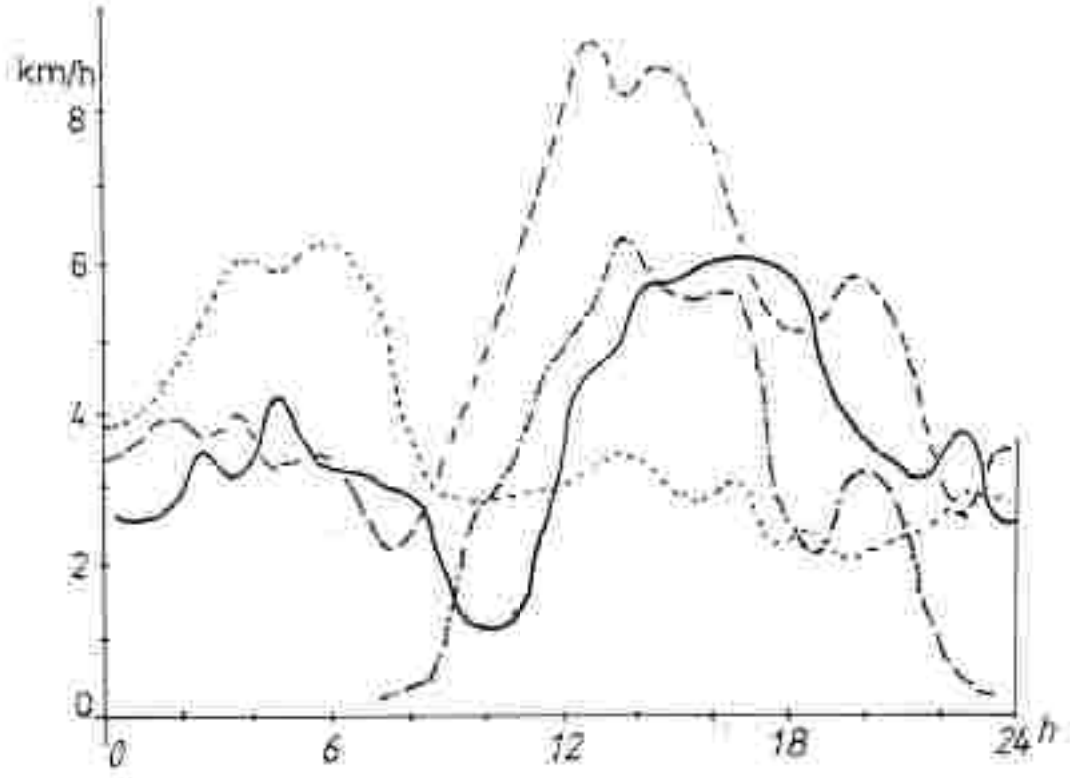


Abb. 17: Tagesgang der Windgeschwindigkeit für die Stationen Kollischberg (strichliert), Unterpremstätten (durchgezogen), Thalerhof (strichpunktiert) und Messendorfberg (punktiert) / 10.-19. Sept. 1982.

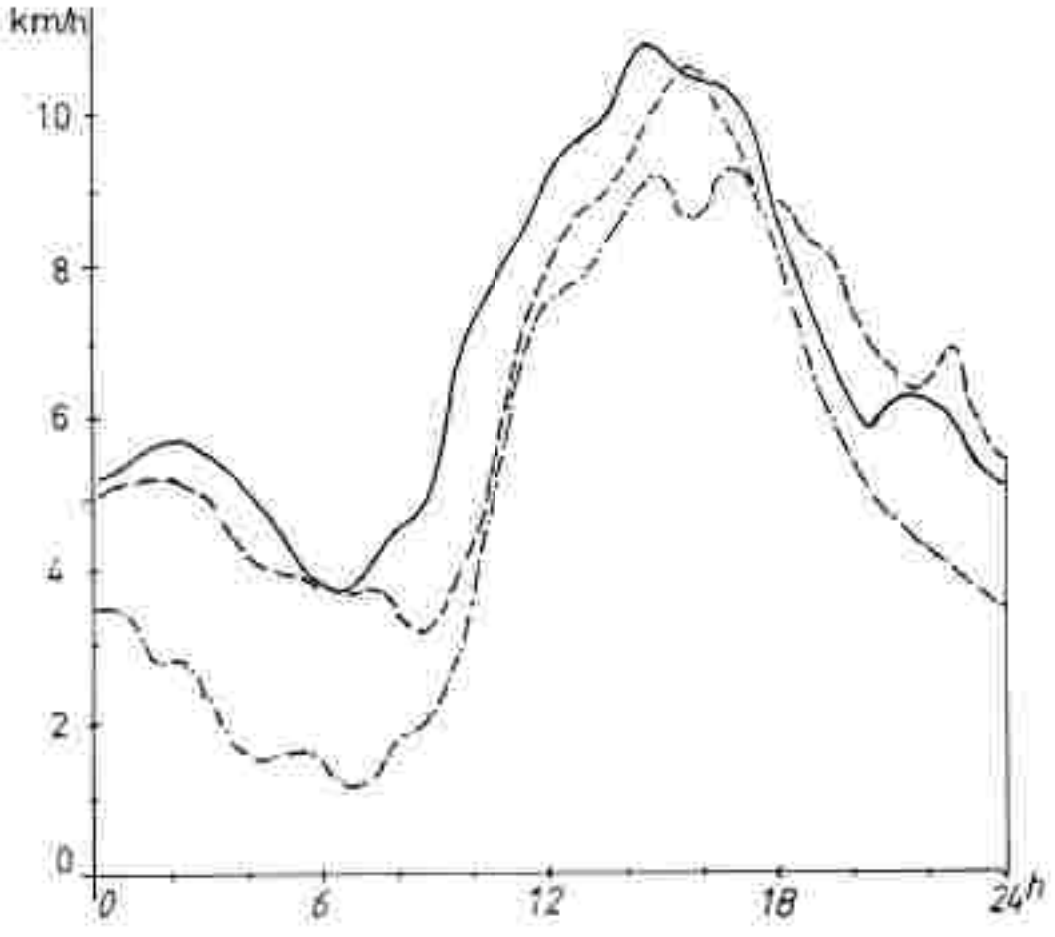


Abb. 16: Tagesgang der Windgeschwindigkeit für die Stationen Kollischberg (strichliert), Unterpremstätten (durchgezogen) und Thalerhof (strichpunktiert) / Juli 1982.

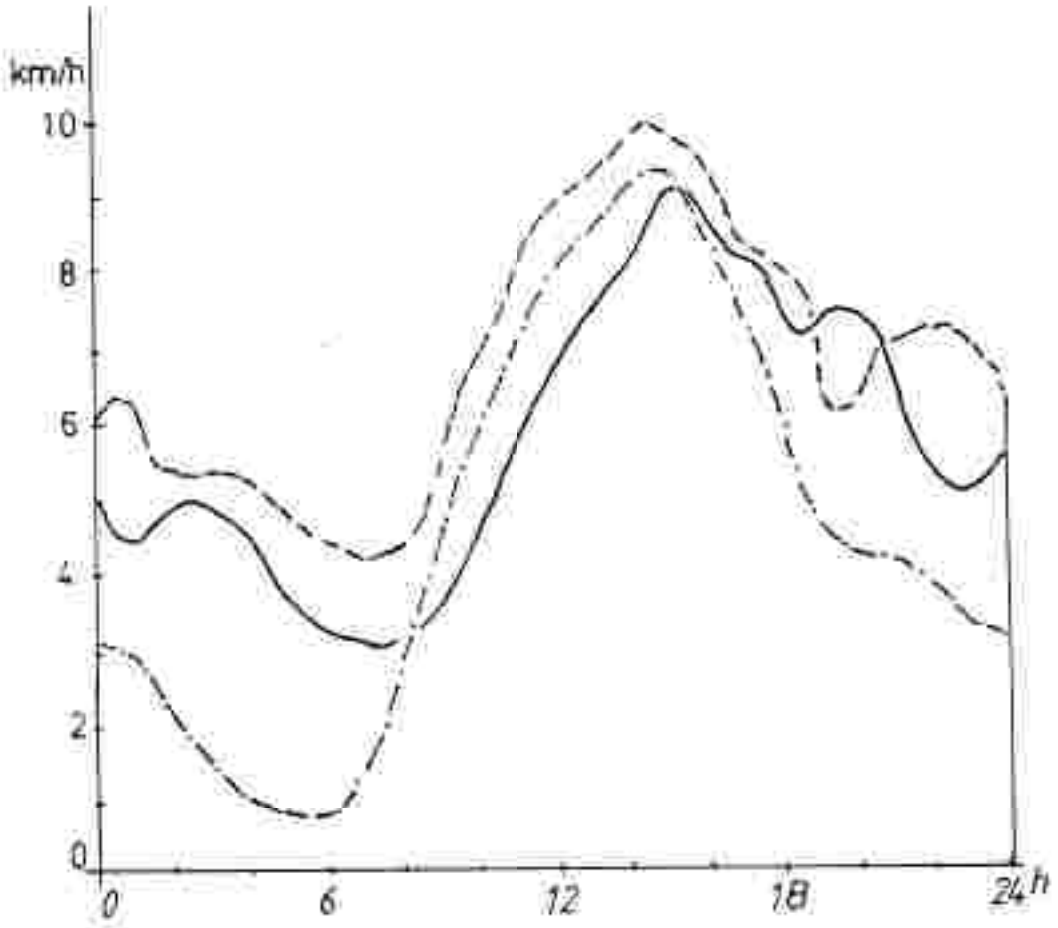


Abb. 18: Tagesgang der Windgeschwindigkeit an den Stationen Thalerhof (strichpunktiert), Kollischberg (strichliert) und Unterpremstätten (durchgezogen), August 1982; bemerkenswert ist die Verschiebung des Minimums vom Thalerhof (6^h) zu den Riedellagen (gegen 8^h) um 2^h und das annähernd gleichzeitige Maximum gegen 15^h.

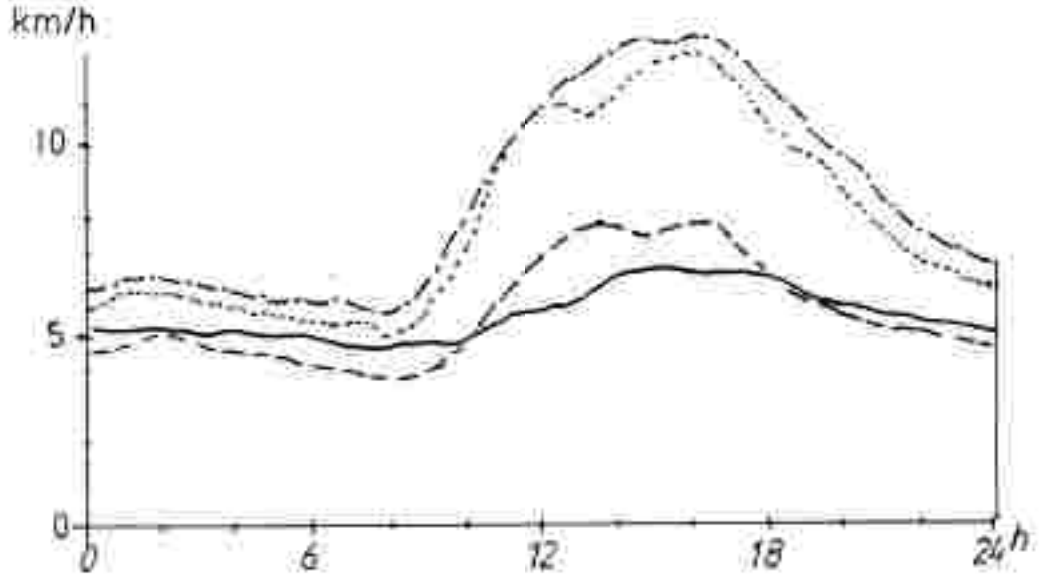
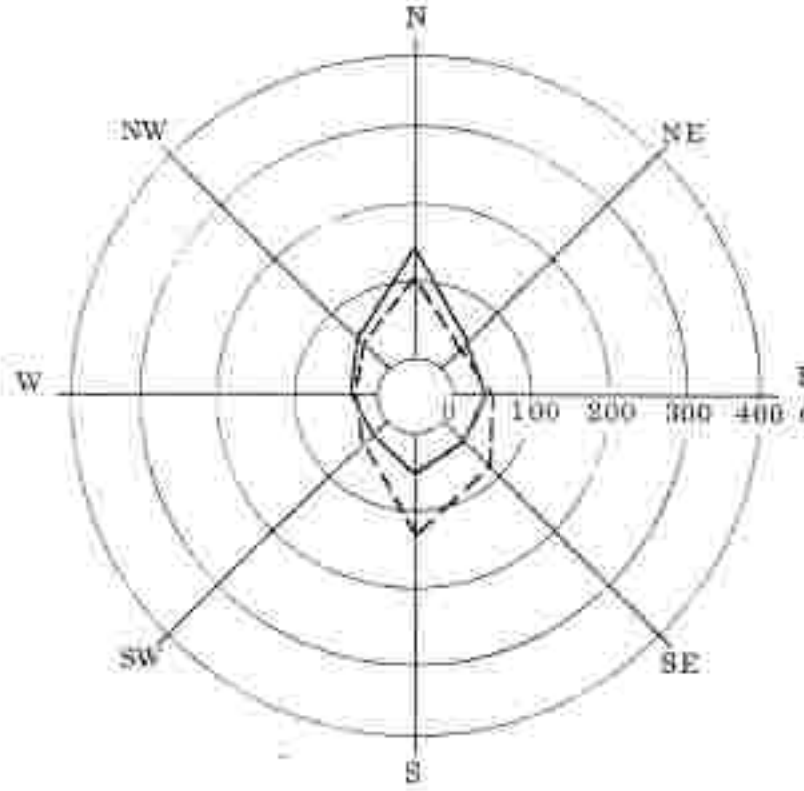


Abb. 19: Tagesgang der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Jahreszeit für die Station Kollischberg (strichliert - Herbst, durchgezogen - Winter, punktiert - Sommer, strichpunktiert - Frühjahr).

