

Die Vegetationszeit in zentralalpinen Lagen Tirols in Abhängigkeit von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen

Von E. Winkler und W. Moser

(mit 1 Tabelle und 10 Abbildungen)

Seit Jahren werden im Botanischen Institut der Universität Innsbruck auch ökologische Untersuchungen durchgeführt, welche die Umwelt und die Photosynthese von Fichten und Zirben in Tal- und Hochlagen (Pisek und Winkler 1958, 1959) und auch die Photosynthese hochalpiner Pflanzen (Gletscherhahnenfuß, Gletschernelkenwurz) erforschten. Diese Arbeiten brachten auch zahlreiche Angaben über die Abhängigkeit der CO₂-Assimilation von der jeweiligen Witterung (Cartellieri 1940, Moser 1965, Dissertation). Winkler untersuchte auch die Stoffproduktion von Kartoffelpflanzen in 600, 900 und 2000 m hoch gelegenen Feldversuchen und führte von 1963 bis 1966 Maisanbauversuche im Innsbrucker Raum und auf den Inntalterrassen durch. Hierbei wurde die Lufttemperatur in 2 m Höhe und 10 cm Höhe stets in Wetterhütten registriert und auch zahlreiche andere Wetterdaten von den meteorologischen Stationen Innsbruck (582 m), Patscherkofel (2045 m), Weißfluhjoch (2667 m) und Sonnblick (3106 m) erhoben.

Um den Verlauf der einzelnen Beobachtungsjahre besser charakterisieren zu können, war es notwendig, von diesen Stationen für die Periode 1951 bis 1960 Mittelwerte der Lufttemperatur, Maxima und Minima, Niederschlagsverteilung und Strahlungssummen aus den einzelnen Institutsangaben zu errechnen und übersichtlich graphisch darzustellen (Abb. 1 bis 10). Wir danken Prof. Dr. H. Hoinkes und Doz. Dr. E. Reiter, Meteorologisches Institut der Universität Innsbruck, der Wiener Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Herrn Direktor Doktor Quervain und Dr. Zingg vom Weißfluhjoch für die Überlassung der einzelnen Meßwerte und vielfache freundliche Beratung.

Wir wollen nun in Kürze versuchen, die Dauer der Vegetationszeit im Innsbrucker Raum von 600 bis 2000 m in Abhängigkeit von den biologisch wirksamsten meteorologischen Elementen darzustellen und anschließend auch die Vegetationsdauer und die extremen Klimaverhältnisse in 3000 m Höhe nach Sonnblickwerten und Einzelmeßreihen von W. Moser im Schrankogelgebiet übersichtsweise zu beschreiben.

I. VEGETATIONSZEIT UND KLIMA IN TALLAGEN UM INNSBRUCK (600 m)

E. Ekhart veröffentlichte 1934 von Innsbruck zahlreiche meteorologische Daten für die Periode von 1906 bis 1930, E. Reiter beschrieb in umfassender Weise das Gesamtmaterial von 1906 bis 1955 (Klima von Innsbruck, 1958). Hierzu bringt

Abb. 4 die graphische Übersicht und Zahlenwerte der ökologisch wichtigen Angaben für die Periode 1906 bis 1955. (Wir bitten, Einzelheiten dort einzusehen, da sie aus Platzmangel nicht im Text besprochen werden können.) Die in Abb. 4 bis 10 dargestellten Klimadiagramme wurden in Anlehnung an den Klimaatlas von Walter und Lieth von Winkler¹ entworfen und bringen zusätzlich noch die für die Vegetationszeit bedeutsamen mittleren monatlichen Maxima und Minima der Lufttemperatur, welche etwa als Richtwerte für die durchschnittliche Mittags- und Morgentemperatur angesehen werden können.

E. Winkler berichtete auch 1957 über die Zunahme der Jahresmitteltemperaturen, welche allerdings in der letzten Dekade — anscheinend infolge vermehrter Zirkulation in der Atmosphäre — wieder auf den Durchschnittswert 1906 bis 1955 absanken.

Mittel der Jahrestemperatur:	1851 bis 1900	7,9 Grad Celsius
	1901 bis 1910	8,2 Grad Celsius
	1911 bis 1920	8,4 Grad Celsius
	1921 bis 1930	8,6 Grad Celsius
	1941 bis 1950	9,0 Grad Celsius
	1906 bis 1955	8,5 Grad Celsius
	1951 bis 1960	8,5 Grad Celsius

Von einigen Autoren wurde als Vegetationszeit jene Periode angesehen, in welcher die täglichen Mitteltemperaturen dauernd über der Nullgradgrenze liegen. Uns erschien es ökologisch sinnvoller, als Vegetationszeit in Tallagen jenen mittleren Zeitraum zu nehmen, der frostfrei bleibt, und dies für die Meßhöhen 2 m (Makroklima, etwa Baumklima) und für die extremere bodennahe Luftschicht anzugeben (Meßhöhe 5 bis 10 cm, Mikroklimabereich).

Für höhere Lagen erwies es sich als notwendig, auch die mittlere Zahl der Frosttage und das absolute Minimum vom Mai bis Oktober anzugeben, um die Größe eventueller Frostgefahr genauer zu beschreiben. Nur für die frostharten Koniferen war es nötig, auf Grund eigener Erfahrungen die Vegetationszeit in Tallagen und an der Waldgrenze gesondert anzuführen.

Nach den Erfahrungen von Pisek und Winkler (1958, 1959) begann die Vegetationszeit der Koniferen, jahrweise etwas schwankend, sobald die Nachtfröste für einige Tage die -4° -Grenze überschritten. Fichten zeigten schwach positive CO_2 -Bindung (= Nettoassimilation) bereits ab etwa -3° gegen Ende Februar und Anfang März, wobei die dunkelgrünen Schattentriebe schon kräftiger als die meist gelbgrün verfärbten Sonnentriebe assimilierten.

Die Photosynthese der Fichten sank bei Frosteinbrüchen im März noch für wenige Tage in den Ruhezustand zurück. Die Fichtenzweige arbeiteten aber ab Mitte April

¹ Wir danken Frau Antonia Winkler und Frau Anna Honus für ihre eifrige Mitarbeit bei der Berechnung und Zeichnung mehrerer Klimadiagramme.

bis Mitte November mit voller Leistung entsprechend den jeweils herrschenden Nadeltemperaturen. Ende November bis Mitte Dezember sank die Stoffproduktion auf die Hälfte und darunter und kam in den Hochwintermonaten Jänner und Februar völlig zum Erliegen, da in dieser Zeit die nächtlichen Minima um -10° und tiefer lagen. Man kann daher für immergrüne Koniferen in Tallagen um Innsbruck 310 bis 280 Tage Vegetationszeit rechnen.

Das Assimilationsvermögen der Fichtenzweige betrug im Hochsommer im optimalen Temperaturbereich von 16° bis 20° etwa 2 bis 3 mg CO₂ pro Gramm Trockengewicht und Stunde (10.000 bis 30.000 Lux) und erreichte maximal 4 bis 5 mg CO₂/g. h (50.000 Lux, 20°). Dabei erzielten alte Waldbestände guter Bonität einen Holzzuwachs von 2 bis 6 Festmetern pro Hektar.

Widerstandsfähige, wenig frostempfindliche Pflanzen (z. B. Gräser) wurden im Berichtszeitraum 1951 bis 1960 im März noch durch 13,4 Frosttage mit absoluten Minima um $-12,0^{\circ}$ auch nach der Schneeschmelze sehr behindert. Die Wiesen ergrünten erst Ende März bzw. Anfang April. Auch im April gab es im Mittel noch 4,5 Frosttage, in Bodennähe 9,5 Frosttage. Die Lufttemperatur sank dabei bis auf $-3,9^{\circ}$ im Extrem ab, in der bodennahen Luftschicht einmal sogar bis $-6,5^{\circ}$. Erst der Mai blieb in 2 m Höhe fast frostfrei, nur in der bodennahen Luftschicht traten im Mittel 2,3 Frosttage mit Schwachfrösten (um -1 bis -2° , minimal $-3,3^{\circ}$) auf.

Die geschlossen frostfreie Vegetationszeit dauerte nach den Meßergebnissen in 2 m Höhe 171 Tage, in der bodennahen Schicht (5 cm) noch 147 Tage und reichte im Mittel vom 25. April bis 12. Oktober (bzw. in 5 cm Höhe vom 10. Mai bis 3. Oktober).

Das Monatsmittel der Lufttemperatur lag im Juni noch bei $16,4^{\circ}$, stieg im Juli und August auf $18,0^{\circ}$ bzw. $17,1^{\circ}$ und sank im September auf $14,3^{\circ}$ ab, wobei die mittleren Maxima dieser Monate $22,5^{\circ}$, $24,0^{\circ}$, $23,4^{\circ}$ und $20,6^{\circ}$ betragen. Allerdings handelte es sich bei diesen Angaben stets um in Wetterhütten (2 m) gemessene Werte.

Aus Winklers zahlreichen Blattemperaturmessungen ging allerdings hervor, daß sich Fichtenzweige, Kartoffel- und Maisblätter je nach Witterung und Windverhältnissen an Trübtagen etwa um ein halbes Grad, an Strahlungstagen um 2 bis 4° über die Lufttemperatur erwärmen konnten und für ökologische Untersuchungen eine mittlere Erwärmung von 2° über die Lufttemperatur in der Zeit von 11 bis 15 Uhr angenommen werden kann. Nur in der bodennahen Luftschicht traten an Klartagen in noch offenen Feldbeständen bei Windstille vereinzelt Überwärmungen von 8 bis 10° im Mai und Juni auf.

Für das Innsbrucker Lokalklima hat auch der Südföhn einige Bedeutung. Wenn auch gegenüber der Jahrhundertwende die Zahl der Föhnstage im Jahr etwas abgenommen hat, bleibt sie mit 48 Föhnstagen pro Jahr noch recht hoch. Besonders im April und Oktober kam es häufiger zu Föhnneinbrüchen (2 bis 12 Tage), wes-

halb der herbstliche Föhn im Volksmund auch „Türkenröster“ genannt wird. (Einzelwerte siehe Abb. 5.)

Zur Charakterisierung der in Tallagen thermisch recht begünstigten Stoffproduktion möchten wir ebenfalls einige Übersichtswerte anführen. Das Assimilationsvermögen der Maispflanzen schwankte von 20 bis 30 mg CO₂/g. h (30.000 Lux, 15 bis 25⁰) und erreichte bei den noch aktiveren Sonnenblumen und Kartoffelstauden 30 bis 50 mg CO₂/g. h (30.000 bis 50.000 Lux, 20⁰). Die Erträge dieser für das Inntal häufigen und wichtigen Kulturpflanzen schwankten je nach Witterung, Sorte und Düngung bei Körnermais zwischen 50 bis 85 dz/ha und lagen bei Kartoffeln zwischen 300 und 500 dz/ha.

Die Niederschlagsverhältnisse waren im Innsbrucker Raum ziemlich ausgeglichen. Im Berichtszeitraum fielen von 943 mm Jahresniederschlag im Winterhalbjahr 333 mm = 35,3 Prozent (X–III) und im Sommerhalbjahr 610 mm = 64,7 Prozent, so daß die Wasserversorgung der Kulturpflanzen, der Wiesen und Wälder meist ausreichend gesichert war. In den Monaten Juni, Juli, August gab es im Dekadenmittel 1951 bis 1960 20,2, 18,6, 17,8 Niederschlagstage, auch im September noch 13,7 Tage. Nur einmal innerhalb jeder Dekade blieben die Niederschläge in mehreren aufeinanderfolgenden Monaten so tief unter dem Durchschnitt, daß leichter Wassermangel die Ernte nachteilig beeinflusste (z. B. 1938, 1947, 1959 und 1963).

II. VEGETATIONSZEIT UND KLIMA DER INNTALERRASSEN (900 Meter)

Beiderseits des Inntales erstrecken sich in 800 bis 900 m Meereshöhe mehr oder minder breite Terrassen, die als Mittelgebirge bezeichnet und seit langem intensiv landwirtschaftlich genützt werden. Nördlich von Innsbruck liegt das Hungerburggebiet, südlich von Innsbruck zieht ein breiter Rücken von Axams über Igls, Lans, Sistrans, Rinn bis Tulfes. Prof. Dr. E. Mayr, langjähriger, jetzt pensionierter Leiter der Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Rinn, Wiesenhof, hat in den Schlernschriften 145 und 236 das Klima der Landesanstalt für die Perioden 1943 bis 1952 und 1953 bis 1962 ausführlich beschrieben. Der Wiesenhof (900 m) liegt an der ökologischen Höhengrenze des Ackerbaues am Fuße des Glungezer-Patscherkofel-Hanges und hat durch abfließende Kaltluft besonders vom März bis Juni und im Winter schon merklich strengeres Klima als das rund 300 m tiefer liegende und besser vom Föhn bestrichene Inntal im Großraum Innsbruck.

Im Rinner Raum blieb die Schneedecke im Mittel (1951 bis 1960) bis 4. April liegen und hüllte das Land im Mittel ab 25. November wieder ein.

