

Einblicke in das Leben von Nivalpflanzen

Von *Walter Moser*, Innsbruck

Inhalt:

I. Laborversuche mit Nivalpflanzen

1. Einfluß verschiedener Helligkeit auf die Stoffproduktion von Gletscher-Hahnenfuß (*Ranunculus glacialis* L.) und Gletscher-Petersbart (*Geum reptans* L.)
2. Einfluß verschiedener Temperatur auf die Kohlenstoffassimilation der Versuchspflanzen
3. Zur Frosthärte von Nivalpflanzen

II. Was erlebt die Nivalpflanze auf ihrem natürlichen Standort?

1. Wichtigste Ergebnisse der Messungen zum Kleinklima am hochalpinen Standort
2. Dauer der Vegetationszeit
3. Blühen, Fruchten und Überwintern in 3 100 m Seehöhe

III. Errichtung eines Stützpunktes für experimentell-ökologische Untersuchungen in 3 190 m Höhe

1. Wahl des Versuchsplatzes
2. Die Transportfrage
3. Die Baracke und ihre vorläufige Einrichtung

Wie oft ist man als Bergsteiger in unseren Alpen überrascht, wenn man auf einer Hochgebirgsfahrt in der Dreitausenderregion plötzlich vor jenen kleinen Bergblumen steht, die ihre prächtigen Blüten zwischen den Felsblöcken der Moränen und Geröllfelder emporhalten oder aus einer kleinen Felsspalte zuoberst am Grat hervorlugen, manchmal knapp am ewigen Schnee der Nordflanke. Oder wie erstaunt ist man, wenn ein kalter Wettersturz zur Umkehr zwingt und aus dem Grau des Schneesturmes einige Primeln leuchten oder durch das frische Eis einer Felsrinne die roten Blüten des Leimkrautes schimmern. Da tauchen vielerlei Fragen auf:

Wie können diese Pflanzen überleben? Vernichtet sie denn nicht der Frost? Ja, wie ist es möglich, daß in so unwirtlicher Gegend, wo zu jeder Jahreszeit mit Kälteeinbrüchen und Schneefall gerechnet werden muß, höhere Pflanzen gedeihen können? Aber nicht nur für den Bergsteiger sind diese Fragen interessant; auch die Wissenschaft versucht, hier Einblicke zu gewinnen in den Ablauf der Lebensvorgänge an den Grenzen höheren Pflanzenlebens, ist doch diese Art von Grundlagenforschung nicht unbedeutend für die angewandte Wissenschaft, die sich mit den Problemen der Ernährung der Menschheit befaßt oder Abhärtungsversuche an Pflanzen vornimmt.

So wird am Institut für Allgemeine Botanik der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl neuerdings intensiv an der Klärung dieser Fragen gearbeitet; und zwar untersucht man derzeit drei Problemkreise:

1. Wie reagieren Nivalpflanzen auf die wichtigsten Umweltbedingungen?
2. Welches sind die das Pflanzenleben am Standort wesentlich beeinflussenden Faktoren?
3. Wie verläuft die Vegetationsperiode und wie überwintern Alpenpflanzen in über 3000 m Seehöhe?

I. Laborversuche mit Nivalpflanzen

Um eine Antwort auf die erste Frage nach der Wirkung verschiedener Umweltbedingungen auf Nivalpflanzen zu finden, ist es sinnvoll, zur Orientierung vorerst im Laboratorium zu untersuchen, wie die Pflanzen auf verschiedene äußere Einflüsse reagieren. Hier hat man die Möglichkeit, die wichtigsten Bedingungen nach Wunsch zu verändern, etwa Temperatur und Helligkeit, die auf die Pflanzen einwirken. So erhält man bereits einen wichtigen Einblick z. B. in den Zusammenhang zwischen Stoffproduktion und Umweltfaktoren. Allerdings genügt diese Methode allein noch nicht, um eine umfassende Aussage zu erhalten; hierzu muß man auch den zweiten und mühsameren Weg ins Freiland beschreiten und unter den komplexen Bedingungen am Standort die Laboratoriumsergebnisse prüfen.

1. Einfluß verschiedener Helligkeit auf die Stoffproduktion von Gletscher-Hahnenfuß (*Ranunculus glacialis* L.) und Gletscher-Petersbart (*Geum reptans* L.)

Von 1962 bis 1965 führte ich am Gletscher-Hahnenfuß und am Gletscher-Petersbart ausgedehnte Laborversuche durch. Beide Pflanzen sind ausgesprochen typisch für die

Abb. 1 Übersichtskarte des Arbeitsgebietes im oberen Ötztal mit Ambergerrhütte, Schrankkogel und Forschungstützpunkt auf dem Ostgrat des Hohen Nebelkogels