Um die Verteilung der Windrichtungen im Meßzeitraum anschaulich darzustellen, wurden für die einzelnen Stationen "Windrosen" gezeichnet (Abb. 21 bis 29). Als Grundlage standen die stündlichen Auswertungen bzw. die halbstündlichen Ausdrucke der Automatikmeßstation Unterpremstätten zur Verfügung. Zum Vergleich wurden aus H. KOLB und H. MOHNL (1979) zwei Diagramme hinzugefügt (Abb. 20), deren Grundlage auf einer anderen Auswertung beruht ("umlaufende Winde"). Auch der Calmenanteil ist auf Grund der 10-Minuten-Intervall-Auswertung höher als bei einstündiger Basis.

a)

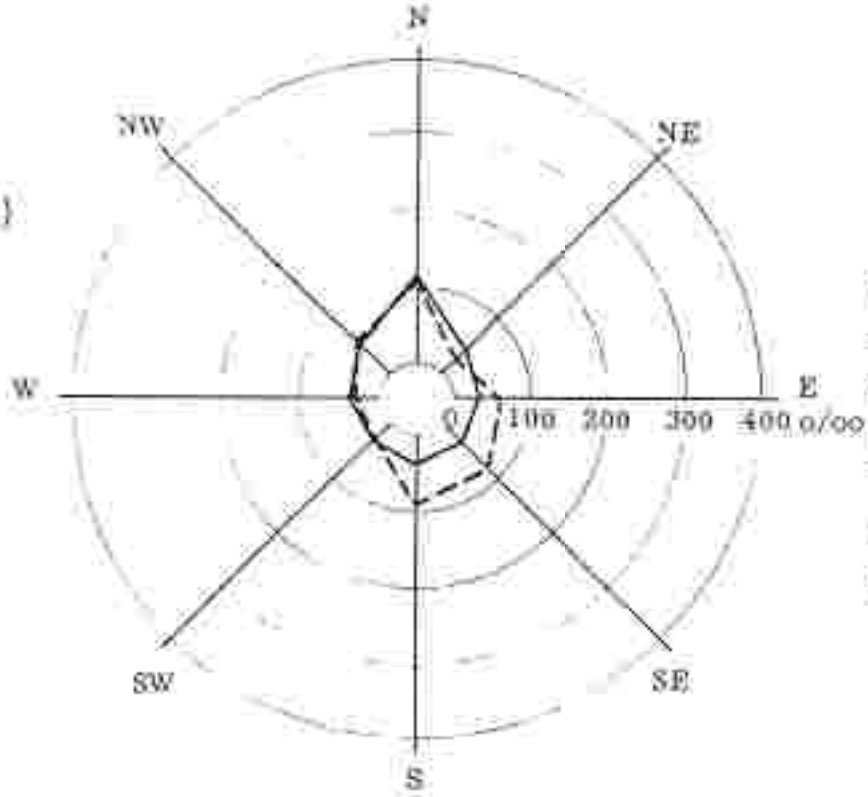


FRÜHLING

——— NACHT
(290 o/oo Calmen,
267 o/oo umlaufende Winde)

– – – – TAG
(174 o/oo Calmen,
323 o/oo umlaufende Winde)

b)



SOMMER

——— NACHT
(323 o/oo Calmen,
305 o/oo umlaufende Winde)

– – – – TAG
(170 o/oo Calmen,
353 o/oo umlaufende Winde)

ABB.20: RELATIVE HÄUFIGKEITEN DER WINDRICHTUNGEN IN GRAZ-THALERHOF (nach H.Kolb u. H.Mohnl,1979)

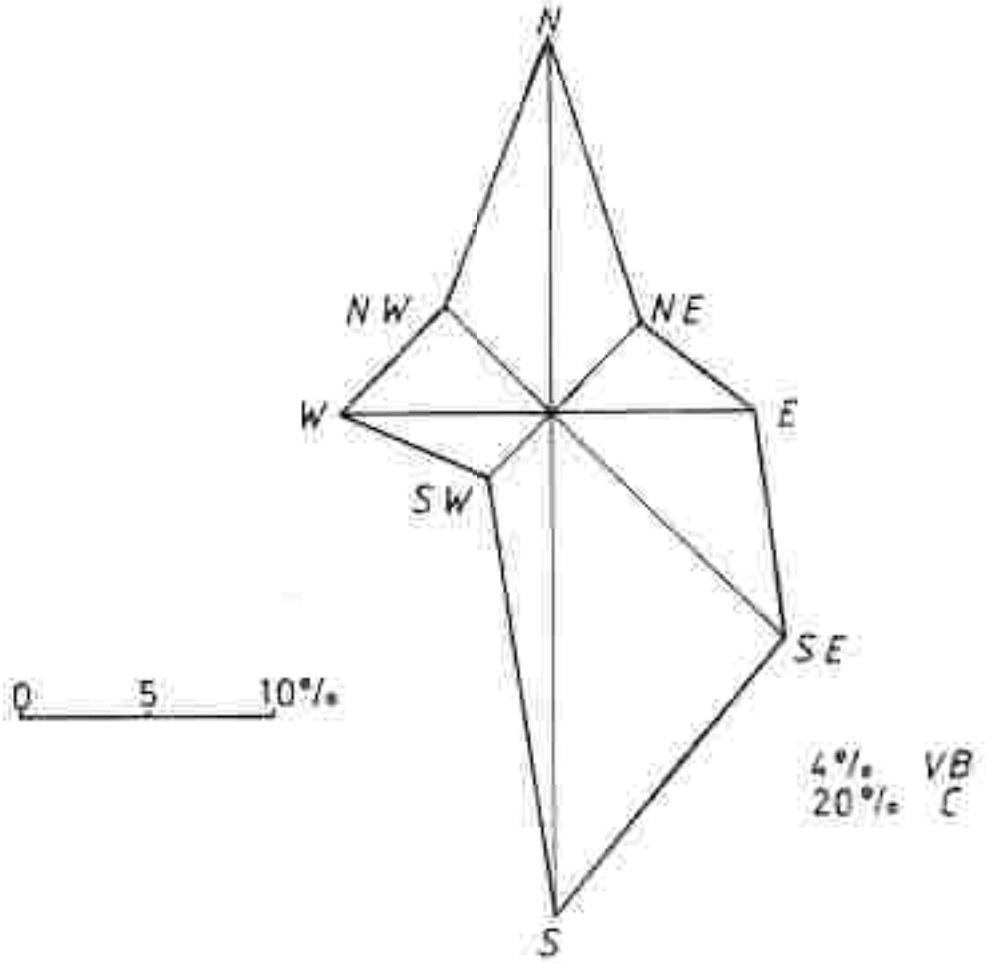


Abb. 21: Windverteilung für die Station Thalerhof / Juli 1982 (VB, variable, richtungsuneinheitliche Winde).

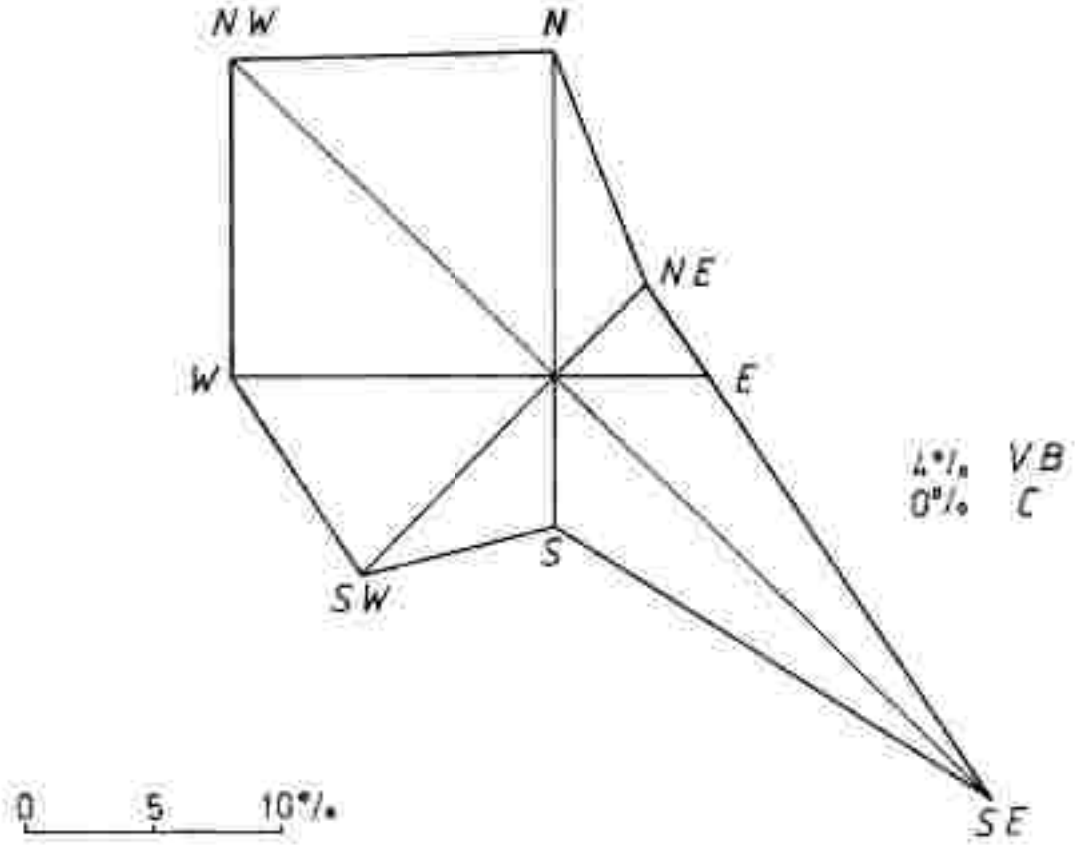


Abb. 22: Windverteilung für die Station Kolliechberg / Juli 1982: zu beachten ist der Gegensatz zum Thalerhof mit dem Überwiegen der Komponenten aus West bis Nord.

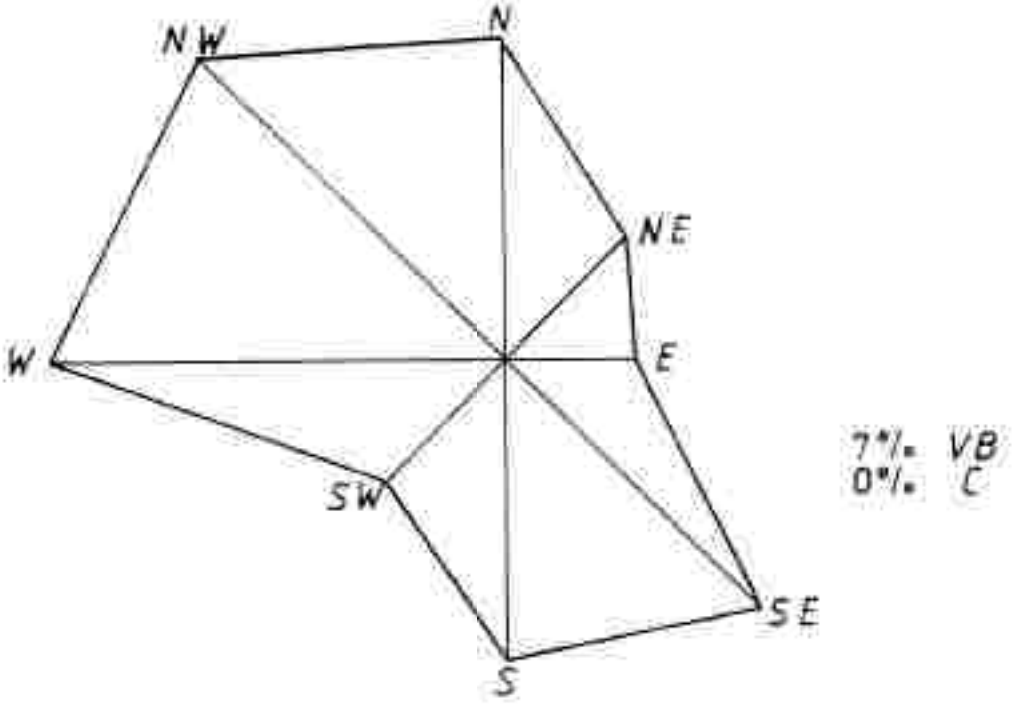


Abb. 23: Windverteilung für die Station Unterpremstätten / Juli 1982: gegenüber der Verteilung am Kollischberg ist die Talaufwindrichtung stärker aufgesplittert (S-SE).