Die frostmildernde Schneedecke blieb fast stets über den Winter geschlossen und schmolz nicht, wie manchmal im Innsbrucker Raum, schon im Februar oder noch früher tageweise ab. Im April traten in 2 m Höhe noch 9,6 Frosttage, in 10 cm 18 Frosttage auf. Die Grasdecke entwickelte sich meist erst im Mai bei nur 2,3 Frosttagen (2 m) bzw. 8,4 Frosttagen (10 cm) vollständig. Allerdings sanken

im April die Lufttemperaturen in 2 m Höhe mehrmals auf -5° bis etwa -7° ab (absolutes Minimum sogar -8°) und in 10 cm Höhe im Extremfall auf -14° . Allerdings zeigte die Meßstelle über Grasboden oft Extremwerte, da sich der offene, lockere, mit Althalmen durchsetzte Grasfilz in Strahlungsnächten sehr stark abkühlte und aus dem Boden lokal wenig Wärme nachgeleitet wird. Ing. Köck, jetzt Leiter der Anstalt, legte 1966 im April in freiem Ackerboden gerade mit Erde bedeckte Glasplatin-Widerstandsthermometer aus und maß fortlaufend die Temperatur der Grenzschichte. Sie betrug an Frosttagen nur $-2,1$ und $-3,0^{\circ}$ gegenüber $-5,5$ und $-7,5^{\circ}$ 10 cm über der Grasschichte in etwa 20 m Entfernung, so daß die aufkeimenden Pflanzen infolge besserer Wärmenachleitung im freien Acker anscheinend weniger frostgefährdet als in Wiesendecken sind.

Infolge des Kaltluftabflusses von dem im Mai stets schneebedeckten Glungezerhang traten auch noch im Mai 2,3 Frosttage (2 m) bzw. 8,4 Frosttage (10 cm) mit absoluten Minima von $-5,5^{\circ}$ (2 m) bzw. $-10,5^{\circ}$ (10 cm) auf. Auch im Juni wurden noch vereinzelt absolute Minima von $-0,5^{\circ}$ (2 m) bzw. $-3,4^{\circ}$ (10 cm) festgestellt, während das mittlere Minimum schon 8° erreichte. Infolge der nachtkalten Mai- und Juniwitterung entwickeln sich hier in Rinn alle Pflanzen viel langsamer als im Innsbrucker Talbereich, wobei sich besonders in extrem feuchtkühlen Jahren, wie 1965 und teilweise 1966, erhebliche Entwicklungsrückstände ergeben.

Die etwa gleich hoch gelegenen Mittelgebirgsterrassen von Axams bis Götzens genossen im Frühjahr thermisch günstigere Verhältnisse, da der Sailehang flacher ansteigt und geringere Kaltluftmassen direkt ins Plateau ableitet. Winklers Vergleichsmessungen ergaben für die Vegetationsperioden von 1964 und 1965, daß hier bei ähnlich hohen mittleren Maxima der Lufttemperatur die mittleren Minima der Lufttemperatur im Mai um $0,4^{\circ}$, im Juni und Juli um $1,2^{\circ}$ höher lagen als in Rinn (2 m). Seit Jahren erprobt, gedeihen Landsorten von Körnermais im Axamer und Götzener Raum gerade noch, während Rinn hierfür schon zu kalt ist und die Jugendentwicklung sich meist zu sehr verzögert.

Wie aus dem Klimadiagramm Abb. 6 ersichtlich, dauerte die mittlere frostfreie Vegetationsperiode in Rinn in 2 m Höhe vom 14. Mai bis 5. Oktober = 145 Tage (1951 bis 1960). In der bodennahen Luftschicht währte sie vom 6. Juni bis 16. September = 103 Tage, wobei in den Sommermonaten Juli und August im Mittel ein- bis zweimal leichter Bodenfrost um $-0,1$ bis $-1,0^{\circ}$ auftrat. Die Höhenzunahme um 300 m verkürzte im Innsbrucker Raum die frostfreie Vegetationszeit in 2 m Höhe also im Mittel um 26 Tage, in 10 cm Höhe schon um 44 Tage.

Interessanterweise schienen die Sonnenscheindauer und die mit Sternpyranometer gemessene Globalstrahlung in Rinn in den Sommermonaten um 3 bis 5 Prozent größer als in Innsbruck zu sein, da im Innsbrucker Talraum Taldunst die Sonnenscheinschreibung mit Autographen und Sternpyranometer etwas einschränkte.

Die Niederschlagsverhältnisse waren in Rinn erwartungsgemäß ähnlich wie in Innsbruck, der Jahresniederschlag betrug 915 mm, wovon im Sommerhalbjahr 634 mm = 69,3 Prozent fielen.

Im Raum Axams — Rinn werden Weizen, Gerste, Roggen, vereinzelt Körnermais, in den letzten Jahren vermehrt Silomais gebaut. Die Erträge betragen bei Kartoffeln 300 bis 400 dz/ha. Körnermaishausbau mit frühreifen Hybridsorten (Austria 266 und Austria 290) scheint von Axams bis Götzens in günstigen und mittleren Jahren noch erfolgversprechend (Winkler 1965). Diese Maissorten reiften allerdings in den kühlen Jahren 1965 und 1966 auch in Axams nicht aus und blieben milchreif bis schwach teigreif. Von Silomais können je nach Sorte 400 bis 500 dz/ha geerntet werden.

III. VEGETATIONSZEIT UND KLIMA AN DER WALDGRENZE in 2000 Meter

Der südlich Innsbrucks gelegene Hausberg und Skiberg heißt Patscherkofel (2248 m). Er ist von der Talsohle ab bis fast 2000 m hinan bewaldet, Fichten und Lärchen herrschen vor, ab 1700 m sind zahlreiche Zirben beigemischt. Die Waldgrenze wird von Lärchen und Zirben zungenartig gebildet und läßt eine über 200 m hohe Kuppe frei, welche, teilweise stark windbestrichen, über dem Alpenrosengürtel noch Rauschbeerheiden und Flechtenheiden sowie einige Krummseggenfragmente enthält. Die meteorologische Station Patscherkofel liegt in 2045 m Höhe etwa 60 Höhenmeter oberhalb der Waldgrenze und wird vom Flugplatz Innsbruck (Doktor Riedl) und dem interessierten und sorgfältigen Wetterbeobachter Herrn Ferrari betreut. Dank seinen Daten waren uns die Klimaverhältnisse an der Waldgrenze wohlvertraut (Winkler 1962) und konnten in Abb. 7 für die Vergleichsdekade 1951 bis 1960 dargestellt werden.

Die winterliche Schneebedeckung dauerte hier in 2045 m Höhe fast ein halbes Jahr, 1965 und 1966 noch länger. Die Schneedecke lag im Mittel bis zum 12. Mai und ab 21. Oktober wieder schützend auf den etwas frostempfindlichen Alpenrosen. Vom November bis Mitte April traten hier Fröste fast an allen Tagen auf, im Mai noch an 8 bis 20 Tagen und im Juni an 2 bis 8 Tagen. Für diese Hochlagen ist charakteristisch, daß auch im Hochsommer jeder beliebige Tag Frost bringen kann. Die Frostgefahr stieg besonders nach größeren Kaltlufteinbrüchen und mehrtägigem Regen an, so daß manchmal auch im Hochsommer, häufiger aber gegen Ende September Regen und Schnee gemischt fielen.

Es hätte ökologisch wenig Sinn, nur die Zahl der frostfreien Tage an der Waldgrenze als Vegetationszeit zu zählen, da hier alle Pflanzen — 1 bis — 2⁰ jederzeit ertragen können. Außerdem gab es nur manchmal eine völlig frostfreie Periode von Ende Mai bis Ende September. Meist zerfiel sie aber in 3 bis 5 Wochen lange Einzelabschnitte von 42 bis maximal 103 Tagen Dauer. Die „alpine Vegetationszeit mit einzelnen schwachen Frösten“ betrug am Patscherkofel (2045 m) durchschnittlich 120 Tage mit 5 dazwischengeschalteten Schwachfrostdagen (— 2 bis — 3⁰) und reichte im Mittel vom 25. Mai bis zum 26. September, in günstigen Jahren vom 15. Mai bis etwa 8. Oktober.

Addiert man wie üblich die Tagesmittel der Lufttemperatur für die einzelnen Sommermonate zu monatlichen Temperatursummen, so gewinnt man ein Vergleichsmaß für das geringe Wärmeangebot in dieser Hochlage. Die Temperatursumme von Innsbruck belief sich vom 1. Mai bis 30. September auf 2424^0 (= 100%), fiel im gleichen Zeitraum in Rinn auf 1933^0 (= 82,1%) und sank am Patscherkofel auf 1077^0 (= 44,5% von Innsbruck). Das Wärmeangebot an der Patscherkofelwaldgrenze war in der Periode 1951 bis 1960 also nur mehr halb so groß wie in Innsbruck.

Wenn auch schon im April und Mai vereinzelt Temperaturspitzen von 15 bis 20^0 gemessen wurden, stieg doch die Lufttemperatur erst im Juni nach vollendeter Schneeschmelze kräftiger an und erlaubte erst dann höhere Stoffproduktion. Die Monatsmittel der Lufttemperatur lagen für Juni bis September bei $6,9^0$, $9,1^0$, $8,9^0$ und $6,8^0$ und die mittleren Maxima erreichten in dieser Zeit $10,9^0$, $13,1^0$, $12,9^0$ und $10,6^0$. Im Dekadenmittel dieser 122tägigen Periode vom 1. Juni bis 30. September gab es neben 42 Trübtagen nur etwa 14 heitere Tage (mit Bewölkung unter 20%), so daß nur an diesen 14 „Klartagen“ und auch stundenweise an Wechselwettertagen kräftigere Erwärmung der Vegetationsorgane über die Lufttemperatur möglich war. Diese Erwärmung kann 3 bis 8^0 über die Lufttemperatur betragen, wird aber bei der hier häufig herrschenden kräftigen Windbewegung auch sehr oft auf 1 bis 2^0 reduziert worden sein. Die vegetationsfördernde Wirkung der um etwa 8% gegenüber Innsbruck verstärkten Globalstrahlung sollte also etwas vorsichtig in windoffenem Gelände eingeschätzt werden und kommt sicherlich nur in windgeschützten Nischen und in Waldlichtungen besser zur Geltung.

Reihenmessungen in Kartoffelparzellen nahe der Waldgrenze ergaben auch, daß die Temperaturverhältnisse in der bodennahen Krautschicht gegenüber der 2-m-Zone begünstigt sind. Die hier in Kleinwetterhütten registrierten Lufttemperaturen lagen von Juli bis Mitte September in 10 cm Meßhöhe um 1,5 bis 2^0 höher als in der freien Atmosphäre (Winkler 1962).

Die Vegetationszeit der Koniferen an der Waldgrenze überschritt den bisherigen Rahmen der krautigen Pflanzen etwas.

Die Zirben und Fichten erwachten aus der kältebewirkten Winterruhe erst Mitte April, regenerierten das wintersüber teilweise abgebaute Chlorophyll in zwei bis drei Wochen und erreichten nach der Jungtriebentfaltung im Juni etwa ab Anfang Juli volle Assimilationstätigkeit. Anfang Oktober setzten in der Regel Nachtfroste um und unter -5^0 ein, so daß die Bäume in diesem Monat meist zur Winterruhe übergingen. Die Vegetationsperiode für Koniferen betrug also 150 bis maximal 170 Tage; der Holzzuwachs erlitt infolge Kürze der Vegetationsperiode und herabgesetzten Nadeltemperaturen im Vergleich zum Tal erhebliche Einbußen. Die Forstinspektion für Tirol veranschlagte den Holzzuwachs an der Waldgrenze daher nur auf $\frac{1}{2}$ bis 1 Festmeter pro Hektar.

Die Niederschlagsmenge nahm mit der Höhe etwas zu, so daß — von etlichen winterlichen Verlusten abgesehen — ein mittlerer Jahresniederschlag von 951 mm

in der Berichtsdekade gemessen wurde. Im Sommerhalbjahr fielen vom April bis September 638 mm = 61 % der Jahresmenge, und versorgten die Vegetation meist reichlich mit Wasser. Nur in Zeiten starker und m e h r t ä g i g e r Föhnneinwirkung kam es im März und April zur teilweisen Austrocknung von Fichten- und Zirbenadeln, die aber in der Regel während ihrer winterlichen Ruhezeit nicht geschädigt wurden.

In den letzten 12 Jahren hat die Forschungsstelle für Lawinenvorbeugung in einem ausgedehnten Forschungsvorhaben im oberen Ötztal (Untergurgl — Poschach) die meteorologischen Verhältnisse und die für Wiederaufforstung an der Waldgrenze nötigen Maßnahmen untersucht und darüber in den „Ökologischen Untersuchungen in der subalpinen Stufe“ 1961 und 1963 berichtet (Aulitzky, Tranquillini, Turner, Friedel, Prutzer). Die Temperaturverhältnisse an der etwa ähnlich gelegenen Station in 2050 m Höhe lagen in ähnlichem Bereich wie am Patscherkofel. Diese Autoren konnten auch schon das Mikroklima mehrerer gemäßigter und extremer Standorte in der näheren Umgebung der Basisstation registrieren. Auch hier war die bodennahe Luftschicht in der Rauschbeerheide und im Zirbenwaldrandbereich im Hochsommer um 1 bis 2 ° wärmer als in der 2-m-Zone.

Das noch kontinentalere und fast ebenso hoch gelegene Venter Gebiet (1900 m) wurde inzwischen in der Dissertation von Dr. I. Laufer (Prof. Dr. Hoinkes, Meteorologisches Institut der Universität Innsbruck) umfassend beschrieben.

