

KLEINKLIMATISCHE VERGLEICHSMESSUNGEN AN ZWEI SUBALPINEN STANDORTEN

Herbert KRONFUSS

Einleitung

Nachdem auf dem WNW-Hang bei Obergurgl über der Waldgrenze auf Grund mehrjähriger kleinklimatischer Messungen klimaökologische Standortfragen weitgehend bearbeitet wurden, lag der Gedanke nahe, für weitere Standortserkundungen im Bereich der subalpinen Höhenstufe ein entwaldetes Hanggelände auszuwählen, welches hinsichtlich seiner orografischen Lage und vorherrschenden Hangexposition von obigem abweicht. Als Untersuchungsgebiet wurde das von der LFI Innsbruck projektierte Aufforstungsgelände oberhalb des Weilers Haggen im Sellraintal ausgewählt. Es handelt sich hierbei um einen entwaldeten Südhang, auf dem schon seit einigen Jahren Aufforstungen durchgeführt werden (HENSLEDER 1970). In diesem Gelände wurde eine mobile Kleinklima-Freilandstation aufgebaut und mit Beginn der Vegetationsperiode 1969 in Betrieb genommen (CERNUSCA 1969, 1970).

Da eine systematische Bearbeitung des angefallenen Datenmaterials erst angelaufen ist, erscheint es derzeit noch verfrüht, über die bioklimatischen Standortverhältnisse des gesamten Hanggeländes einen Gesamtüberblick zu geben. Deswegen möchte ich meine Ausführungen vorderhand auf ausgewählte Standorte beschränken.

In vorliegender Arbeit werden Kleinklimadaten des Meßjahres 1969 von einem im Aufforstungsgelände Haggen gelegenen „Überhitzungsstandort“ mitgeteilt und mit jenen eines Standortes ähnlicher Relieflage in Obergurgl während des gleichen Zeitabschnittes verglichen. Diese Untersuchungen dienen zunächst einer klima-ökologischen „Vorsondierung“ für eine (flächenhaft) nach Standortseinheiten abgrenzende Kleinklimakartografie, die nach einer Verdichtung des Meßstellennetzes angestrebt wird.

Aufgabe und Zielsetzung

Aufgabe einer klima – ökologischen Forschung in der subalpinen Stufe im Rahmen des FRIEDEL'schen Konzeptes ist es, bestimmte Kleinklimafaktoren, die den Lebensraum der Pflanze prägen, nach deren meßtechnischer Erfassung kartografisch darzustellen (FRIEDEL 1952, 1961, 1967).

Die schwierigen Wiederaufforstungsprobleme in der Entwaldungszone der Subalpinstufe machen eine Standortserfassung auf breiter Grundlage erforderlich. Eine zweckdienliche Standortdiagnose muß daher so weit erarbeitet sein, daß mikroklimatische, bodenkundliche und pflanzensoziologische Gesichtspunkte Berücksichtigung finden. Bei dieser Zusammenschau tritt die Klimatologie umso mehr in den Vordergrund, als wir es mit unbestockten Flächen zu tun haben, deren Bodenstruktur und natürliche Zonationen der Bodenvegetation durch einseitige Bewirtschaftung und Weidegang vielfach gestört sind.

Mit Hilfe der Kleinklima – Kartografie bietet sich ein Weg an, Kartengrundlagen für Auf forstungsprojekte in dieser waldfreien Störungszone zu schaffen.

Räumlicher Bereich und Gesetzmäßigkeiten von Kleinklimafaktoren.

Der Bereich, in dem sich das Leben der jungen Forstpflanze abspielt, die Ökosphäre, gliedert sich in folgende Schichten, die in ihrer Gesamtheit Gegenstand kleinklimatischer Mes sungen sind.

- a) Die Grenzschicht zwischen Bodenoberfläche und Luft
- b) Die bodennahe Luftschicht
- c) Die temporär dazwischen geschaltete Schneeschicht.
- d) Die Rhizosphäre

Das Klimageschehen spielt sich in dem für jedes Gebirgsgelände charakteristischen Relief ab, wodurch eine Vielfalt unterschiedlicher Standorte resultiert. Namentlich das Kleinrelief be dingt, daß vektoriell gerichtete Klimafaktoren wie Strahlung und Niederschlag sich selbst auf eng beisammen liegenden Standorten verschieden stark auswirken, wobei es gleichgültig ist, ob es sich um Fels, Schutt oder Grünland handelt. Diese ökologische Besonderheit einer stand örtlichen Differenzierung wird mit zunehmender Meereshöhe noch verstärkt.

Damit sind die engen räumlichen Dimensionen, in denen mikroklimatische Vorgänge ablaufen, angedeutet. Das Mikroklima ist daher viel differenzierter als das Makroklima, das sich unge fähr auf das Luftniveau bezieht, in dem sich der Kopf des Menschen bei aufrechtem Gang be wegt. Das Kleinklima zeigt kleinflächig innerhalb bestimmter umschreibbarer Kleinflächen auf das Leben der Pflanze und tierische Organismen die nachhaltigste Wirkung.

Die Ausbildung von Mikroklimaten hängt einerseits von der Gestaltung der Bodenoberfläche, dem Relief, andererseits von der Wetterlage ab, die aus einer Kombination von Klimafaktoren besteht.

Dazu ein Beispiel: Bei sonnigem Wetter und Windstille werden bekanntlich die Temperatur differenzen der verschiedenen Kleinstandorte im gegliederten Hanggelände größer. Bei be wölktem und windigem Wetter gleichen sich die Temperaturgegensätze aus.