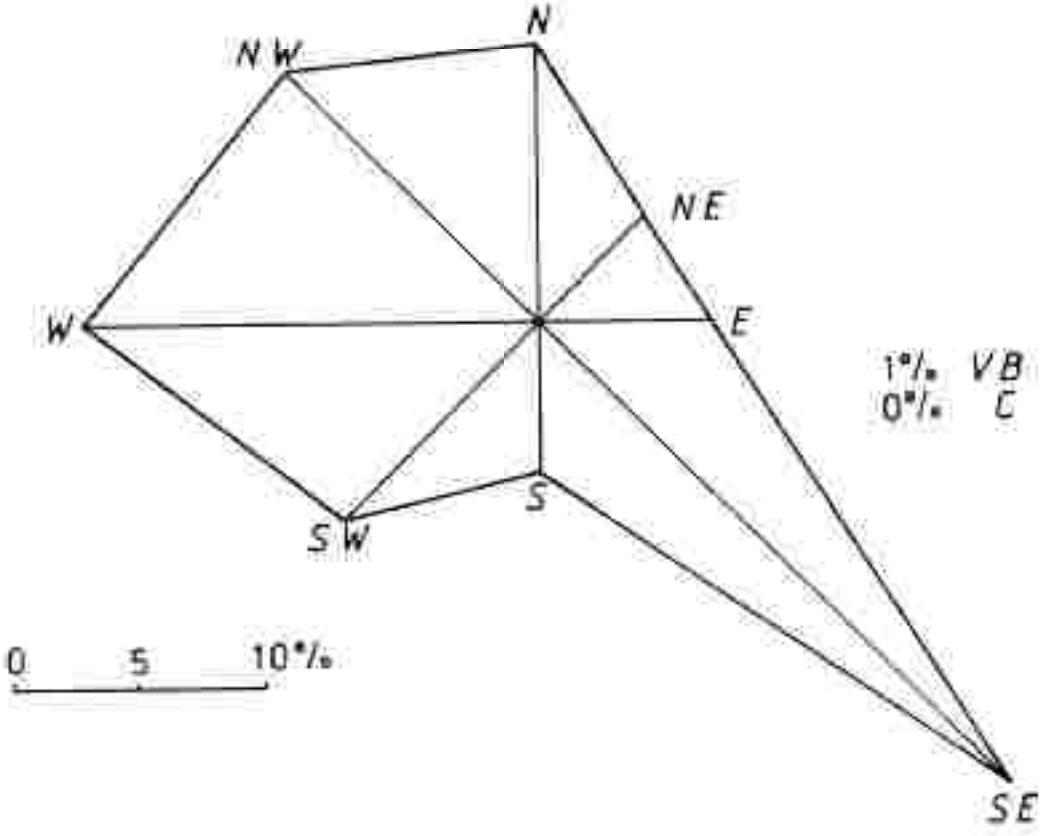


Abb. 24: Windverteilung für die Station Kollischberg / August 1982: bemerkenswert ist der hohe Anteil an westlichen Winden (Talabwindeinfluß von Kainachtal).

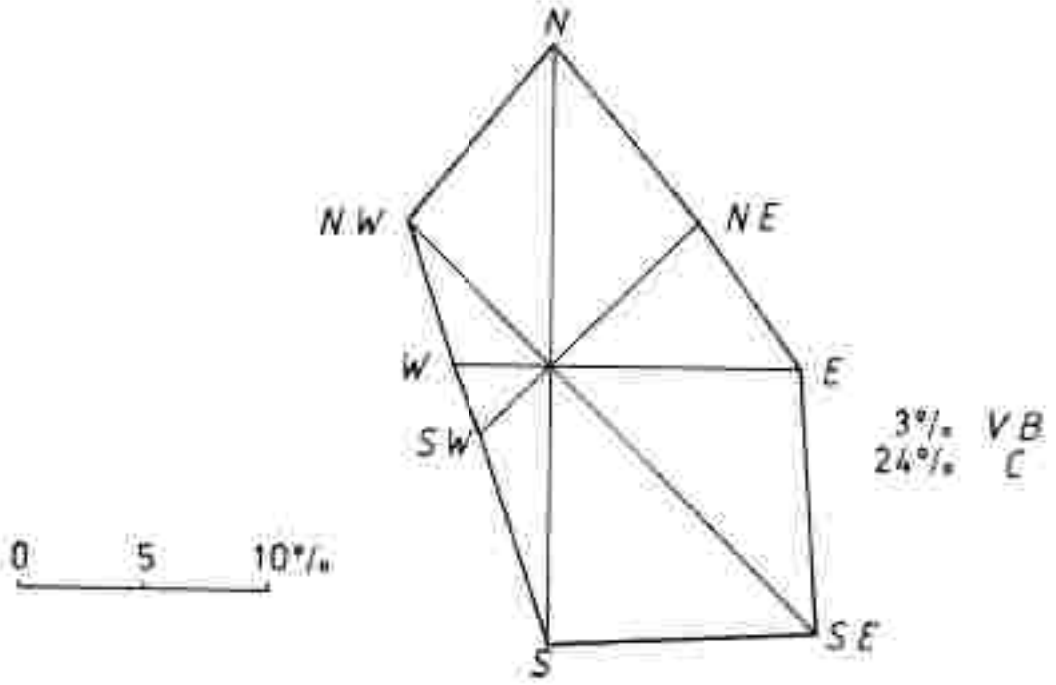


Abb. 25: Windverteilung für die Station Thalerhof / August 1982.

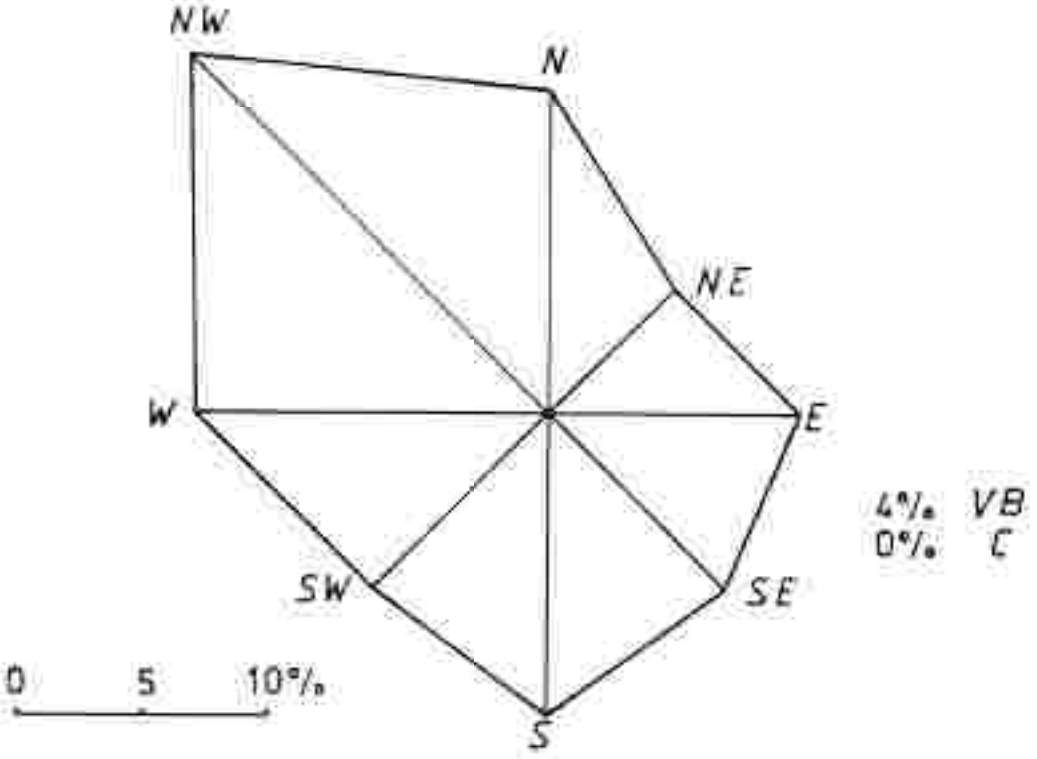


Abb. 26: Windverteilung für die Station Kollischberg / August 1982: die Talabwindkomponenten (W-N) übertreffen die Talaufwindkomponenten deutlich.

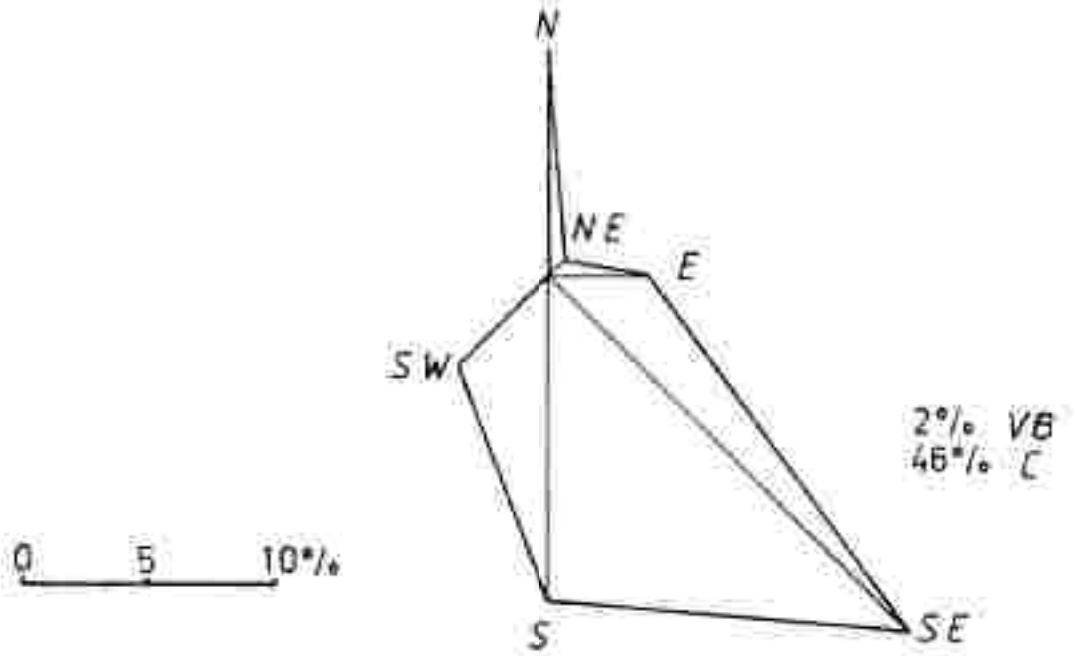


Abb. 27: Windverteilung für die Station Thalerhof / Schönwetterperiode 10.-19. Sept. 1982; bedingt durch den hohen Calmenanteil in den Nachtstunden dominieren eindeutig die Winde aus dem Südsektor.