IV. VEGETATIONSZEIT UND KLIMA in 2700 bis 3100 Meter Höhe IM ZENTRALALPINEN BEREICH

Die Vegetationszeit nahe der Schneegrenze ließ sich allgemein nur sehr schwer fassen, da in dieser extremen Lage Großmorphologie des Gebirgszuges, Geländegestaltung, Windrichtung und Windstärke, Schneereichtum sowie wind- und geländebedingte Schneeverfrachtung unterschiedlich zusammenwirken und auch verschieden mit der starken Einstrahlung interferieren. Als Beobachtungsstellen standen uns aus den Hohen Tauern nur der Sonnblick (3106 m), aus den Stubaiern der Schrankogel (3100 m) sowie einzelne in zeitweiser Exkursion begangene Ötztaler Gipfel (z. B. Wildspitze, 3774 m) zur Verfügung. Der Sonnblick liegt besonders im Sommer im Bereich anderer Strömungs- und Niederschlagsverhältnisse und hat im Sommer merklich geringere Sonnenscheindauer als der Patscherkofel (siehe Abb. 7 und 9). Auch die fast so hohe Zugspitze und der Säntis kamen als niederschlagsbevorzugte Außenposten nicht in Frage. So bot sich der von W. Moser seit 1962 etwa dreißigmal besuchte Schrankogel als Bezugspunkt an. Hier hatte W. Moser in 3100 m Höhe in der bodennahen Luftschicht inmitten von Gletscherhahnenfußbeständen eine Kleinwetterhütte errichtet, und 1963 wurde über 2 Monate lang die Hüttentemperatur (10 cm) registriert. Weiterhin wurden bei allen Besuchen Lufttemperatur in 2 m und 10 cm Höhe, Temperatur des Bodens und Blattemperaturen gemessen und die Beleuchtungsstärke mehrmals täglich mit Lange-Photozellen fest-

TEMPERATURVERHÄLTNISS E IN HOCHLAGEN VON 2045-3106 m.

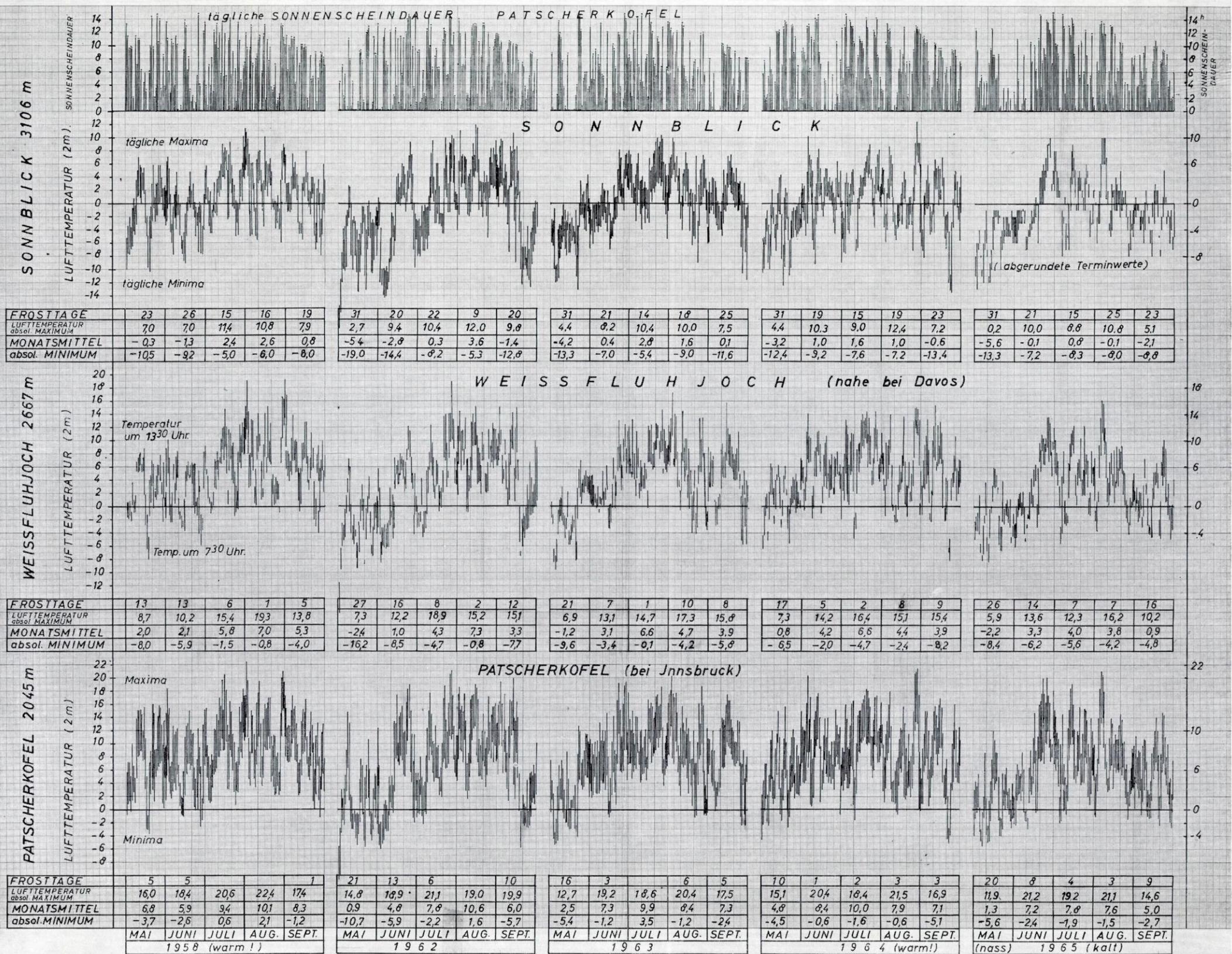
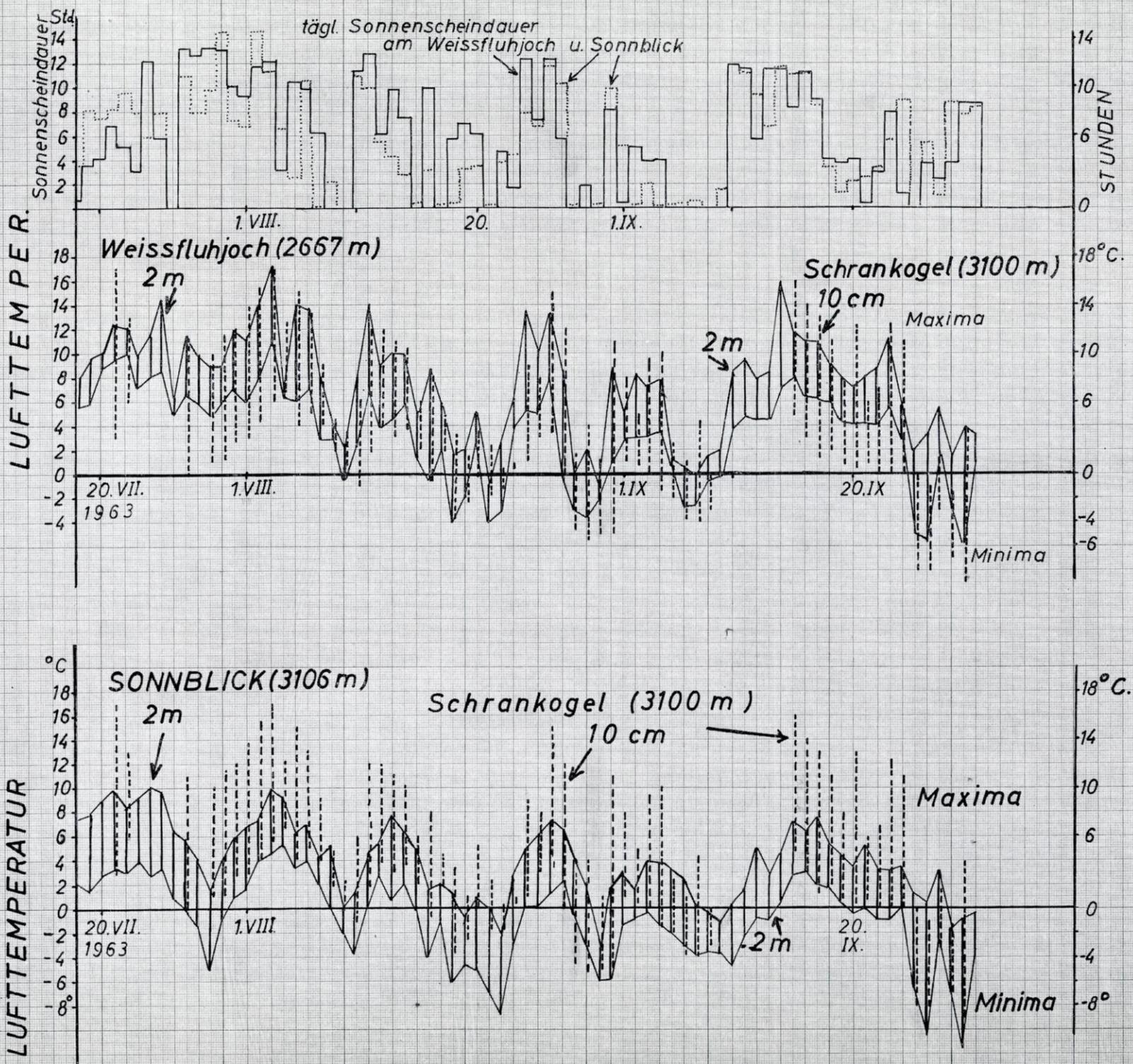


Abb. 1

LUFTEMPERATUREN in 2m Höhe und in Bodennähe (10cm)



gestellt. Auch in den folgenden Jahren konnten Vegetationszeitmessung und ergänzende Einzelmessungen bis 1966 durchgeführt werden, so daß wir über diesen thermisch begünstigten Hochstandort an der Grenze der Stubai- und Ötztaler Alpen ausreichend informiert sind.

Winkler zeichnete die Temperaturverhältnisse vom Patscherkofel, Weißfluhjoch und Sonnblick versuchsweise für die Vegetationszeit der Jahre 1958, 1962 bis 1965 zusammen (Abb. 1). Man ersieht daraus, in welchem Bereich die Lufttemperatur in warmen Jahren (1958, 1964), in Durchschnittsjahren (1962, 1963) und in Kaltjahren (1965) vom Mai bis September schwankte und welche Amplituden in den einzelnen Höhenstufen aufgetreten sind. Während am Patscherkofel noch vom Juli bis Ende August mit Ausnahme von 1965 ausgedehnte frostfreie Perioden vorherrschten, reduzierten sich diese in 2667 m Höhe auf wochenweise Abschnitte (Weißfluhjoch) und fehlten am Sonnblick fast völlig, da hier in 3106 m Höhe in den meisten Jahren mit einer lange geschlossen bleibenden Schneedecke gerechnet werden muß. Das Gelände um die Sonnblickwetterwarte aperte nur vereinzelt im August und September für 6 bis 13 Tage aus, während der Südhang des Gipfelaufbaues länger schneefrei blieb.

In Abb. 2 verglichen wir den Temperaturverlauf im Sommer 1963 durch Überzeichnen der Einzelwerte vom Weißfluhjoch, Sonnblick und unserer Schrankogelmeßstation. Allerdings handelte es sich beim Sonnblick und Weißfluhjoch um in 2 m Höhe gemessene Maxima und Minima, während die Schrankogelwerte aus der bodennahen Luftschicht (10 cm) stammen.

Daher stimmen an den gleichhohen Standorten Sonnblick und Schrankogel nur die nächtlichen Minima überein, während die Maxima am Schrankogel in der bodennahen Luftschicht um 2 bis maximal 8 Grad über den Maxima der in 2 m Höhe messenden Sonnblick-Wetterstation liegen.

Die Temperaturmaxima und etwa auch die Minima am Schrankogel ähneln den Temperaturextremen am Weißfluhjoch viel besser, woraus wir schließen wollen, daß in der bodennahen Luftschicht an günstigen Standorten in 3100 m Höhe etwa ähnliche Temperaturverhältnisse herrschen wie in 2700 m Meereshöhe in der 2-m-Luftschicht.

Summiert man die Meßwerte für 31 Augusttage und 22 Septembertage, so beträgt die mittlere Monatstemperatur

am Weißfluhjoch (2 m)	im August 1963	4,7 Grad
	September 1963	3,8 Grad
am Schrankogel (10 cm)	im August 1963	4,0 Grad
	September 1963	1,3 Grad
am Sonnblick (2 m)	im August 1963	1,6 Grad
	September 1963	0,1 Grad

Schrankogel und Weißfluhjoch stimmen im August im Mittel und den Temperaturmaxima ziemlich gut überein, im September noch annähernd in den Maxima.

Solange wir in 3100 m Höhe keine zentralalpine Station haben, welche auch in bodennaher Luftschicht die ökologisch interessante und für die hochalpine Vegetation eigentlich entscheidende Temperatur der bodennahen Zone mißt, könnte man sich eventuell an den täglich von der Schweizer Meteorologischen Zentralanstalt vom Weißfluhjoch gemeldeten Werten übersichtsweise orientieren.

W. Moser hat im Sommer 1966 am Nebelkogel im Ötztal in 3180 m Höhe einen stationären ökologischen Stützpunkt errichtet und beabsichtigt, das Mikroklima dieser Grenzlage in den kommenden Jahren genauer zu untersuchen².

Die meteorologischen Verhältnisse im *Weißfluhgebiet* wurden durch zahlreiche Veröffentlichungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung recht gut bekannt. Die Schneeforschung begann hier schon 1936, das große Institut wurde in 2667 m Höhe 1943 errichtet und ist durch eine Standseilbahn von Davos jederzeit leicht erreichbar. Die meteorologischen Beobachtungen wurden ab 1946 lückenlos durchgeführt, die Ergebnisse jährlich veröffentlicht und über die Periode 1951 bis 1960 von Dr. Th. Zingg zusammenfassend berichtet.