Ein weiteres Charakteristikum waldfreier reliefierter Berghänge der subalpinen Stufe besteht darin, daß bei bestimmten Wetterlagen die Strahlung und die dadurch hervorgerufene Boden oberflächentemperatur charakteristische räumliche Verteilungen aufweisen. Wir finden bei Schönwetterlage eine reliefzonale, bei Schlechtwetterlage hingegen eine höhenzonale Grö ßenverteilung des Strahlungs– und Temperaturfaktors im Gelände.

Methodische Bearbeitung von Kleinklimadaten

Diese kleinklimatischen Vorgänge gilt es in ein definierbares System zu bringen, um nebenein ander einherlaufende Entscheidungsfaktoren des Kleinklimas analysieren und darstellen zu können. Daher genügt es nicht, Kleinklimadaten bloß meßtechnisch zu erfassen, deren Mittel-,

Extremwerte u.dgl. zu bilden, sondern es ergibt sich die Notwendigkeit, die Größen der Einzelfaktoren nach definierten „Faktorenbündel“, die wir als Wetterklasse bezeichnen wollen, zu sortieren. Wir sprechen daher von einer Wetterklassenmethodik.

Dieser Wetterklassenmethodik stellen wir die Leitlinienmethodik gegenüber; nach FRIEDEL werden im Hochgebirgsgelände zwei empirisch aufnehmbare Liniensysteme unterschieden, die Sonnendauer – Isofoten sowie die Schneedauer – Isochionen. Erstere sind im Gelände bei wolkenfreiem Tagbogen der Sonne als Sonn- und Schattgrenzlinien sichtbar und kehren halbjährlich in völlig gleicher Konfiguration wieder. Die Schneedauer – Isochionen sind die Grenzlinien zwischen Schnee- und Aperfächen und weisen alljährlich eine sehr ähnliche Konfiguration auf.

Nach dem Konzept FRIEDELs werden nun entlang dieser Liniensysteme die Maßzahlen der wind- und lichtfigurierten Klimafaktoren auf ihre Gleichläufigkeit untersucht. Somit ergeben sich zwei räumliche Korrelationssysteme:

- a) Solche mit einer windfigurierten Faktorengruppe (Schneehöhe, Schneedauer, Regenabsatz am Boden)
- b) Solche mit einer lichtfigurierten Gruppe (Globalstrahlungssummen, Maxima der Bodenoberfläche etc.

Treten nun hinsichtlich der Kennzahlen einer Leitlinienart – z.B. Schneedauer (Tage), Sonnenscheindauer (Stunden) und der Maßzahlen affiner Klimafaktoren – beispielsweise mittlere Windstärke (m/sec), Tagesmaxima der Bodenoberflächentemperatur (Grad Cels.) gesetzmäßige Beziehungen auf, bieten sich die angeführten Liniensysteme als Leitlinien für die Kartierung der Größenverteilung genannter Klimafaktoren im Gelände an. Das Bestehen einer räumlichen Korrelation zwischen der Schneedeckendauer und der Windstärke in Bodennähe konnte der Verfasser für das Testgelände Obergurgl aufzeigen (KRONFUSS 1970).

Die Freilandstation Hagen

Aus dieser Aufgabenstellung ergibt sich eine bestimmte Konzeption einer klima – ökologischen Freilandstation. Während der Vegetationszeit 1969 konnte bereits die Datenerfassung von Globalstrahlungssummen, Boden- und Bodenoberflächentemperaturen mittels Lochstreifen durch die Entwicklung dieser Mobilstation verwirklicht werden (CERNUSCA 1970). Dadurch kann eine nachträgliche Sortierung von Meßdaten nach definierten Wetterklassen (d.s. Schwellenwerte meteorologischer Faktoren) durchgeführt werden, wodurch wir die im bodennahen Raum kleinflächig stark variierenden Werte der Kleinklimafaktoren besser in den Griff bekommen können. Da es gelang, die Integration vom Netzstrom unabhängig zu machen und auf Batteriebetrieb umzustellen, können diese Meßapparate in jedem beliebigen Hochgebirgsgelände eingesetzt werden.

Um Auskunft über die Schneevertelung und die damit zusammenhängende Schneedauer zu bekommen, wurde das Hanggelände oberhalb von Hagen mit einer uhrgesteuerten Fotoanlage vom Gegenhang aus aufgenommen.

Lage der Stationsgebiete und der Meßstellen

Das für klimatologische Messungen ausgewählte Untersuchungsgebiet „Lutschauner“ liegt im Sellraintal oberhalb des Weilers Haggen. Es handelt sich um einen vorwiegend S-schauenden Hang mit ausgeprägtem Relief. (Abb. 2). Geografische Koordinaten der Station: 47 Grad 13 Min. n. Br., 11 Grad 6 Min. ö.L.

Die mittlere Neigung des Untersuchungsgebietes beträgt 34 Grad (67 %), wobei viele Steilstrecken 50 Grad (119 %) überschreiten.

Das Untersuchungsgebiet „Kampfzone“ der Station Obergurgl liegt auf einem WNW-Hang oberhalb des Weilers Obergurgl-Poschach im Gurglertal (FROMME 1961). Das Gelände ist gleichfalls stark reliefiert (Abb. 3).

Die beiden zum Vergleich ausgewählten Kleinstandorte waren vegetationsoffene sogenannte „Barflecken“, die infolge ihrer Lage im Relief als Überhitzungsstandorte in Erscheinung treten. Im Stationsgebiet Haggen handelt es sich um einen SSW exponierten Standort mit 40 Grad (84 %) Neigung (Abb.2, ⊕). Der entsprechende Vergleichsstandort im Stationsgebiet Obergurgl weist bei SW-Exposition gleichfalls 40 Grad Neigung auf (Abb.3, ⊕). Beide Standorte werden von Besenheiden (Calunetum) beherrscht.