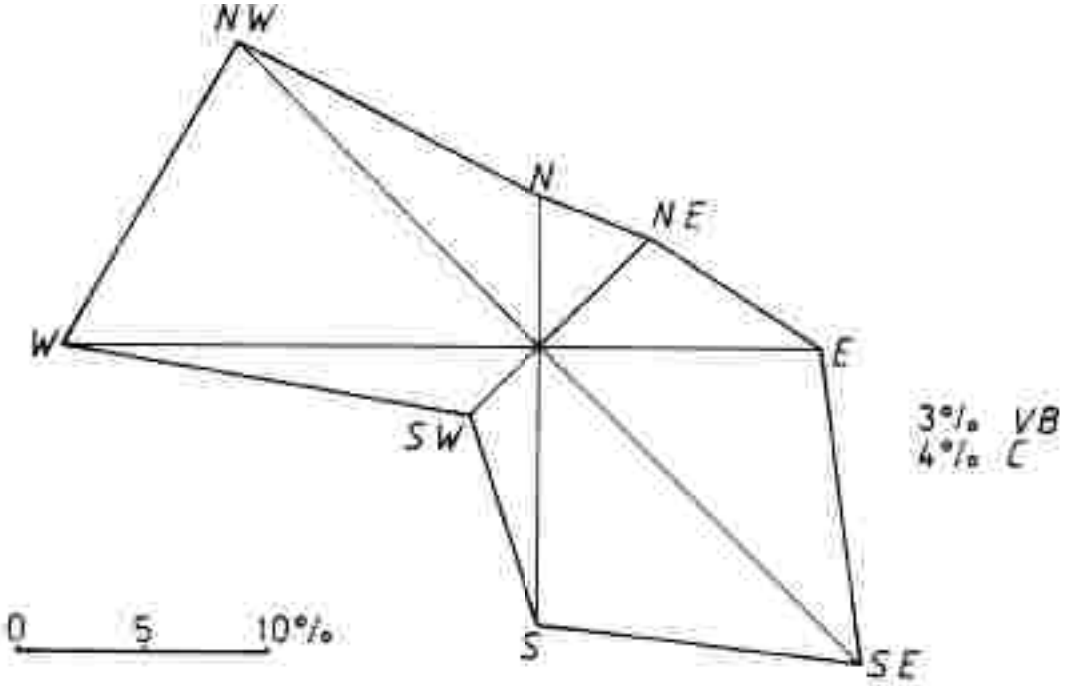
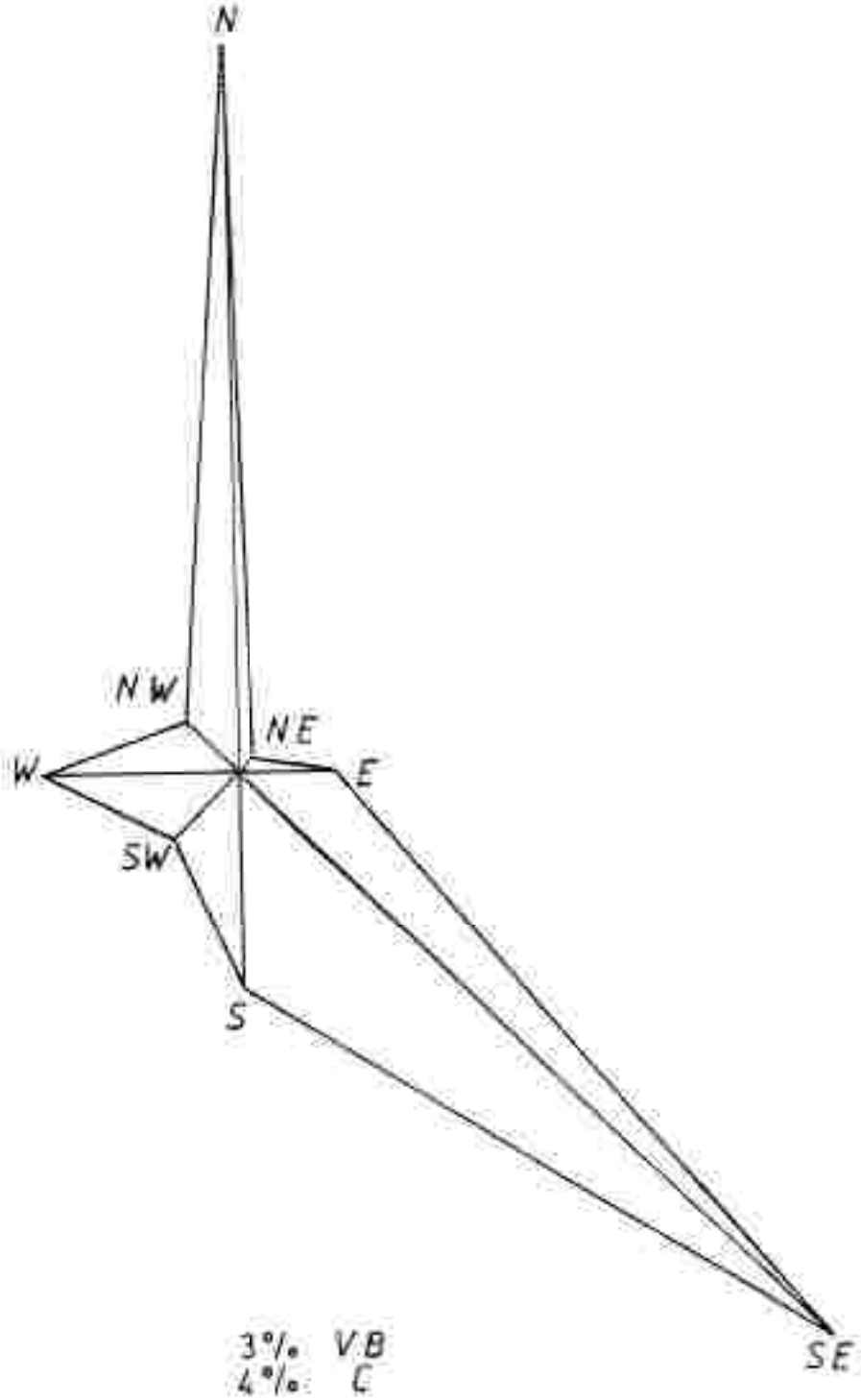


Abb. 28: Windverteilung für die Station Unterpremstätten / Schönwetterperiode 10.-19. Sept. 1982; im krassen Gegensatz zum Thalerhof überwiegen die Talabwindkomponenten (Calmenanteil gering).



0 5 10%

Abb. 29: Windverteilung für die Station Messendorfberg / Schönwetterperiode 10.-19. Sept. 1982; nächtliche nördliche Winde halten sich mit den südöstlichen Talaufwindkomponenten etwa die Waage.

3.6 Zur Frage der Ausbreitungsklassen in Kaiserwald

Zweifellos spielen die Ausbreitungsbedingungen für das Problem "Geruchsimmission" eine wesentliche Rolle. In der sogenannten Ausbreitungsrechnung werden Ausbreitungsklassen zugrundegelegt, die Ausbreitung bzw. die Transmission von gasförmigen Stoffen durch unterschiedliche Diffusion beeinflussen. Die Ausbreitungsklassen selbst - und damit die Diffusionsbedingungen - hängen in wesentlichen von der Temperaturschichtung und der Windgeschwindigkeit ab (Tab. 4).

Tab. 4 (lt. ÖNORM M 9440)

Windgeschwindigkeit [m/s] \ Temperaturgradient e/100 [°C/100 m]	bis −1,5	−1,4 bis −1,2	−1,1 bis −0,9	−0,8 bis −0,7	−0,6 bis 0,0	0,1 bis 2,0	über 2,0
unter 0,8	2	2	2	3	4	6	7
von 0,8 bis 1,9	2	2	2	3	4	6	7
von 2,0 bis 2,9	2	2	3	4	4	5	6
von 3,0 bis 3,9	2	2	3	4	4	4	5
von 4,0 bis 4,9	2	3	3	4	4	4	5
von 5,0 bis 6,9	3	3	4	4	4	4	5
von 7 und darüber	4	4	4	4	4	4	4

Bei den labilen Ausbreitungsklassen (2, 3) wird relativ viel Fremdluft infolge Turbulenzen eingemischt (rasche Diffusion), sodaß die Konzentration rasch mit zunehmender Entfernung geringer wird. Die Immissionsmaxima liegen generell nahe am Emittenten. Hingegen zeichnen sich die stabilen Ausbreitungsklassen (5, 6, 7) durch geringe Diffusion aus: die Ausbreitung etwa einer Rauchgasfahne verläuft einem "Sandwich" ähnlich. Bei relativ weit entfernten Immissionsmaxima erfolgt die Verdünnung der Konzentration nur langsam; am Boden selbst werden oft nur geringe Werte gemessen, jedoch an Hängen mit Prallhangwirkung hohe. Im Untersuchungsgebiet wurden nun im Zuge der Sondenaufstiege auch Strömungstests mit Rauchpatronen durchgeführt. Die anschaulichsten Aufnahmen entstanden während einer Meßkampagne im Raum Gnas, wo für derartige Zwecke ein geeigneter Standort gefunden werden konnte.

Abb. 30: Aufnahmestandort: östlicher Talrand/Gnasbachtal (N-S verlaufend), 21.8., 17h, bewölkt. Schichtung schwach labil: 1-2 m/sec talaufwärts; Höhe der Rauchpatrone: ca. 8 m; Höhe des Ballons zur Zeit der Aufnahme: ca. 40 m. Zu beachten sind die Rotorbildungen in der turbulenten Strömung; die Ausbreitung verläuft nach unten und oben ungehindert.

Abb. 31: Aufnahmestandort: ähnlich wie in Abb. 30; markante Rotorbildung; typisch für labile Ausbreitungsbedingungen mit geringer Windgeschwindigkeit - hohe Immissionen nahe der Emissionsstelle.

Abb. 32: Aufnahmestandort: wie in Abb. 30; 22.8., 11^{h}, wolkig Schichtung mäßig labil; Windgeschwindigkeit 4-6 m/sec talabwärts; wesentlich raschere Verdünnung als in Abb. 30 und 31.

Abb. 33: Aufnahme mit Blickrichtung SW; 22.8., 19^{45}, heiter; Schichtung stabil (Klasse 6); Windgeschwindigkeit 1-2 m/sec talabwärts; zu beachten ist die im krassen Gegensatz zu Abb. 32 stehende Ausbreitung in "Sandwichform"; Verdünnung mit zunehmender Entfernung gering; Immissionen am Boden relativ schwach. Fahne berührt nur die Oberfläche.

Abb. 34: Blickrichtung Süden: Beobachtung der Abgasfahne in Ausbreitungsrichtung: Stauwirkung am Wald (Blockierung der Strömung): Entfernung zum Waldrand ca. 700 m. (Pfeil)

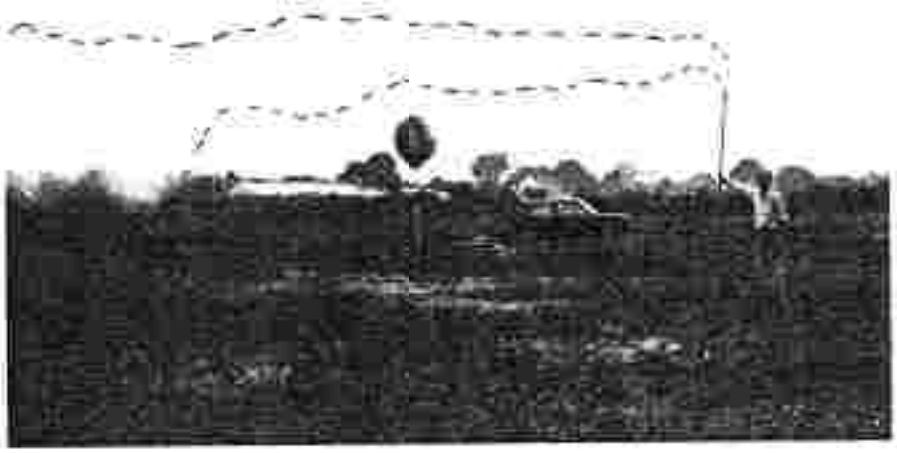


Abb. 35: Aufnahmestandort: Deponie Graz/Kögleweg: 12.8., 18h, heiter: Windgeschwindigkeit 2-3 m/sec aus Ost: Schichtung neutral: nicht so starke Turbulenzen wie bei labiler Ausprägung: Auftreffen der Fahne am Boden in ca. 50-70 m Entfernung: Höhe der Patrone 3 m über Grund: Die Deponieoberfläche zeigt bereits Grasvegetation.

Speziell für die Ausbreitungsbedingungen in der Nacht sind - in Übereinstimmung mit H.J. SENG (1979) - die Inversionsverhältnisse von großem Interesse. Auf der Basis der vom Fliegerhorst Nittner (Herr Obstl. Dr. H. HILGER) dankenswerterweise zur Verfügung gestellten Profile der Sondenaufstiege (6^{h}) wurden Höhe und Mächtigkeit der Inversionen bestimmt und in Diagrammen dargestellt (Abb. 35 bis 39).