Das Weißfluhjoch liegt als Höhenstation in Mittelbünden am Sattel vor der Weißfluhspitze (2843 m), geographisch an der Wasserscheide Plessur – Landwassertal und Prättigau – Landwassertal. Die teilweise inneralpine Lage erlaubt einen sinnvollen Vergleich mit dem gleichfalls durch mehrere Bergketten geschützten Gebiet der Stubaier und Ötztaler Alpen, so daß an beiden Stationen schon geringere Niederschläge fallen und daher verbesserte Globalstrahlungsverhältnisse herrschen als in den ungeschützten Randlagen der Alpen bzw. im Sonnblick-Durchzugsbereich. Die exakte Messung der Niederschläge ist in der eigentlichen Hochalpenzone, besonders in Gipfelnähe, durch Windeinwirkung sehr schwierig, worauf viele Autoren in zahlreichen Arbeiten hingewiesen haben (Hoinkes, Tollner, Lauscher). Im Weißfluh-Versuchsfeld wird der Niederschlag durch beheizte, registrierende Regenmesser (Modell Fueß, mit Nipher-Trichter) und einzelnen Totalisatoren erfaßt und belief sich im Dekadenmittel 1951 bis 1960 nur auf 1224 mm im Jahr. H. Hoinkes führt für das tiefergelegene Vent (1900 m) rund 706 mm, für das Gepatschhaus (1920 m) 1239 mm und für den Hintereisferner in 2970 m 1306 mm an, während am Hintereisferner von 3500 bis 3739 m um 2500 mm Niederschlag fallen (Lauscher 1961). Nach Roller (Zusammenfassung 1961) wurden am Sonnblick in der Periode 1951 bis 1960 mittels Ombrometers 1598 mm jährlich gemessen und in den Totalisatoren 2575 mm im Mittel aufgefangen, was wir eher als ökologisch richtigen Wert ansehen wollen.

² Bei der Finanzierung und Errichtung dieser Hochstation unterstützten uns das Bundesministerium für Inneres, die Alpine Forschungsstelle Obergurgl der Universität Innsbruck, die Daniel-und-Maria-Swarovski-Stiftung, der Österreichische Alpenverein sowie der Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -tiere, München, wofür an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Während am Weißfluhjoch die permanente Schneedecke im Dekadenmittel um den 7. Juli (extrem 20. Juni bzw. 22. Juli) abschmolz und erst ab 16. Oktober (extrem 27. September bzw. 7. November) den Boden verhüllte, dauerte die Aperaturzeit direkt bei der Sonnblick-Wetterwarte statt 101 Tage nur wenige Tage (maximal 8 Tage 1960, 10 Tage 1963)³. Allerdings wurden hier auch schon im August oder September oft nur geringe Schneehöhen von 10 bis 20 cm gemessen. In Grenzlagen des Pflanzenwuchses wird somit die lokale, jährlich schwankende Schneeverteilung zum primär begrenzenden Wuchsfaktor. Allerdings gibt es am Sonnblick, an der Weißfluh und in vielen anderen Standorten zwischen 2700 und 3400 m Höhe auch mancherlei begünstigte Stellen, schräge, süd- oder südwestexponierte Felsen, an denen der Schnee abrutscht oder infolge vermehrter Einstrahlung rascher abschmilzt. Im 3000-m-Bereich werden die Blütenpflanzen-Gesellschaften allgemein offen und lösen sich in einzelne Flecke, Polster und Streifen auf. Wir müssen andererseits in 3000 m Höhe, besonders in niederschlagsreichen Zonen, an nordseitigen Hängen, in kleinen, flachen Mulden damit rechnen, daß der Boden und die spärliche Vegetation nur kurz schneefrei werden.

Während der rund hunderttägigen schneefreien Periode traten am Weißfluhjoch vom Juli bis September noch im Mittel 19 Frosttage auf und beschränkten mit absoluten Minima um -5 bis -12° (September) die produktive alpine Vegetationszeit auf etwa 70 bis 80 Tage. Nur an *extrem schneearmen*, stark besonnten Blöcken und Rippen können Polsterpflanzen und Spaltenpflanzen schon Ende Mai und im Juni an einigen Tagen assimilieren, so daß sich lokal maximal 100 Tage Vegetationszeit ergeben. Unterhalb -5° ruht bei den fünf im Institut untersuchten hochalpinen Blütenpflanzen aber die Stoffproduktion völlig, setzt etwa ab -4° oder -3° nach kurzer Zeit ein und verläuft bei 10° bis 20° Blattemperatur mit erheblichem Gewinn. Vom Weißfluhjoch standen uns nur Temperaturmittelwerte und -extreme aus der 2-m-Zone zur Verfügung (siehe Abb. 8). Die absoluten Maxima lagen vom Juni bis September zwischen 10 und 14° , mittlere Maxima und Minima wurden, da nur Terminmessungen vorliegen, nicht berechnet. Die mittleren Maxima der Lufttemperatur dürften, wie auch aus den Tageswerten der Abbildung 1 entnommen werden kann, zwischen 7 und 11° C liegen und in der bodennahen Luftschicht vereinzelt auch in den 10- bis 20° -Bereich angestiegen sein.

Auch vom *Sonnblick* soll, da wir keine Werte des lokalen Mikroklimas besitzen, nur ein allgemeiner Temperaturrahmen durch 2-m-Meßwerte abgegrenzt werden (Einzelheiten Abb. 9). Hier herrscht vom November bis Mai Hochwinter, die Pflanzen ruhen unter einer Schneedecke von 1 m bis 6 m Dicke. Erst frühestens Ende Mai, eher noch im Juni apert einzelne Blöcke aus und gestatten hier Polsterpflanzen sowie frostharten Flechten erste Stoffproduktion. Zählt man vom 1. Mai

³ W. Mahringer berichtete 1966, daß am *Südhang* des Gipfelaufbaues in den Jahren 1961 bis 1963 schon ab Juli günstigere Schnee- und Bodentemperaturverhältnisse herrschten.

bis Mitte Oktober alle Tage, deren Mittagstemperatur über -2° liegt, zusammen, so erhält man sogar 126 Tage „potentielle Vegetationszeit“, in welcher allerdings Schneefälle an etwa 80 Tagen kurzzeitig die Pflanzen bedecken und so an der Assimilation hindern.

Wie vor kurzem Lange (Planta 1965) berichtete, konnten alpine Flechtenarten, wie *Stereocaulon alpinum*, *Alectoria ochroleuca* und *Parmelia encausta*, noch bis -10° bzw. -12° schwach positiv assimilieren und erzielten bei 5 bis 10° guten Stoffgewinn. Sie sind an so unwirtliche Höhen thermisch und hygrisch gut angepaßt und erreichen in den alpinen Kryptogamengürteln auch 4000 und mehr Meter. Am Sonnblick stieg das mittlere Maximum der Lufttemperatur im Juli und August auf 3,8 bzw. 3,5 $^{\circ}$; absolute Maxima von 12 und 14 $^{\circ}$ wurden in 2 m Höhe gemessen und kamen sicherlich öfters auch in der bodennahen Luftschicht vor. Allerdings bremsen auch im „alpinen Hochsommer“ vom Juli bis September Fröste mehrfach die Assimilationstätigkeit, da die absoluten Minima immerhin im Bereich von -10 , -8 und -16° (September) lagen. Wir wollen für die Gipfelregion am Sonnblick etwa 30 bis 50 Tage alpine Vegetationszeit rechnen, auch ohne das Mikroklima im einzelnen zu kennen. Aus den Klimadiagrammen (Abb. 9 und 10) geht immerhin hervor, daß innerhalb 92 Sommertagen vom 1. Juli bis Ende September im Mittel an 55 Tagen Niederschlag fiel, noch an 46 Trübtagen die Einstrahlung sehr herabgesetzt war und in dieser Periode nur acht heitere Tage mit voller Einstrahlung auftraten. Diese acht heiteren Tage und etwa 38 Tage mit Wechselwetter ergaben bei Berücksichtigung kurzzeitiger Schneebedeckungen also rund 40 für ergiebigere Stoffproduktion günstige Tage.

Wir ermittelten auch das Wärmeangebot in den einzelnen Höhenstufen (Tabelle 2, Abs. d). Setzen wir die Temperatursumme (= Summe aller in 2 m Höhe gemessenen Tagesmittel) vom 1. Juli bis 30. September in Innsbruck gleich 100 % (= 1517 $^{\circ}$), so sinkt die Temperatursumme und damit das Wärmeangebot in Rinn auf 84 %, am Patscherkofel auf 50 % und wird in Weißfluhhöhe gerade noch 27 % (= 412 $^{\circ}$). Am Sonnblick beträgt die Temperatursumme in 2 m Höhe allerdings knapp 5 %. Dieser zahlenmäßig so gering scheinende Wärmegenuß wird aber an windruhigen, mäßig bewölkten Tagen in der bodennahen Luftschicht sicherlich größer gewesen sein. Wir veranschlagen ihn analog zur geschilderten Temperaturverteilung auf etwa 20 bis 30 % der Talwerte.

Die Globalstrahlung und die Beleuchtungsstärke waren in 3000 m Höhe allerdings wesentlich größer als im Tal. Mehrere Vergleichsmessungen zeigten, daß im Talbereich an Regentagen nur mehr Schwachlicht von 2000 bis 10.000 Lux die Wolken durchdrang und im Hochgebirge bei gleicher Wettersituation immerhin noch 5000 bis 30.000 Lux gemessen werden konnten.

Tabelle 1 erläutert die durchschnittliche Strahlungsverteilung in der Periode 1951 bis 1960 monatsweise für Wien, Innsbruck und Weißfluhjoch, Tabelle 2 für Sonnblick und Patscherkofel in der Zeit von 1958 bis 1964. Es war leider nicht möglich,

auch Sonnblickwerte von 1951 bis 1957 zu erhalten, da am Sonnblick erst seit 1958 mit Sternpyranometern gemessen wird und auch drei Jahre Strahlungsmessung von Obergurgl mit vier Meßjahren Patscherkofel zur 2000-m-Gruppe zusammengefaßt werden mußten. Vergleicht man die uns unmittelbar interessierenden Globalstrahlungssummen vom Juli bis September (Tabelle 2 c), so sieht man, daß die Einstrahlung in Wien um rund 4 % geringer als in Innsbruck war, am Sonnblick um 0,5 % größer, am Patscherkofel um 1,5 % größer als in Innsbruck und am Weißfluhjoch in streng vergleichbarer Periode sogar um 16,5 % größer als in Innsbruck. Berechnet und vergleicht man die Jahreseinstrahlung, so erhielt Wien nur durchschnittlich 87 % der Strahlung von Innsbruck, der Patscherkofel und Obergurgl etwa 108 %, der Sonnblick 114 % und das Weißfluhjoch 137 % der Strahlung von Innsbruck.

Unserer Meinung nach wird die temperaturerhöhende Wirkung der kräftigen Hochgebirgsstrahlung im Mittel aller Tage doch etwas überschätzt, da die meisten biologischen Beobachtungen aus 3000 m Höhe von Schönwettertagen oder Wechselwettertagen stammen. Winkler hatte 1962, um weitere vage Erörterungen zu vermeiden, im Laboratorium bei 16.000 und 50.000 Lux Einstrahlung (0,7 cal/cm²/min) die Lufttemperatur und die Nadeltemperatur von Fichten und Latschen, die Blattertemperatur von Gletscherhahnenfuß und feuchten Rasenstücken bei Windstille und zunehmender Belüftung gemessen. Die Nadel- und Blattertemperaturen stiegen bei völliger Windstille rasch an, und die Assimilationsorgane erwärmten sich um 5 bis 12° über die Lufttemperatur. Bei Belüftung mit Schwachwind (0,8 m/sek) sank die Überwärmung bereits auf ein Viertel (rund 3 Grad) ab, bei 1 m/sek auf 15 % und bei 3 m/sek Wind auf 7 bis 3 % des Anfangswertes. Die Überwärmung der Assimilationsorgane wird also schon bei mittleren Windgeschwindigkeiten von 3 m/sek sehr herabgesetzt und bei 5 m/sek schon praktisch aufgehoben.

Entnehmen wir aus Abb. 8 und 9 die mittlere sommerliche Windgeschwindigkeit vom Weißfluhjoch (= rund 4 m/sek) und vom Sonnblick (= 5 bis 6 m/sek), so können wir uns vorstellen, daß an windoffenen Standorten, in Gratnähe und im Gipfelbereich von der Überwärmung oft wenig übrigbleibt. Nur wenn die Pflanzen in Nischen geschützt, schneefrei und voll besonnt stehen und die mittlere Windgeschwindigkeit hier auf ein Drittel und weniger der freien Windgeschwindigkeit absinkt, kann eine biologisch förderliche Überwärmung über die Lufttemperatur auftreten.