Meßgeber und Meßeinrichtungen

Die Globalstrahlung, die sich aus Sonnen und Himmelsstrahlung zusammensetzt, wurde mit Sternpyranometern sowohl horizontal als auch hangparallel gemessen (DIRMHIRN 1964, STEUBING 1965, TURNER 1961).

Für die Temperaturmessung an der Bodenoberfläche und im Boden (10 cm tief) wurden Platin – Hartglaskthermometer verwendet (AULITZKY 1961). Diese Meßfühler wurden zwecks Erfassung der Bodenoberflächentemperatur mittels Haarnadeln an der Bodenoberfläche fixiert.

Die mittleren Windstärken in 50 cm Höhe über dem Boden wurden aus Messungen mittels mechanischer Kontakt – Schalenkreuzanemometer erhalten.

Zur Messung des Niederschlagsabsatzes auf der Bodenoberfläche wurden die FRIEDEL'schen Kleinregenschmesser verwendet (PRUTZER 1967).

Ergebnisse

Die hier mitgeteilten Meßdaten über Kleinklimafaktoren beziehen sich jeweils auf die Meßperiode vom 15. Juli – 15. Oktober 1969.

Die Globalstrahlung

Ein grundlegender Faktor im Kleinklimageschehen ist die Globalstrahlung. Mikroklimata beruhen zur Gänze auf deren Wirkung.

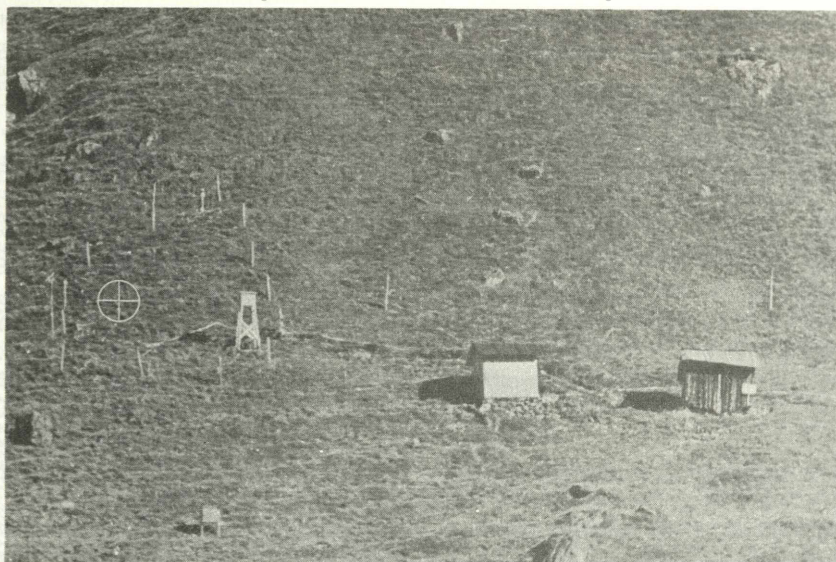


Abb. 1: Ansicht der klimatologischen Freilandstation Haggen. Meßprofil und Wetterhütte liegen ungefähr auf gleicher Isohypse 1830 m ü. d. M.

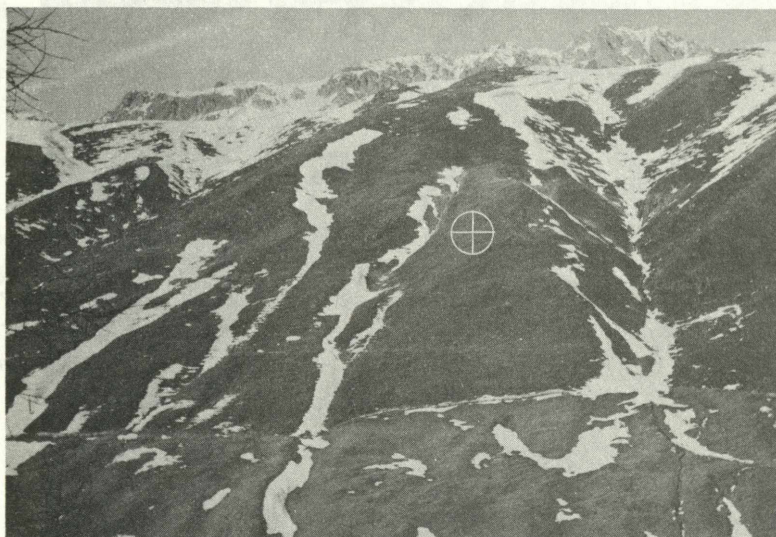


Abb. 2: Stationsgebiet Haggen, Vergleichsstandort SSW/40 Grad \oplus . Aufnahme: G. Cernusca



Abb. 3: Stationsgebiet Obergurgl, Vergleichsstandort SW/40 Grad Neigg. ⊕. Die Meßstelle - Basis - liegt gleich der Waldgrenze bei 2070 m ü. d. M.
Aufnahme: G. Cernusca

Bei vollem Tagbogen der Sonne und wolkenfreiem Himmel waren die monatlichen Mittelwerte der Tagessummen der Globalstrahlung im Stationsgelände Haggen (1830 m. ü.d.M.) folgende:

685 cal/cm² im Juli
 590 cal/cm² im August
 461 cal/cm² im September
 340 cal/cm² im Oktober

Vergleicht man diese monatlichen Mittelwerte mit den von SAUBERER und DIRMHIRN (1958) für die gleiche Höhenstufe in den Ostalpen bei freiem Horizont angegebenen Werten, vermerken wir für unsere Meßperiode im Durchschnitt einen Strahlungsverlust von rund 6 % (Horizontabschirmung).

