

Selektion von *Rhododendron* -Teilbereich II – Universität Innsbruck

Beprobung von Pflanzenmaterial und Standortsbewertung von Sammelorten in Tirol

1 Einleitung

Aufgabenstellung

Die Forschungsaktivitäten im Rahmen des Forschungsprojekt Nr. BGB 022955 an der HBLVA für Gartenbau Wien befaßt sich mit der Beprobung und Standortsbewertung des Teilbereichs "Nordtirol" (und ferner einem Sammelplatz in der Provinz Trient) von *Rhododendron ferrugineum* (Rostblättrige Alpenrose) und *Rhododendron hirsutum* (Bewimperte Alpenrose) sowie dessen natürliche Hybridform (*R. x intermedium*). Weiters wird eine Zusammenfassung ökophysiologischer Erkenntnisse über Lebensweise und Streßbewältigung der Alpenrosen vorgelegt.

Unterschiede zwischen den alpinen *Rhododendron*-Arten

Morphologische Merkmale der Wildarten sind allgemein bekannt: Die immergrünen, ledrigen Blätter von *R. ferrugineum* sind meist lanzettlich und die Blattspreite ganzrandig gerollt. Die Unterseite der reifen Blätter ist mit dichten rostbraunen Drüsenschuppen bedeckt. Die wintergrünen, weicheren Blätter von *R. hirsutum* sind rundlich-eiförmig mit bewimpertem, gekerbten Rand, die Blattspreite bleibt im Alter grün und ist mit spärlichen, bräunlichen Drüsenschuppen besetzt. Alte Blätter von *R. ferrugineum* mausern im August und September und werden gelb, jene von *R. hirsutum* erneuern im Sommer nach und nach ihr Laub und die letztjährigen Blätter verfärben sich rot. Die Knospenhüllen der Infloreszenzen sind beim Austrieb von *R. ferrugineum* großteils braun, von *R. hirsutum* erscheinen die Deckschuppen an der Basis grün und ab der Mitte distal rötlichbraun. Die Blüten der Rostblättrigen Alpenrose sind leuchtend rot bis rosa, jene der Bewimperten Alpenrose lilarot bis rosarot.

Wo *R. ferrugineum* und *R. hirsutum* eng benachbart wachsen, treten Hybriden (*R. x intermedium*) auf. An Sträuchern in der Kontaktzone des Lizumtals fanden wir folgende Hybridmerkmale: Die Blätter sind meist elliptisch und am Blattrand bewimpert (Merkmal von *R. hirsutum*), andererseits sind auf der Unterseite rotbraune Drüsenschuppen in lockerer Anordnung verstreut (Merkmale von *R. ferrugineum*). Die Knospenschuppen der Infloreszenzen erscheinen während des Streckungswachstums genau wie jene von *R. hirsutum*. Die schlanke trichterförmig-glockige Blütenform entspricht wiederum eher der von *R. ferrugineum*.

Verbreitung in Tirol

Beide *Rhododendron*-Arten kommen als Unterwuchs in lichten Bergwäldern, über der Waldgrenze in Krummholzgebüsch, in Zwergstrauchheiden, auf Viehweiden, in alpinen Rasen und Gesteinsfluren auf Standorten mit langer winterlicher Schneebedeckung vor. *R. ferrugineum* bevorzugt schattige Berghänge, Blockhalden, Geländerinnen und Mulden über sauren bis neutralen, tiefgründigen humosen Böden, aber auch Lehm- und Tonböden und ausgelaugten Böden auf Karbonatgestein. *R. hirsutum* tritt häufig in lockerem Legföhrengbüsch, Lawinenzügen, mäßig trockenen Steinböden, Felsbändern und als Pionier auf Schutt auf. Diese Art ist kalkstet und wächst auf basischen bis neutralen Verwitterungsböden über Karbonat- und kalkhaltigen Schiefergesteinen. Die Hybridform *R. x intermedium* kommt vorwiegend in Gegenden vor, wo Silikat- und Karbonatgestein aneinandergrenzen.

Die Verbreitung der zwei Arten in Nord- und Osttirol ist jeweils auf unterschiedliche Gebirgsgruppen begrenzt, doch gibt es Regionen, in denen beide Arten vorkommen (Abbildung 1.1). *R. ferrugineum* zeigt sich eher standortsindifferent, daher besiedelt diese Art ein größeres Areal als *R. hirsutum*, das auf Karbonatgebirgen und die Schieferalpen beschränkt ist.

Die Spanne der Höhenverbreitung der beiden *Rhododendron*-Arten reicht in Tirol von der montanen Bergwaldstufe bis zur alpinen Rasenstufe, ausnahmsweise auch höher gelegenen, windgeschützten Stellen. *R. ferrugineum* kommt im Talbereich in 700-800m MH (Roppen im Oberinntal, Nörsach im Drautal) vor, Herbarbelege des höchsten Fundorts stammen aus 2800-3000m MH (Hochwilde im Ötztal, Lesachriegel über Kals); *R. hirsutum* wurde auf 480m MH (um Kufstein, in der Kundler Klamm) und auf 2500-2700m MH (Hintertux, Würtembergerhaus über Zams, Umgebung der Glorerhütte über Kals) gefunden. Insgesamt wurde die Hälfte der Fundorte der Rostblättrigen Alpenrose zwischen 1600m und 2000m MH, die Hälfte der Fundorte der Bewimperten Alpenrose zwischen 1250m bis 1850m MH dokumentiert (Polatschek 1999; siehe Abb. 4.2).

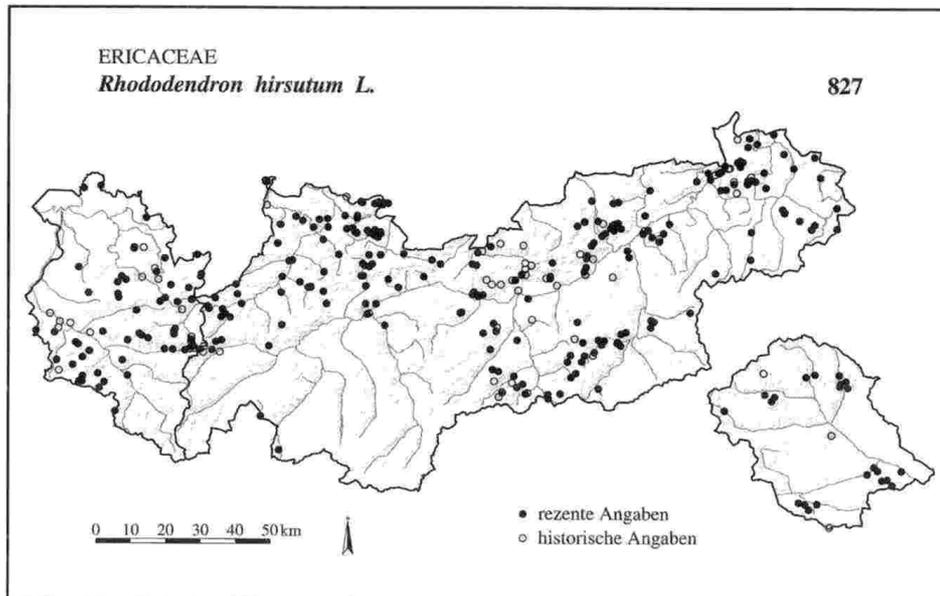
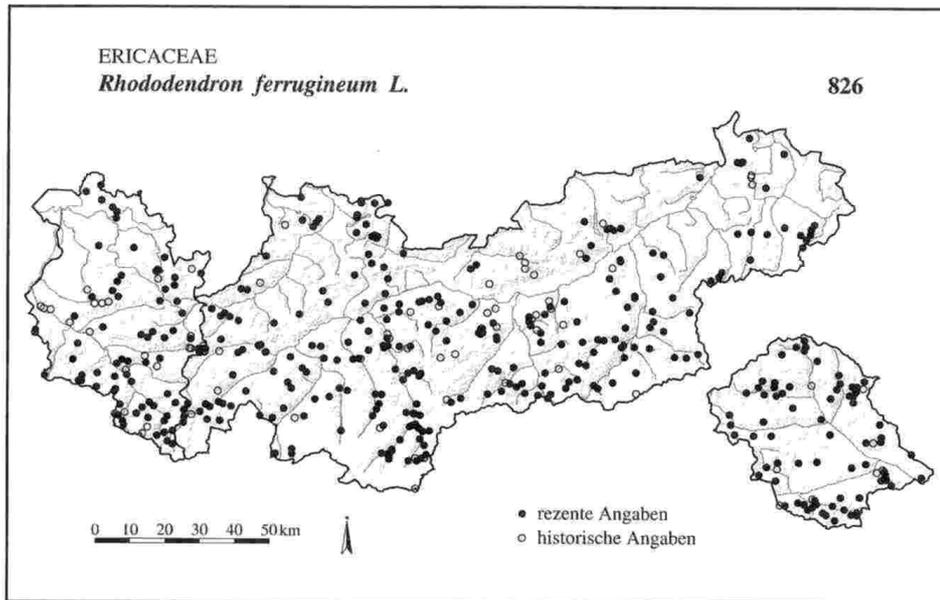


Abbildung 1.1: Verbreitung der *Rhododendron*-Arten in Tirol und Vorarlberg.
Quelle: Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Botanische Sammlung, Innsbruck (aus Polatschek 1999)

2 Arbeitsbehelfe und Untersuchungsmethoden

Kartenunterlagen

Für Nordtirol wurden folgende topographische Karten des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen im Maßstab 1:25000 benützt:

- BMN 2703 "Innsbruck" (Nordkette);
- BMN 2706 "Axams" (Saile, Lizum)
- BMN 2707 "Brenner" (Patscherkofel)

Für das Trentino (Monte Bondone, Viote) wurde die Landkarte Nr. 070 "Adamello-Brenta" von Kompass-Karten GmbH, Rum-Innsbruck verwendet.

Vermessungen

- Geographische Koordinaten und Exposition (Kompaß): Satellitengesteuertes Navigations-System (Global Positioning System GPS) "eTrex Summit" von Garmin Corp., Olathe-Kansas, USA.
- Meereshöhen: Barometrischer Höhenmesser "Everest" von Thommen AG, Waldenburg Schweiz.
- Optischer Neigungsmesser: "Clinometer PM-5" von Suunto, Espoo Finnland.

Entnahme der Pflanzenproben

Beblätterte Triebe für die Molekularanalysen: In jedem der Untersuchungsgebiete wurden zur Blütezeit nach dem Zufallsprinzip von 20-25 nicht zu eng benachbarten Sträuchern je 2-3 Neutriebe von ca. 5 cm Länge entnommen (siehe Tabellenanhang), nach Sträuchern getrennt in verschließbare Plastiksäcke gegeben und mit wenig Wasser zum Frischhalten besprüht. Die Proben wurden in Kühltaschen transportiert und unverzüglich an ARC Seibersdorf Research GmbH gesandt.

Triebe für In-vitro-Kultur: Ebenfalls zur Blütezeit wurden von 5 bis 7 Individuen mit züchterisch lohnenden Eigenschaften je 20 noch unverholzte Neutriebe bis ca. 5 cm Länge entnommen. Auswahlkriterien waren Blütenfarbe hell/dunkel, Blütengröße, Anzahl der Blüten pro Infloreszenz und buschiger Wuchs. Die ausgewählten Sortensträucher wurden mit Etikett und Nummer versehen und auch gleichzeitig für die Molekularanalyse beprobt. Verpackung, Transport und Versand der Proben an die HBLVA Wien erfolgten wie vorhin beschrieben.

Samen: Zur Zeit der Fruchtreife im September wurde von jedem Sortenstrauch eine größere Anzahl reifer Kapseln, die sich in der Öffnungsphase befanden, geerntet. Die Früchte wurden zum vollständigen Trocknen und Entleeren der Samen in Aluminiumwannen ausgelegt und in einem trockenen und kühlen Raum ca. 3 Wochen lang gelagert. Im Oktober wurden die Samen gesiebt, gereinigt und für die weitere Verwendung an die HBLVA Wien weitergeleitet.

Bioindikatoren der Begleitflora

Pflanzen der Begleitflora können Bioindikatoren für bestimmte Standorte sein. Aus Florenwerken wie "Exkursionsflora von Österreich" von Adler et al. (1994), "Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete" von Oberdorfer (2001), und "Unsere Alpenflora" von Landolt (1992), sowie Landolt (1977) sind einige charakteristische Zeigerpflanzen beispielhaft angegeben.

Richtzahlen für Standortsverhältnisse ("Zeigerwerte" aus der Alpenflora von Landolt) zeigen an, wo die Arten in der Natur unter Konkurrenz anzutreffen sind. Aus mehreren Richtzahlen sind hier nur die

Reaktionszahl (R), die Feuchtezahl (F) und die Nährstoffzahl (N; hauptsächlich Stickstoff) numerisch angeführt:

R1 auf sehr sauren Böden (pH 3-4,5); **R2** Säurezeiger (pH 3,5-5,5); **R3** auf schwach sauren bis schwach basischen Böden (pH 4,5-7,5); **R4** auf basenreichen Böden (pH 5,5-8); **R5** ausgesprochener Basenzeiger (pH > 6,5).