Die 3100 m hoch gelegene Schrankogelmulde bot nun gute Gelegenheit, bisher an Sonnblickwerten orientierte Vorstellungen vom hochalpinen Klima zu überprüfen, zu bestätigen oder zu ergänzen. Die sturmfest verankerte Kleinwetterhütte stand hier direkt in einem offenen Teppich von Gletscherhahnenfuß, Gletschernelkenwurz, Alpengelbling, Ruhrkraut, Moossteinbrech und Alpenstraußgras und registrierte mittels Thermographen die Temperaturverhältnisse in der bodennahen Luftschicht. Allwöchentliche Besuche lieferten 1963 zahlreiche Daten von

*Tabelle 1: Strahlungsverhältnisse in Tallagen und Hochlagen
Globalstrahlungssumme in cal/cm², Monats- bzw. Tagesmittel*

		Winterhalbjahr											
		Jänner	Februar	März	April	November	Dezember	Winterhalbjahr					
		Sommerhalbjahr											
		Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Sommerhalbjahr					
a) Periode 1951 bis 1960													
Wien													
Monatsmittel	2.110	3.524	6.532	9.911	2.154	1.501	25.732						
Tagesmittel	68	125	211	330	72	49	74,1						
%	68,3	71,3	71,0	85,0	62,6	62,6	74,1						
Innsbruck													
Monatsmittel	3.089	4.942	9.202	11.657	3.444	2.397	34.731						
Tagesmittel	100	175	297	388	115	77	100						
%	100	100	100	100	100	100	100						
Weißfluhjoch													
Monatsmittel	5.678	8.169	13.722	18.007	5.951	4.593	56.120						
Tagesmittel	183	289	443	600	198	148	161,6						
%	183,8	165,3	149,1	154,4	172,8	191,6	161,6						
b) Periode 1951 bis 1960													
Wien													
Monatsmittel	13.156	13.565	14.003	12.618	8.870	5.434	67.646						
Tagesmittel	424	452	452	407	296	175	87,1						
%	90,1	95,4	96,8	99,1	89,7	82,4	93,3						
Innsbruck													
Monatsmittel	14.600	14.225	14.471	12.731	9.896	6.595	72.518						
Tagesmittel	471	474	467	411	330	213	100						
%	100	100	100	100	100	100	100						
Weißfluhjoch													
Monatsmittel	20.840	18.148	17.590	14.068	11.562	9.108	91.316						
Tagesmittel	672	605	567	454	386	294	147.436						
%	142,7	127,6	121,6	110,5	116,8	138,1	125,9						

Tabelle 2: Strahlungsvverhältnisse und Temperatursummen in Tal- und Hochlagen

a) Periode 1958 bis 1964 Sonnblick, 1957 bis 1963 Patscherkofel und Obergurgl zusammengefaßt											
Winterhalbjahr											
Sonnblick	Jänner	Februar	März	April	November	Dezember	Winterhalbjahr				
Monatsmittel	4.672	6.873	11.240	13.577	4.596	3.750	44.709 cal/cm ²				
Tagesmittel	151	244	363	453	153	121	= 112,2%				
Patscherkofel + G.											
Monatsmittel	3.931	5.673	10.184	12.765	4.095	3.197	39.845 cal/cm ²				
Tagesmittel	127	201	328	426	136	103	= 100%				
b) Periode 1958 bis 1964 Sonnblick, 1957 bis 1963 Patscherkofel und Obergurgl zusammengefaßt											
Sommerhalbjahr											
Sonnblick	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Sommerhalbjahr J a h r				
Monatsmittel	16.290	14.731	14.167	12.172	10.943	7.652	75.955 120.664				
Tagesmittel	525	491	457	393	365	247	= 102,4% = 105,8%				
Patscherkofel + G.											
Monatsmittel	14.244	14.767	14.569	12.816	10.257	7.554	74.207 114.052				
Tagesmittel	459	492	470	413	342	244	= 100% = 100%				
c) Global-Strahlungssumme in den Hochsommermonaten VII + VIII + IX im Mittel:											
Wien (1951 bis 1960)	35.491 cal/cm ² 95,7 %										
Innsbruck (1951 bis 1960)	37.098 cal/cm ² 100 %										
Patscherkofel + Obergurgl (1957 bis 1963)	37.642 cal/cm ² 101,5 %										
Sonnblick (1958 bis 1964)	37.282 cal/cm ² 100,5 % alpine Vegetationszeit										
Weißfluhjoch (1951 bis 1960)	43.220 cal/cm ² 116,5 % alpine Vegetationszeit										
d) „Temperatursumme“ in den Hochsommermonaten VII + VIII + IX (Mittelwert 1951 bis 1960)											
Innsbruck (582 m)	1517 ⁰ = 100 % Patscherkofel (2045 m) 762 ⁰ = 50,2 %										
Rinn (900 m)	1275 ⁰ = 84,0 % Weißfluhjoch (2667 m) 412 ⁰ = 27,2 %										
	Sonnblick (3106 m) 74 ⁰ = 4,9 %										
(„Temperatursumme“ gebildet aus Tagesmitteln der Lufttemperatur in 2 m Höhe zur Abschätzung des Wärmeangebots!)											

Bodentemperatur, Blattemperatur, Licht- und Schneeverhältnissen. In den Jahren 1963 bis 1965 konnten in insgesamt 30 Besuchen auch zahlreiche ökologische und phänologische Daten von der Ausaperung bis zum endgültigen Einschneien erhoben werden, worüber W. Moser in einer ausführlichen Arbeit berichten wird. Wir konnten aus der sechzigstägigen Temperaturregistrierung im Durchschnittsjahr 1963 (Abb. 2) entnehmen, daß in der Nacht am Sonnblick und auch in der gleich hoch gelegenen Schrankogelmulde ähnliche rauhe Temperaturen herrschten. Tagsüber lagen aber die Temperaturen in der bodennahen Luftschicht besonders gegen Mittag im Bereich der 2-m-Werte vom Weißfluhjoch, woraus wir ja bereits die thermische Besserstellung der bodennahen Luftschicht abgeleitet haben (S. 128). Wie W. Mahringer (1966) mitteilte, erreichten am Sonnblicksüdhang schräggeneigte Steinplatten im Juli und August Temperaturen von 26 bis 33 Grad.

Unsere Schrankogelversuchsmulde war ein relativ windarmer Standort, da vorstehende Felsengiebel Hangaufwinde steil emporleiteten und nur Fallwinde frei zugreifen konnten. Mehrere Anemometermessungen ergaben an verschiedenen Tagen zum Beispiel in 2 m Höhe noch Windgeschwindigkeiten von 4, 3, 2,8 und 1 m/sek, welche in der bodennahen Luftschicht auf 1,5, 1,4 1,0 und 0,3 m/sek absanken.

Wir wollen aus der Fülle der mikroklimatologischen Einzelmessungen auch mit einigen typischen Beobachtungen von Klartagen, Wechselwettertagen und Trübtagen zeigen, wie Strahlung, Wind und Blattemperatur zusammenwirken.

1. Temperaturverhältnisse bei 10% bis 30% Bewölkung

Datum	Uhrzeit	Windgeschwindigkeit	Temperatur in der bodennahen Luftschicht	Blattemperatur	Überwärmung
29. 7. 1963	12.00	fast windstill	11,5 ⁰	19,0 ⁰ —21,9 ⁰	7,5 ⁰ —10,4 ⁰
5. 8. 1963	11.30	Windstille	12,0 ⁰	19,1 ⁰	7,1 ⁰
	12.00	Zug (2 m/sek)	12,0 ⁰	16,0 ⁰	4,0 ⁰
26. 8. 1963	13.00	4 m/sek Wind	15,0 ⁰	14,8 ⁰ —15,3 ⁰	—0,2 ⁰ —+0,3 ⁰
	14.00	1,5 m/sek	15,0 ⁰	17,0 ⁰ —17,6 ⁰	2,0 ⁰ — 2,6 ⁰
	15.00	Windstille	15,0 ⁰	21,0 ⁰ —23,0 ⁰	6,0 ⁰ — 7,0 ⁰
1. 9. 1963	9.00	1 m/sek	4,5 ⁰	4,5 ⁰	0 ⁰
	9.30	Windstille	5,5 ⁰	10,0 ⁰ —16,0 ⁰	4,5 ⁰ —10,5 ⁰

2. Bewölkung 80%

12. 8. 1963	10.00	2 m/sek	12,5 ⁰	12,6 ⁰ —13,1 ⁰	0,1 ⁰ — 0,6 ⁰
-------------	-------	---------	-------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

Wenn Windruhe herrschte oder der Hangwind in Bodennähe stark gebremst wurde, gelang es den Pflanzen meist, täglich einige Stunden lang in günstigem Temperaturbereich von 5 bis 15 oder mehr Grad zu assimilieren. Moser fand in

1951 - 1960

VEGETATIONSZEIT IN ZENTRALALPINER LAGE

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
INNSBRUCK 582 m	Sommertage				0,4	6	10	14	13	5				48,8 Sommertage	
	Frost-tage (2m)	28	22	13	4,5	0,5	171	Tage frostfrei (2m)	-II-	0,1	4,2	15	23	111,2 FROSTTAGE	
	absolutes MINIMUM (2m) Schneedecke	-17,6	-26,9	-12,0	-3,9	-2,0	0,6	4,2	4,7	-0,2	-4,7	-14,4	-15,0	=280-310 ^d Konif. 170 ^d VEG.ZEIT (200)	
		Vegetationszeit der immergrünen KONIFEREN													
		VEGETATIONSZEIT KRAUTIGER PFLANZEN													
RINN 900 m	Sommertage					1	3	6	5	2				~17 ^d	
	Frost-tage (2m)	29	24	18	10	2	0,5	145	Tage frostfrei (2m)	-II-	0,5	8	17	27	136 FROSTTAGE
	absol. MINIM. (2m) Schneedecke	-18,3	-27,5	-15,8	-8,0	-5,5	-0,5	1,1	2,5	-2,5	-6,5	-15,5	-13,5	=250-270 ^d Konif. 145 ^d VEG.ZEIT (180)	
		Vegetationszeit der immergrünen Koniferen													
		VEGETATIONSZEIT KRAUTIGER PFLANZ.													
PATSCHER-KOFEL 2045 m	FROST-TAGE (2m)	30	27	28	23	14	4	1	1	5	14	23	29	199 FROSTTAGE	
	absol. MINIM. (2m) Schneedecke	-23,1	-28,8	-18,7	-14,4	-11,7	-6,6	-2,7	-0,8	-7,5	-9,8	-16,4	-17,5	=150-170 ^d Kon. 120 ^d Veg.zeit	
			VEGETATIONSZEIT DER IMMERGR. KONIFEREN												
		VEGETZEIT KRAUTIGER PFLANZEN												=188 ^d ☒	
WEISSFLUH-JOCH 2667 m	FROST-TAGE	31	28	31	29	20	10	6	5	8	19	28	31	246 Frosttage	
	absol. MINIM. (2m) Schneedecke	-27,2	-29,7	-23,4	-20,9	-15,4	-9,4	-5,3	-5,5	-12,6	-14,5	-19,9	-21,6	70-80 ^d Veg.zeit	
			70 bis 80 Tage alpine Vegetationszeit												
														260 ^d ☒	
SONNBLICK 3106 m	absol. Maximum FROST-TAGE (2m)	2,4	2,1	1,7	5,0	7,5	8,8	14,2	12,0	9,8	6,2	1,9	1,4	322 Frosttage	
	abs. MINIMUM (2m) Schneedecke	-31,0	-32,7	-28,8	-24,9	-20,0	-12,6	-10,0	-8,7	-16,0	-17,8	-24,7	-26,0	30-50 Tage hochalpine Veget.zeit	
			etwa 30 bis 50 Tage alpine Vegetat.zeit												
														340-360 ^d ☒	
		JAN.	FEB.	MÄRZ	APR.	MAI	JUNI	JULI	AUG.	SEPT.	OKT.	NOV.	DEZ.	Jahr	

Laboratoriumsversuchen, daß Gletschernelkenwurz und Gletscherhahnenfuß bei 30.000 bis 50.000 Lux und bei 10 bzw. 20⁰ Blattemperatur etwa 15 bis 20 mg CO₂/g. h bzw. 23 bis 35 mg CO₂ binden. A. Pisek berichtete 1963 vom Gletscherhahnenfuß, daß er etwa in 15 Assimilationstagen die Trockensubstanz für ein neues Blatt erarbeiten könnte. Allerdings kam die sonst ergiebige Photosynthese auch in der Hochsommerzeit in jedem Monat mehrmals bei scharfen Frösten (unter - 5 Grad) oder durch kurzfristiges Schlechtwetter mit Schneefall vorübergehend zum Stillstand.

Die Vegetationszeit begann am 10. Juli 1963 und reichte bis 25. September, dauerte also unter Abzug von 15 produktionshemmenden Frosttagen etwa 62 Tage. Im günstigen Jahre 1964 begann die Vegetationsperiode schon am 14. Juni, dauerte bis zum 15. September und hatte bei Frostberücksichtigung etwa 68 Tage für aktive Stoffproduktion zur Verfügung. Allerdings blieben auch hier im nassen und kalten Sommer 1965 kaum 31 Tage zwischen 20. Juli und 5. September als Vegetationszeit übrig. Auch 1965 blühten Gletscherhahnenfuß und Roßspeik schon 14 Tage nach der späten Ausaperung und fruchteten etwas spärlicher als sonst.

Im Vergleich zum Sonnblick macht die von etwa 2600 mm auf 1800 bis 2000 mm verringerte Niederschlagsmenge im Ötztaler Hochlagenbereich glaubhaft, daß hier die Pflanzengesellschaften in 3100 m Höhe schon oft vor Ende Juli ausapern. Dadurch steigt die Vegetationszeit von 30 bis 50 Tagen durchschnittlich auf 60 Tage, in günstiger Süd- oder Südwestlage auch auf knapp 70 Tage an.