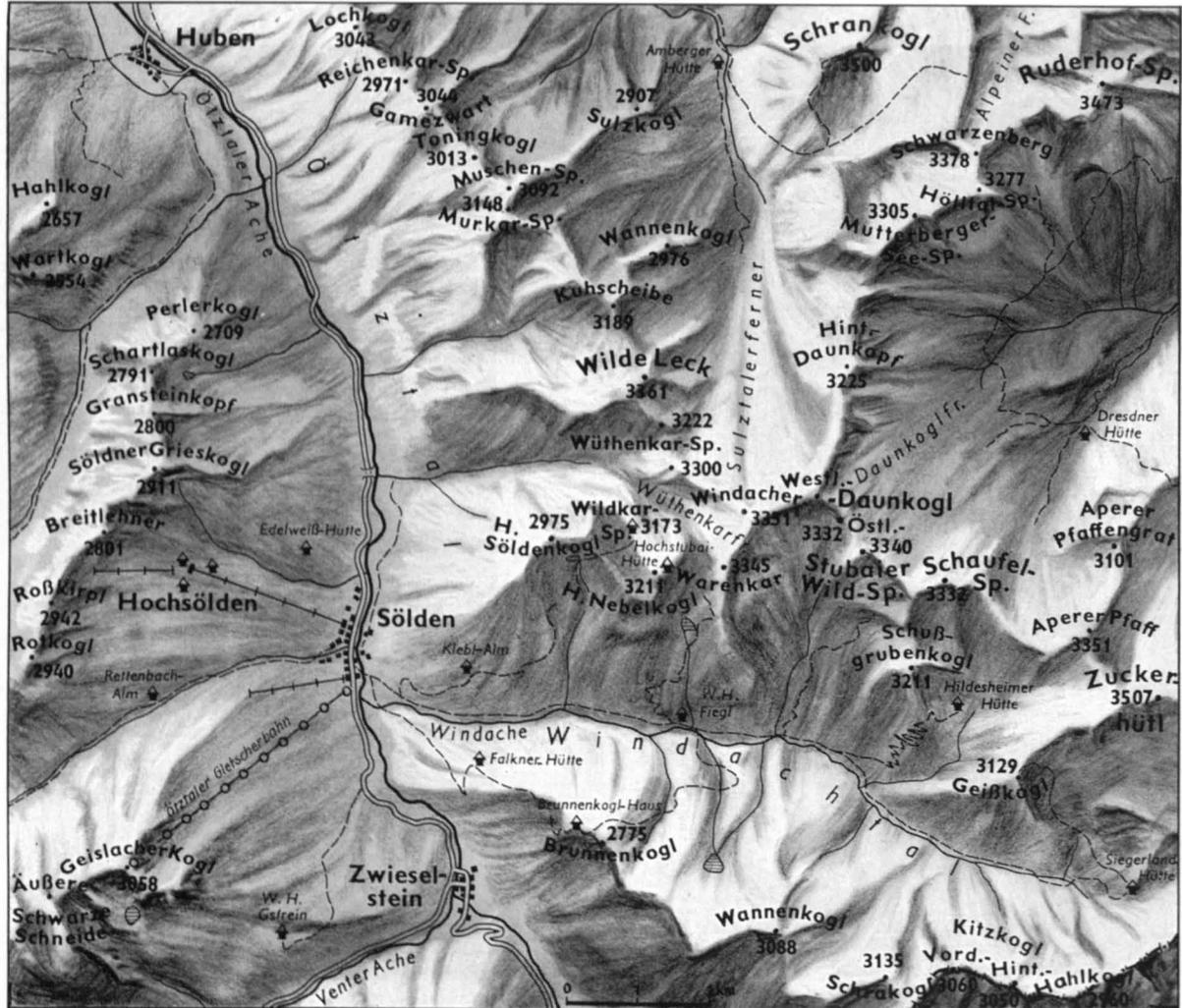




Abb. 2 Südseitig geneigte Mulde am Schrankogel (Stubai Alpen). Hier wurden in 3100 m Höhe von 1963 bis 1965 klimatologische Messungen durchgeführt



Abb. 3 Stützpunkt für phänologische Beobachtungen während des Ausaperns Mitte Mai 1966. Im Hintergrund die Wilde Leck (3361 m)



Abb. 4 Blick von der Wilden Leck (Stubai Alpen) gegen Süden. Mittelgrund: Umrahmung des Wüthenkarjeners mit Warenkarseitenspitze. Rechts Hochstubaibütte (3175 m). Dahinter Nebelkogelgrat



Abb. 5 Blick von der Warenkarseitenspitze gegen Westen. Mittelgrund links: Hoher Nebelkogel (3211 m) mit Südwand und Grat; Mitte: Hochstubaibütte; rechts: Landeplatz für das Gletscherflugzeug; Hintergrund: Kannergrat



Abb. 6 Eine Maschine der Flugrettungsstelle Innsbruck landet mit Versorgungsgütern auf dem Wüthenkarferner (3100 m)



Abb. 7 Ein Hubschrauber der Flugrettungsstelle Innsbruck bringt Baumaterial zur Errichtung der Laboratoriumsbaracke auf den Hohen Nebelkogel (3211 m)



Abb. 8 Die Baracke auf dem Grat des Hohen Nebelkogels



Abb. 9 Die Hochstübaihütte auf der Wildkarspitze (3175 m). Im Hintergrund links die Wilde Leck (3361 m) und rechts der Schrankogel (3500 m)



Abb. 10 Südwand des Hohen Nebelkogels

Die Südwand wird jeden Sommer zum größten Teil schneefrei und weist dank der klimatischen Besserstellung einen ziemlich reichhaltigen Bewuchs auf. Die hierfür benötigte Feuchtigkeit wird von den großen Triebsschneemengen geliefert, die sich entlang des Grates ansammeln und während des Sommers langsam abschmelzen. Rechts auf dem Grat ist die kleine Laboratoriumsbaracke sichtbar.