F1 Trockenheitszeiger, **F2** sehr trockene und nasse Böden meidend; **F3** bei "frischen" Feuchtigkeitsverhältnissen; **F4** auf dauernd feuchten Böden; **F5** auf nassen Böden; **Fw** bei wechselnder Bodenfeuchtigkeit.

N1 ausgesprochener Magerkeitszeiger; **N2** auf nährstoffarmen Böden; **N3** auf mäßig nährstoffreichen, aber nicht gedüngten Böden; **N4** Nährstoffzeiger; **N5** Überdüngungszeiger.

Als Beispiel: *Rhododendron hirsutum*: R4, F3, N2; *Rhododendron ferrugineum*: R2, F3, N2

Bodenanalysen

Auf allen Sammelplätzen wurde im Wurzelbereich von repräsentativen Sortensträuchern in einer Tiefe zwischen 5 und 20 cm unter der Streuschicht ca. 1 Liter Feinerde für Bodenanalysen entnommen. Die Erdproben wurden im Zustand natürlicher Bodenfeuchte in Kunststoffbeutel gefüllt und über die HBLVA Wien an das Institut für Bodenkunde der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH Wien gesandt. Die quantitativen Analysen umfassen die mineralischen Nährstoffe wie Nitrat und Ammonium, Phosphor, Kalium, Magnesium, Eisen und Spurenelemente (Mn, Cu, Zn, B), sowie potentielle Acidität (pH in CaCl₂) und elektrische Leitfähigkeit des Bodens. Die Prüfberichte (inklusive Methodik) befinden sich im Anhang.

Außerdem wurde in situ die aktuelle und die potentielle Bodenacidität von allen Standorten mit einem pH-Meter über eine Glaselektrodenmeßkette von WTW GmbH, Weilheim Deutschland bestimmt. Die Messung wurde nach ÖNORM L1083 (Österr. Normeninstitut Wien) durchgeführt, mit Ausnahme der potentiellen Bodenacidität, in der 0.1 mol/l KCl anstatt 0.01 mol/l CaCl₂ benützt wurde.

Temperaturregistrierung

Die Temperaturen im Bereich des Mikroklimas wurden mit mobilen Temperaturloggern ("StowAway Tidbit", Onset Computer Corp. Pocasset MA, USA; Abbildung 2.1) registriert. Die kleinen elektronischen Registratoren (Durchmesser 3 cm, Höhe 1,2 cm) mit einer NTC-Perle als Sensor wurden an beschatteten Zweigen aufgehängt oder im Boden (10 cm unter der Bodenoberfläche) vergraben. Die Temperaturlogger blieben mindestens 12 Monate lang installiert, dann wurden die gespeicherten Daten ausgelesen. Die gewonnenen Meßreihen der Temperatur erlauben auch die Berechnung der Schneebedeckungsdauer und die aktuelle Vegetationsperiode des jeweiligen Standorts.



Abb. 2.1: Temperaturlogger "Tidbit" im Kronenbereich eines Alpenrosenstrauchs

3 Herkünfte des Pflanzenmaterials

Für die Suche von aussichtsreichen neuen Wildsorten von *R.ferrugineum*, *R.hirsutum* und *R. x intermedium* bietet sich in Tirol das mittlere Inntal wegen der geologischen Vielfalt an. Die Geomorphologie des Gebirges fördert eine breite klimatische Amplitude von Lebensräumen (Höhenlagen, Geländere relief). Kartographische Darstellungen des mittleren Inntals und unteren Wipptals für die Topographie, die Geologie, die Böden und die aktuelle Vegetation zeigen die Abbildungen 3.1 bis 3.4.

Als Gegenpol in den Südalpen wurde ein Fundort mit einer Population von *R.ferrugineum* südlich auf einem Bergrücken von Trient ausgewählt (Einzelheiten siehe Kap.3.5 und Abb. 3.36 und 3.37).

Alle Sammelplätze waren relativ leicht erreichbar und verfügten über eine genügend hohe Individuenzahl.

Die Beprobungsplätze wurden aufgrund folgender Kriterien ausgewählt:

- **Patscherkofel:** *Rhododendron ferrugineum* auf topoklimatisch unterschiedlichen Standorten (Nordhang und Westhang) auf saurem Substrat.
- **Seegrube** (Innsbrucker Nordkette, Karwendelgebirge): *Rhododendron hirsutum* auf typischem Kalkuntergrund.
- **Saile** (im Kalkkögelverband): Eine Population von *Rhododendron hirsutum* in der Nähe von *R. ferrugineum*-Beständen auf einem nordseitigen Schuttfeld mit langer Schneebedeckung.
- **Axamer Lizum:** In einem engen Talkessel fanden wir unterschiedliche Hybriden (*Rhododendron intermedium*) in der Kontaktzone von *R.hirsutum*-Gebüsch en auf Karbonatböden und *R.ferrugineum*-Beständen auf Silikatböden.
- **Viote** am Monte Bondone: In den trientinischen Südalpen wurden Pflanzenproben von *R.ferrugineum* in einer aufgelassenen Mahd auf interglazialen sauren Moränenböden über Karbonatgestein gesammelt. Die Alpenrosen waren nach der Eiszeit von Süden her einwandert.

Tabelle 3.1: Beprobung von *Rhododendron hirsutum*, *R. ferrugineum* und *R. x intermedium* aus verschiedenen Naturstandorten in Tirol und Trentino. Nummern in Klammer: Herkunftserkennung.

Herkunft	Pflanzenart	Seehöhe	Standort
(22) Patscherkofel	<i>R.ferrugineum</i>	2000-2050 m	Silikatuntergrund
(23) Seegrube, Karwendel	<i>R.hirsutum</i>	1800 m	Karbonatuntergrund
(24) Saile, Kalkkögel	<i>R.hirsutum</i>	2060-2100 m	Karbonatuntergrund
(25) Axamer Lizum	<i>R x intermedium</i>	1620-1750 m	Kalk-Gneis-Kontakt
(26) Viote, M.Bondone	<i>R.ferrugineum</i>	1600 m	Südalpines Klima Untergrund Jura/Tertiär

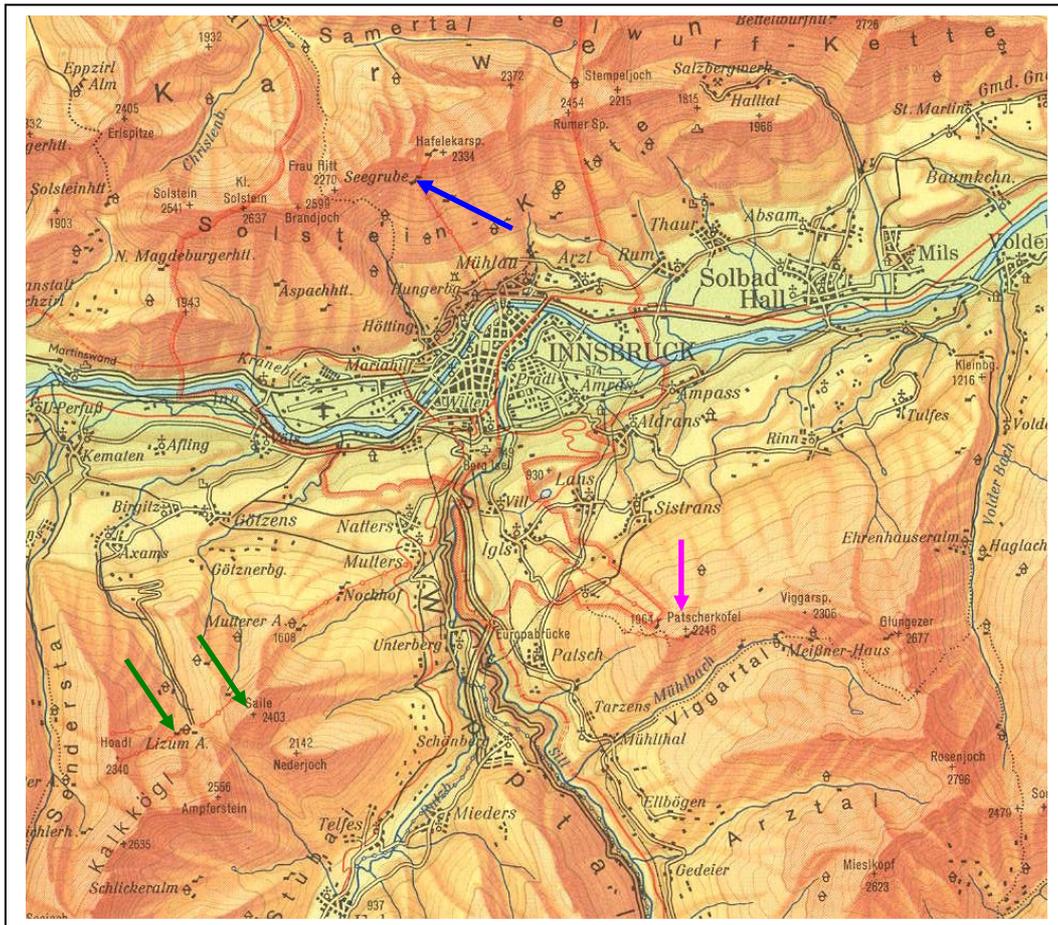


Abbildung 3.1: Topographie des mittleren Inntals und unteren Wipptals in der Umgebung von Innsbruck. *Blauer Pfeil* = Seegrube (Nordkette, Karwendel); *roter Pfeil* = Patscherkofel; *grüner Pfeil* = Axamer Lizum (hier: Lizum A.) und Saile. Ausschnitt aus "Österreichischer Atlas (Kozenn)", Vlg. Hölzel, Wien.

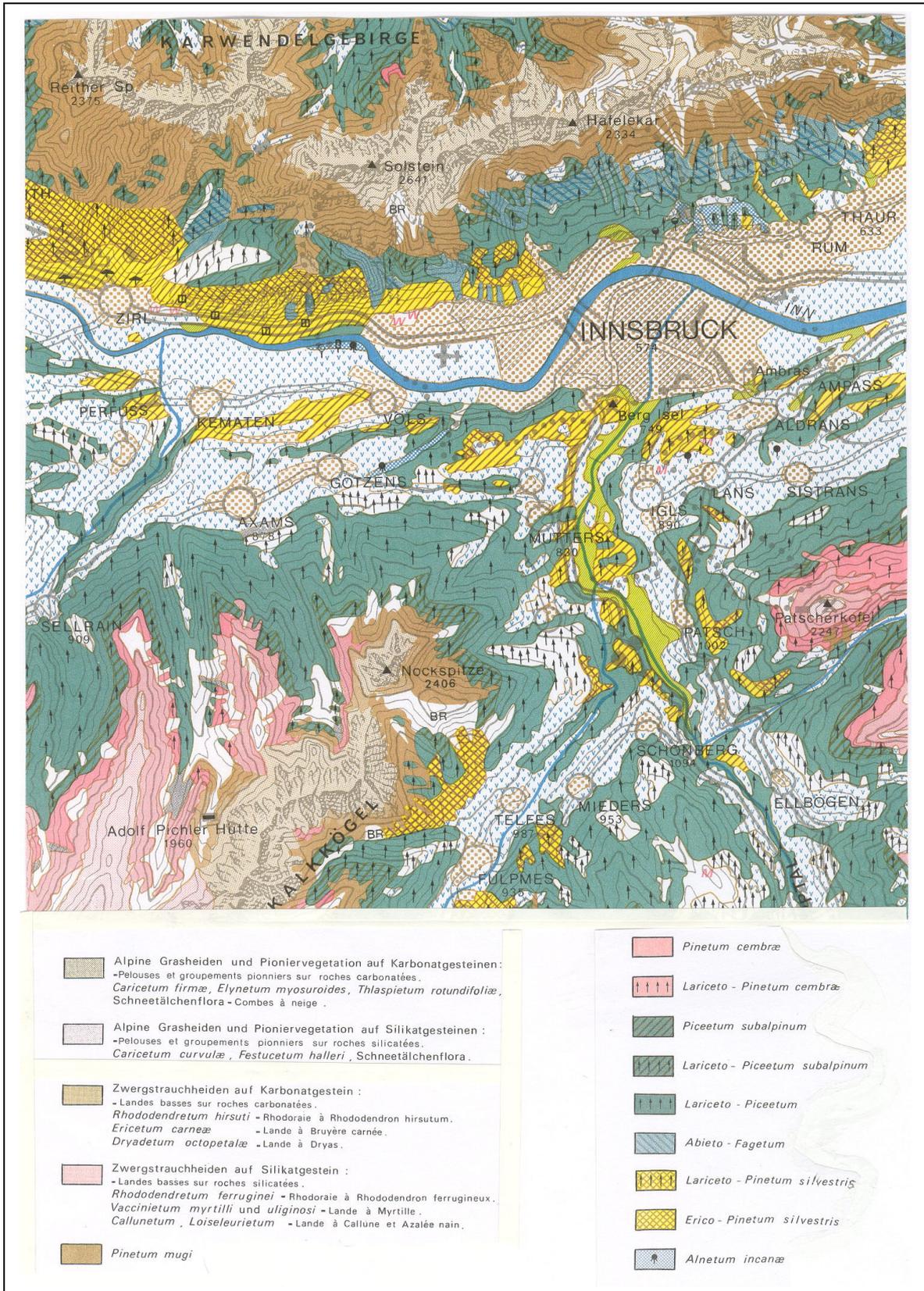


Abbildung 3.4: Aktuelle Vegetation im mittleren Inntal und unteren Wipptal. Ausschnitt aus der Vegetationskarte von Tirol 1/100000, Teil I, Blatt 6, Innsbruck-Stubaier Alpen (Pitschmann et al. 1970).