Wir glauben, mit unserer bisherigen Arbeit das Makroklima der 3100-m-Zone vom Mai bis September ausreichend skizziert zu haben, und hoffen, mit der mikro-klimatologischen Schilderung der Schrankogelmulde weitere lokale Untersuchungen anzuregen.

Zusammenfassung:

Bei ökologischen Untersuchungen registriert man alle für die Fragestellung wichtigen meteorologischen Daten vollständig oder teilweise mit, findet aber im Alpenraum nur selten vollständige Vergleichsklimadaten aus den vergangenen Dekaden. In der Klimatographie von Österreich werden für die Normalperiode 1901 bis 1950 Temperaturwerte, Strahlungsdaten usw. bevorzugt für Talstationen mitgeteilt, während der hydrographische Teil dieser Veröffentlichungen noch immer nicht erschienen ist und Biologen sich mit den verschiedenen Veröffentlichungen des Hydrographischen Dienstes behelfen müssen.

1. Die Klimadiagramme (Abb. 4 und Abb. 10) bringen für Innsbruck und Sonnblick aus der geschlossen durchgerechneten Periode 1901 bis 1950 die biologisch wichtigen Angaben.

2. Im Rahmen eines zentralalpinen Höhenprofils hat Winkler aus den meteorologischen Einzelunterlagen der Jahre 1951 bis 1960 für Innsbruck, Rinn, Patscherkofel, Weißfluhjoch und Sonnblick die wichtigsten Mittelwerte von Niederschlag,

Lufttemperatur (mit Extremen), Frostverteilung, Sonnenscheindauer und Strahlung errechnet und in den Abbildungen 5 bis 9 dargestellt.

Sie sollen das mühsame Ermitteln meteorologischer Vergleichswerte im zentralen Teil Tirols erleichtern und Richtwerte für die einzelnen Höhenstufen liefern, welche bei Bedarf in Tallagen und besonders in Hochlagen durch Messungen im Mikroklimaraum erweitert werden müssen.

3. Wir haben die für Agrarier, Botaniker, Forstleute, Zoologen usw. wissenswerte Vegetationszeit in Abbildung 3 graphisch im Zusammenhang mit der Zahl und der Tiefe der Fröste dargestellt und die in Hochlagen über 2000 m auch im Sommer entscheidenden Schneedeckenverhältnisse berücksichtigt. Die Vegetationszeit betrug in der Periode 1951 bis 1960 in Lagen

um 600 m	170 (bis 200) Tage	} (frostfreie Zeit!)
um 900 m	145 (bis 180) Tage	
um 2000 m	120 (bis 140) Tage	(mit Einzelfrösten!)
um 2700 m	70 (bis 80) Tage	(immer Frost möglich!)
um 3100 m	30 (bis 50 [70]) Tage	(immer Frost möglich!)

Mittelwerte

4. Die Vegetationszeit der immergrünen Koniferen (Fichte, Zirbe) währte etwas länger (siehe Seite 126) und dauerte in Höhen

um 600 m	280 bis 310 Tage
um 900 m	250 bis 270 Tage
um 2000 m	150 bis 170 Tage (Waldgrenze)

5. Oberhalb der Waldgrenze und besonders an der Grenze der Blütenpflanzenvegetation werden in 3100 bis 3300 m Standortsunterschiede sehr beachtlich, so daß neben Rahmenbetrachtungen stets Mikroklimabeobachtungen und noch besser Mikroklimaregistrierungen nötig sind.

W. Moser hat diese schwierigen Messungen drei Sommer lang bei jeder Witterung in der Schrankogelmulde durchgeführt. Die Vegetationszeit eines Gletscherhahnenfußbestandes dauerte hier in 3100 m Höhe im Durchschnittsjahr 1963 62 Tage, im günstigen Jahr 1964 immerhin 68 Tage und sank im Extremjahr 1965 auf 31 Tage ab.

Wir haben das Mikroklima und besonders die Temperaturverhältnisse in Abb. 1 und Abb. 2 und auf den Seiten 128 bis 137 geschildert und betonen, daß im schnee-reicheren Sonnblickgebiet und in den Ötztaler Alpen oft auch mit noch ungünstigeren Standorten gerechnet werden muß.

JNNSBRUCK 582 m 1906-1955

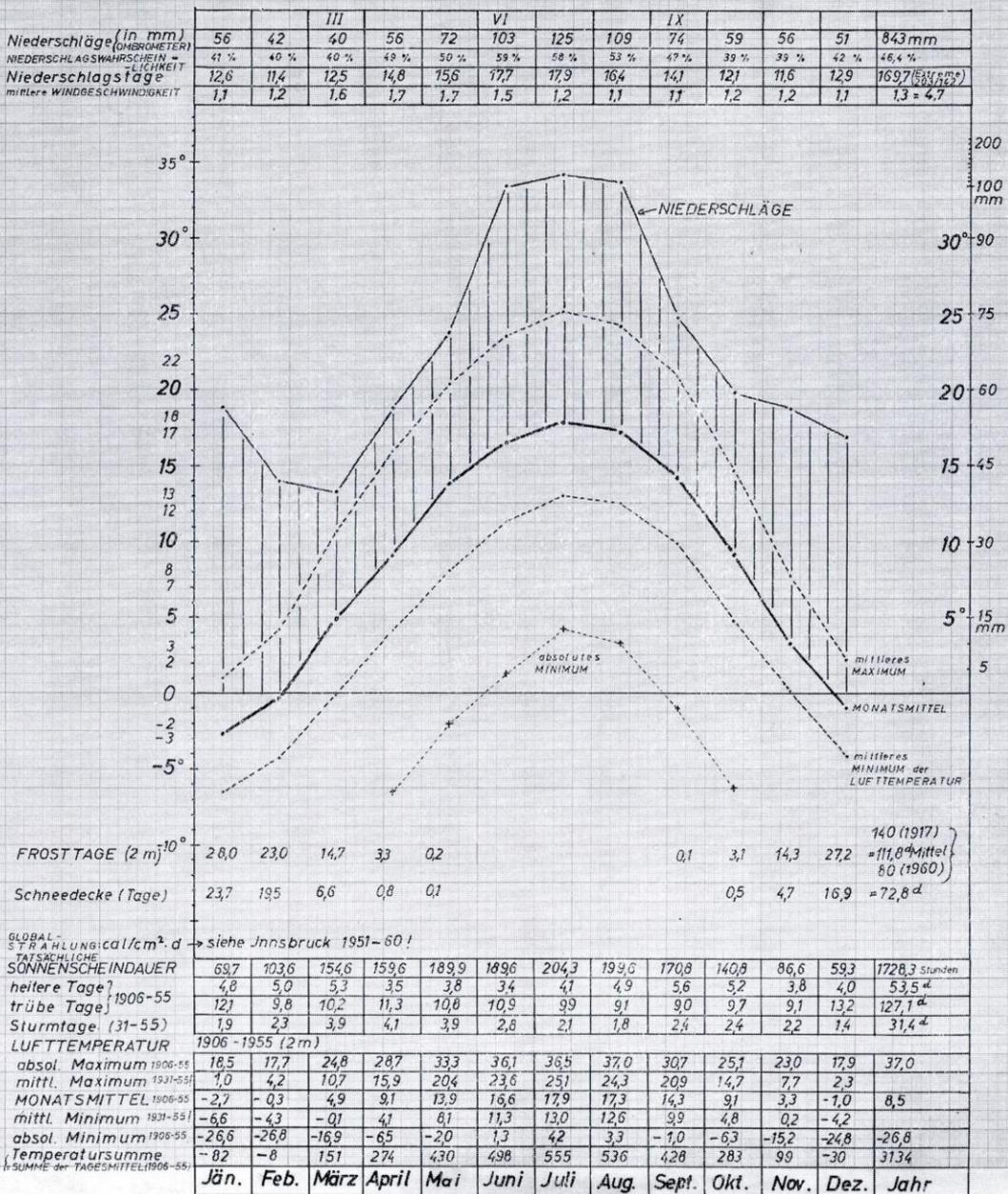
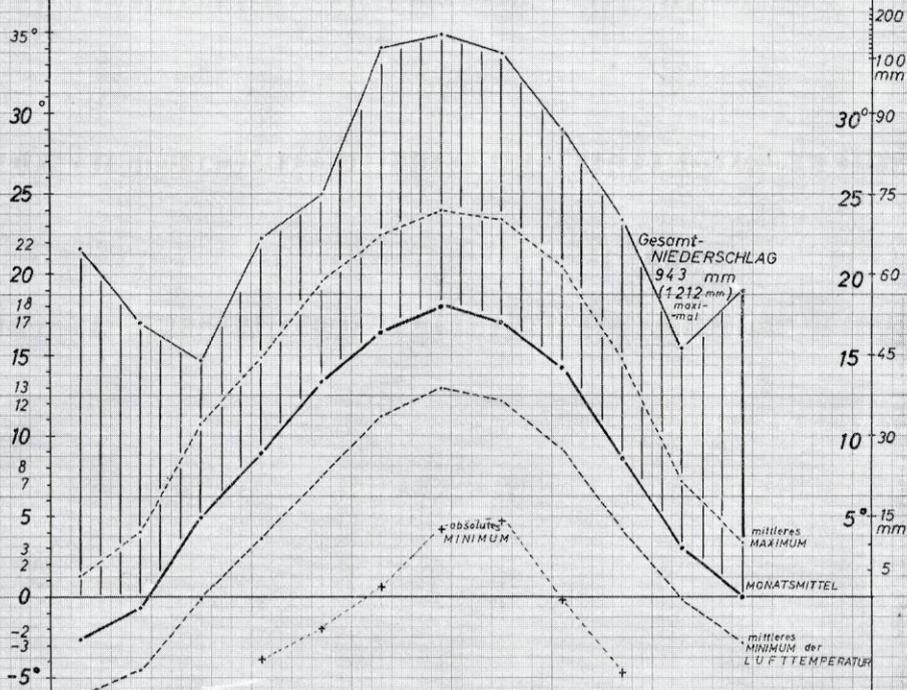


Abb. 4: Klimadiagramm von Innsbruck 1906-1955 (Klima der Talsohle)

INNSBRUCK 582 m 1951 - 1960

Niederschläge (in mm) (Om brometer)	65	51	44	67	75	121	148	112	87	70	46	57	943 mm
Niederschlagstage	12,7	12,6	11,9	13,0	15,2	20,2	18,6	17,8	13,7	12,6	11,7	13,2	173,1
mittlere WINDGESCHWINDIGKEIT	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3 m/sec.



TAGE mit SÜDFÖHN	24	3,0	6,8	5,9	4,7	4,4	2,0	4,1	40	4,2	3,7	3,2 = 48,4 ^d	
FROSTTAGE (2m) (5cm)	28,3	21,9	13,4	4,5	0,5				0,1	4,2	15,1	23,2 = 111,2 ^d	
Schneedecke	*	*	*	*					0,6	9,5	20,5	26,8 = 145,5 ^d	
GLOBAL - -II - . may	3089	494,2	920,2	1165,7	1460,0	1422,5	1447,1	1273,1	989,6	659,5	344,4	239,7 = 107,249	
Strahlung cal/cm ² d	100	17,5	29,7	38,8	47,1	47,4	46,7	41,1	33,0	21,3	11,5	7,7	
SÖNNENSCHEINDAUER	7,7	10,7	16,4	17,1	19,2	17,1	20,1	20,2	18,6	15,0	9,0	7,0	
heilere Tage	3,7	3,5	4,6	3,6	2,5	2,0	3,0	4,1	5,6	5,0	3,7	6,2	
trübe Tage	12,1	12,3	11,0	11,9	11,2	13,4	11,2	10,0	8,7	10,5	13,0	12,5	
Sturmtage B ≥ 6	3,1	3,3	5,7	4,1	4,2	5,7	2,9	4,1	3,4	4,1	3,6	3,2	
LUFTEMPERATUR °C (2m)	1951 - 1960												
absol. Maximum	13,5	17,5	24,8	26,5	31,8	33,4	36,9	34,5	30,3	24,3	19,3	17,9	36,9°
mittl. Maximum	1,3	4,0	10,8	14,8	19,7	22,5	24,0	23,4	20,6	14,7	7,2	3,4	
MONATSMITTEL	-2,6	-0,7	4,9	8,9	13,4	16,4	18,0	17,1	14,3	8,7	3,1	0,0	8,5°
mittl. Minimum	-6,2	-4,7	-0,1	3,7	7,5	11,2	12,9	12,2	9,3	4,3	-0,2	-2,9	
absolut. Minimum	-17,6	-26,9	-12,0	-3,9	-2,0	0,6	4,2	4,7	-0,2	-4,7	-14,4	-15,0	-26,9°
Temperatursumme	-8,1	-2,0	15,2	26,7	41,5	49,2	55,8	53,0	42,9	27,0	9,3	0,6	310,6
	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr