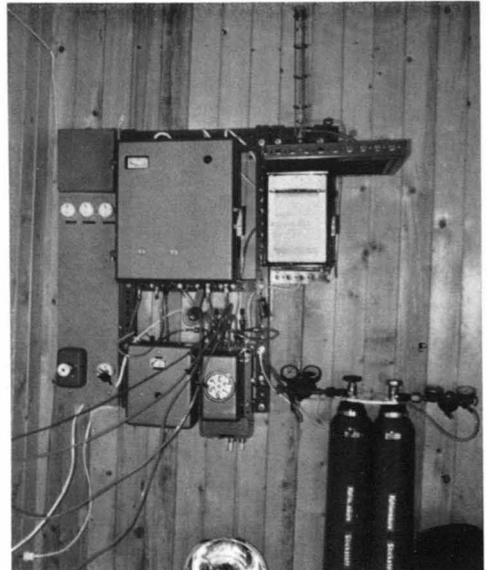
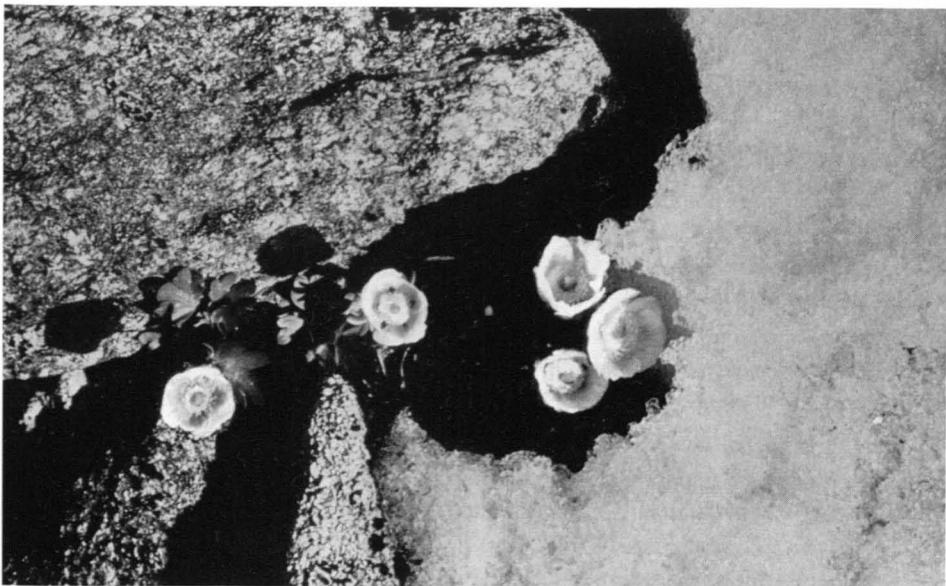


Abb. 11 In der Laboratoriumsbaracke ist ein Infrarot-Absorptions-Schreiber untergebracht. Links oben der Gasanalysator, der den CO_2 -Gehalt der Luft mißt, die zuvor über eine Versuchspflanze am Standort geführt wurde oder wahlweise als Vergleichsluft mit Pflanzen nicht in Berührung kam. Die Meßwerte werden vom Punktschreiber (rechts im Bilde) registriert.



Abb. 12 Gipfelwächte am Hohen Nebelkogel



*Abb. 13 Gletscher-Habnenfuß (*Ranunculus glacialis* L.) am Weg zur Hochstubaibütte
in 2900 m Höhe*



Abb. 14 Überwinternde Blütenknospe des Gletscher-Hahnenfußes. Hüllblätter zurückgeschlagen. Abstand zwischen zwei Teilstrichen des Maßstabes = 1 mm



*Abb. 15 Überwinternde Blütenknospe des Gletscher-Hahnenfußes geöffnet.
23. 10. 1963*

Alle Aufnahmen von Dr. Walter Moser, Innsbruck

subnivale und nivale Stufe der Alpen. Sie unterschreiten ja kaum die 2000-m-Grenze und gedeihen noch in Höhen von über 3000 m.

Der Gletscher-Hahnenfuß wächst an manchen Stellen recht zahlreich im dauernd von Schmelzwasser berieselten Felsschutt von Moränen, in Grasmulden und Felsspalten und gedeiht nur auf kalkarmen, sauren und frischen Böden. Sein Verbreitungsgebiet erstreckt sich von der Sierra Nevada über die Pyrenäen und Alpen bis zu den Karpathen und vom nördlichen und arktischen Europa über Island nach Nordostgrönland bis zum achtzigsten Grad nördlicher Breite.

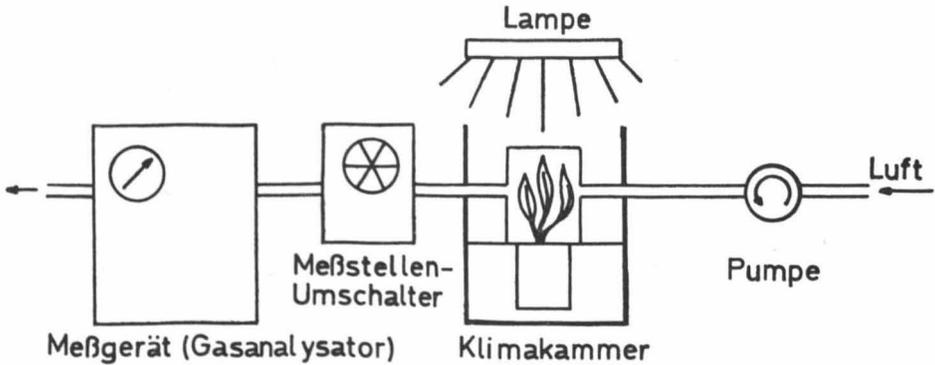
Gletscher-Petersbart oder Gletscher-Nelkenwurz gedeiht ebenfalls auf Fein- und Grobschutthalde, auf Moränen und Felsbändern, den Rasenschluß immer streng meidend. Sein Verbreitungsgebiet ist beschränkt auf Alpen, Karpathen, Illyrien und Mazedonien.