3.1 Patscherkofel (*Herkunftsbezeichnung Nr.22*)

3.1.1 Topographie

Der Patscherkofel (2246 m MH) steht als vorgeschobener Inselberg der Tuxer Voralpen im Einmündungsbereich des Silltals südöstlich von Innsbruck (siehe Abb. 3.1). Seit der Errichtung der Bergseilbahn (1928) ist die Waldgrenze und die Zwergstrauchheide des Patscherkofels ein wesentliches Versuchsgelände für das Institut für Botanik der Universität Innsbruck (mit dem Alpengarten und später dem Laboratorium) und, nach Erbauung des Klimahauses in den 60er Jahren, auch für die Forstliche Bundesversuchsanstalt. Sammelpplätze für *Rhododendron ferrugineum* waren vor allem auf einem Westhang in einem dichten Alpenrosenbestand, weiters wurde ein Sortenstrauch an der Nordflanke beprobt (Abbildungen 3.5, 3.7 und 3.8).

3.1.2 Geologie und Boden

Der Patscherkofel ist im unteren Teil aus Gesteinen der Tauernschieferhülle (Quarzphyllitzone) aufgebaut, die leicht verwittern. Die Gipfelregion (über 1900-2000m MH) ist von Gneisen (Biotitgneisen) und Glimmerschiefern des mittelostalpinen Altkristallin überlappt. Auf der Nord- und Ostseite sind mächtige Blockschuttmassen, die in und nach der Eiszeit entstanden (Tollmann 1977).

Die Böden an der subalpinen Waldgrenze des Patscherkofels und in der alpinen Zwergstrauchheide haben sich auf dem silikatischen Gesteinsuntergrund zu sauren Braunerden mit mächtigen Humushorizonten entwickelt (Abbildung 3.11 *links*; Cambic Podzol nach dem WRB-System 1998). Die vorherrschenden Bodentypen sind alpine Podsole mit typischen Ae- und Bh/s-Horizonts unter einer Rohhumusauflage (Umbric Podzol; Abbildung 3.11 *rechts*). Der Grad der Podsolierung ist stark von der Pflanzendecke und vom Relief abhängig. Chemische Analysen der Böden unter den beprobten Sträuchern sind im Anhang angeführt.

3.1.3 Klima

Auf dem Patscherkofel gibt es drei Meteorologische Stationen, welche die Klimafaktoren der freien Atmosphäre automatisch ununterbrochen registrieren: Die Wetterstation der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) des Gipfels (2247m MH), die Wetterstation des Klimahauses des "Bundesamt Forschungszentrum für Wald" (BFW; vormals Forstliche Bundesversuchsanstalt) knapp unterhalb der Waldgrenze (1950m MH) und eine Klimastation im Alpengarten der Universität Innsbruck an der Waldgrenze (1960 m MH). Langzeitregistrierungen der freien Atmosphäre sind von der Gipfelstation und der Station des Klimahauses der BFW vorhanden; die Station im Alpengarten wurde erst vor 5 Jahren installiert, so daß keine längeren Zeitreihen möglich sind.

Ausführliche Angaben des Höhenklimas und eine vergleichende Charakterisierung des Standortsklimas im Lebensraum der Alpenrosen werden im Kapitel 4.2 zusammengefaßt.

Bioklima (Abbildung 3.12 und Tabelle 3.2): Für die Registrierung des Mikroklimas wurden Temperaturlogger in der Hangmitte (2040 m MH) im Kronenbereich des Sortenstrauchs Nr. 22/7 angebracht und in 10 cm Tiefe im Boden vergraben.

Im Rhododendrongürtel am Westhang des Patscherkofels wurden Temperaturen in der Strauchkrone während der Zeit von Juni bis September von 9 °C (2002) bzw. 12 °C (2003; dieses Jahr war extrem warm) gemittelt, über die 12 Monate von Juli 2002 bis Ende Juni 2003 (also inklusive Winterhalbjahr) ergibt das mikroklimatische "Jahresmittel" eine Temperatur von 4.1 °C. Mittlere Monatstemperaturen waren für den kältesten Monat -0.7 °C unter Schnee (Dezember 2002) und für die wärmsten Monate 10.7 °C (Juli 2002) und 14.4 °C (August 2003). Höchsttemperaturen im Bestand erreichten 28-32 °C zwischen Juli bis August. Fröste gab es bis -6 und -7 °C im Mai und ab September bis zum Einschneien der Sträucher. Die Winterschneedecke dauerte 148 Tage (2002/03); in dieser Zeit sind die Sträucher unter Schnee vor niedrigen Temperaturen geschützt (0 °C und -1 °C).

Die Bodentemperaturen im Wurzelraum während Juni bis September betragen durchschnittlich 8-10 °C, der wärmste Monat war der August (10-11 °C). Im Winterhalbjahr unter der Schneedecke blieb die Bodentemperatur knapp über dem Nullpunkt. Tagestemperaturen über 5 °C gab es zwischen Mitte Mai und Ende September (Zeitraum über 5 °C Bodentemperatur = 125 Tage). Im Mittel über die 12 Monate von Juli 2002 bis Ende Juni 2003 betrug die Bodentemperatur unter 10 cm Tiefe 4.1 °C.

3.1.4 Vegetation

Die Waldgrenze auf dem Patscherkofel wird von Zirbe und Lärche mit eingesprengten Fichtengruppen gebildet und verläuft am Nordhang um 1920m bis 1950m MH, auf der Südflanke reicht der geschlossene Wald bis 2050m MH. Auf der West- und Südwestseite erreichen Zirbengruppen noch 2080m MH. Der Zwergstrauchgürtel erstreckt sich im Auflösungsbereich des Waldes über 150 bis 200 Höhenmeter vom *Rhododendro-Vaccinietum* (Grabherr und Mucina 1993) bis zu offenen *Loiseleurio-Cetrarieten* knapp unter der Gipfelkuppe. Oberhalb des Zwergstrauchgürtels und der windausgesetzten Flächen schließen Rasenfragmente von *Caricetum curvulae* und Flechtenheiden an (siehe Abb. 3.4).

Die Untergrenze der Höhenverbreitung von *Rhododendron ferrugineum* auf dem Patscherkofel liegt an der Nordflanke bei etwa 1600m, an der Ostflanke bei 1700m und an der Westflanke bei 1800m MH (Gruber 1993). Dichte Alpenrosenbestände kommen im Auflösungsbereich des subalpinen Bergwalds hauptsächlich auf west- und nordorientierten Hängen zwischen 1800m bis 2000m MH vor. In höheren Lagen (ca. 2100m MH) findet man Gruppen oder vereinzelt niedrigere Sträucher nur bei günstigen mikroklimatischen Bedingungen in windgeschützten Mulden, Rinnen und zwischen Felsblöcken vor.

3.1.5 Probenflächen

Probenfläche Westhang (Abbildungen 3.7 und 3.9)

Geographische Koordinaten (Eckpunkte des Probenareals):

Östliche Grenze: N 47°12.440', E 11°27.252'

Westliche Grenze: N 47°12.401', E 11°27.260'

Obergrenze: N 47°12.415'; E 11°27.286'

Untergrenze: N 47°12.419'; E 11°27.237'

Meereshöhe: 2020-2055m MH

Exposition: genau W; Hangneigung: 25-30°

Horizontüberhöhung: NE-SE (Hang)

Die Probenfläche für die Aufsammlungen betrug ca. 100 x 100 m. Dort bilden sich Wuchsformen mit 1-2 m Durchmesser und 40-60 cm Höhe aus. Die Vegetation entspricht einer typischen subalpinen Zwergstrauchheide mit Alpenrosengebüsch, dessen Deckungsgrad je nach Hangbereich 30-70% beträgt. Die Lücken zwischen den *Rhododendron*-Sträuchern werden vorwiegend von anderen Ericaceenarten besetzt (Begleitflora: G.Grabherr in Larcher 1977).

Standortsbedingungen: Der Boden des Alpenrosenbestands am Westhang ist ein tiefgründiger alpiner Podsol (Umbric Podzol; siehe Abb. 3.11) mit einer dicken Rohhumusauflage über einem 30 cm mächtigen schwarzen Humus (aktueller pH-Wert 4,1; potentieller pH-Wert 3,1).

Probensträucher: Am 26. Juni 2002 wurden von 14 Sträuchern nach dem Zufallsprinzip Neutriebe für die Molekularanalyse entnommen, 6 weitere Sträucher wurden für die Sortenetablierung ausgewählt (siehe Tabellenanhang des Kap.3.6). Von diesen Sortensträuchern wurden Samen am 30. August 2002 gesammelt.

Probenfläche Nordhang (Abbildungen 3.8 und 3.10)

Geographische Koordinaten: N 47°12.717'; E 11°27.414

Meereshöhe: 1990m MH

Exposition: genau N; Hangneigung: 20°

Horizontüberhöhung: S (Gipfelkuppe)

Am Nordhang wurde nur ein Strauch (Nr. 22/21) an der Waldgrenze beprobt. Dieser 50 cm hohe, isolierte Strauch in einer Borstgrasweide (*Nardion*) mit *Vaccinien*, war wegen der besonderen Blütenmerkmale aufgefallen (siehe Tabellenanhang des Kap.3.6).

Standortsbedingungen: Der Bodentyp ist hier eine saure Braunerde (Cambic Podzol; siehe Abb. 3.11). Der organische Horizont ist grauschwarz und beträgt 10-20 cm, die mineralische Schicht aus fuchsbrauner Feinerde und Grobschutt ist mäßig sauer; der aktuelle pH-Wert beträgt 4,6, der potentielle pH-Wert 3,7. Die gesamte Nordflanke ist relativ windgeschützt und im Winter durchgehend schneebedeckt.

Von diesem Sortenstrauch wurden Proben für die Molekularanalyse, die in-vitro Kultur und Samen entnommen.

3.1.6 Phänologische Beobachtungen

Der genaue Zeitverlauf der vegetativen und reproduktiven Entwicklung von *R. ferrugineum* auf dem Patscherkofel ist aus früheren Untersuchungen bekannt und wird im Kapitel 4.3 ausgeführt. Für die Jahre 2002 und 2003 liegen nur grobe Angaben zum phänologischen Stadienablauf vor.

Ausaperung 2002: Beginn der Schneeschmelze oberhalb der Waldgrenze zwischen Ende April und Anfang Mai. Die Probenfläche am Westhang war am 2. Mai 2002 schneefrei.

6. Juni 2002: Im Bereich der Waldgrenze beginnen sich die Infloreszenzen von *R. ferrugineum* zu strecken.

12. Juni 2002: Blühbeginn an der Waldgrenze bei ca. 1900m MH.

26. Juni 2002: An der Waldgrenze sind die Alpenrosen vorwiegend abgeblüht, oberhalb von 2020m befinden sich die Bestände in Vollblüte. 2002 ist ein starkes Blühjahr.

23. August 2002: Bei den Sträuchern auf der Probenfläche beginnen sich die Früchte rot zu verfärben, die Samen sind noch grün und unreif.

30. August 2002: Die Früchte der Sortensträuchern sind braunrot, aber noch fleischig. Die Samen sind noch hell, befinden sich aber in der abschließenden Reifungsphase. An der Waldgrenze beginnen sich bereits die ersten Kapseln zu öffnen.

13. September 2002: Die Kapseln der Sortensträucher sind beim Öffnen oder kurz davor, die Samenschale ist braun verfärbt (idealer Erntezeitpunkt). Im Bereich der Waldgrenze sind die Kapseln bereits offen.

Ausaperung 2003: Am Westhang schmolz die Winterschneedecke zwischen 26. und 28. April, nur kleinere Schneeflecken blieben liegen. Um 2. bis 5. Mai ist die Probenfläche am Westhang schneefrei, an der Nordflanke des Patscherkofels liegt noch Schnee (Abbildung 3.6). Erst ab der 1. Dekade Mai schwindet am Nordstandort die Schneedecke.

1. Juni 2003: Infloreszenzknospen sind geschwollen und beginnen sich zu strecken.

15. Juni 2003: Vollblüte am Westhang und auch am Nordstandort.

11. August 2003: Sträucher am Westhang: Kapseln braunrot verfärbt, innen noch fleischig grün; Samenschale hell bis ockerbraun; Endosperm mittelfest; Embryo ausgewachsen. Strauch am Nordstandort: Früchte beginnende Braunfärbung, Samenschale hell, teilweise beginnend ockerbraun, Endosperm mittelfest, Embryo ausgewachsen.