Wenn man den gleichen Meßzeitraum bei vollem Sonnentagbogen für Obergurgl herausgreift, ergibt sich nach den Werten TURNERS (TURNER 1961) eine um 8 % niedrigere mittlere Tagessumme der Globalstrahlung, bezogen auf die Strahlungsmenge bei freiem Horizont und gleicher Höhenlage.

Für den vorliegenden Meßzeitraum würde die Höhendifferenz von 240 m zwischen den Stationen Haggen und Obergurgl bei freiem Horizont und vollem Sonnentagbogen für Obergurgl einen Energiegewinn von 1.4 Prozent bedeuten.

Die geringere Horizontüberhöhung der Station Haggen insbesondere im E- und W-Sektor macht diesen höhenbedingten Vorsprung wieder wett. Denn die mittlere Tages-Globalstrahlungsmenge steigt für diesen Beobachtungszeitraum in Haggen gegenüber Obergurgl sogar etwas an (0.7 %).

Die Temperatur

Der Vergleich beider Standorte hinsichtlich des Temperaturfaktors erfolgte durch die Darstellung von Häufigkeitsverteilungen nach Schönwetterlagen. Es wurden sortierte Stundenwerte der Temperatur nach Wetterklasse 1 verwendet. Letztere beinhaltet die Stundenwerte sämtlicher Tage, die mehr als 75 % der örtlich möglichen Sonnenscheindauer und keinen Niederschlag aufweisen.

a) Lufttemperatur (Wetterhütte)

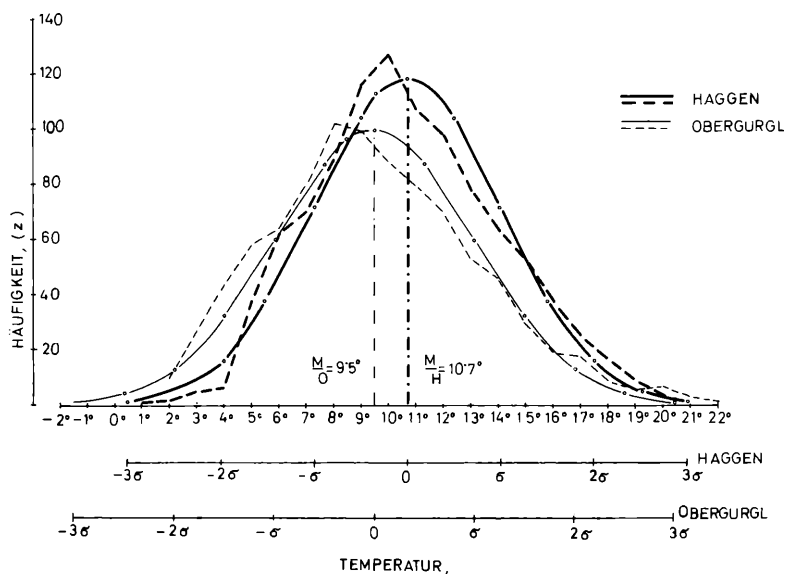
	Haggen	Obergurgl
Mittel	10.7 Grad Cels.	9.5 Grad Cels.
abs. Max.	20.9 Grad Cels.	22.0 Grad Cels.
abs. Min.	1.0 Grad Cels.	2.2 Grad Cels.
mittlere Streuung	3.4 Grad Cels.	3.6 Grad Cels.

Auf Grund von Temperatúrauswertungen der Hangprofile auf beiden Stationen wurde für die Darstellung der Häufigkeitsverteilungen der Bodenoberflächen- und Bodentemperatur (10 cm tief) jeweils der Standort mit den höchsten Bodenoberflächentemperaturen ausgewählt. Um einen ausgeglicheneren Verlauf der Häufigkeitspolygone dieser Temperaturen zu erhalten, wurden Temperatur-Intervalle von je 5 Grad gebildet und Wechsellpunkte bei 2 1/2 Grad gewählt.

b) Bodenoberflächentemperatur

	Haggen/SSW	Obergurgl/SW
Mittel	19.0 Grad Cels.	17.4 Grad Cels.
Max.	65.0 Grad Cels.	75.0 Grad Cels.
Min	0.0 Grad Cels.	5.0 Grad Cels.

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER LUFTTEMPERATUR



BODENOBERFLÄCHENTEMPERATUR

HÄUFIGKEITSPOLYGON

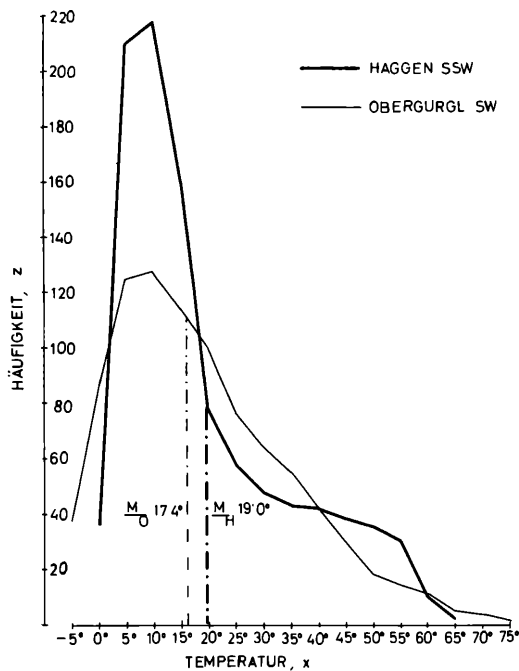


Abb. 4 u. 5

An der Bodenoberfläche traten bei Minimum Verschiebungen um 5 Grad (von -5 bis 0 Grad), beim Maximum um 10 Grad (von 65 bis 75 Grad) ein. Das bedeutet für den Standort Haggen/SSW im Bereich des Minimums einen Temperaturgewinn, im Maximumbereich liegt die Temperaturspitze beim Vergleichsstandort Obergurgl.