Abb. 5: Klimadiagramm von Innsbruck, 582 m, 1951-1960

RINN 900 m 1951-1960

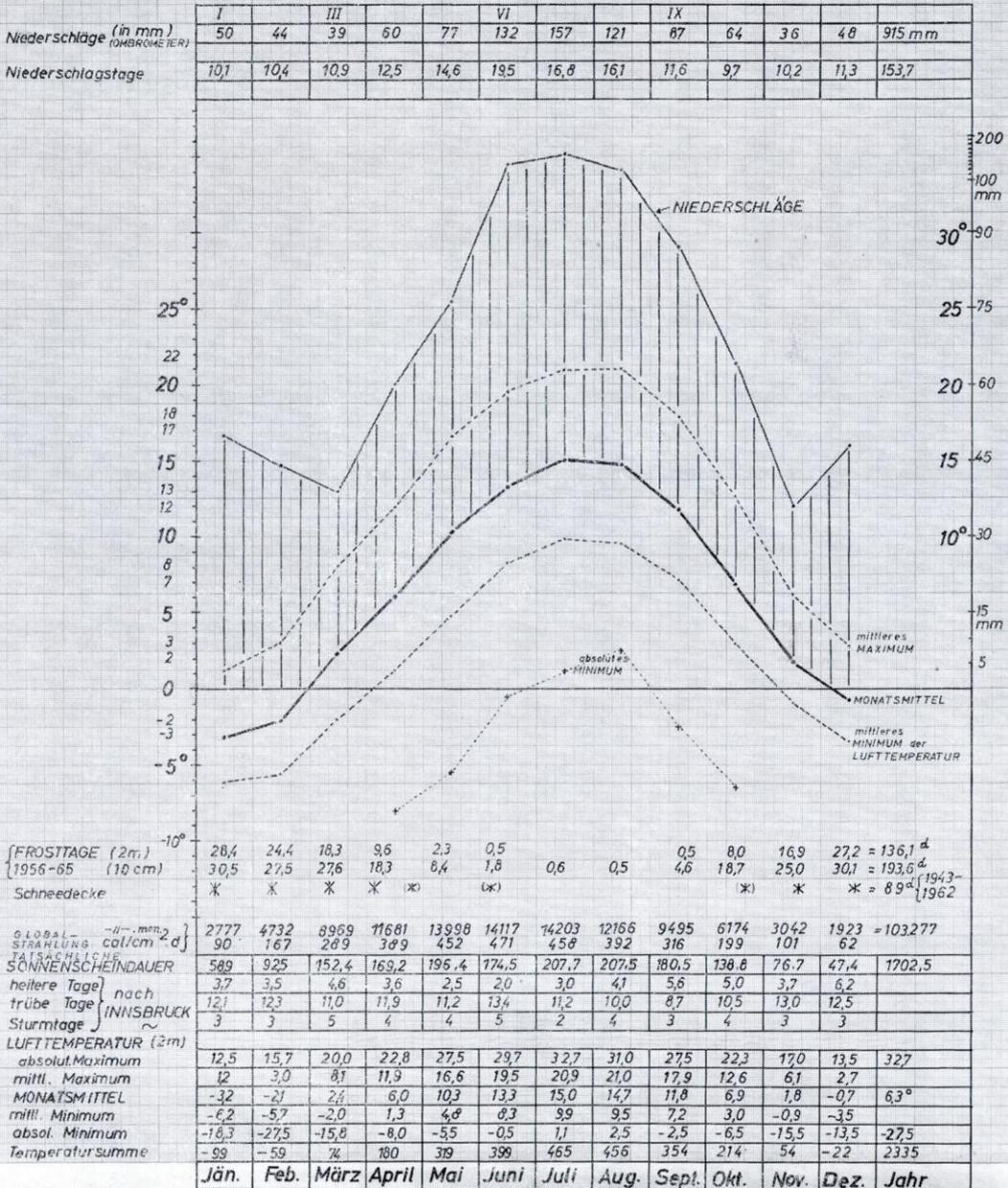
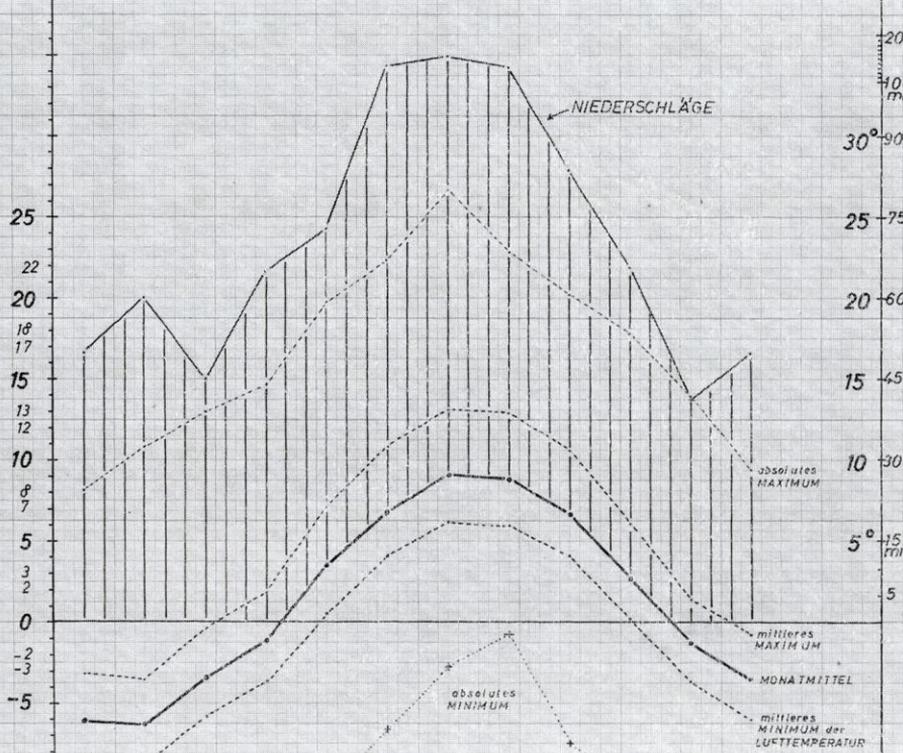


Abb. 6: Klimadiagramm von Rinn, 900 m, 1951-1960 (Hochterrassenklima)

PATSCHERKOFEL 1951-1960 2045 m

Niederschläge (in mm) <small>(ZUMBERGHEITER)</small>	50	60	45	65	73	136	151	129	84	66	43	50	951 mm
Niederschlagstage <small>mittlere Windgeschwindigkeit</small>	14,1	13,6	13,7	14,5	16,4	20,2	18,7	17,8	13,9	12,4	10,5	12,6	17,8,4
	4,5	4,6	4,7	4,1	4,0	3,6	3,4	3,5	3,7	4,3	4,6	4,4	4,1 inf. ser.



FROSTTAGE (2m) Eistage (Max. < 0°)	30,6	26,9	28,2	23,2	13,6	35	0,9	0,5	5,0	13,9	23,4	20,8 = 198,5 ^d	
	20,7	20,5	15,5	10,5	2,5	0,3	0,2	0,0	0,3	4,0	9,4	17,6 = 101,3 ^d	
Schneedecke	*	*	*	*	* (*)				(*)	*	*	* = 188 ^d	
GLOBAL STRAHLUNG <small>SITRAHLUNG, tats. SÖNNENSCHEINDAUER</small>	4251	6008	10217	11982	13820	15338	15302	13672	10598	8161	4631	3882 = 1179,22 ^h	
	137	213	330	400	446	511	494	441	353	263	156	125 = 1960-1863 ^h	
heitere Tage	46	44	44	32	1,5	1,0	2,6	3,4	6,4	8,0	4,9	5,2 = 496	
trübe Tage	82	91	97	11,7	11,0	12,4	11,7	9,2	8,3	8,7	81	7,9 = 116,0	
Sturmtage	8	8	7	5	7	7	5	5	6	0	9	10 = 85	
LUFTEMPERATUR (2m)													
absol. Maximum	8,1	10,8	13,0	14,7	19,8	22,4	26,7	22,9	20,3	17,9	14,0	9,4 = 26,7	
mittl. Maximum	-3,2	-3,6	-0,4	1,9	7,1	10,9	13,1	12,9	10,6	6,1	1,3	-0,8	
MONATSMITTEL	-6,1	-6,3	-3,4	-1,1	3,5	6,9	9,1	8,9	6,8	2,7	-1,3	-3,5 = 1,3	
mittl. Minimum	-8,8	-8,8	-5,9	-3,6	0,6	4,1	6,2	6,0	4,1	0,2	-3,7	-6,0	
absol. Minimum	-23,1	-28,8	-18,7	-14,4	-11,7	-6,6	-2,7	-0,8	-7,5	-9,8	-16,4	-17,5 = -28,8	
Temperatursumme	-189	-178	-105	-33	108	207	282	276	204	84	-39	-109 = 508	
	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr

Abb. 7: Klimadiagramm vom Patscherkofel, 2045 m, 1951-1960 (etwa Klima der zentralalpine Waldgrenze und Baumgrenze)

WEISSFLUHJOCH 2667 m 1951-1960

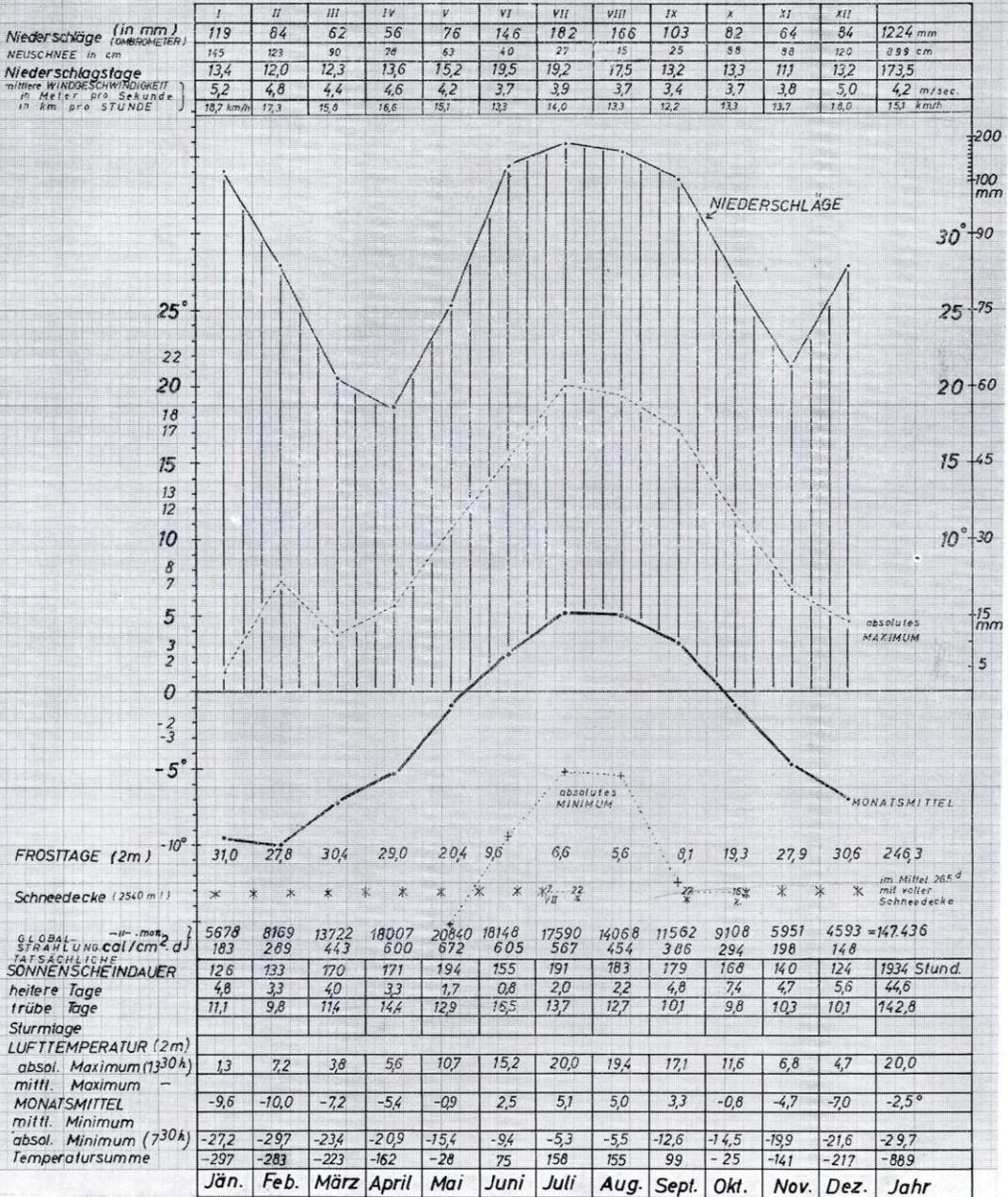


Abb. 8: Klimadiagramm vom Weißfluhjoch, 2667 m, 1951-1960 (Hochlagenstation oberhalb von Davos, Schweiz)