22. August 2003: Am Nordstandort und Westhang beginnen die Samen auszustreuen.

27. August 2003: Am Nordhang sind 55% der Kapseln des Sortenstrauchs offen, die Samen der übrigen Früchte sind braun. Am Westhang sind 73% der Kapseln der Sortensträucher offen.

11.-12. September 2003: Erste Herbstschneefälle bis zur Waldgrenze.

10. Oktober 2003: Beginn Winterschnee auf den Standorten.



Abb. 3.5: Probenflächen auf dem Patscherkofel. Umrandet: Alpengarten des Universitätsinstituts für Botanik
© Foto "Alpine Luftbild" Innsbruck

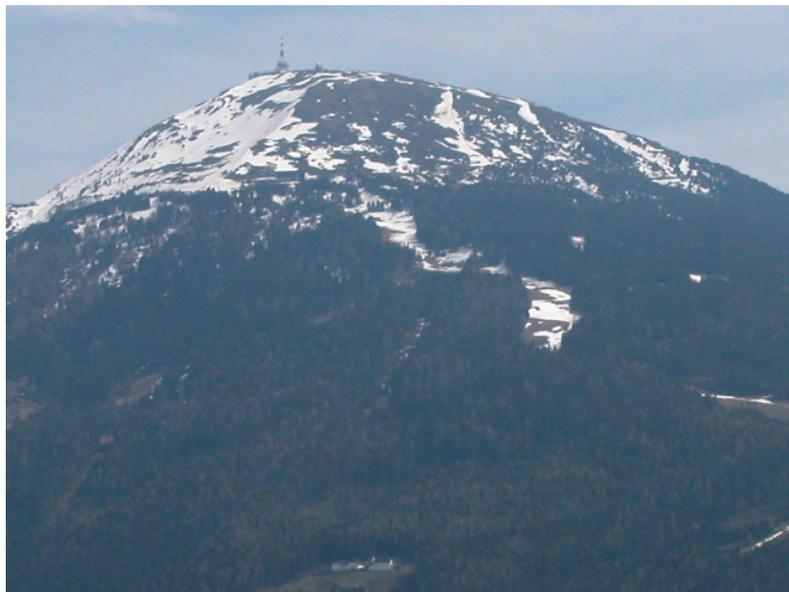


Abb. 3.6:
Schneebedeckung am
Patscherkofel. Zustand
am 28. April 2003

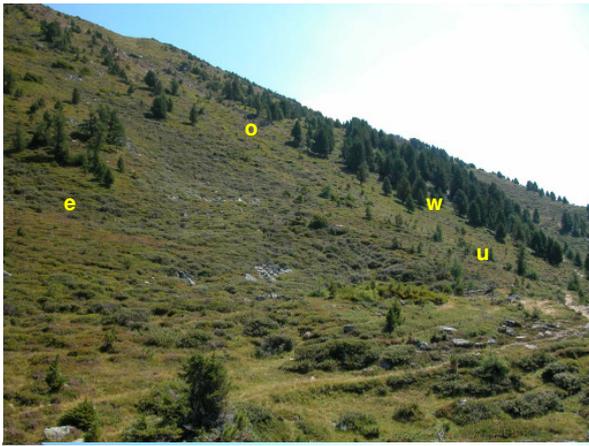


Abb. 3.7: Probenfläche des Westhangs (e) östliche, (w) westliche, (o) obere und (u) untere Grenze. © Foto: J.Wagner



Abb. 3.8: Probenstandort Nord; Blick von Süden mit der Waldgrenze um 1980 m MH. © Foto: W.Larcher



Abb. 3.9: *Rhododendron*-Bestand am Westhang.
© Foto: J.Wagner



Abb. 3.10: Probenstandort Nord; Blick nach Osten.
Im Vordergrund der Sortenstrauch Nr. 22/21.
© Foto: W.Larcher



Abbildung 3.11:

Links: Cambic Podzol am Nordstandort mit saurer Braunerde auf dem Patscherkofel

Rechts: Umbric Podzol am Westhang mit mächtiger Humusschicht und Bleichhorizont unter einer Rohhumusaufgabe.
© Foto: W.Larcher

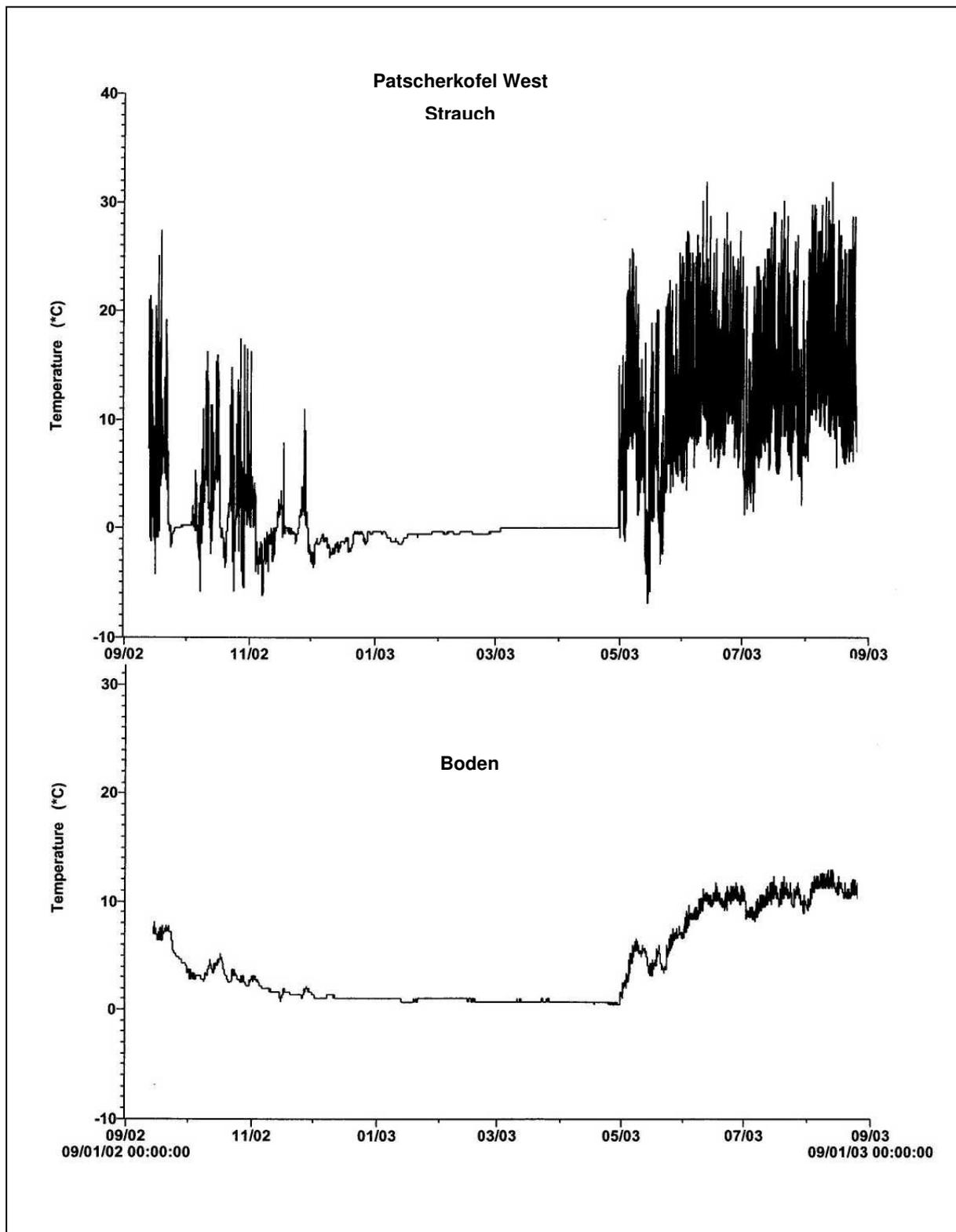


Abb. 3.12: Mikroklima im Rhododendron-Bestand am Westhang. Originalgrafik der Loggerdaten

Tabelle 3.2: Patscherkofel West: Mikroklima im *Rhododendron*-Strauch und im Boden während des Zeitraums 2002/03.

Tm = Monatsmittel der Bestandestemperaturen bzw. Bodentemperaturen; Tm max = Monatsmittel der Tagesmaxima der Temperatur; Tm min = Monatsmittel der Tagesminima der Temperatur; Max abs = absolutes Temperaturmaximum des Monats; Min abs = absolutes Temperaturminimum des Monats. *Grau unterlegt* = Temperaturen unter Schnee; *Frosttage* = Minimum <0 °C; *Eistage* = Tagesmittel ≤0 °C; *Hitzetage* = Maximum >30 °C

Strauch	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Frosttage	Eistage	Hitzetage
2002 Juni	10.3	18.4	4.2	26	-1	2	0	0
2002 Juli	10.7	19.8	5.1	27	-1	1	0	0
2002 August	10.0	19.4	5.3	27	1	0	0	0
2002 September	5.5	12.9	1.6	28	-5	8	4	0
2002 Oktober	2.3	8.1	-0.8	18	-6	18	3	0
2002 November	-0.2	1.9	-1.5	16	-6	25	17	0
2002 Dezember	-1.3	-1.0	-1.6	0	-4	31	31	0
2003 Jänner	-0.7	-0.7	-0.8	0	-2	31	31	0
2003 Februar	-0.5	-0.4	-5.0	0	-1	28	28	0
2003 März	0.0	0.0	0.0	0	0	31	31	0
2003 April	0.2	0.5	0.0	15	0	30	29	0
2003 Mai	7.9	17.7	2.0	26	-7	9	0	0
2003 Juni	13.6	25.6	7.3	32	4	0	0	2
2003 Juli	11.9	23.2	5.5	30	1	0	0	1
2003 August	14.4	25.8	7.7	32	1	0	0	4
2003 September								

Boden	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Winterschneedecke	Tage
2002 Juni	6.2	6.7	5.8	8	4		0
2002 Juli	8.3	8.7	8.0	10	7		0
2002 August	9.8	10.1	9.5	11	8		0
2002 September	7.1	7.4	6.8	9	3	24-29. Sept.	5
2002 Oktober	3.3	3.6	3.0	5	2	aper	0
2002 November	1.8	1.9	1.6	3	1	aper	0
2002 Dezember	1.1	1.1	1.1	1	1	ab 3.Dez.	29
2003 Jänner	1.0	1.0	1.0	1	1		31
2003 Februar	0.9	1.0	0.9	1	1		28
2003 März	0.8	0.8	0.8	1	1		31
2003 April	0.7	0.8	0.7	2	1	bis 29. April	29
2003 Mai	4.9	5.6	4.5	8	1	aper	0
2003 Juni	9.8	10.6	9.3	12	7		0
2003 Juli	10.1	11.0	9.6	12	8		0
2003 August	11.2	11.9	10.8	13	9		0
2003 September							
							148 Tage

3.2 Nordkette (Seegrube) (Herkunftsbezeichnung Nr.23)

3.2.1 Topographie

Die Innsbrucker Nordkette ist die kürzeste und südlichste der vier mächtigen Hauptketten des Karwendelgebirges im Bereich der Nordtiroler Kalkalpen (siehe Abb. 3.1). Unterhalb der Hafelekarspitze (2334m MH) breitet sich ein ausgedehnter Schuttkegel aus. Am Rande einer tiefen Karmulde ("Seegrube") steht die Mittelstation der Nordkettenbahn (1905m MH; Abbildung 3.14). Der südorientierte Beprobungsort für *Rhododendron hirsutum* befand sich knapp südlich darunter (Abbildungen 3.16).

3.2.2 Geologie und Boden

Die Innsbrucker Nordkette gehört den oberostalpinen Nördlichen Kalkalpen an und ist aus tertiären Sedimentgesteinen aufgebaut (Tollmann 1985, siehe Abb. 3.2). Der Hauptfelsbildner in der Gipfelregion ist Wettersteinkalk, ein reiner Riffkalk. Darunter treten in der Höhe der Seegrube alpine Muschelkalke auf; es sind graue Kalke mit zerklüfteten Oberflächen und eingelagerten Mergeln.

Die Böden am Sonnhang der Nordkette sind carbonathaltige Braunerden (Calcaric Cambisol syn. Rendzic Leptosol), sie sind gut durchlüftet, neutral und schwach sauer. Am Probenstandort wurden unter 5-7 cm Rohhumus aus einem 15-20 cm Horizont von humoser Feinerde, vermischt mit Grobschutt aus Muschelkalk (Abbildung 3.13), aktuelle pH-Werte von 6,3-6,5 bzw. ein potentieller pH-Wert von 5.6 gemessen.



Abb. 3.13: Bodenprofil am Standort "Seegrube"

3.2.3 Klima

Obwohl die Nordkette vom Patscherkofel nur 12 km (Luftlinie) entfernt ist, gibt es wesentliche Unterschiede im Mesoklima. Dies betrifft vor allem die Luftfeuchtigkeit (häufiger Hangwolken als am Patscherkofel), die Niederschläge (häufige Stauwetterlagen bei Südföhn), die Windstärke (weniger als am Patscherkofel) und die Strahlungserwärmung (südexponierte Hanglage). Weitere Angaben des Höhenklimas um Innsbruck siehe Kapitel 4.2.