Seit langem ist bekannt, daß der Gaswechsel von Pflanzen empfindlich auf Licht und Temperatur reagiert, daß also die pflanzliche Stoffproduktion in hohem Maße von der Intensität der Beleuchtung und von der herrschenden Temperatur abhängt. Es gilt nun, diesen Gasaustausch bei verschiedenen Lichtstufen und bei verschiedenen Temperaturen zu messen. Dabei stößt man allerdings auf eine Reihe methodischer Schwierigkeiten, und wenn wir bis heute vom Leben der Nivalpflanzen so wenig wissen, dann liegt der Grund hierfür besonders darin, daß die Messung des Gaswechsels von so kleinen Pflanzen sehr schwierig ist und daß erst heute ausreichend empfindliche Geräte zur Verfügung stehen, die diese geringen CO_2 -Mengen, welche die Blätter der Luft entnehmen oder an sie abgeben, messend erfassen können. Engelbert Cartellieri hat bereits 1937 und 1938 auf dem Glungezer (2679 m) bei Innsbruck unter schwierigsten Bedingungen Gaswechsellmessungen an Nivalpflanzen durchgeführt. Die damals vorhandene Apparatur war sehr anfällig für Störungen verschiedener Art und gestattete in mühsamer Arbeit doch nur Einzelmessungen, was nicht den Wert dieser hervorragenden Pioniertat schmälert. Die heute zur Verfügung stehenden Geräte erlauben die Aufnahme ganzer Tagesgänge des CO_2 -Gaswechsels an mehreren Pflanzen gleichzeitig und in dichter Folge, wobei die Meßwerte automatisch registriert werden.

Man geht im wesentlichen so vor, daß die Assimilationsorgane — die Blätter der Pflanze — in eine durchsichtige Kammer eingeschlossen werden und der durch die Küvette streichende Luftstrom anschließend in einem Gasanalysator auf seinen CO_2 -Gehalt untersucht wird. Hat die eingeschlossene Pflanze aus der vorbeistreichenden Luft CO_2 entnommen, so wird dies im Vergleich zur Leerprobe am Meßgerät sichtbar. Man kann an Hand der registrierten Werte die in einer gewissen Zeit von der Pflanze aufgenommene Menge des Kohlenstoffes errechnen. Diese Größe ist ein zuverlässiges Maß für die Intensität der Stoffproduktion.

Da Nivalpflanzen durchwegs kleine Assimilationsorgane häufig an recht zarten und empfindlichen Blattstielen tragen, ist die Arbeit mit diesen Objekten sehr erschwert, zumal mit vollkommen intakten Pflanzen gearbeitet werden muß. Zu diesem Zwecke brachte ich in den Sommermonaten von 1962 bis 1964 eine Reihe der genannten Versuchspflanzen, die ich beizeiten zuvor in verschiedenen Höhenstufen von 2000 bis

3100 m gezogen hatte, mit den Töpfen und dadurch mit einwandfreiem Wurzelwerk in das Labor nach Innsbruck und baute sie hier in die Versuchsanlage ein, wobei wohl die Blätter in den zur Gasanalyse bestimmten Luftstrom reichten, die übrigen Pflanzenteile und vor allem der Topf mit der CO_2 -reichen Erde jedoch nicht damit in Berührung kamen. Eine Xenon-Quarzlampe, die über den Assimilationskammern angebracht war, konnte nun auf verschiedene Lichtstärken eingestellt werden, so daß sich die Wirkung unterschiedlicher Helligkeit auf den CO_2 -Gaswechsel am Registriergerät abzeichnete.



Hierbei trat zutage, daß sich die Assimilationsintensität beim Gletscher-Hahnenfuß im optimalen Temperaturbereich (um 20°C) bei Steigerung der Helligkeit von 10 000 Lux auf 30 000 Lux von etwa 17 mg CO_2 -Aufnahme pro Gramm Trockengewicht und Stunde auf rund 30 mg fast verdoppelte und daß bei weiterer Steigerung der Beleuchtungsstärke die Produktionsraten weiter anstiegen, wenngleich nicht mehr so stark. Immerhin war auch bei 75 000 Lux die obere Leistungsgrenze noch nicht erreicht. Die CO_2 -Aufnahme betrug bei dieser Helligkeit zwischen 35 und 40 mg je Gramm Trockengewicht und Stunde. Das bedeutet, daß ein Blatt unter diesen Umständen seinen Kohlenstoffgehalt stündlich um rund 2% erhöhen kann. Daraus ergibt sich, daß der Kohlenstoff für den Aufbau eines gleich großen Blattes schon in 50 solchen optimalen Leistungsstunden erworben werden könnte. Selbstverständlich kommt es am Standort nie vor, daß eine Pflanze fünfzig Stunden lang ununterbrochen so ertragreich produziert, denn abgesehen von den Nacht- und Dämmerungszeiten, in denen überhaupt nicht assimiliert wird, fehlen auch untertags den Pflanzen häufig die für optimale Leistung notwendige Strahlung und Wärme.