SONNBLICK 1951-1960

3106 m

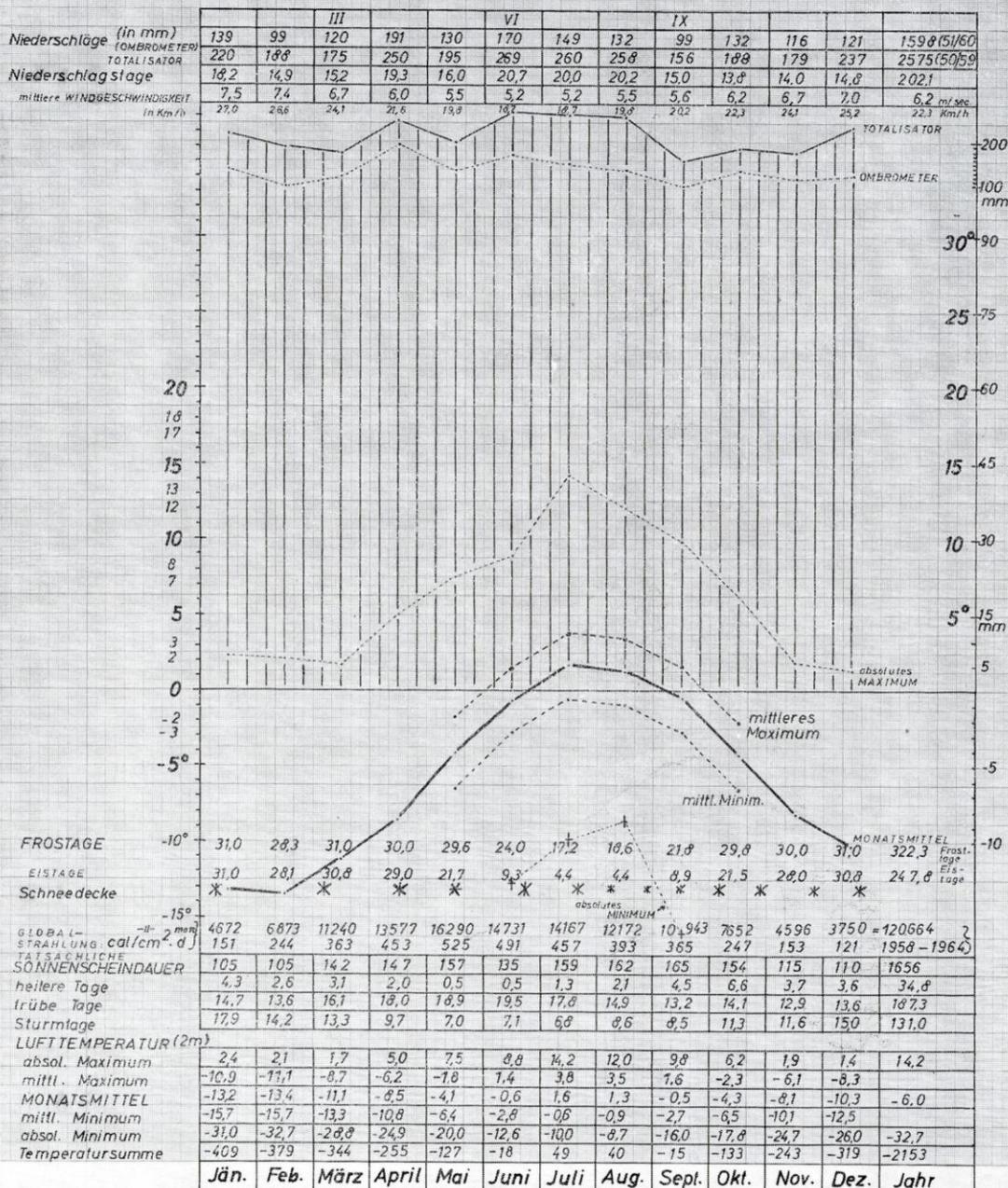


Abb. 9: Klimadiagramm vom Sonnblick, 3106 m, 1951-1960 (hochalpine Gipfelstation)

SONNBLICK 3106 m 1901-1950

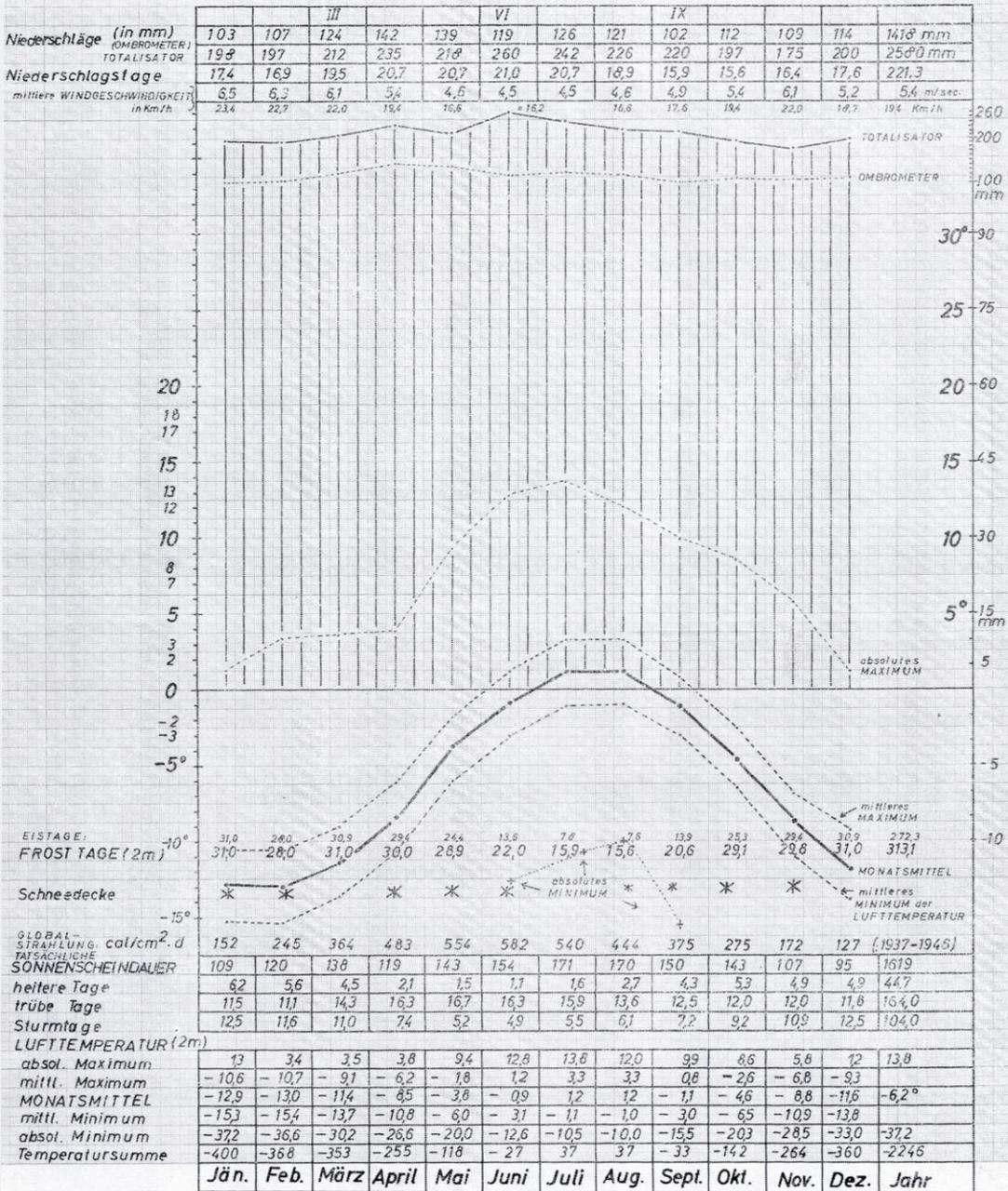


Abb. 10: Klimadiagramm vom Sonnblick, 3106 m, 1901-1950 (Normalperiode der niederschlagsreichen Tauerngipfelstation)

Literaturverzeichnis

- Aulitzky, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpinen Hanglage. Archiv Met., Geoph. Biokl. B 10, S. 445 bis 532 (1960).
- Cartellieri, E.: Über Transpiration und Kohlensäureassimilation an einem hochalpinen Standort. Hölder-Pichler-Tempsky, Wien (1940).
- Hoinkes, H.: Neue Niederschlagszahlen aus den zentralen Ötztaler Alpen. 49. und 50. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins für die Jahre 1951 und 1952. S. 19 bis 27 (1954).
- Über die Schneumlagerung durch den Wind. 51. bis 53. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins für die Jahre 1953 bis 1955. S. 27 bis 32 (1957).
- und Lang, H.: Über Niederschlag und Abfluß im Gebiet des Hintereisferners; 1957/58 und 1958/59. Wetter und Leben, Sd.-Heft IX (1961).
- Winterschneedecke und Gebietsniederschlag 1957/58 und 1958/59 im Bereich des Hintereis- und Kesselwandferners (Ötztaler Alpen). Arch. f. Meteor., Bd. 11 (1962).
- Hydrographisches Zentralbüro, Wien: Die Lufttemperatur in Österreich (1951).
- Die Niederschlagsverhältnisse in Österreich (1952).
- Lange, O. L.: Der CO₂-Gaswechsel von Flechten bei tiefen Temperaturen. Planta (Berlin). 64. S. 1 bis 19 (1965).
- Lauscher, F.: Lufttemperatur in Klimatographie von Österreich. Springer-Verlag, Wien (1960).
- Die Totalisatorennetze Österreichs. 54. bis 57. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins. S. 3 bis 19 (1961).
- Mahringer, W.: Untersuchungen von Boden- und Felstemperaturen auf dem Hohen Sonnblick (3100 m). 60. bis 62. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins. S. 17 bis 31 (1966).
- Mayr, E.: Die Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Rinn. Schlern-Schriften 145. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck (1956).
- 25 Jahre Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Rinn. Schlern-Schriften 236. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck (1964).
- Moser, W.: Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Photosynthese sowie Frost- und Hitzeresistenz der Blätter von drei Hochgebirgspflanzen (*Ranunculus glacialis*, Geum oder *Sieversia reptans*, *Oxyria digyna*). Dissertation Univ. Innsbruck (1965).
- Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn. Bd. I, 1960. Bd. II, 1963, mit Beiträgen von Aulitzky H., Holzer K., Friedel H., Prutzer E., Tranquillini W. und Turner H.
- Pisek, A.: An den Grenzen des Pflanzenlebens im Hochgebirge. Jahrbuch des Vereines zum Schutze der Alpenpflanzen und -tiere München; 28. Band (1963).
- und Winkler, E.: Assimilationsvermögen und Respiration der Fichte (*Picea excelsa* Link) in verschiedener Höhenlage und der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der alpinen Waldgrenze. Planta (Berlin) 51, S. 518 bis 543 (1958).
- Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* Link), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Planta (Berlin) 53, S. 532 bis 550 (1959).
- Reiter, E.: Klima von Innsbruck 1931 bis 1955 (Anhang 1956 und 1957), Statistisches Amt der Landeshauptstadt Innsbruck (1958).
- Roller, M.: Totalisatorenbeobachtungen im Sonnblickgebiet im Zeitraum 1927 bis 1959. 54. bis 57. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins. S. 58 bis 65 (1961).
- Sauberer, F., und Dirmhirn, I.: Das Strahlungsklima in Klimatographie von Österreich. Springer-Verlag, Wien (1958).
- Steinhauser, F.: Klimatabelle für den Sonnblick (3106 m) 1901 bis 1950. 49. und 50. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins. S. 56 bis 60 (1954).
- Sonnenschein. Klimatographie von Österreich. Springer-Verlag, Wien (1958).
- Tollner, H.: Wetter und Klima im Gebiete des Großglockners. Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt (1952).
- Tranquillini, W.: Standortsklima, Wasserbilanz und CO₂-Gaswechsel junger Zirben (*Pinus cembra* Link) an der alpinen Waldgrenze. Planta (Berlin) 49, S. 612 bis 661 (1957).

- Turner, H.:* Maximaltemperaturen oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. Wetter und Leben. 10. Jg., S. 1 bis 11 (1958).
- Über das Licht- und Strahlungsklima einer Hanglage der Ötztaler Alpen bei Obergurgl und seine Auswirkung auf das Mikroklima und auf die Vegetation. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 8, S. 273 bis 325 (1958).
- Walter, H., und Lieth, H.:* Klimadiagramm – Weltatlas, VEB. Gustav Fischer, Jena 1960.
- Winkler, E.:* Klimatelemente für Innsbruck (582 m) und Patscherkofel (1909 m) im Zusammenhang mit der Assimilation der Fichten in verschiedenen Höhenlagen. Veröff. Museum Ferdinandeum, Innsbruck (1957).
- Assimilationsvermögen, Atmung und Erträge der Kartoffelsorten Oberarnbacher Frühe, Planet, Lori und Agnes im Tal (610 m) und an der Waldgrenze bei Innsbruck und Vent (1880 bzw. 2014 m). Flora 151, S. 621 bis 662 (1961).
 - Der Einfluß von Mikroklima, Bewässerung und Anbauweise auf Stauden- und Kartoffelproduktion verschiedener Kartoffelsorten in zentralalpinen Hochlagen Tirols. Wetter und Leben. 14. Jg., S. 139 bis 158 (1962).
 - Beiträge zur Klimatologie hochalpiner Lagen der Zentralalpen. Festschrift Helmut Gams in Berichten des Naturwissenschaftlichen Medizinischen Vereines Innsbruck. 53. Band (1963).
 - Keimung und Ertrag von verschiedenen Maissorten in mittleren Höhenlagen Tirols (Innsbruck 600 m, Axams und Götzens 870 m) im Vergleich mit dem Maisertrag der Erde. Veröffentlichungen des Museums Ferdinandeum. Bd. 45, S. 149 bis 172 (1965).
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Jahrbücher 1951 bis 1964, Österreichische Staatsdruckerei.
- Zingg, Th.:* Beitrag zum Klima vom Weißfluhjoch. 1951 bis 1960 (Schneedecke 1941 bis 1960). Winterberichte des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (1959/60).

Anschrift der Verfasser:

Universitätsdozent Dr. Erich Winkler, Oberassistent am Institut für Allgemeine Botanik.

Dr. Walter Moser, Assistent am Institut für Allgemeine Botanik der Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Erich

Artikel/Article: [Die Vegetationszeit in zentralalpinen Lagen Tirols in Abhängigkeit von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen. 121-148](#)