Bioklima (Abbildung 3.20 und Tabelle 3.3): In der Mulde auf dem Sonnhang der Nordkette waren Temperaturlogger vom 4. Juli 2002 bis 5. September 2003 in den Zweigen eines Strauches (Nr. 23/21) und im Boden (-10 cm) ausgelegt.

In der *Strauchkrone* ergab die gemittelte Temperatur über 12 Monate (Juli 2002 bis 2003) von 4.9 °C, die Mitteltemperaturen der wärmsten Monate betragen 12,9 °C im Juli 2002 bzw. 17.3 °C im August 2003. Die durchschnittlichen Temperaturen während der Wachstumsperiode waren 11 °C (2002) bzw. 14 °C (2003). Höchsttemperaturen zwischen 35 und 38 °C wurden in der Strauchkrone immer wieder gemessen, in Juni bis August 2003 wurden noch höhere Werte (43-45 °C) registriert. In diesem langen, heißen Sommer, bei starker Strahlung konnte man häufig auf flachgründigen, steinigen Böden an einzelnen Alpenrosensträucher eine Wachstumshemmung infolge Wassermangel feststellen. In der Mulde waren die Sträucher vor strengen Wintertemperaturen geschützt, sie blieben unter Schnee bis -3 °C. Maifröste und Herbstfröste erreichten in den zwei Beobachtungsjahren nur bis -4 bis -5 °C. Die Bodentemperatur unter 10 cm Tiefe betrug über die 12 Monate von Juli 2002 bis Ende Juni 2003 im Mittel 5.2 °C, die wärmsten Monate waren Juli und August (13-16 °C). Der Zeitraum >10 °C Bodentemperatur dauerte ca. 110 Tage (Ende Mai bis Mitte September), jener >5 °C Bodentemperatur ca. 150 Tage (Mitte Mai bis Mitte Oktober). In den Beobachtungsjahren blieb die Winterschneedecke von Anfang November 2002 bis Anfang Mai 2003 geschlossen. Während dieser Zeit war die Bodentemperatur unter 10 cm um 0 °C.

3.2.4 Vegetation

An der Südabdachung der Nordkette endet die anthropogene Obergrenze des subalpinen Fichtenwaldes zwischen 1600m bis 1800m MH. Dann folgt bis ca. 1900m MH als schmaler Gürtel der unteren alpinen Stufe das Almrausch-Legföhrengewächs (*Rhododendron hirsuti* - *Pinetum mugii*), verzahnt mit kaum ausgebildetem Zwergstrauchgewächs (*Rhododendron hirsutum* und *Erica carnea*) (Grabherr und Mucina 1993); darüber schließen kalkalpine Rasen (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) der oberen alpinen Stufe an (siehe Abb. 3.4).

Die Untergrenze der Höhenverbreitung von *Rhododendron hirsutum* liegt bei 1600m, die Obergrenze bei 2050m MH. Die Sträucher sind teils beschattet zwischen *Pinus mugo*, teils verstreut im offenen Gelände, aber immer abgeschirmt von starkem Wind und schneegeschützt. Besonders in Muldenlagen bilden sich dichte Bestände aus.

3.2.5 Probenfläche (Abbildungen 3.16 bis 3.18)

Geographische Koordinaten: N 47°18.345'; E 11°22.996'
Meereshöhe: 1770 - 1780m MH
Exposition: NE-N bis W-SW; *Hangneigung:* 20°
Horizontüberhöhung: N-Hang (Gebirgskamm)

Die Probenfläche (ca. 700 m²) für die Aufsammlungen befand sich im Bereich einer windgeschützten, feuchten Mulde am Fuß einer Lawinenrinne. Hier wachsen ohne Beschattung *Rhododendron hirsutum* Sträucher mit durchschnittlicher Höhe von 20-40 cm bei einem Deckungsgrad von ca. 50%. Die Begleitflora (Abbildung 3.19) ist ähnlich wie die Artengesellschaft des *Seslerio-Caricetum sempervirentis* (Grabner 2000); als Feuchtezeiger treten z.B. *Salix hastata* und *S.waldsteiniana* (R4, F4) auf.

Probensträucher: Neutriebe für die Molekularanalyse von 24 Sträuchern wurden nach dem Zufallsprinzip entnommen. Nur einer dieser Sträucher, nämlich der Strauch Nr. 23/23, wurde für die Sortenetablierung ausgewählt (Neutriebe, Samen; siehe Tabellenanhang des Kap.3.6).

3.2.6 Phänologische Beobachtungen

Der reproduktive Entwicklungsablauf auf der Probenfläche wurde nur zu den unten angegebenen Untersuchungsterminen notiert und ist daher lückenhaft dokumentiert.

15. Juni 2002: Reichlicher Blütenansatz, Infloreszenzknospen sind noch geschlossen

3. Juli 2002: Etwa 50% der Sträucher in Vollblüte, auch Sortenbusch 23/23. Blühbeginn vermutlich eine Woche davor.

22. Juli 2002: Noch rund ein Drittel der Sträucher in Vollblüte (späte Genotypen); Sortenstrauch 23/23 in der Fruchtbildungsphase.

16. September 2002: Alle Kapseln offen, Samen beim Ausstreuen.

Ausaperung 2003: Anfang Mai lag in der Mulde noch eine erhebliche Winterschneedecke, als schon die Sonnhänge längst schneefrei waren (Abbildungen 3.15 und 3.17). Erst am 8. Mai schwand die Schneedecke auf der Probenfläche (siehe Temperaturregistrierung in Abbildung 3.20 und Tabelle 3.3).

17. Juni 2003: Einzelne Individuen beginnen zu blühen, die meisten Sträucher sind im Zustand der Infloreszenzstreckung mit geschlossenen Blüten.

25. August 2003: Teilweise sind die Früchte reif und streuen die Samen aus, die Hälfte der Sträucher haben aber noch geschlossene Kapseln und fleischiges Perikarp, jedoch ockerfärbige Samen. Am Sortenbusch 23/23 sind etwa 50% der Kapseln offen.

7. September 2003: Auf den meisten Sträuchern (ca. 2/3, auch alle Sortensträucher) sind die Kapseln gänzlich offen, auf den restlichen Sträuchern sind noch teilweise (etwa >50%) die Kapseln geschlossen.

11.-12. September 2003: Erste Herbstschneefälle bis 1750m MH, in der Mulde lag Schnee

10. Oktober 2003: Beginn Winterschnee auf dem Standort



Abb. 3.14: Nordkette mit Seegrube (Bergstation der Seilbahn) und Probenfläche. © Foto: W.Larcher

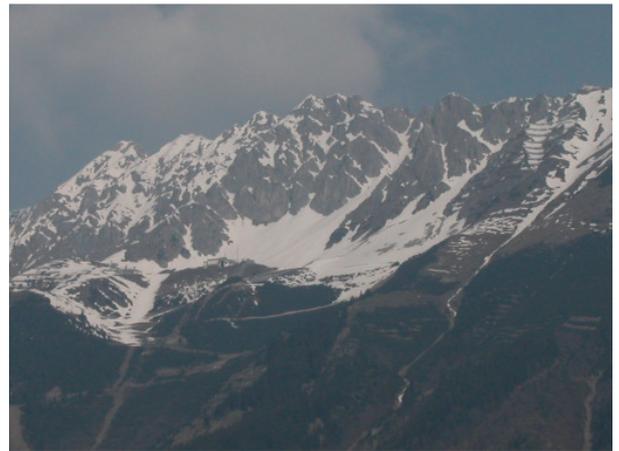


Abb. 3.15: Schneelage in der Seegrube am 26. April 2003
© Foto: W.Larcher



Abb. 3.16: Muldenstandort auf 1770-1780m MH. © Foto: W.Larcher



Abb. 3.17: Schneelage am Muldenstandort am 2. Mai 2003
© Foto: W.Larcher



Abb. 3.18: Der östliche Muldenrand mit dem Sortenstrauch Nr.23/23 (Pfeil). © Foto: J.Wagner



Abb. 3.19: Blühende *R. hirsutum*-Sträucher am 17. Juni 2003 mit Begleitflora. In der Krone des vorderen Strauches und im Boden waren die Temperaturlogger installiert. © Foto: J.Wagner

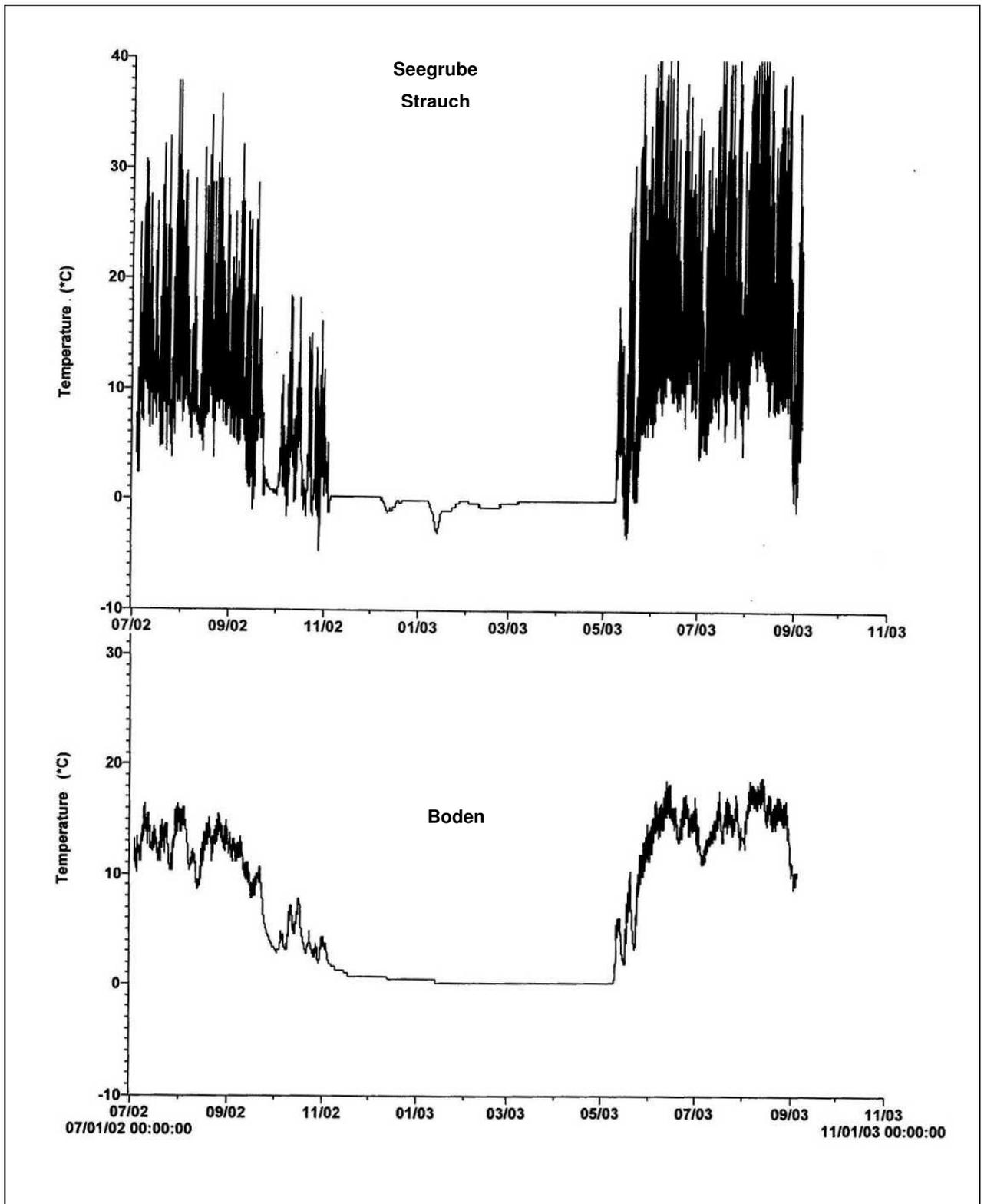


Abb. 3.20: Mikroklima im *Rhododendron*-Strauch und Boden (-10 cm) am Standort Seegrube. Originalgrafik der Loggerdaten

Tabelle 3.3: Seegrube Muldenstandort: Mikroklima im *Rhododendron*-Strauch und im Boden während des Zeitraums 2002/03. Tm = Monatsmittel der Bestandestemperaturen bzw. Bodentemperaturen; Tm max = Monatsmittel der Tagesmaxima der Temperatur; Tm min = Monatsmittel der Tagesminima der Temperatur; Max abs = absolutes Temperaturmaximum des Monats; Min abs = absolutes Temperaturminimum des Monats. *Grau unterlegt* = Temperaturen unter Schnee; *Frosttage* = Minimum <0 °C; *Eistage* = Tagesmittel ≤0 °C; *Hitzetage* = Maximum >30 °C