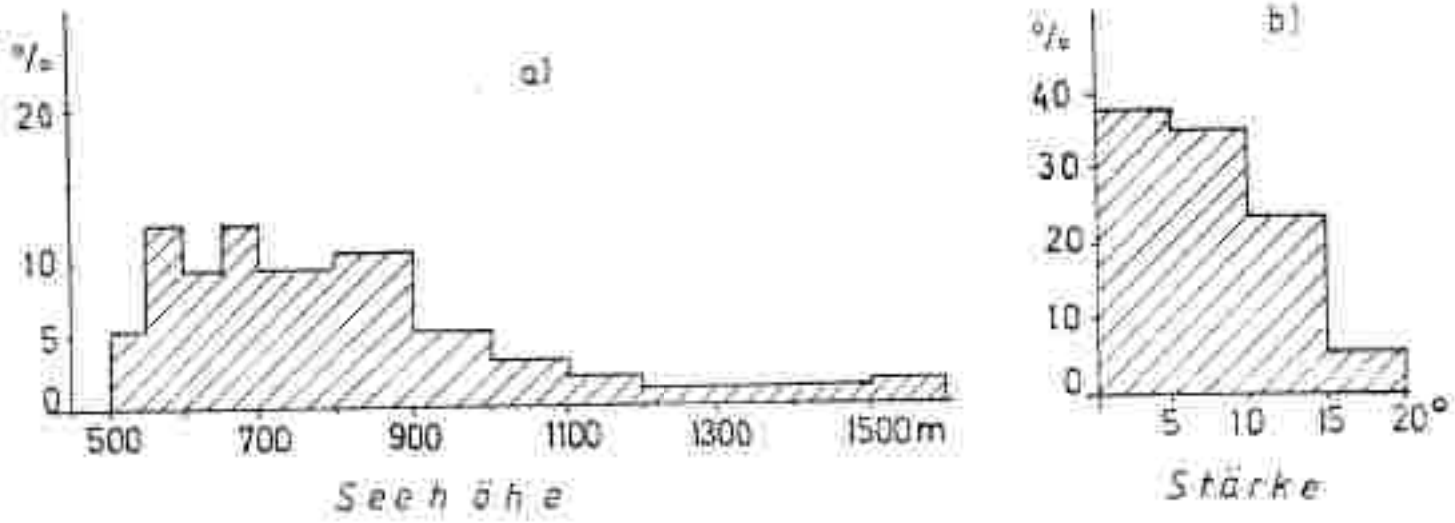


Abb. 35 a): Verteilung der Bodeninversionsgrenzen bezüglich der Seehöhe, Sept. 82. Nov. 81.

b): Verteilung der Bodeninversionsstärke, Sept. 82. Nov. 81.

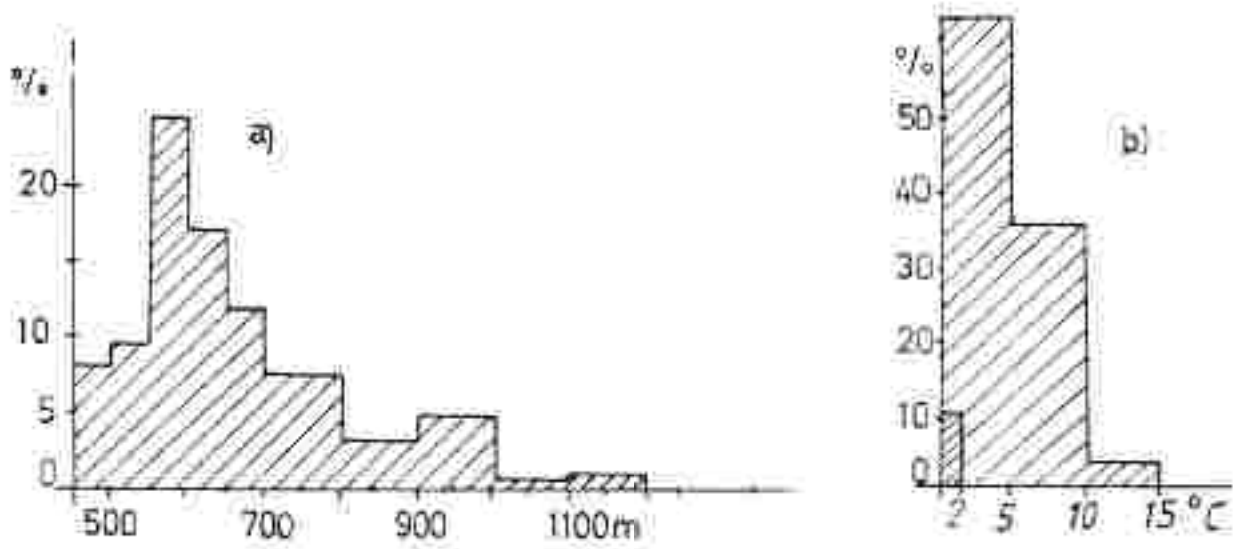


Abb. 37 a): Verteilung der Bodeninversionsgrenzen.
b): Verteilung der Stärke.

für März bis Juni 1982

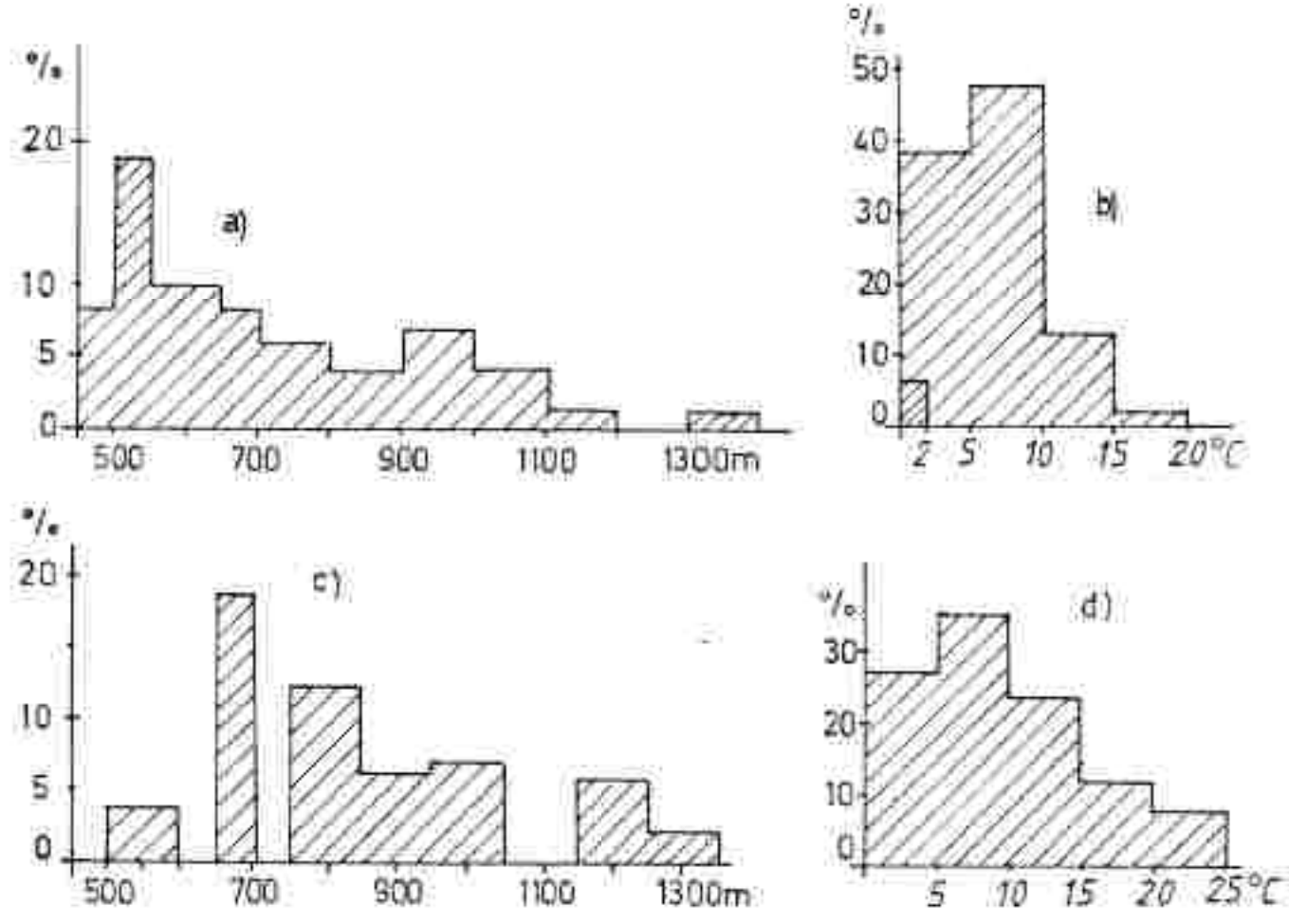


Abb. 36 a): Verteilung der Grenzen der Bodeninversionen;
b): Verteilung der Inversionsstärke der Bodeninversionen;
c): Verteilung der Untergrenzen der freien Inversionen (häufig mit Hochnebel verbunden);
d): Verteilung der Stärke der freien Inversionen;
für den Winter 1981/82.

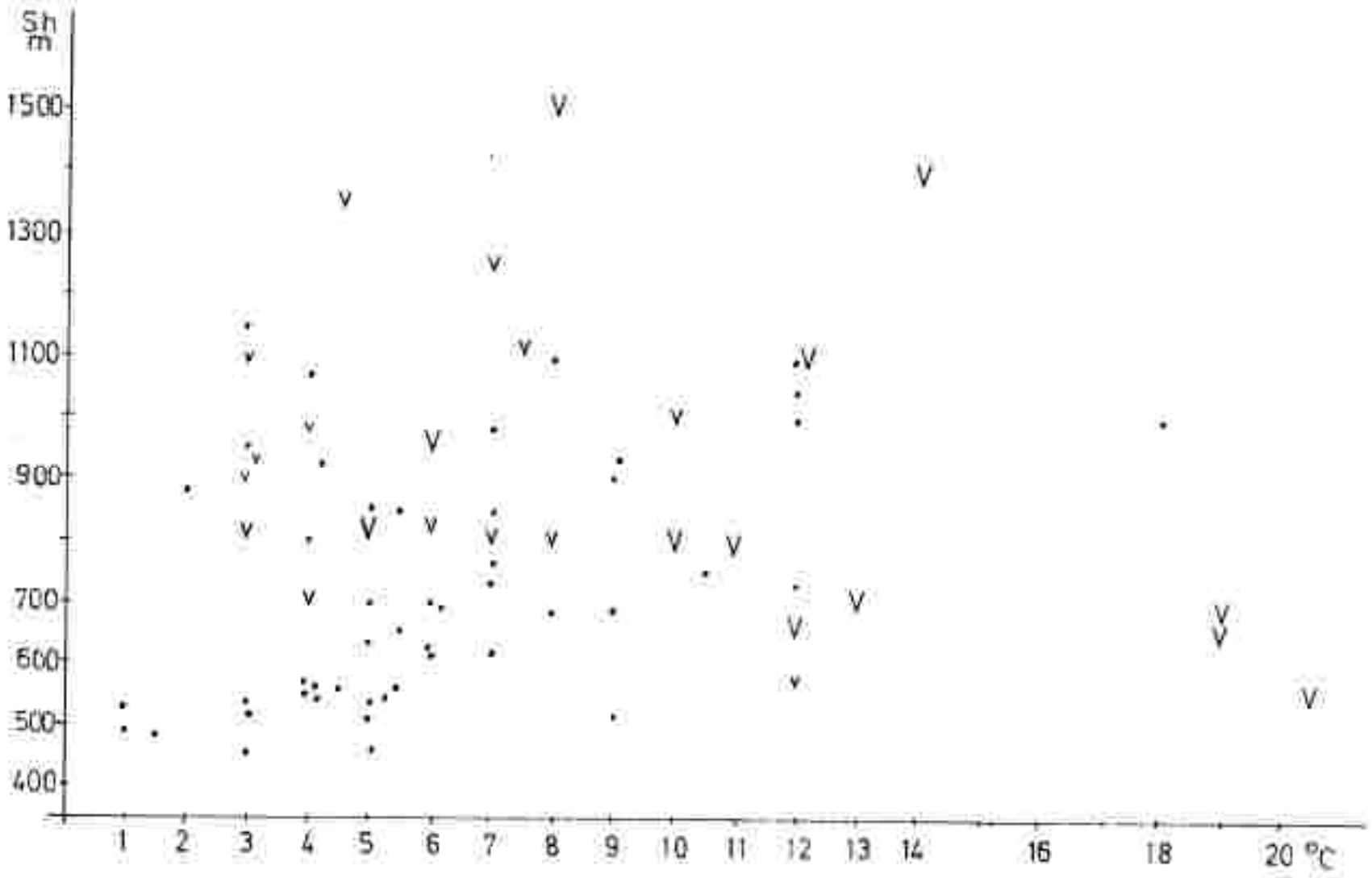


Abb. 39: Verteilung der Inversion bezüglich Höhe und Stärke (v = Untergrenze von freien Inversionen geringerer Mächtigkeit; V = Untergrenze mit einer Mächtigkeit über 500 m); Dez. 81/Febr. 82,