Ältere Blätter des Gletscher-Petersbartes produzierten mit 13 mg CO_2 -Aufnahme pro Gramm Trockengewicht und Stunde bei 10 000 Lux etwas weniger als der Gletscher-Hahnenfuß und erreichten bei 30 000 Lux rund 23 mg. Bei weiterer Steigerung der Helligkeit nahm die Assimilation hier jedoch kaum mehr zu.

2. Einfluß verschiedener Temperatur auf die Kohlenstoffassimilation der Versuchspflanzen

Da sich in der Versuchsanlage nicht nur die Lichtstärke beliebig variieren, sondern auch die Blattertemperatur durch ein die Küvette umgebendes Wasserbad bzw. eine an die Assimilationskammern angelegte Kältemischung im Bereich von -10° bis $+50^{\circ}$ C nach Belieben einstellen und über jeden gewünschten Zeitraum konstant halten ließ, konnte auch die Temperaturabhängigkeit des CO_2 -Gaswechsels dieser Nivalpflanzen im Labor festgestellt werden.

Hier interessierten uns vor allem jene Temperaturbereiche, bei denen sich durch zu große Kälte oder durch zu große Hitze CO_2 -Aufnahme und CO_2 -Abgabe die Waage halten, die Pflanze also keinen Gewinn mehr erzielt. Und besonders gespannt waren wir bei der Untersuchung des Temperatur-Optimums, d. h. jenes Wärmebereiches, in dem die Pflanzen am intensivsten zu arbeiten vermögen.

Während nun die Kompensation bei -5 bis -6° beim Gletscher-Hahnenfuß bzw. -3° beim Gletscher-Petersbart und um $+40$ Grad etwa in den erwarteten Bereichen eintrat, überraschte uns das hohe Temperaturoptimum bei rund 20° C. Die beiden Versuchspflanzen zeigten sich also durchaus befähigt, auch bei relativ hoher Temperatur ergiebig zu assimilieren, so daß sich vom tiefegelegenen Kompensationspunkt bis in den optimalen Bereich eine breite Temperaturspanne ergab, in der Stoff produziert wird. Besondere Beachtung verdient außerdem das mehrfach beobachtete rasche Anspringen der CO_2 -Aufnahme bei ansteigender Temperatur nach Frost, sofern dieser nicht zu tief gewesen war.

3. Zur Frosthärte von Nivalpflanzen

Ebenfalls zu einer ersten Orientierung sollten die Frostungsversuche führen, die ich im Laboratorium an ausgewachsenen Blättern älterer Pflanzen durchführte. Auch hier waren es wieder Gletscher-Hahnenfuß und Gletscher-Petersbart, die auf ihre Frosthärte getestet wurden; außerdem bezog ich den Alpen-Säuerling (*Oxyria digyna* L.) in diese Experimente ein. Im Kälteschrank wurden die Blätter durch wenigstens zwei Stunden der Frosteinwirkung ausgesetzt und nach langsamem Auftauen in den folgenden Tagen auf eintretende Schäden untersucht. Die weitverbreitete Meinung, Pflanzen der Nivalstufe müßten überaus frosthart sein, konnte nicht bestätigt werden. -7° bewirkten bei allen drei Versuchspflanzen bereits ausgedehnte Schäden, die sich beim Gletscher-Hahnenfuß und beim Alpen-Säuerling zuerst meist in einer irreversiblen Bräunung der Blattspitzen oder randlichen Blattpartien zeigten. Manchmal wurden die Blattstiele zuerst geschädigt, was dann stets ein Absterben des ganzen Blattes zur Folge hatte. Beim Gletscher-Petersbart waren die ersten Schäden immer an der Nervatur zu beobachten. Entsprechende Untersuchungen an jungen Pflanzen und überwinternden Pflanzenteilen stehen noch aus; vorläufige Beobachtungen am Standort lassen hier ein anderes Ergebnis erwarten.

II. Was erlebt die Nivalpflanze auf ihrem natürlichen Standort?

Um auch einige Einblicke zu erhalten in die Umweltbedingungen, unter denen Nivalpflanzen gedeihen, besuchte ich von 1962 bis 1965 dreißigmal eine südseitig geneigte Mulde am Schrankogel (3 500 m) in den Stubaier Alpen in 3 100 m Höhe, um hier mitten in einem reichen Pflanzenbestand klimatologische Messungen durchzuführen. Besonders das Klima der bodennahen Luftschichte sollte näher untersucht werden, und so maß ich bei sehr unterschiedlichem Wetter zu verschiedenen Terminen in allen Jahreszeiten die Lufttemperaturen in 10 und 200 cm Höhe, Windgeschwindigkeiten, Helligkeit und während der Vegetationsperioden zahlreiche Blattertemperaturen am Gletscher-Hahnenfuß. Im Sommer 1963 registrierte ein Thermograph, der in einer Kleinwetterhütte in 10 cm Höhe aufgestellt war, die Temperatur der bodennahen Luftschichte durch zwei Monate.

So vorsichtig solche Einzelmessungen auch gewertet werden müssen, geben sie doch ein erstes Bild von den kleinklimatischen Verhältnissen, unter denen die Nivalpflanzen an dieser Stelle wuchsen.