Strauch	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Frosttage	Eistage	Hitzetage
2002 Juni								
2002 Juli	12.9	22.5	6.8	38	2	0	0	7
2002 August	12.7	23.4	7.1	37	4	0	0	4
2002 September	7.2	15.1	3.2	32	-1	2	0	1
2002 Oktober	3.6	8.8	0.6	17	-5	10	1	0
2002 November	0.5	0.9	0.1	12	-1	29	1	0
2002 Dezember	-0.2	-0.2	-0.3	0	-1	31	24	0
2003 Jänner	-0.8	-0.7	-0.9	0	-3	31	31	0
2003 Februar	-0.5	-0.5	-0.6	0	-1	28	28	0
2003 März	-0.1	-0.1	-0.2	0	0	31	31	0
2003 April	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	30	0	0
2003 Mai	6.5	15.8	2.0	39	-4	15	8	6
2003 Juni	16.9	32.7	9.0	43	6	0	0	19
2003 Juli	14.9	30.1	7.2	43	4	0	0	18
2003 August	17.3	33.4	9.5	45	2	0	0	24
2003 September								

Boden	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Winterschnee- decke	Tage
2002 Juni							
2002 Juli	13.1	14.1	12.0	16	10		
2002 August	12.8	13.7	12.0	16	9		
2002 September	9.5	10.1	8.8	14	3		
2002 Oktober	4.1	4.5	3.6	8	2		
2002 November	1.4	1.5	1.3	4	1	ab 4.Nov	26
2002 Dezember	0.5	0.5	0.5	1	0		31
2003 Jänner	0.2	0.2	0.2	0	0		31
2003 Februar	0.1	0.1	0.1	0	0		28
2003 März	0.1	0.1	0.1	0	0		31
2003 April	0.1	0.1	0.1	0	0		30
2003 Mai	5.1	6.1	4.1	15	11	bis 8.Mai	8
2003 Juni	15.0	16.2	13.8	19	11		
2003 Juli	14.0	14.9	13.1	18	11		
2003 August	15.8	16.8	14.8	19	11		
2003 September							
							185 Tage

3.3 Saile (Herkunftsbezeichnung Nr.24)

3.3.1 Topographie

Die Saile (2403m MH, auch Nockspitze genannt) steht südwestlich von Innsbruck als Eckpfeiler zwischen Inntal und Wipptal (siehe Abb.3.1). Dieser Vorberg gehört der schroffen Bergkette der Kalkkögel in den Stubai Alpen an. Der Beprobungsort dieser Herkunft lag in der Nähe der Birgitzköpflhütte (2035m MH) am Fuße eines mächtigen Schuttkegels und am oberen Rand einer weitläufigen schneereichen Karmulde (Abbildungen 3.21 und 3.23).

3.3.2 Geologie und Boden

Die Kalkkögel sind ein Teil des Brennermesozoikum, die auf Ötztalkristallin überlagerte mesozoische, metamorphe Sedimentdecke (siehe Abb.3.2; Tollmann 1977, Brandner und Purtscheller 1994). Die kristalline Gesteinsunterlage der Saile reicht bis 1850-1900m MH, darüber liegen dolomitische Triaskalke (hauptsächlich Wettersteindolomit; siehe Abb. 3.28).

Die Böden des Probengeländes sind einerseits flachgründige Rohböden auf ruhendem Schutt, andererseits mittelgründige carbonathaltige Braunerden auf Verebnungen unter kalkreichen Rasen. Eine Messung der Bodenreaktion der organische Schicht eines steinigen Rendsinabodens (Wurzelfilz und schwarzer Humus zwischen Grobschutt; 10cm Schicht) ergab einen aktuellen pH-Wert von 7,1 und einen potentiellen pH-Wert von 6,9. Mineralische Feinerde auf der Verebnungsfläche unter Rasen (20-25cm mächtig) ergab einen aktuellen pH-Wert von 7,9 und einen potentiellen pH-Wert von 7,4.

3.3.3 Klima

Im Bereich der Saile gibt es keine Wetterstation. Man kann aber erwarten, daß das Makroklima des Patscherkofels in gleicher Meereshöhe einigermaßen ähnlich ist. Jedoch gibt es auf dem felsigen Gelände der Saile viele kleinräumige, klimatisch kontrastierende Standorte, so daß für eine Mittelung über die Probenfläche zu viele Datenlogger nötig gewesen wären. Die Schneeschmelze im Arbeitsgebiet (zwischen 10. bis 15. Mai 2003) wurde vom Inntal mittels Fernglas abgeschätzt (Abbildung 3.22).

3.3.4 Vegetation

Der subalpine Fichten-Lärchenwald auf der Saile endet in 1850-1900m MH, oberhalb vermittelt ein schmaler Legföhrengürtel von 100-150m Höhenmeter zur alpinen Stufe. Ab etwa 2000m MH wachsen Kalkrasengesellschaften (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*, *Caricetum ferrugineae* und *Caricetum fimae*) und, an der Nord- und Ostflanke des Berges, Kalkschuttfluren auf breiten Schuttströmen.

Die Untergrenze der Höhenverbreitung von *Rhododendron hirsutum* auf der Nordseite der Saile liegt bei 1900m, die Obergrenze bei 2150m MH; die Sträucher sind einzeln verstreut zwischen Rasen (Abbildungen 3.24 und 3.26) oder als Pioniervegetation im Grobschutt der Halden (Abbildung 3.25). Unter ca. 1850m MH kommen auf sauren Böden über Altkristallin nur Bestände von *R. ferrugineum* vor.

3.3.5 Probenfläche (Abbildungen 3.23 und 3.24)

Geographische Koordinaten (Eckpunkte des Probenareals):

Obergrenze: N 47°11.674'; E 11°19.184' bis N 47°11.658'; E 11°19.166'

Untergrenze: N 47°11.707'; E 11°19.168' bis N 47°11.693'; E 11°19.119'

Meereshöhe: 2030 - 2070m MH

Exposition: NW; Hangneigung: 20° (Karmulde) bis 30-35° (Schuttkegel)

Horizontüberhöhung von S (Bergsilhouetten)

Die *R. hirsutum*-Sträucher sind auf der unteren Probenfläche auf Braunerde 20-25 cm hoch und bis zu 100-150 cm breit, auf Schutt sind sie flach (15-20 cm) und sind bis 60 cm im Durchmesser. Innerhalb der Beprobungsfläche (ca. 1760 m²) ist eine reiche Variation der Blütenfarbe von hellrosa bis dunkelrot auffällig.

Probensträucher: Neutriebe wurden für die Molekularanalyse nach dem Zufallsprinzip von 20 Sträuchern entnommen. Von diesen wurden drei Sträucher für die Sortenetablierung ausgewählt und Samen gesammelt (siehe Tabellenanhang des Kap. 3.6).

3.3.6 Phänologische Beobachtungen

Ausaperung 2003: Am 2. Mai 2003 war auf dem nördlichen Schutthang noch Schnee (mit Fernglas vom Tal). Ab 10. Mai wurde in der Meereshöhe eine starke Erwärmung beobachtet, daher war anzunehmen, daß zwischen 10. Mai bis 15. Mai der Schnee auf dem Nordhang geschmolzen ist.

8. Juli 2003: Die *R. hirsutum*-Sträucher waren zwischen 1950m bis etwa 2100m MH in Vollblüte, ausgenommen jene in Muldenlagen (spätere Schneeschmelze), die noch im Knospenstadium oder am Blühbeginn standen.

15. Juli 2003: Die Sträucher auf dem oberen Teil des Schutthangs (2050-2070m MH), die früher ausgeapert waren, begannen abzublühen, die Sträucher in der unteren und randlichen Probenfläche (Schneestandorten) waren in Vollblüte.

3. September 2003: Die Kapseln der Sträucher am oberen Schutthang waren zu 50% offen, jene die in der unteren Probenfläche (hier auch die Sortensträucher) meist geschlossen, nur wenige Kapseln (ca 10%) waren offen. Die Samen waren aber überall schon hellbraun. Nach einigen Tagen öffneten sich auch die Kapseln in der unteren Probenfläche (Samenernte).

11.-12. September 2003: Erste Herbstschneefälle bis zur Waldgrenze (1700-1800m MH).

10. Oktober 2003: Beginn Winterschnee auf dem Standort.

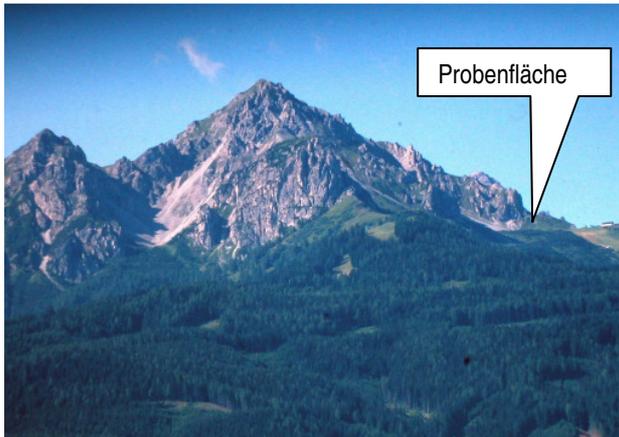


Abb. 3.21 Saile (2403m MH) und Probenfläche an der Nordflanke

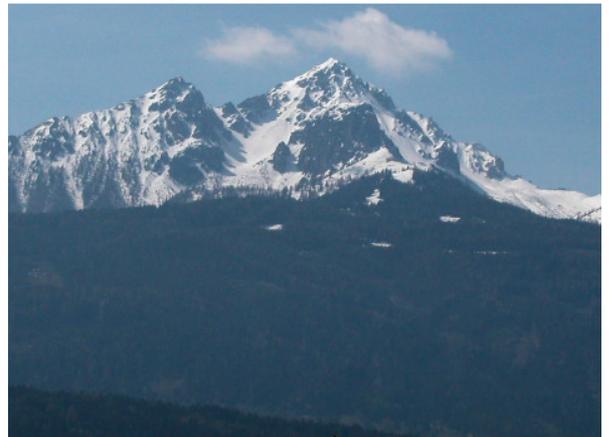


Abb. 3.22: Schneelage auf der Saile am 25. April 2003



Abb. 3.23: Probenfläche auf der Saile: Schutthang mit Pioniervegetation oberhalb 2000m MH, darunter Kalkrasen auf der



Abb. 3.24: Vollblüte im oberen Teil des Schuttkegels am 8. Juli 2003



Abb. 3.25: *R. hirsutum* als Pionierstrauch am Schutthang am 15. Juli 2003



Abb. 3.26: *R. hirsutum* mit Begleitflora am Fuß des Schuttkegels

3.4 Axamer Lizum (Herkunftsbezeichnung Nr.25)

3.4.1 Topographie (Abbildung 3.27)

Das Dorf Axams liegt auf der Großterrasse südwestlich von Innsbruck, nördlich eines kurzen und steilen Seitentals des Inntals (siehe Abb. 3.1). Im Talschluß befindet sich die Axamer Lizum, die man von Innsbruck auf guter Straße mit dem Auto in einer halben Stunde erreicht. Der Gebirgskessel rund um die Lizum wird im Osten und Südosten von der Saile, im Süden von den bizarren Kalkkögeln (2500m bis 2600m MH) und im Westen vom Bergrücken des Hoadls (2304m MH) umrahmt.

Die Probenflächen wurden südwärts von der Lizumalm (1564m MH) in Richtung Hoadlsattel festgelegt (Abbildung 3.29): Der unterste Beprobungsort, "1620m MH", war am Talgrund in der Kontaktzone zwischen Silikat- und Kalkgestein, eine mittlere Probefläche, "1680m MH", war über Karbonatuntergrund, und eine obere Probefläche, "1750m MH", wurde in einer Geländerinne in der Kontaktzone ausgewählt; ferner wurden in einem Sonnhang auf 1800m MH Temperaturlogger eingerichtet.

3.4.2 Geologie und Böden

Die Umgebung der Axamer Lizum ist landschaftlich reich gegliedert und geologisch komplex (Abbildungen 3.28, siehe auch Abb. 3.2): Über kristalline Metamorphite und Paragneis des Altkristallins der Stubai Alpen sind Karbonatgesteine des Brennermesozoikum (Hauptdolomit der Obertrias, Wettersteinkalk und alpiner Muschelkalk der Mitteltrias) geschichtet; die Grenze der mesozoischen Sedimentdecke zum Altkristallin verläuft vom Hoadlsattel zum Seejöchl. Im Gegensatz zu den Kalkalpen nördlich des Inns sind die Kalkkögel vorwiegend dolomitisch und stärker metamorph. Die Talsohle der Axamer Lizum ist mit Bachschotter und interglazialen Moränen gefüllt und enthält eine Vermischung aller Gesteine.