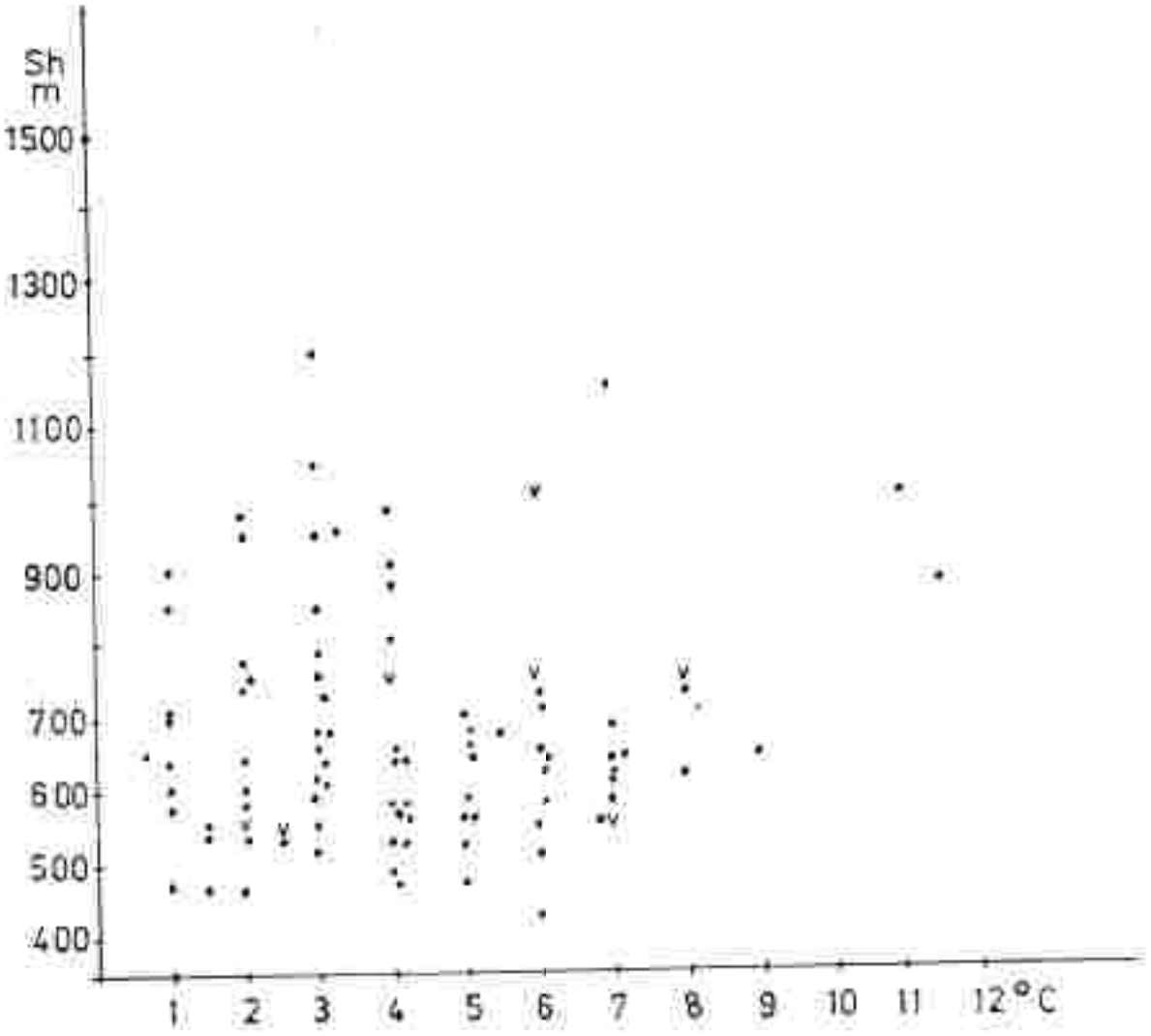


Abb. 38: Verteilung der Inversionen bezüglich Höhe und Stärke (v = Untergrenze von freien Inversionen), März-Juni 1982.

Ergänzung zu den Abb. 35 bis 39:

Tab. 5: Tage mit bzw. ohne Inversion zum 7^h-Termin.

	Sept.81/Nov.82	Dez.81-Febr.82	März 82/Juni 82
mit	88 %	83 %	80 %
ohne	12 %	17 %	20 %

Diese Angaben bzw. die Diagramme bestätigen die relativ hohe Inversionsbereitschaft, bedingt durch die Lage südlich des Alpenhauptkammes bzw. die flache Beckenlage des Grazer Feldes. Sie bestätigen aber auch die Messungen mit der Fesselballonsonde, generell muß demnach in 70-80 % der Nächte mit stabilen Ausbreitungsbedingungen gerechnet werden. Für Graz selbst (Algersdorf) wurde von H. MURL und R. KOLB (1979) die Verteilung der Ausbreitungsklassen bestimmt. Bei einer Übertragung auf den Kaiserwald muß unter Berücksichtigung der Sondenaufstiege und der nur mäßigen nächtlichen Windgeschwindigkeiten eine Verschiebung zu den stabileren Klassen hin eintreten. Für den Kaiserwald könnte daher unter Einbeziehung der für die Ausbreitung in Frage kommenden Schichtmächtigkeit von ca. 50 m die Verteilung wie folgt aussehen (Abb. 40).

Tagsüber dürften die Differenzen relativ gering bleiben. Im allgemeinen darf bei der Bestimmung der Ausbreitungsklassen nicht übersehen werden, daß etwa durch unterschiedliche Vegetationshöhen (Wald) und Geländeausformungen die Ausbreitung von Gerüchen noch zusätzlich stark modifiziert und daher nicht exakt vorherbestimmt werden kann. Bisherige Meßergebnisse (Geruchstests von mehreren Personen) in der Umgebung von Massentierhaltungen zeigten, daß generell tagsüber bei neutraler bis labiler Schichtung mit geringerer Geruchseinwirkung (Geruchsschwelle näher am Emittenten) als nachts bei stabiler Schichtung gerechnet werden muß. Andererseits können bei Inversion Geruchsschwaden lange mit der Strömung mitgeführt werden, ohne am Erdboden aufzutreffen bzw. nur geringe Immissionen bewirken (Berührung, aber nicht als Auftreffen der Fahne am Boden - Abb. 33). Nur im Falle eines direkten Aufprallens der Geruchsschwaden, z.B. an einem Hang, ist in der Nacht bei stabiler Schichtung mit höherer Geruchseinwirkung zu rechnen.

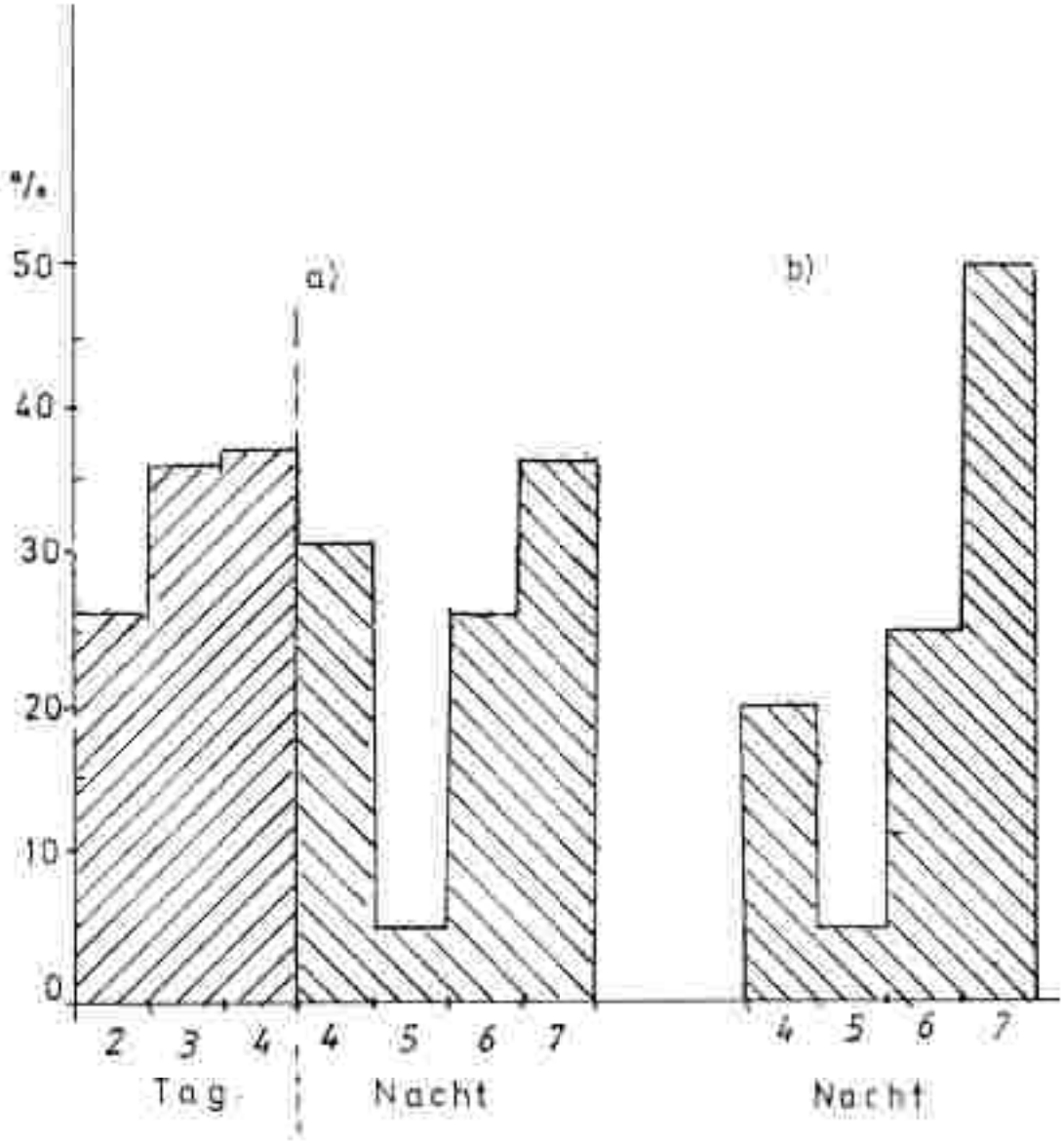


Abb. 40 a): Verteilung der Ausbreitungsklassen für Algersdorf (nach H. KOLB und H. MOHNL 1979):

b): Verteilung der nächtlichen Ausbreitungsklassen für die Kaiserwaldterrasse (Schätzung, Erläuterung im Text).

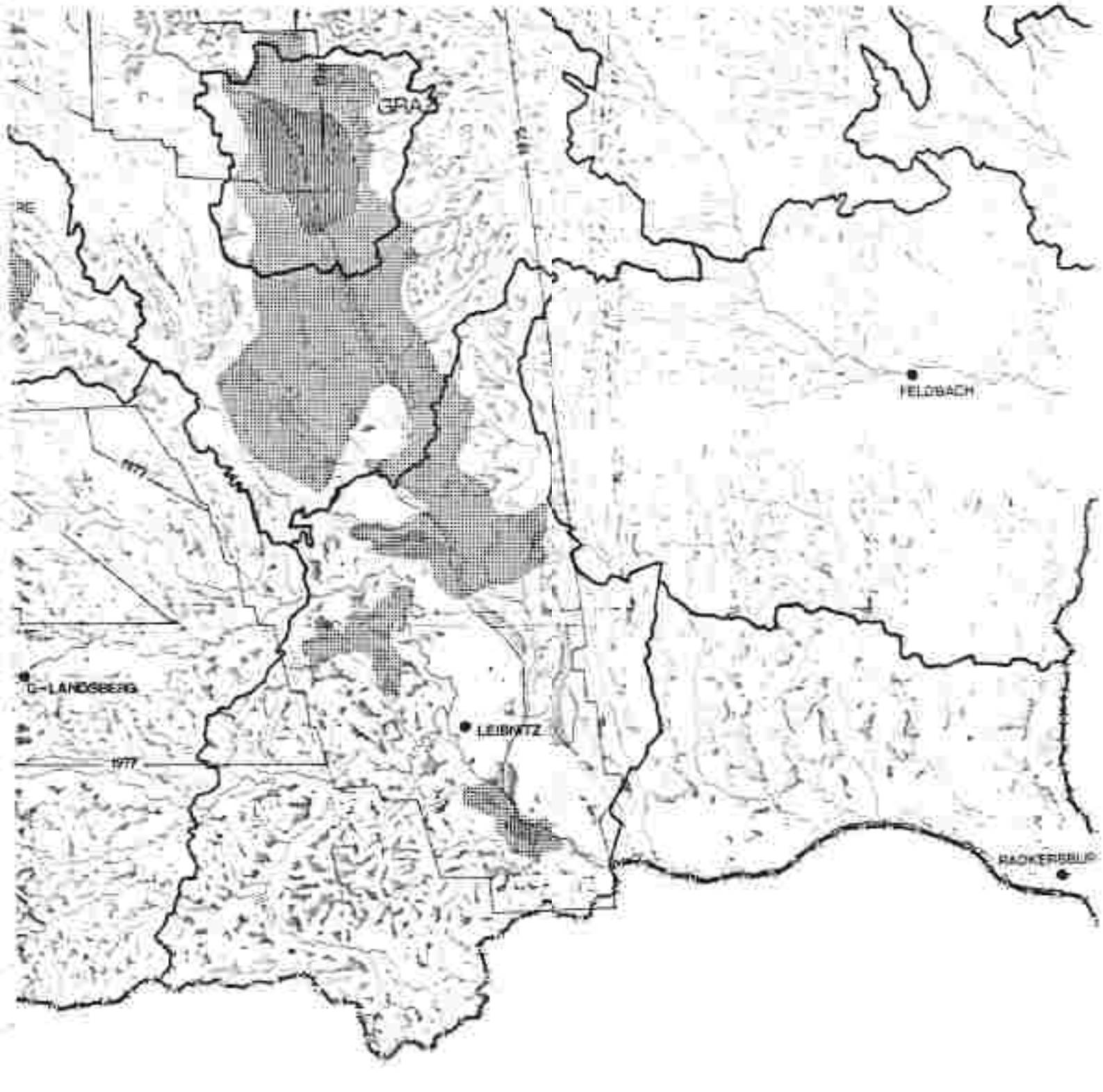
3.7 Bemerkungen zur bestehenden Immissionssituation des Kaiserwaldes