1. Wichtigste Ergebnisse der Messungen zum Kleinklima am hochalpinen Standort

An windstillen Schönwettertagen war die Luft im Sommer in Bodennähe (10 cm Höhe) bis um 5 Grad wärmer als in 2 m Höhe, und die Blätter des Gletscher-Hahnenfußes erwärmten sich an solchen Tagen bis um 10,8 Grad über die Temperatur der umgebenden Luft, so daß an den Assimilationsorganen bis zu 25,8° gemessen werden konnten. Allerdings genügte bereits schwacher Wind (4 m/sek), um merkliche Überwärmungen der Blätter zu verhindern. Nur Pflanzen in besonders windgeschützten Felsspalten konnten auch an diesen Tagen bei voller Sonnenbestrahlung in den Temperaturbereich von 20° gelangen.

Das Temperatur-Monatsmittel in der bodennahen Luftschichte betrug im August 1963 4,0 Grad und für 20 Septembertage desselben Jahres 1,3° C, während vergleichsweise in Innsbruck (582 m) die Monatsmittel — gemessen in 2 m Höhe — im August und September 1963 17,4° und 15,3° ausmachten. Die absoluten Minima betrug während der Vegetationsperioden 1963 und 1964 am Schrankogel in 3 100 m Höhe —5,3° bzw. —6,5° C.

Die Helligkeit variierte an den Beobachtungstagen von 1 500 Lux am Beginn eines heftigen Gewitters bis 140 000 Lux an mäßig bewölkten Tagen. Nach Schneefall maß ich im Nebel immer noch 30 000 Lux.

Wie bereits angeführt wurde, sollten diese Messungen einer groben Orientierung dienen; zu genaueren Aussagen über die wichtigsten klimatischen Umweltfaktoren, die hier das Pflanzenleben beeinflussen, wird man erst gelangen, wenn durch lückenlose Registrierung der verschiedenen Klimawerte in der biologisch interessanten Luftschichte nahe dem Boden über längere Zeiträume ausreichendes Material gesammelt wurde.

2. Dauer der Vegetationszeit

1963 dauerte die Vegetationszeit vom Ausapern der Versuchsstelle anfangs Juli bis zum Einsetzen der schweren Herbstfröste am 25. September in 3 100 m Höhe etwa 77 Tage. Allerdings waren während dieser Zeit 15 produktionshemmende Frosttage mit teilweiser Schneebedeckung der Versuchsstelle zu verzeichnen, so daß die Pflanzen rund 62 Tage für die Assimilation zur Verfügung hatten. Im günstigen Jahre 1964 begann die Vegetationsperiode schon am 14. Juni und dauerte bis 15. September; bei Berücksichtigung der Frosttage blieben für die Pflanzen etwa 68 Tage zur Stoffproduktion übrig, und im kalten und nassen Sommer 1965 konnten die Pflanzen an dieser Stelle vom 20. Juli bis 5. September nur etwa an 31 Tagen Stoffgewinn erzielen.

3. Blüten, Früchten und Überwintern in 3 100 m Seehöhe

In sehr guten Jahren stehen für den Erwerb des Kohlenstoffes — Grundlage des Baustoffwechsels und des Energiehaushaltes — also 60 bis 70 Tage, in schlechten Jahren kaum 30 Tage zur Verfügung, ja 1965 und 1966 aperten viele Pflanzen, die ich in den vorausgegangenen Jahren regelmäßig beobachtet hatte, überhaupt nicht aus, so daß ein Stoffgewinn hier völlig ausblieb.

Der Ablauf der Wachstumsperiode erfolgte nicht bei allen Pflanzenarten dieser Stufe gleich. Während der Rote Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*) sofort nach dem Abschmelzen des Schnees blüht, gefolgt vom Gletscher-Hahnenfuß und Roßspeik (*Primula glutinosa*), haben es andere nicht so eilig. Moschus-Steinbrech (*Saxifraga moschata*), Moos-Steinbrech (*Saxifraga bryoides*) und Einblütiges Hornkraut (*Cerastium uniflorum*) öffneten die Blüten erst viel später; sie unterschieden sich hier wesentlich im Verhalten von den Vorgenannten. So fand ich am 15. Mai 1966 in 3 100 m Höhe, als ich zu phänologischen Beobachtungen am Fuße des Schrankogels zeltete, nur den Roten Steinbrech blühend, während *Ranunculus glacialis* erste Blätter zeigte und noch festgeschlossene Blütenknospen. Etwa eine Woche später öffnen sich dann die vorerst rein weißen Blüten des Gletscher-Hahnenfußes, und erst mit zunehmendem Alter werden die Kronblätter rötlich überlaufen oder deutlich rot. Rund 30 Tage nach dem Öffnen sind die ersten Früchte reif, sie lockern sich und fallen in der Folge aus. Zur gleichen Zeit verlieren die Blätter meist ihren Glanz und werden etwas heller. Besonders nach dem Abschmelzen einer dickeren Schneedecke nach einem sommerlichen Kaltwettereinbruch ist diese Erscheinung häufig zu beobachten. Nach zwei Monaten zeigen die Blätter oft schon deutliche Alterserscheinungen; sie sind zum Teil vergilbt, haben braune Flecken oder sind völlig welk. Das vorausgegangene Wetter spielt hier natürlich eine maßgebliche Rolle. Häufiger Schneefall und starker Frost beschleunigen den Verfall. Die welken Blätter bleiben oft bis in das kommende Jahr am Wurzelstock hängen.