Die Häufigkeitsverteilung der Bodenoberflächentemperaturen auf dem SSW-exponierten Standort in Haggen weist gegenüber Obergurgl/SW in den Temperaturbereichen 0 – 20 Grad Cels. und 40 – 60 Grad Cels. einen Überhang auf, während die Häufigkeitszahlen im mittleren Bereich (20 – 40 Grad Cels.) absinken.

Für den Vergleichsstandort Obergurgl/SW bewirken vermutlich die nahe Waldgrenze und der Geländeknick der Verebnung eine stabilere Lagerung der Luftschichten, woraus sich der ausgeglicheneren Kurvenlauf der Häufigkeitsverteilung ergeben dürfte.

Hohe Bodenoberflächentemperaturen bedeuten für das Aufkommen von Keimpflanzen eine Gefahr, besonders dort, wo eine Abschirmung gegen die Insolation fehlt. Nach RUPF wird unverholztes Gewebe ab Temperaturen von 55 Grad so stark geschädigt, daß es schrumpft und der Keimling umknickt. Bereits verholzte Stämmchen etwa von Verschulpflanzen sind ab der 60-Grad-Schwelle gefährdet (RUPF 1961). Nach neueren Untersuchungen an Sproßachsen der Holzart Tanne ist die Hitzegefährdung der Pflanzen weitgehend von der Aktivität des Kambiums abhängig (BAUER 1970). Mit Beginn der Kambiumtätigkeit der Tannenpflanzen (Ende April) liegt die Letalschwelle bis anfangs Juni bei 50 Grad Cels., steigt dann bis anfangs Oktober kontinuierlich an, um hier mit ca. 56 Grad Cels. einen konstanten Wert zu erreichen, der bis Ende März anhält.

Während der Meßperiode wurden diese Temperaturschwellen mehrmals erreicht bzw. überschritten (Abb. 5):

Häufigkeit in Stunden (absolut) und in Prozent aller Stunden des Meßzeitraumes (relativ) bei Wetterklasse 1

	Haggen (SSW) abs./rel.	Obergurgl (SW) abs./rel.
55 Grad	42 (4.2 %)	36 (3.6 %)
60 Grad	12 (1.2 %)	22 (2.2 %)

Auffallend ist, daß die 60-Grad-Schwelle auf dem Standort Obergurgl (SW) während des gleichen Meßzeitraumes insgesamt 22 mal, fast doppelt so oft wie in Haggen, erreicht wurde.

BODENTEMPERATUR -

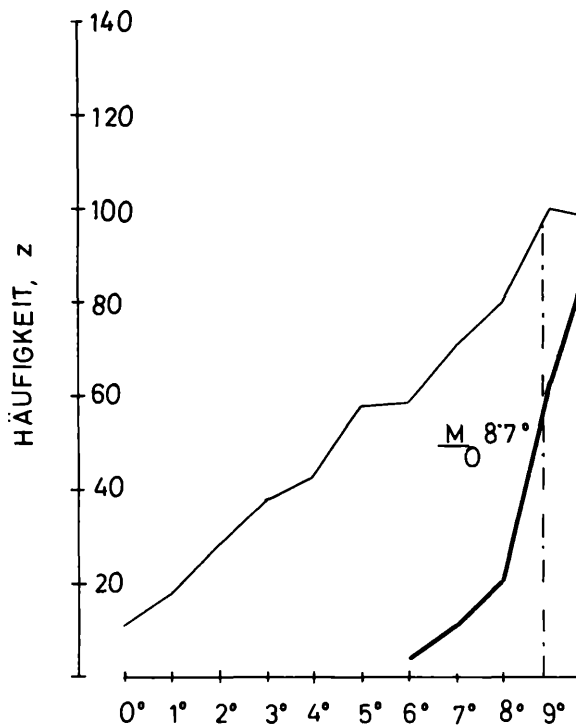
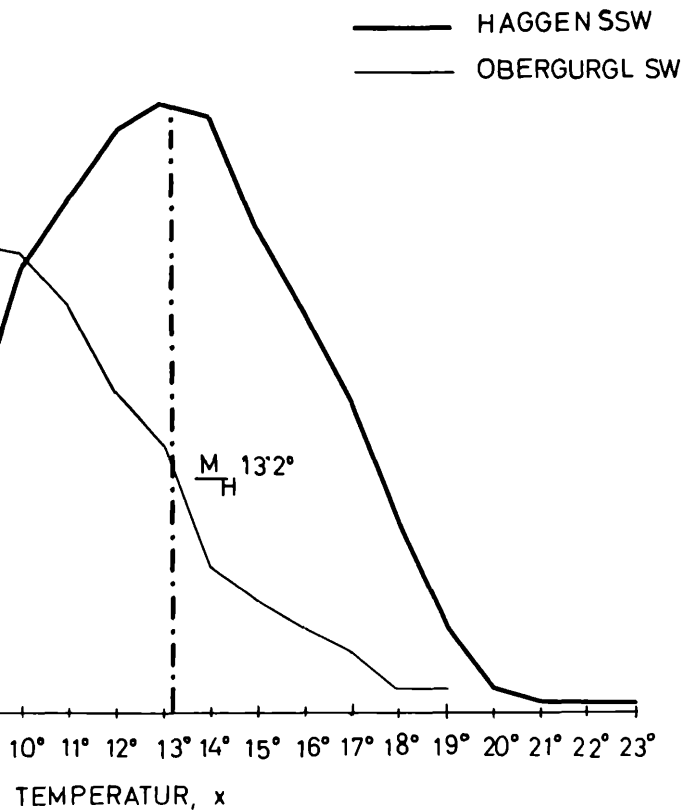


Abb. 6:

- 10 cm HÄUFIGKEITSPOLYGON



c) Bodentemperatur in 10 cm Tiefe

	Haggen (SSW)	Obergurgl (SW)
Mittel	13.2 Grad Cels.	8.7 Grad Cels.
Max.	23.0 Grad Cels.	19.0 Grad Cels.
Min.	6.0 Grad Cels.	0.0 Grad Cels.