Auf Grund einer Infrarotaufnahme (Überfliegung 1977) von der Fachabteilung für das Forstwesen liegt nahezu der gesamte Kaiserwald in der Zone 2 (Karte 7). Er ist somit höher belastet als etwa die Talsohle des Kainachtales und Teile des Grazer Feldes. Ein Einfluß von Graz ist als sicher anzunehmen, wobei bei Talabwindströmung besonders am Abend und in den frühen Nachtstunden aus dem Raum Graz belastete Luft den Kaiserwald beaufschlagt. Im Grazer Feld kommt es dabei zu einem Aufgleiten der wärmeren, belasteten Luft über der kälteren am Boden. Dabei dürfte die wenig belastete Kaltluft aus dem Kainachtal von Süden her in das Grazer Feld eindringen (in Bodennähe). Hinweise aus der Infrarotüberfliegung bestätigen diese Annahme. Hinsichtlich der Staubbelastung fehlen ausreichende Unterlagen.

KARTE 7 IMMISSIONSZONEN (AUSSCHNITT AUS DER KARTE "IMMISSIONSSCHADENSGEBIETE DER STEIERMARK")

GRUNDLAGE: ÜBERFLIEGENS MIT INFRAROTAUFNAHMEN - DARAUS FESTSTELLUNG DES VITALITÄTSGRADES DER FICHTEN

Erläuterung der Zonen: Punktraster - Zone 2 mit dem Kaiserwald(K), dichter Punktraster - Zone 3 mit dem Raum Graz und Teilen des Wildoner Berges: bemerkenswert ist Besserung der Verhältnisse im Südabschnitt des Grazer Feldes - vom Kainachtal nach NE reichende Zone 1 (Pfeil)



4. Abschließende Beurteilung der Standorte (1,2,3:vgl. Beilage/Transparentfolie im Maßstab 1:50.000)

Aufgrund der klimatischen Bedingungen läßt sich nun eine Eignung der Standorte für eine Mülldeponie folgendermaßen durchführen.Als ungünstigste Situation wäre eine Lage in einem Seitental,etwa dem Doblbach- oder dem Gepringbachtal , anzusehen,da die Geruchsstoffe mit der Kaltluftströmung relativ weit transportiert werden können (Beispiel im Gnasbachtal Abb.33,Seite 33).In diesem Falle wäre eine Eignung als Mülldeponiestandort aus klimatischer Sicht nicht auszusprechen. Speziell im Kaiserwald liegen nun alle drei zur Diskussion stehender Standorte auf der Terrasse, womit quasi eine Grundvoraussetzung erfüllt ist. Nun bleibt noch die Möglichkeit einer Beeinflussu in den beiden Hauptwindrichtungen in Abhängigkeit von der Entfernunger zu den nächstgelegenen Siedlungen abzuklären. Hier zeigt sich nun die klimatische Gunst des Standortes 3 (Forstriegel) :in beiden Hauptwindrichtungen sind die nächsten Siedlungen mindestens 800m. in der häufigeren nächtlichen Ausbreitungsrichtung (West- Nordkompo - nente) mit stabiler Schichtung sogar über 1000m. Hinzu kommt ,bezogen auf die nächtlichen Ausbreitungsklassen (hoher Anteil der stabilen und sehr stabilen Klasse 6 und 7), die wichtige Tatsache der Geländeüberhöhung gegenüber dem Grazer Feld : die Terrasse fällt relativ steil mit einer Differenz von 20 bis 25m ab.Dadurch ist bei Inversion (Klassen 6,7) kaum mit einem Auftreffen der Fahne am Boden zu rechnen Aufgleiten der wärmeren Luft über der kälteren im Grazer Feld.vgl. Karte 4 Kaltluftverteilung).Bei neutraler Schichtung (Klasse 4)ist wieder - bei nun wesentlich günstigeren Diffusionsbedingen - genügend Luftvolumen zur Verdünnung der Geruchstoffe gegeben. In Talaufwind - richtung (nach NW) schließt ein Wald auf eine Länge von ca 700m den Standort ab. Nach den Ergebnissen der Meßfahrten in Halbenrain (Umgebung der Mülldeponie: Geruchschwelle im Wald bei ungünstigen Bedingungen etwa 400m vom Emittenten entfernt) kann eine Beeinflussung in diese Richtung ausgeschlossen werden.

Bei Standort 2 befindet sich die Kaiserwaldsiedlung im direkten Einflußbereich der häufigeren West-bis Nordkomponente .Da ein Teil der auf der Terrasse gebildeten Kaltluft längs der Straße Richtung SW

(Dietersdorf) abfliest und damit von oben bzw. von der Seite die Lufterneuerung erfolgt, kann die Fahne im Gegensatz zum Standort 3 auch bei stabilen Bedingungen schon früher den Boden erreichen und damit zur Geruchsbeeinflussung beitragen.

Bei Standort 1 (Waldhof) kann eine Einbindung der Geruchsfahne (im Normalbetrieb nicht !) in die Talabwindströmung des Dobibachtales nicht ausgeschlossen werden (Messung der Kaltluftstromung an MP 15). In Talaufwindrichtung ist die Nähe der Johannissiedlung zu beachten, wenngleich die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung - auch unter extremen Bedingungen - relativ gering ist.

Zusammenfassend ergeben sich demnach für den Standort 3 (Forstriegel) die besten klimatischen Voraussetzungen für eine Mülldeponie, wobei bisherige Erfahrungen gezeigt haben, daß bei ordnungsgemäßer Führung einer Mülldeponie nach dem Stand der Technik (Geruchs - entsorgung, Deponiegasverbrennung mit eventueller Energieverwertung) die Geruchsbelästigung sich in engen Grenzen hält. Auf Grund der modernen Maschinen zur Verdichtung des Mülls und der relativ geringen Wahrscheinlichkeit hoher Windgeschwindigkeiten ist das Kriterium " Papierflug" günstig zu beurteilen.

Abb. 11

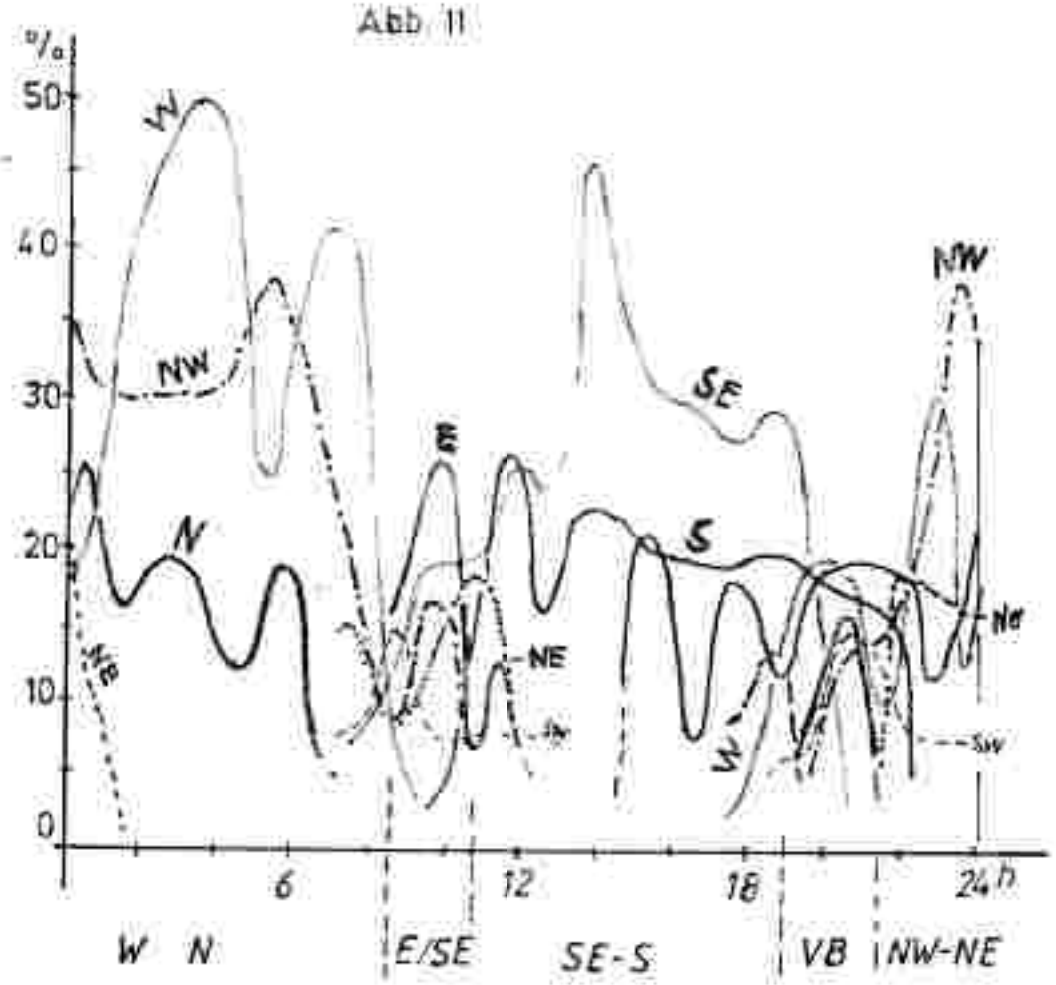

%
50
40
30
20
10
0
W
NW
N
NE
E
SE
S
SW
6
12
18
24 h
W N
E/SE
SE-S
VB
NW-NE

Abb. 12

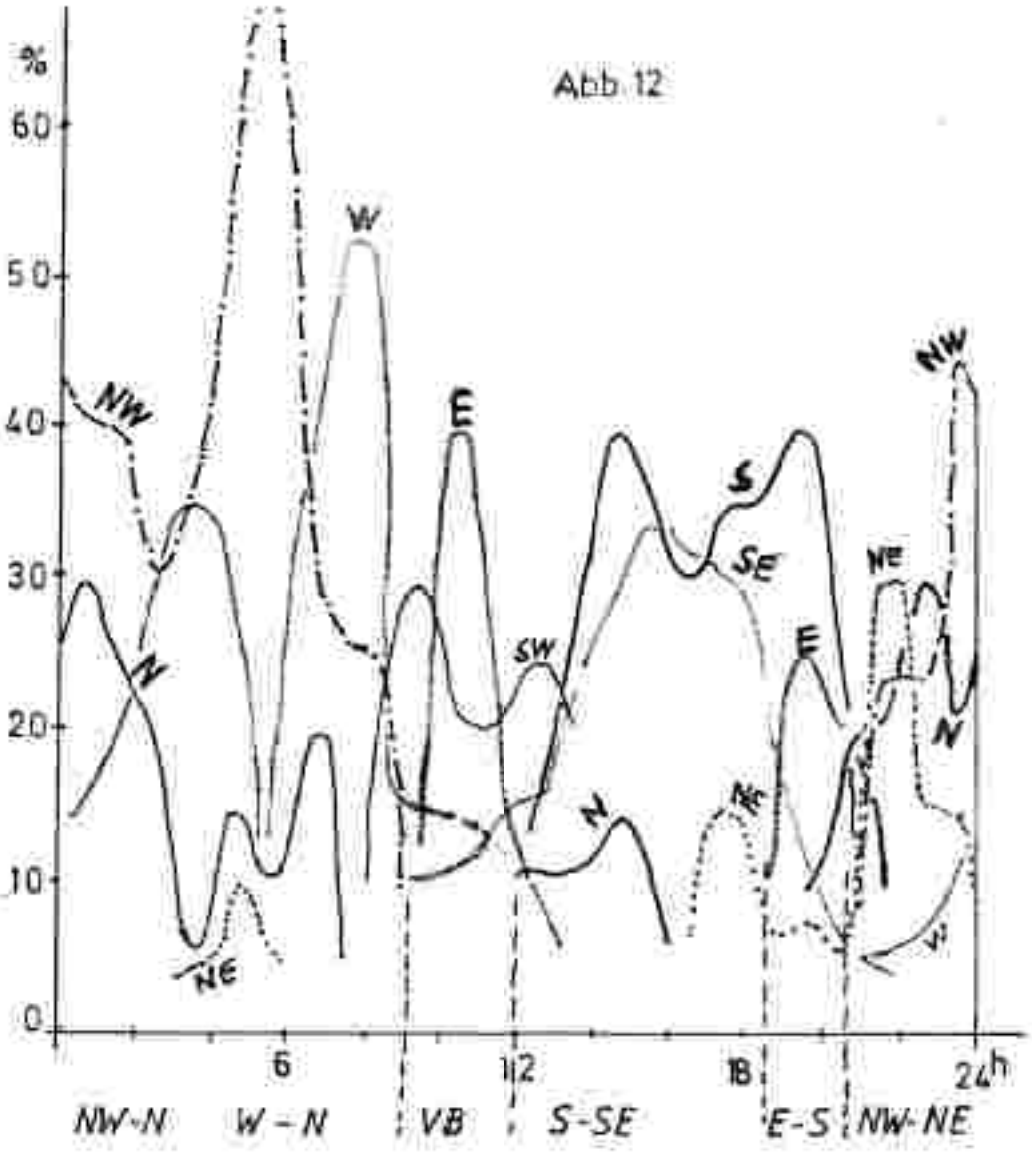

%
60
50
40
30
20
10
0
W
NW
N
NE
E
SE
S
SW
6
12
18
24h
NW-N
W-N
VB
S-SE
E-S
NW-NE

Abb. 11: Tagesgang der Windrichtungen für die Station Unterpremstätten (Juli 1982).