Gräbt man die unterirdischen Teile des Gletscher-Hahnenfußes im Spätherbst aus dem Boden, findet man unter den Deckschuppen der Knospe meist schon weitgehend ausgebildete Blüten. Die Kelchblätter tragen bereits die charakteristische Behaarung, deutlich sind Staubgefäße und Fruchtknoten zu unterscheiden. 1 bis 3 cm unter der Bodenoberfläche überwintern diese drei oder vier Millimeter messenden Blütchen, um

im kommenden Frühjahr wenige Tage nach der Schneeschmelze an das Licht geschoben zu werden.

Während der kurzen Vegetationszeit ist die Pflanze also nicht nur gezwungen, ausreichend Substanz für Sproß und Blattmaterial, für das Blühen und Fruchten zu produzieren, es muß auch ein rascher Start im kommenden Jahr vorbereitet werden, durch Anlage von Blättern und Blüten und die Speicherung von genügend Reservestoffen in den unterirdischen Vorratskammern.

Bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit bedeutet der Verlust eines Blattes für den Gletscher-Hahnenfuß also mitunter den Verlust eines ganzen Vegetationsjahres, weil eben nicht genügend Vorrat gesammelt werden kann. Hier wird deutlich, ja durch die experimentell-botanische Arbeit geradezu zahlenmäßig beweisbar, wie sehr jede Pflanze der Nivalstufe des größten Schutzes vor Zerstörung und Beschädigung durch Mensch und Tier bedarf.

III. Errichtung eines Stützpunktes für experimentell-ökologische Untersuchungen in 3190 m Höhe

Während also die angeführten Laboratoriumsuntersuchungen und die bisherigen klimatologischen Messungen am natürlichen Standort den Rahmen für die weitere Forschung abstecken sollten und Gelegenheit boten, Erfahrungen im Experimentieren mit Nivalpflanzen zu sammeln, begann 1966 die zweite und schwierigere Phase dieses Forschungsprojektes mit der Errichtung eines Stützpunktes am natürlichen Standort der Versuchspflanzen in 3190 m Höhe. Nun gilt es, die bei künstlichen Bedingungen erzielten Meßergebnisse unter den komplexen Verhältnissen in der Natur zu prüfen und außerdem durch ganzjährige Registrierung der wichtigsten Faktoren, die das Klima in Bodennähe ausmachen, eine weitreichende Aussage über die Ökologie von Nivalpflanzen zu erarbeiten.

1. Wahl des Versuchsplatzes

Ein Versuchsplatz für experimentelle Freilandarbeit muß gewissen Bedingungen entsprechen, und es ist nicht einfach, eine geeignete Stelle zu finden, die allen Anforderungen gerecht wird. So muß auf Schonung der Pflanzendecke geachtet werden, und neben einer klimatisch begünstigten Stelle sollte auch ein Nordhang zugänglich sein, damit die extremen Bedingungen, die für diese Hochlagen ja gerade charakteristisch sind, erfaßt werden können. Die Meereshöhe des Versuchsfeldes ist mit rund 3100 m dadurch vorgegeben, daß man etwa an der Schneegrenze arbeiten sollte, um tatsächlich im Grenzbereich für höheres Pflanzenleben zu experimentieren. Hier schmilzt der Schnee nicht überall in jedem Jahr, und es lassen sich vielleicht die Vorgänge an den nicht ausapernden Blütenpflanzen näher untersuchen. Und schließlich ist zu beachten, daß der Stützpunkt an einer Stelle errichtet wird, die auch im Winter erreicht werden kann; ist es ja notwendig, die Geräte in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren und zu warten.

Ursprünglich hatte ich die Absicht, die Apparate in einer Schutzhütte des Alpenvereines einzubauen. Dieses Vorhaben erwies sich aber als undurchführbar, weil die natürlichen Verhältnisse in der nächsten Umgebung der Hütte nicht mehr gegeben sind und besonders der Boden durch die unvermeidlichen Abfälle nicht im ursprünglichen Zustand vorliegt. Außerdem würde der Hüttenbetrieb durch die notwendige Verlegung von Kabeln, Meßleitungen und Versuchseinrichtungen in der unmittelbaren Umgebung stark behindert, und zahlreiche Beschädigungen der Apparaturen wären nicht zu verhüten. Andererseits ist ein zu weites Entfernen von einer bewirtschafteten Hütte nicht ratsam, würde es doch allen Regeln bergsteigerisch richtigen Verhaltens widersprechen, wollte man zwei Monate lang allein weitab von Menschen im Gletscherbereich arbeiten. Ein kleiner Unfall könnte schon schwerwiegende Folgen haben.

Den Versuchsplatz, der nun allen diesen Anforderungen entspricht, fand ich am Grat des Hohen Nebelkogels (3 211 m) in 3 190 m Höhe, etwa 300 m südlich der Hochstubaiahütte (3 175 m) im Gemeindegebiet von Sölden im Ötztal. Hier sind bei reichlichem Pflanzenwuchs Nord- und Südhang gegeben, Schneefelder reichen auch im Sommer nahe an den Grat heran. Der Stützpunkt ist über Längenfeld im Ötztal, Gries im Sulztal, Ambergerhütte zu jeder Jahreszeit zugänglich, und die nahegelegene Hochstubaiahütte des Deutschen Alpenvereins (Sektion Dresden) bietet Verpflegung und sicheren Unterstand bei Gewittern, ohne daß Versuchsarbeit und Hüttenbetrieb einander störten. Außerdem verfügt das Haus über eine Funkverbindung mit Sölden. Analysen, deren Durchführung an ein Laboratorium gebunden bleibt, können in der über Sölden erreichbaren Alpinen Forschungsstelle Obergurgl der Universität Innsbruck ausgeführt werden.