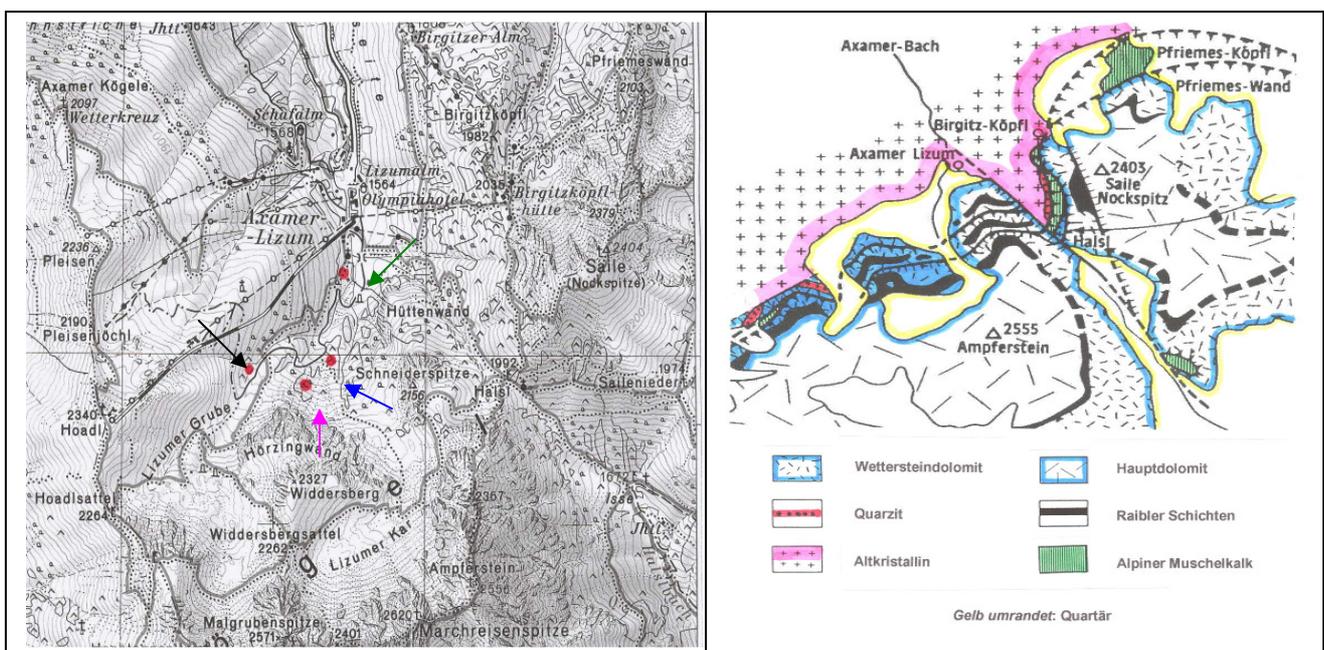


Abb. 3.27 Axamer Lizum und Kalkkögel mit Saile. Probenflächen: Grüner Pfeil 1620m, blauer Pfeil 1680m, roter Pfeil 1750m; schwarzer Pfeil: Hoadlrücken 1800m

Abb. 3.28: Geologische Situation der Axamer Lizum und der Saile in der Kalkkögelgruppe. Aus Tollmann (1977).

Der Talboden und die umgebenden Hänge der Axamer Lizum werden seit langer Zeit als Weideland bewirtschaftet und als Naherholungsgebiet, besonders seit 1964 für Wintersport genützt (Olympia Austragungsgelände). Durch Planierungen für Grünland und breite Schipisten wurden die Böden fast überall verändert. Ursprünglich würden sich Humuskarbonatböden auf Karbonatgesteinen und Braunerden auf Silikatuntergrund entwickeln, doch findet man häufig Vermengungen. Die verschiedenen Bodentypen (siehe auch Abbildung 3.34) und die Bodenacidität sind im Abschnitt "Probenflächen" beschrieben, die chemischen Bodenanalysen sind im Kapitel 4.1 und im Anhang tabellarisch angeführt.

3.4.3 Klima

Leider konnten wir für die Umgebung der Axamer Lizum keine meteorologischen Stationsdaten ermitteln. Daher sind wir auf die eigenen Temperaturlogger angewiesen, die wir auf den Probenflächen und auf einem sonnseitigen Hoadlhang (siehe "Klima-Meßstandort 1800m") ausgelegt haben. Auf diese Weise erfahren wir wenigstens die Geländetemperaturen und die Dauer der Schneebedeckung im Axamer Talkessel.

Bioklimatische Temperaturdaten wurden vom 28. Juli 2002 bis 13. September 2003 auf den folgenden Standorten der Axamer Lizum erhoben:

Standort 1620m MH: Es wurde kein Logger angebracht.

Standort 1680m MH (Abbildung 3.35 und Tabelle 3.6): Auf diesem Standort wurde nur die Bodentemperatur registriert.

Mittel über die 12 Monate von August 2002 bis Ende Juli 2003: 4.5 °C.

Mitteltemperaturen der wärmsten Monate: 12.3 °C (August 2002) bzw. 14.9 °C (August 2003).

Zeitraum >10 °C Bodentemperatur ca. 90 Tage (Anfang Juni bis Ende August)

Zeitraum >5 °C Bodentemperatur ca. 120 Tage (Ende Mai bis Ende September).

Mittlere Wintertemperaturen unter Schnee: -0.3 °C bis 0 °C.

Geschlossene Winterschneedecke: 177 Tage von Anfang Dezember 2002 bis 25. Mai 2003. Wegen der erheblichen Horizontüberhöhung am Vormittag ist der Standort beschattet, daher bleibt der Winterschnee lange liegen.

Standort 1750m MH (Abbildung 3.35 und Tabelle 3.4): Für die Temperaturregistrierung wurden Logger im Kronenbereich eines frei stehenden Rhododendronstrauchs angebracht und in 10 cm Tiefe im Boden vergraben.

Temperaturen in der Strauchkrone:

Mittel über die 12 Monate von August 2002 bis Ende Juli 2003: 4.1 °C.

Durchschnittliche Temperatur während der Wachstumsperiode (Mai bis Ende August 2003): 12.2 °C.

Mitteltemperaturen der wärmsten Monate: 11.3 °C (August 2002) bzw. 15.2 °C (August 2003).

Mittlere Temperaturmaxima: 20 bis 24 °C; absolute Höchsttemperaturen: 30 °C und 33 °C.

Mittlere Temperaturminima während der Wachstumsperiode: 5.8 bis 9.5 °C;

Maifröste 2003 bis -5 °C; Herbstfröste bis -9 °C.

Mittlere Wintertemperaturen unter Schnee: 0 °C bis -1 °C, absolute Minima unter Schnee -2 bis -4 °C.

Bodentemperaturen unter 10 cm Tiefe:

Mittel über die 12 Monate von August 2002 bis Ende Juli 2003: 4.2 °C.

Mitteltemperaturen der wärmsten Monate: 10.0 °C (August 2002) bzw. 11.8 °C (August 2003).

Zeitraum >10 °C Bodentemperatur ca. 85 Tage (Anfang Juni bis Ende August)

Zeitraum >5 °C Bodentemperatur ca. 125 Tage (2. Dekade Mai bis Ende September).

Mittlere Wintertemperaturen unter Schnee: 0.4 °C bis 1.1 °C.

Geschlossene Winterschneedecke: 150 Tage von 12. Dezember 2002 bis 11. Mai 2003.

Standort 1800m MH (Abbildung 3.35 und Tabelle 3.5): Zum Vergleich mit den länger beschatteten und kühleren Probenflächen in den Hangrinnen, wurden in einem Rhododendronbestand am sonnigen Hoadlhang die Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe in einen vom 28. Juli 2002 bis 13. September 2003 durchgehend registriert. Außerdem wurde nachträglich vom 16. Juni bis 13. September 2003 ein Logger in die Zweige eines Strauchs angehängt, um Klimadaten des anomalen warmen Sommers zu gewinnen.

Bodentemperaturen unter 10 cm Tiefe:

Mittel über die 12 Monate von August 2002 bis Ende Juli 2003: 4.7 °C.

Mitteltemperaturen der wärmsten Monate: 10.6 °C (August 2002) bzw. 12.7 °C (August 2003).

Zeitraum >10 °C Bodentemperatur ca. 90 Tage (5.Juni bis Ende August)

Zeitraum >5 °C Bodentemperatur ca. 165 Tage (5.Mai bis Mitte Oktober).

Mittlere Wintertemperaturen unter Schnee: 0.2 °C bis 1 °C.

Geschlossene Winterschneedecke: 126 Tage von 1.Dekade Dezember 2002 bis 17.April 2003.

Temperaturen im Bestand:

Mitteltemperatur des wärmsten Monat: 14 °C (August 2003).

Mittlere Temperaturmaxima: 21 bis 24 °C; absolute Höchsttemperaturen bis 31 °C.

Mittlere Temperaturminima während Mitte Juni bis Mitte September: 6.1 bis 8.0 °C;

Obwohl der Hoadlhang starker Strahlung ausgesetzt ist, wird durch den lebhaften Hangabwind die Überwärmung gedämpft.

3.4.4 Vegetation

Im Lizumtal und rund um die Lizumalm ist ein geschlossener Fichten-Lärchen-Bergwald (*Lariceto-Piceetum*) vorherrschend, darüber treten Lärchen und Fichtengruppen bis 1700-1750m MH auf (siehe Abb. 3.4 und 3.29). Auf Karbonatuntergrund und Schuttströmen der Kalkkögel wachsen Legföhren, auf sauren Substraten kommen Zwergstrauchgesellschaften zwischen der ausgelichteten Waldkrone bis über 2000m MH vor. Die Alluvionböden im Talschluß und die begrünten Schipisten werden als Weideland für Rinder und Pferde genutzt.

In der Kontaktzone im Gebirgskessel der Axamer Lizum sind Populationen von *R.ferrugineum* und *R.hirsutum* eng benachbart, z.T. wachsen Individuen beider Arten ineinander verzahnt. Dort treten Individuen mit Hybridmerkmalen (*R. x intermedium*) auf.

3.4.5 Probenflächen**Probenfläche 1620m MH** (Abbildung 3.30)

Geographische Koordinaten: N 47°11.418'; E 11°18.115'

Meereshöhe: 1620 ±2 m

Exposition: E; Hangneigung: 30 -35°

Horizontüberhöhung hauptsächlich von N (Wald), E (Bergsilhouette) und SW (Hang)

Standortsbedingungen: Silikat- und Kalkgestein treffen oberflächlich aufeinander. Die Böden sind vermischt, so daß alle drei *Rhododendron*-Arten nebeneinander vorkommen können. Unter dem Probenstrauch ist der organische Bodenhorizont (Humus) ca. 10 cm mächtig und dicht mit Wurzelfilz durchsetzt; der aktuelle pH-Wert beträgt 5,3, der potentielle pH-Wert 4,3. Die Mineralhorizonte (Braunerde, mit Gneisschotter untermischt) sind relativ tiefgründig und mit Senkwurzeln der *Rhododendron*-Sträucher durchwachsen (Abbildung 3.34); aktueller pH-Wert 5,6; potentieller pH-Wert 4,4. Zeigerpflanzen der Begleitflora z.B.: *Vaccinium myrtillus* (saurer humoser Boden), *Blechnum spicans* (R2, F3, Schneeschützling), aber auch *Daphne mezereum* (R4, F3, als Basenzeiger).

Probensträucher: 30-50 cm hohen Sträucher von *Rhododendron hirsutum*, *R.ferrugineum* und *R. x intermedium* wachsen vereinzelt und in Gruppen auf einer Viehweide zwischen Lärchengruppen. Es wurden drei Sträucher mit vorwiegenden *R.hirsutum*-Merkmalen für die Molekularanalyse beprobt. Von einem Strauch, *R.hirsutum* Nr. 25/18, wurden zusätzlich Triebe und Samen für die Sortenetablierung entnommen (siehe Tabellenanhang des Kap. 3.6).

Probenfläche 1680m MH (Abbildung 3.32)

Geographische Koordinaten: N 47°11.217'; E 11°18.049'

Meereshöhe: 1645m bis 1650m

Exposition: NW; Hangneigung: 10-12°

Horizontüberhöhung hauptsächlich von E bis S (Bergsilhouetten)

Standortsbedingungen: Diese Probenfläche liegt in einer Verebnung am Fuß eines Kalkschuttkegels. Die Alpenrosen (*R. hirsutum*) sind auf einer Almweide zwischen Lärchenjungwuchs und lockerem Legföhrenbestand verstreut. Der Humuskarbonatboden ist von Rohhumus (2-3 cm) bedeckt, darunter ist stark durchwurzelter, mürber schwarzer Humus (7-10 cm); aktueller pH-Wert 6,8-6,9; potentieller pH-Wert 6,6-6,8. Ein innig vermischter organischer und mineralischer Horizont von ca. 3 cm geht über zu Grobsand und Karbonatschutt mit aktuellem pH-Wert von 8,5 und potentielltem pH-Wert von 8,0 (Abbildung 3.34). Zeigerpflanzen der Begleitflora z.B.: *Dryas octopetala* (R4, F2, auf ruhendem Schutt), *Aster bellidiastrum* (R4, F3, Basenzeiger), *Alchemilla vulgaris* (Feuchtezeiger, schneebedeckte Böden).

Probensträucher: Auf diesem Standort wachsen 30-40 cm hohe Sträucher, von denen Neutriebe von 7 Sträuchern für die Molekularanalyse entnommen wurden. Ein Strauch, *R. hirsutum* Nr. 25/16, wurde für die Sortenetablierung ausgewählt und entsprechend beprobt (siehe Tabellenanhang des Kap. 3.6).