Hinsichtlich der Mittelwerte der Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe traten die größten standörtlichen Unterschiede auf, die für den Standort Haggen (SSW) eine Verschiebung des Minimums um +6 Grad ($0^{\circ} - 6^{\circ}$) sowie des Maximums um +4 Grad ($19^{\circ} - 23^{\circ}$) bedingen.

Die Niederschlagsverhältnisse

Das mittlere Niederschlagsangebot für die Hangzone des Untersuchungsgebietes Haggen wurde aus der Niederschlagssummenkarte Tirols (Periode 1931 – 1960) von Univ.Prof.Dr.FLIRI entnommen. Die Niederschlagsangaben für den Stationshang in Obergurgl – Poschach ergaben sich durch Reduktion einer 10-jährigen Meßreihe der klima-ökologischen Freilandstation Obergurgl auf die 40-jährige Meßreihe der hydrografischen Station Obergurgl (1911 – 1950).

Mittleres Niederschlagsangebot

	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Jahressumme
	mm	mm	mm
Station Haggen, 1830 m NN	650	425	1.075
Station Obergurgl, 2070 m NN.	560	380	940

Demnach bekommt die Station Haggen jährlich um 14.5 % mehr Niederschlag als die Station Obergurgl. Im Sommerhalbjahr fällt im Stationsgebiet Haggen um 16 %, im Winterhalbjahr um 12 % mehr Niederschlag als an der Waldgrenze der Station Obergurgl.

Auf beiden Stationen herrscht der Sommerregentyp vor.

In diesem Zusammenhang sei auf den Kontinentalitätsfaktor nach Prof. GAMS hingewiesen, der es ermöglicht, ein Gebiet auf Grund der Niederschlagsverhältnisse und der Seehöhe vegetationskundlich zu beurteilen (GAMS 1931–32). Dieser Faktor, auch hygrische Kontinentalität genannt, errechnet sich als Quotient aus $\frac{\text{Seehöhe}}{\text{Niederschlag}}$. Der Kontinentalitätsfaktor gibt in großen Zügen die Verbreitung der wichtigsten Holzarten wieder. Zirbe und Lärche als Repräsentanten des inneralpinen kontinentalen Wuchsgebietes kommen dort vor, wo der Kontinen-

talitätsgrad α über 45 Grad liegt. Der höchste Kontinentalitätsgrad der Ostalpen wird in den Ötztaler Alpen bei den Rofenhöfen oberhalb Vent mit 70 Grad erreicht.

Die Station Obergurgl hat eine hygrische Kontinentalität von 65 Grad, die Station Haggen nur mehr 59 Grad. Daraus ersehen wir auch, daß der Südhang mehr ozeanisch getönt ist.

Bis jetzt war vom Niederschlagsangebot der Atmosphäre die Rede. Für die Forstpflanze ist vor allem jener Niederschlag wichtig, der am Boden ihres engsten Standortes abgesetzt wird. Der durch die Windströmungen herangeführte Niederschlag wird im Gelände verschieden verteilt. Denn das Geländere relief stellt dem Niederschlagsvektor verschieden gerichtete und geneigte Flächen entgegen.

Während der Meßperiode vom 15.VII. – 15.X.1969 wurde der Niederschlagsabsatz an der Bodenoberfläche mittels der FRIEDEL'schen Kleinregennmesser gemessen. Die mitgeteilten Daten über den Niederschlagsabsatz beziehen sich auf je eine horizontale Verebnungsstelle sowie auf obige Vergleichstandorte.

Haggen mm		Obergurgl mm	
horizontal	SSW/40 Grad Neigung	horizontal	SW/40 Grad Neigung
280	153	148	81

Die Meßperiode von 93 Tagen während der Vegetationszeit brachte:

in Haggen

36 Tage mit Niederschlägen

15 Tage war die längste Trockenperiode (Okt.)

9 Tage die längste Regenperiode (Aug.)

in Obergurgl

26 Tage mit Niederschlägen

13 Tage war die längste Trockenperiode (Okt.)

7 Tage die längste Regenperiode (Aug.)

Der SSW-exponierte Standort in Haggen erhielt bei hangparallel in den Boden versetztem Kleinregennmesser nur 153 mm (d.s. 55 % des Absatzes auf der Horizontalfläche). Die geringere Niederschlagsmenge im Vergleich zum horizontalen Bezugsstandort erklärt sich aus der vorherrschenden Windrichtung W–NW, wodurch der Standort Haggen/SSW bereits zum Lee hin tendiert.

Der auf der horizontalen BASIS an der Waldgrenze in Obergurgl erhaltene Niederschlagsabsatz am Boden betrug 148 mm. Der SW-exponierte Vergleichsstandort Obergurgl, ein eindeutiger Leestandort, wies während der Meßperiode 81 mm Niederschlag auf, d.s. rd. 55 % bezogen auf den horizontalen Niederschlagsabsatz.