2. Die Transportfrage

Das Gesamtgewicht des von Innsbruck an den Standort zu transportierenden Materials betrug 1966 etwas über drei Tonnen, wobei es sich zum Teil um sehr stoßempfindliche Apparate oder sperrige Barackenteile handelte. Damit wurde das Gelingen unseres Vorhabens in erster Linie zu einem Transportproblem. Dank der großzügigen Unterstützung durch das Österreichische Bundesministerium für Inneres in Wien, das die Flugrettungsstelle Innsbruck mit der Durchführung der Transporte betraute, konnten sowohl die Geräte als auch das übrige Material und die Bauteile der Baracke einwandfrei bis knapp an den Stützpunkt herangebracht werden. Das Transportflugzeug (180 kg Ladevermögen) landete etwas unterhalb des Nebelkogelgrates auf dem Wüthenkarferner, der Hubschrauber (300 kg Ladevermögen) setzte 150 m vor dem Stützpunkt am Sattel auf. Solche Gletscherlandungen bei verschiedenen Schneesverhältnissen erfordern von den Piloten großes Können, und es ist wichtig, daß die Transporte zuerst in allen Einzelheiten mit den Flugzeugführern besprochen werden, damit dann an Ort und Stelle die richtigen Vorbereitungen (Antreten einer Landepiste, richtige Kennzeichnung derselben, Aufstellen einer Windfahne an der geeigneten Stelle, Markieren des Landeplatzes für Hubschrauber, Wegräumen leichter Gegenstände aus deren Landungsbereich usw.) getroffen werden können.

3. Die Baracke und ihre vorläufige Einrichtung

So konnte im Herbst 1966 eine kleine Baracke ($3 \times 3 \text{ m}^2$ Grundfläche) an der vorgesehenen Stelle errichtet und mit einem CO_2 -Gasanalysator (H & B) samt Zubehör ausgestattet werden. Zur Energieversorgung der Meßapparate und Pumpen verwendete ich einen Eisemann-Stromerzeuger BWSA 0,8 mit Fichtel & Sachs-Motor, der sich wegen seiner Robustheit im Dauerbetrieb auch unter extremen Wetterbedingungen in dieser großen Meereshöhe dank seiner ausreichend konstanten Spannung und Frequenz als gut geeignet erwies. Das Aggregat wurde etwa 10 m unterhalb der Baracke in der Südwand aufgestellt, damit die Abgase die Luftzusammensetzung am Versuchsplatz nicht veränderten.

Die mit fünf Drahtseilen am Grat verankerte Baracke wurde auch mit einem Blitzschutz versehen. Ein den Dachfirst entlanglaufender Fänger ist zweifach abgeleitet und mit einem in 30 m Entfernung 1,5 m unter Eis dem Felsboden aufliegenden und mit Erde abgedeckten quadratmetergroßen Eisengitter verbunden. Außerdem wurde direkt am Gitter ein weiterer Fänger an einem Holzpfahl errichtet. So hoffen wir, daß Blitzschläge genügend abgeführt werden. Inwiefern atmosphärische Entladungen durch Induktionswirkung Schaden anrichten, wird sich zeigen. Jedenfalls muß Vorsorge getroffen werden, daß alle an die kostspieligen Meßgeräte heranführenden Leitungen bei Anzug eines Gewitters auf einfache Weise rasch unterbrochen werden können.

Allen Institutionen, die durch finanzielle Zuwendungen bzw. Durchführung der Transporte wesentlich zum Gelingen des Forschungsvorhabens beitrugen, gilt mein besonderer Dank!

Alpine Forschungsstelle Obergurgl der Universität Innsbruck

(Kurator Univ.-Prof. Dr. W. H e i ß e l).

Daniel- und Maria-Swarovski-Stiftung, Wattens, Tirol

(Vorsitzender Dr. H. K r u g).

Militärkommando für Tirol, Innsbruck (Major F. L a n g e r).

Nationalkomitee für das Internationale Biologische Programm an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien

(Vorsitzender Univ.-Prof. Dr. W. K ü h n e l t).

Österreichischer Alpenverein

(Vorsitzender Univ.-Prof. Dr. H. K i n z l, Innsbruck).

Österreichisches Bundesministerium für Inneres, Abteilung 27, Wien

(Miniserialrat Dr. R o ß m a n i t h);

Flugrettung Innsbruck mit den stets einsatzbereiten Fliegern.

Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere, München

(geschäftsf. Vorsitzender Oberstleutnant a. D. P. S c h m i d t).

Nicht unerwähnt soll bleiben, wie interessiert und hilfreich sich viele Bergsteiger zeigten und welch großes Entgegenkommen ich von seiten der Hüttenwirte M e i n h a r d R i m l (Ambergerhütte) und F r a n z G r i t s c h (Hochstubaiahütte) erfuhr. So schulde ich vielen Helfern Dank, die beigetragen haben zur Errichtung dieses hochalpinen Stützpunktes, der es ermöglichen soll, durch gezielte Freilanduntersuchungen weitere Einblicke in das Leben von Nivalpflanzen zu gewinnen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [32_1967](#)

Autor(en)/Author(s): Moser Walter

Artikel/Article: [Einblicke in das Leben von Nivalpflanzen 101-111](#)