Abb. 12: Tagesgang der Windrichtungen für die Station Kollischberg (Juli 1982).

Abb. 13: Tagesgang der Windrichtungen für die Station Graz/Thalerhof (Juli 1982).

Abb. 14: Tagesgang der Windrichtungen für die Station Unterpremstätten während der Schönwetterperiode vom 10.-19. Sept.82.

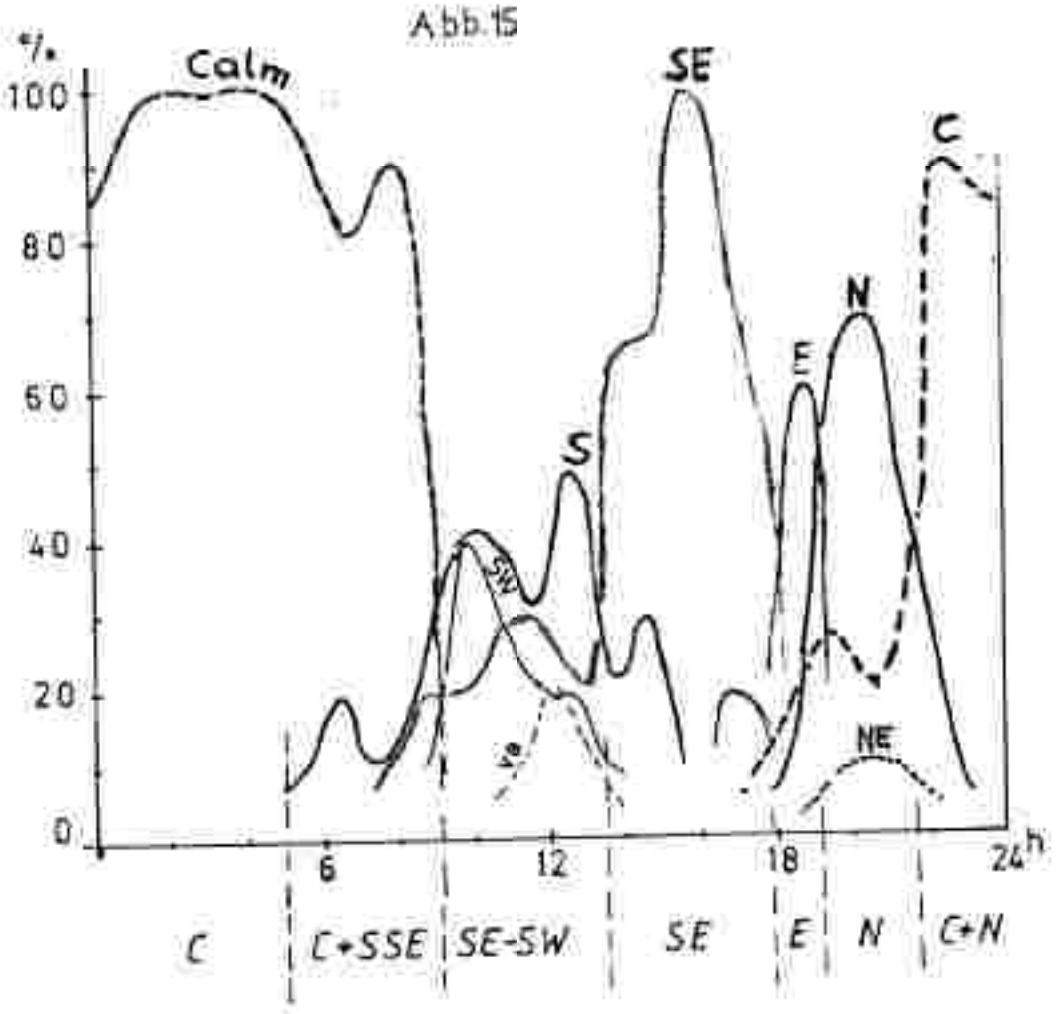


Abb. 15: Tagesgang der Windrichtungen für die Station Graz/Thalerhof während der Schönwetterperiode vom 10.-19. Sept. 82

Abb.13

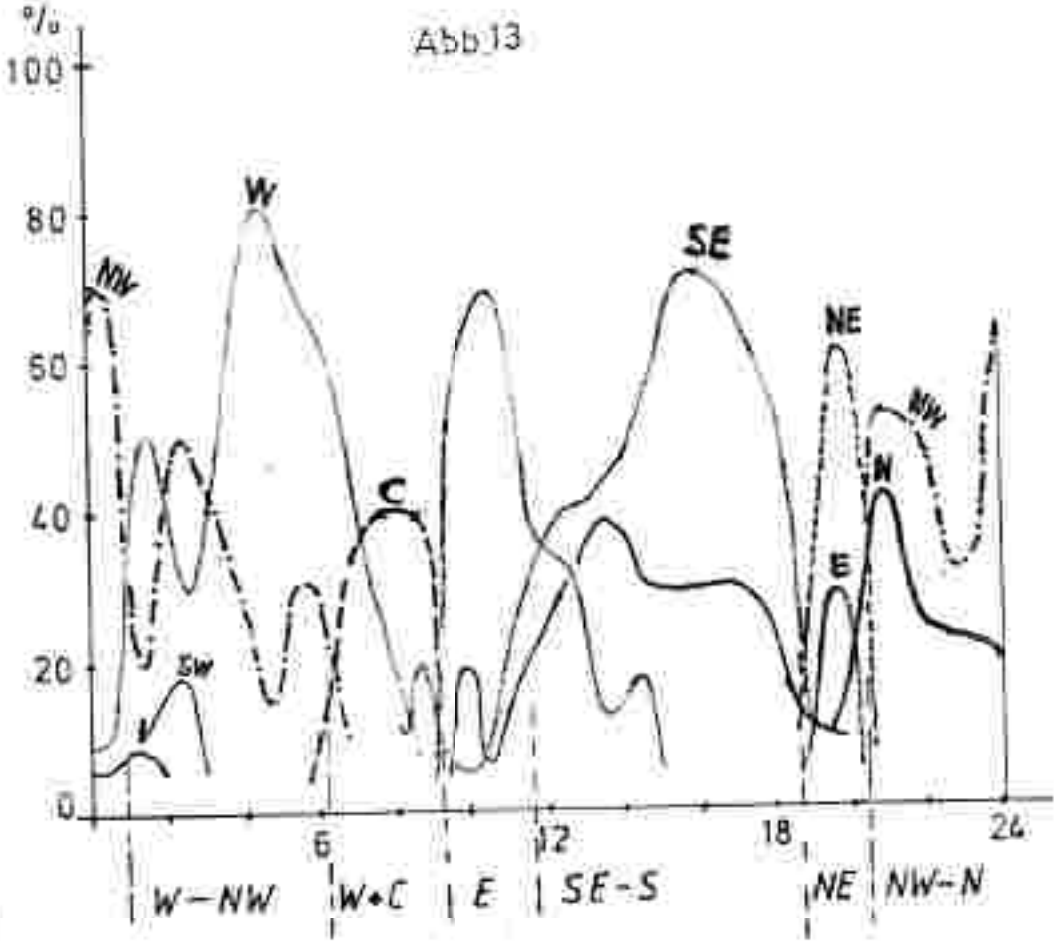
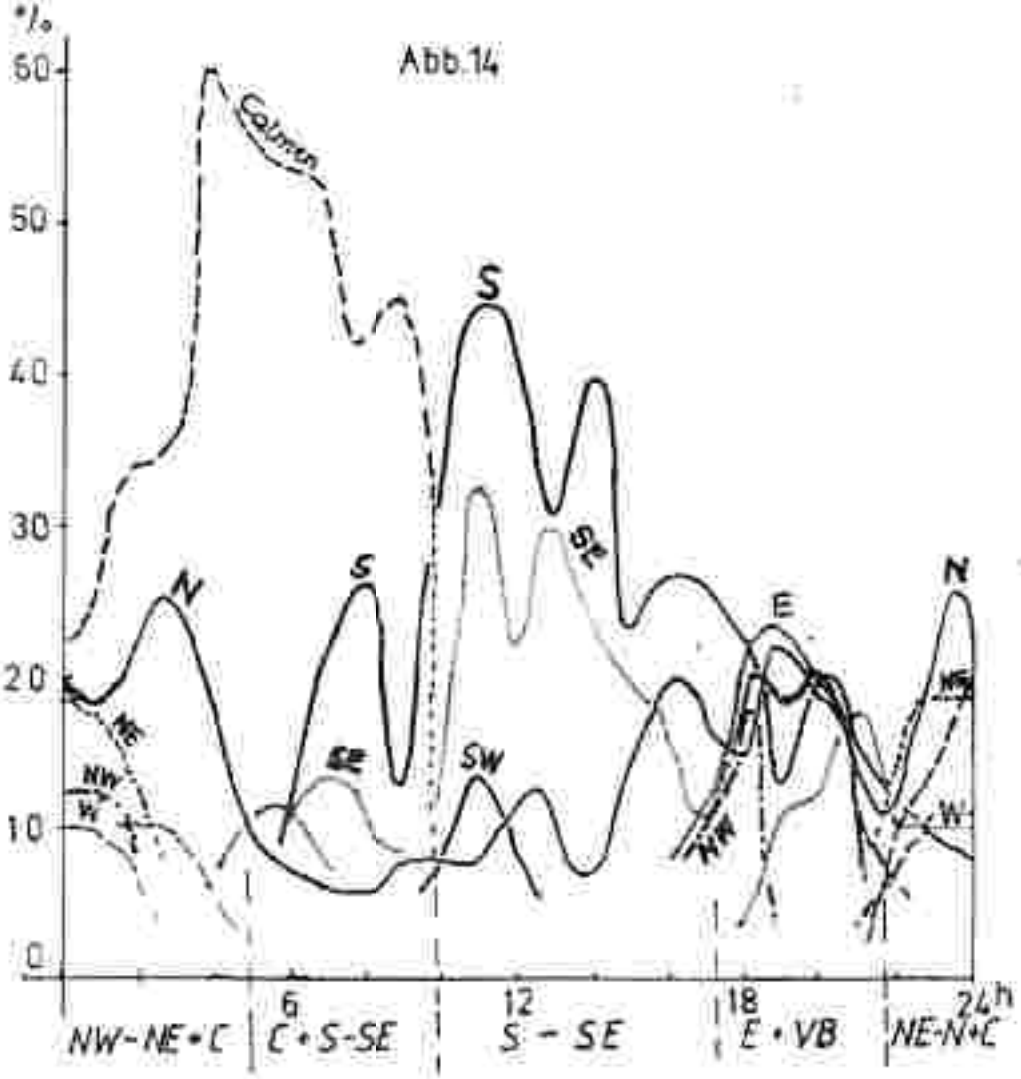

%
100
80
60
40
20
0
W
NW
SE
NE
C
SW
E
N
6
12
18
24
W–NW
W•C
E
SE–S
NE
NW–N

Abb.14


%
60
50
40
30
20
10
0
Calmen
S
N
SE
E
NE
SW
NW
W
6
12
18
24h
NW–NE•C
C•S–SE
S – SE
E•VB
NE–N•C