Während der Meßperiode erhielt der Vergleichsstandort Haggen/SSW gegenüber dem Standort Obergurgl/SW um 72 mm mehr Niederschlag. Es kann daher angenommen werden, daß im Stationsgelände Haggen Standorte ähnlicher Relieflage vor allem aber Luvstandorte hinsichtlich des Niederschlagsabsatzes bevorzugt werden, wodurch die Temperaturmaxima während der Vegetationszeit eine Abschwächung erfahren. Da die Temperaturleitfähigkeit im Boden mit zunehmender Bodenfeuchte innerhalb bestimmter Grenzen ansteigt, werden auch die höheren Bodentemperaturen (10 cm tief) am Standort Haggen/SSW gegenüber Obergurgl/SW erklärlich.

Windverhältnisse in Bodennähe und Schneedauer

Die Windströmungen in Bodennähe erlangen für das Leben der Forstpflanze vor allem in einem windausgesetzten waldfreien Gebirgsgelände große Bedeutung. Windstärke in Bodennähe und Schneeverteilung im Gelände treten als ein ökologischer Faktorenkomplex in Erscheinung.

Hangflächen, die dem Zugriff der Winde stärker ausgesetzt sind (Luv- und Rippenstandorte), weisen bekanntlich geringere Schneehöhen und damit kürzere Schneedauerzeiten auf als Lee- und Rinnenstandorte. Das kommt daher, weil der Wind – vorwiegend die horizontal gerichtete Komponente – im Mittel- und Kleinrelief je nach Exposition Schneehöhen differenziert festlegt (KRONFUSS 1967). Bodenwindströmungen und damit die Schneeverteilung im Gelände werden vom Relief gesteuert, welches gleichsam als „Leitwerk“ insbesondere für die Schneeverfrachtung angesprochen werden kann. Während des Bergfrühlings bedingen diese unterschiedlichen Schneemengen ein mosaikartiges Ausapern der Standorte. Bei annähernd gleicher Hauptwindrichtung treten alljährlich fast gleiche Konturen der Schnee- und Aper-Grenzlinien auf.

Wir machen uns diesen sichtbaren Zusammenhang zwischen Schneedauer und Windstärke zunutze und versuchen zwischen den Größen beider Faktoren eine Beziehung abzuleiten.

Da die bodennahe Windstärke und damit die Schneeverteilung geländere relief-orientiert sind, darf eine räumliche Korrelation zwischen beiden Faktoren angenommen werden. Falls die an verschiedenen Punkten im Gelände durch Messungen erhaltenen mittleren Windstärkewerte mit den Schneedauerwerten gleicher Meßstellen eine eindeutige Beziehungsfunktion ergeben, eröffnet sich der Weg einer kartografischen Darstellung der Windstärke, indem wir Andauer – Isochionen als Leitlinien verwenden. Dieses Verfahren läuft darauf hinaus, daß im Falle einer engen Korrelation, Schneedauer – Isochionen zu Isopneumen würden.

Für die „Kampfzone“ des Stationsgebietes Obergurgl ergab sich eine überraschend enge Korrelation zwischen Windstärke in Bodennähe und Schneedauer ($r = 0.95$), worauf eine Isopneumendarstellung für dieses Gebiet aufgebaut wurde.

Korrelationsuntersuchungen der genannten Faktoren für das Testgebiet Haggen sind zur Zeit im Gange. Eine Verdichtung des Meßstellennetzes erweist sich noch als notwendig, um für eine möglichst große Anzahl von Standorten bekannter mittlerer Schneedauer durch Prüfungsmessungen entsprechende mittlere Windstärkewerte verfügbar zu haben.

Im Stationsgelände Haggen wurde während der Vegetationszeit 1969 damit begonnen, Windwegsummen mittels Schalenkreuzanemometern zu registrieren. Als grobe Anhaltspunkte seien hier einige Daten über mittlere Windgeschwindigkeiten (50 cm ü.d. Boden) und Schneedauerwerte (1969/70) für die Vergleichstandorte Haggen (SSW) und Obergurgl (SW) angeführt.

Monat	Haggen (SSW)	Obergurgl (SW)
Juli	1.2 m/sec	0.4 m/sec
August	1.5 m/sec	0.4 m/sec
September	1.0 m/sec	0.5 m/sec
Oktober	1.2 m/sec	0.8 m/sec
Mittel d. Windstärke 50 cm ü.d. Boden	1.2 m/sec	0.5 m/sec
Mittel d. Schneedauer	158 Tage	218 Tage

Aus obigen Daten wird ersichtlich, daß der Standort Haggen (SSW) viel stärker bewindet ist als der Standort Obergurgl (SW), was auch in der relativ kürzeren Schneedauer am Standort Haggen (SSW) zum Ausdruck kommt.

Zusammenfassung

Auf einem Südhang im Sellraintal oberhalb Haggen und auf einem WNW-Hang im Gurglertal wurde je eine SSW exponierte Versuchsfläche ausgewählt, auf denen vom 15. Juli bis 15. Oktober 1969 kleinklimatische Messungen durchgeführt wurden.

Die Station Haggen erhielt im Beobachtungszeitraum um 0.7 % mehr Strahlung, obwohl sie um 240 m tiefer liegt. Dies beruht auf der geringeren Horizontabschirmung vor allem im E- und W-Sektor.

Auf dem Standort Haggen ergaben sich um 10° niedrigere Spitzenwerte der Bodenoberflächentemperatur und eine geringere Häufigkeit von Temperaturen über 60° C. Hingegen waren die Temperaturen im Bereich zwischen 40 und 60° C dort häufiger vertreten, so daß der Mittelwert des gesamten Meßzeitraumes um 1.6° C höher lag. In 10 cm Tiefe unterschieden sich die mittleren Bodentemperaturen bedeutend stärker voneinander. Sie betrugen in Haggen 13.2° C, in Obergurgl nur 8.7° C.

Für den Vergleichsstandort Haggen wurde in einer Höhe von 50 cm über dem Boden eine mehr als doppelt so hohe mittlere Windstärke ermittelt als für den Standort Obergurgl. Die

stärkere Bewindung auf dem Stationshang in Haggen, die zweifelsohne auch während der Schneeperiode vorhanden ist, bewirkt eine weiträumigere Schneeverfrachtung mit geringeren mittleren Schneehöhen, die eine Verkürzung der standörtlichen Schneedauer mit sich bringen.

Die unterschiedlichen Bodentemperaturverhältnisse an beiden Standorten werden durch den Relieffekt hervorgerufen, der im allgemeinen Kleinstandorte in einem waldfreien Hanggelände dieser Höhenstufe auszeichnet. Mittel- und Kleinrelief steuern nicht nur die Verteilung der Strahlungsintensität, sondern auch die Windströmungen und den Niederschlagsabsatz.

Die „Überhitzungsstandorte“ in Haggen, repräsentiert durch den Standort Haggen (SSW), zeichnen sich durch starke Bewindung im bodennahen Niveau aus, wodurch die Wärmeabfuhr erhöht wird. Ferner kommt das an sich höhere Niederschlagsangebot den windzugekehrten Überhitzungsflächen in erhöhtem Maße zugute. Dieses bewirkt auf diesen Standorten eine größere Bodenfeuchte. Die damit verbundene bessere Temperaturleitfähigkeit der Böden begünstigt die Abschwächung der Maxima der Bodenoberflächentemperaturen und eine stärkere Erwärmung tieferer Bodenschichten.

Die höheren Bodentemperaturen am Standort Haggen in 10 cm Tiefe, dem Wurzelhorizont der jungen Forstpflanze, werden damit erklärlich. Diese dürften maßgeblich zur Förderung des Wurzel- und Sproßwachstums beitragen.

Trotz der Milderung der Maxima der Bodenoberflächentemperatur drohen den Keimlingen und Jungpflanzen an strahlungsbegünstigten Standorten durch die selbst dort festgestellten hohen Bodenoberflächentemperaturen bis 65° C Hitzeschäden.

Literatur

AULITZKY H.:

Über die Windverhältnisse einer zentralalpinen Hangstation in der subalpinen Stufe. Mitteilungen Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1961, Heft 59., S.209–230.

BAUER H.:

Hitzeresistenz und CO₂–Gaswechsel nach Hitzestress von Tanne (*Abies alba* Mill.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Dissertation an der Phil.Fak.d.Leopold–Franzens–Universität Innsbruck (1970).

CERNUSCA G.:

Die photographische Meßdatenerfassung im Hinblick auf den Einsatz in einer klein-klimatischen mobilen Station. Centralblatt f.d.ges.Forstwesen, 86.Jg.,1969,Heft 1, S.40–58.

CERNUSCA G.:

Die mobile Kleinstation im Sellraintal/Tirol. Centralblatt f.d.ges.Forstwesen, 1970, Heft 4, S.202–214.

DIRMHIRN I.:

Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt am Main, 1964.

FRIEDEL H.:

Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. Wetter und Leben, 4.Jg.,1952, Heft 5–7.

FRIEDEL H.:

Verlauf der alpinen Waldgrenze im Rahmen anliegender Gebirgsgelände. In: Ökologie der alpinen Waldgrenze. Mitteilungen Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 1967, Heft 75, S.83–172.

FRIEDEL H.:

Schneedeckendauer und Vegetationsverteilung im Gelände. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Teil I, Mitteilungen d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 1961, Heft 59, S.317–368.

FROMME G.:

Beschreibung des Stationsgebietes Obergurgl–Poschach. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Teil I, Mitteilungen d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 1961, Heft 59, S.53–65.

GAMS H.:

Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschrift ges. Erdkunde Berlin (1931–1932).

HENSLER W.:

Bisherige Erfahrungen bei der Aufforstung am Beispiel Haggen. Allgem.Forstzeitung 81.Jg., 1970, Folge 12, S.328–330.

KRONFUSS H.:

Schneelage und Ausaperung an der Waldgrenze. In: Ökologie der Alpinen Waldgrenze, Mitteilungen d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 1967,Heft 75,S.207–241.

KRONFUSS H.:

Räumliche Korrelation zwischen der Windstärke in Bodennähe und der Schneedeckenandauer. Centralblatt f.d.ges. Forstwesen, 87.Jg.,1970, Heft 2,S.99–116.

PRUTZER E.:

Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. In: Ökologie der alpinen Waldgrenze. Mitt.Forstl.Bundesversuchsanstalt Wien 1967, Heft 75, S.175–194.

RUPF H., SCHÖNHAR S., ZEYHER M.:

Der Forstgarten. BLV Verlagsges. München 1961.

SAUBERER F. und DIRMHIRN J.:

Das Strahlungsklima. In: Klimatographie von Österreich. Österr.Akad.Wiss., Denkschriften der Gesamtakademie 1958, 3, S.13–102.

STEUBING L.:

Pflanzenökologisches Praktikum. Verlag P.Parey, Berlin 1965.

TURNER H.:

Jahresgang und biologische Wirkung der Sonnen– und Himmelsstrahlung an der Waldgrenze der Ötztaler Alpen. Wetter und Leben, 1961, Jg., 13, Heft 5–6.

Anschrift des Verfassers:

Dipl. Ing. Herbert KRONFUSS

Forstliche Bundesversuchsanstalt
Außenstelle für subalpine Waldforschung

Rennweg 1, Hofburg

A – 6020 I n n s b r u c k