Probenfläche 1750m MH (Abbildung 3.33)

Mit GPS wurde kein Signal für geographische Koordinaten empfangen (zu hoher Gebirgshorizont)

Meereshöhe: 1745m bis 1760m

Exposition: NE; Hangneigung: 18-20°

Horizontüberhöhung: NE-SE (Bergsilhouetten) und NW (Gegenhang)

Standortsbedingungen: Diese Probenfläche liegt in einer Geländerinne zwischen einer schmalen Schutthalde am Fuße der Kalkfelsen im Osten und einem Waldhang auf kristallinem Untergrund im Westen. In dieser Kontaktzone kommt ein lockeres Alpenrosengebüsch von *R. hirsutum*, *R. ferrugineum* und *R. x intermedium* rund um und oberhalb einer hohen Lärche und zwischen Legföhren und Weiden vor. In der östlichen Hälfte der Geländerinne ist nur mehr *R. hirsutum* anzutreffen, zur westlichen Seite hin dominiert zunehmend *R. ferrugineum*. Bemerkenswerterweise besiedeln *Rhododendron*-Sträucher, gemeinsam mit *Vaccinium*-Arten, oft vermoderte Lärchenstümpfe.

Der Boden unter den *Rhododendron*-Sträuchern ist stets sickerfeucht, eine Rohhumusauflage (5 bis 10 cm) und ein mächtiger schwarzer Humushorizont (20-30 cm) liegen auf hellgrauem, groben Karbonatschutt (Abbildung 3.34). Die aktuelle Acidität der Humus mit vermischtem Unterboden beträgt pH 7,0-7,2; die potentielle Acidität 6,8-6,9. Zeigerpflanzen der Begleitflora: Strauchgesellschaft auf basenarmem, humosem Boden mit *Vaccinium myrtillus*, *V. gaultherioides* und *V. vitis-idaea*, sowie *Sorbus aucuparia* (R2, F3 immer als "Polstergast" in *R. ferrugineum*), auf basenreichen Stellen *Daphne mezereum* (R4, F3), als Feuchtezeiger *Salix hastata* (R3, F4w, einnistend in *R. hirsutum*) und überdies Stickstoffzeiger (extensive Rinderweide) wie *Hypericum maculatum* (R3, F4w, N4) und *Pedicularis foliosa* (R4, F4, N4).

Probensträucher: Von den hier 30-50 cm hohen Sträuchern wurden 10 Neutriebe von verschiedenen Individuen (*R.ferrugineum*, *R.hirsutum* und *R. x intermedium*) für die Molekularanalyse entnommen. Vier *R. x intermedium* Individuen wurden für die Sortenetablierung ausgewählt und beprobt (Neutriebe, Samen; siehe Tabellenanhang des Kap. 3.6).

Klima-Meßstandort 1800m MH (Abbildung 3.31)

Geographische Koordinaten: N 47°11.254'; E 11°17.755'

Meereshöhe: 1790m bis 1800m

Exposition: ESE; Hangneigung: 35-40°

Horizontüberhöhung wenig NW-SW (Hang) und E und S (Bergsilhouetten)

Standortsbedingungen: Der offene Sonnhang ist mit geschlossenen Beständen von *R.ferrugineum* (90% Deckung; Strauchhöhe 50-60 cm) und Arten der alpinen Zwergstrauchheide auf Silikatgestein bewachsen. Zeigerpflanzen der Begleitflora: *Nardus stricta* und *Calluna vulgaris* (Magerkeitszeiger), thermophile Arten wie *Juniperus nana* (Wärmezeiger).

Pflanzenproben und Bodenproben wurden auf diesem Standort nicht gezogen.

3.4.6 Phänologische Beobachtungen

Zu den angegebenen Untersuchungsterminen wurden phänologische Beobachtungen auf den Probenflächen notiert:

19. Juni 2002: *R.ferrugineum* stand im gesamten Gebiet (1620 bis 1800 m MH) in Vollblüte. Bei *R.hirsutum* waren auf allen Standorten die Infloreszenzknospen noch fest geschlossen. *R.x intermedium* lag in seiner Entwicklung dazwischen: die Infloreszenzen waren in der Streckungsphase, es konnten jedoch noch keine offenen Blüten angetroffen werden.

27. Juni 2002: *R.ferrugineum* war im gesamten Untersuchungsgebiet vorwiegend abgeblüht, nur noch vereinzelt konnten offene Blüten gefunden werden. *R.hirsutum* befand sich je nach Individuum im Blühbeginn oder in Vollblüte. *R.x intermedium* war in Vollblüte, erste Blüten waren bereits abgeblüht.

28. Juli 2002: Alle drei Rhododendronarten waren im gesamten Untersuchungsgebiet in der Fruchtbildungsphase. Auf den beiden mittleren Standorten konnten jedoch noch vereinzelt blühende *R.hirsutum*-Sträucher angetroffen werden. Der Entwicklungszustand von *R.x intermedium* vier Wochen nach der Anthese war folgender: Früchte grün; Samen grün, saftig-turgeszent, noch keine Speicherstoffe eingelagert, in der Größe schon ziemlich ausgewachsen.

31. August 2002: Bei *R.ferrugineum* waren im gesamten Untersuchungsgebiet die Kapseln offen, und die Samen fielen aus. Die Früchte von *R.hirsutum* waren auf allen Probenflächen rot verfärbt und noch fleischig, die Samen waren hell und unreif. Auch bei *R. x intermedium* waren die braunrot verfärbten Früchte noch fleischig, die Samenschale begann sich allerdings schon ockerbraun zu verfärben. Der Hybridstrauch 25/2 war in seiner Entwicklung am weitesten fortgeschritten: Die Kapseln hatten sich bereits geöffnet oder standen kurz davor.

14. September 2002: Die Kapseln von *R.hirsutum* und von *R. x intermedium* waren entweder schon offen oder begannen sich gerade zu öffnen (idealer Zeitpunkt für die Samenernte).

Ausaperung 2003: Am 1. Mai 2003 ist die Winterschneedecke auf den Standorten 1620m und am Hoadlhang 1800m schon geschmolzen, auf den übrigen Probenflächen liegt noch Schnee. Aus den Temperaturregistrierungen (siehe Abb. 3.35) sind folgende Aperizeiten abzuleiten:

1620m MH ab Ende April völlig schneefrei, im Talgrund noch einige Schneeflecken

1680m MH um 25. Mai 2003 (schattige Muldenlage!)

1750m MH zwischen 8. und 11. Mai 2003

1800m MH um 17. April 2003 (Sonnhang).

31. Mai 2003: Im untersten Standort (1620m MH) war *R. ferrugineum* hauptsächlich in der Streckungsphase, nur vereinzelte Blüten waren geöffnet; in den höheren Standorten waren die Blütenknospen ruhend oder geschwollen.

10. Juni 2003: *R. ferrugineum* in 1620m MH waren in Vollblüte, allerdings blühten die Sträucher in diesem Jahr in der Talsohle spärlich, hingegen auf Sonnhängen üppig.

16. Juni 2003: *R. ferrugineum*-Sträucher waren im ganzen Gebiet (1620 bis 1800 m MH) abblühend oder abgeblüht, teilweise zeigten sich schon grüne Kapseln. *R. hirsutum* blühte am Standort 1620m, auf den Standorten 1680 und 1750m waren gestreckte Infloreszenzenknospen, selten aufblühend zu sehen; einzelne Infloreszenzen von *R. x intermedium* hatten zu blühen begonnen.

23. Juni 2003: *R. hirsutum* und *R. x intermedium* in der Talsohle waren im Zustand des Abblühens, in den höheren Lagen blühten noch die Sträucher.

25. August 2002: Von *R. ferrugineum* waren auf Kapseln in allen Probenplätzen offen und die Samen wurden ausgestreut; am Klimameßstandort (1800m MH) waren die Kapseln überwiegend offen, nur in wenigen Sträucher waren sie reif, aber noch geschlossen. Die Kapseln von *R. hirsutum* und *R. x intermedium* am untersten Standort waren vereinzelt offen; in den höheren Probenflächen waren die Kapseln geschlossen, oberflächlich rotbraun verfärbt, aber das Perikarp noch fleischig; die Samen begannen sich zu ockerfärbig verfärben.

3. September 2003: Die Kapseln am untersten Standort waren gänzlich offen, am Standort 1680m waren die Kapseln bei der Hälfte der Sträucher offen, am Standort 1750m waren die Kapseln von *R. hirsutum* vorwiegend geschlossen (aber die Samen hellbraun) und jene von *R. x intermedium* meist geöffnet.

16. September 2003: Die Kapseln der Sträucher von *R. hirsutum* auf sonnigen Plätzen waren offen, Kapseln von beschatteten Sträucher waren überwiegend zu etwa 2/3 offen.

5.-6. Oktober 2003: Erste Herbstschneefälle bis ca. 1000 m MH.

10. Oktober 2003: Beginn Winterschnee auf den Standorten.

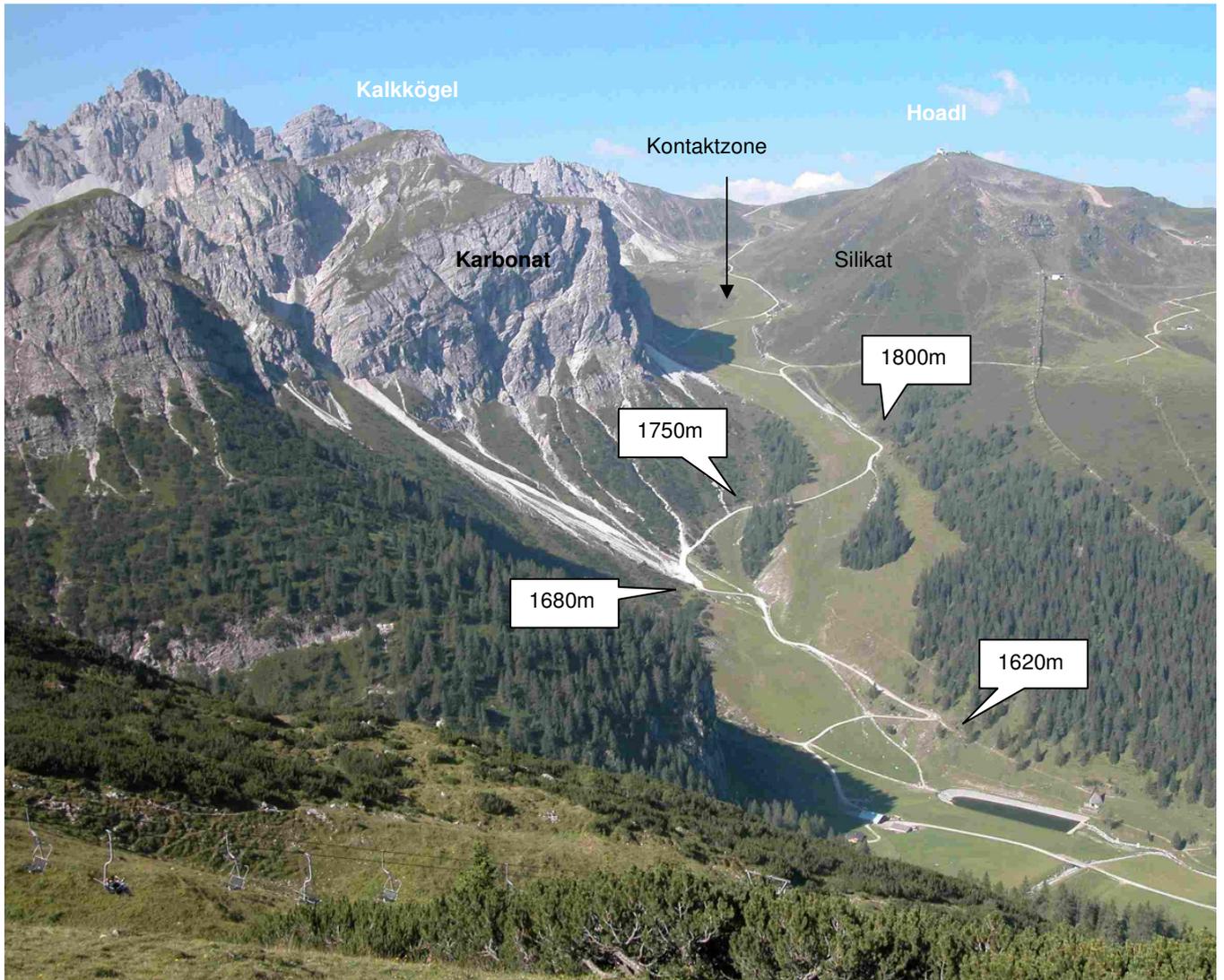


Abb. 3.29: Axamer Lizum und Probenflächen in der Kontaktzone zwischen Karbonatgestein (Kalkkögel links) und Silikatgestein (Hoadl rechts).



Abb. 3.30: Unterster Standort 1620m MH (weißer Pfeil) mit allen drei *Rhododendron*-Arten zwischen dem Lärchen-Fichten-Wald und der Viehweide.

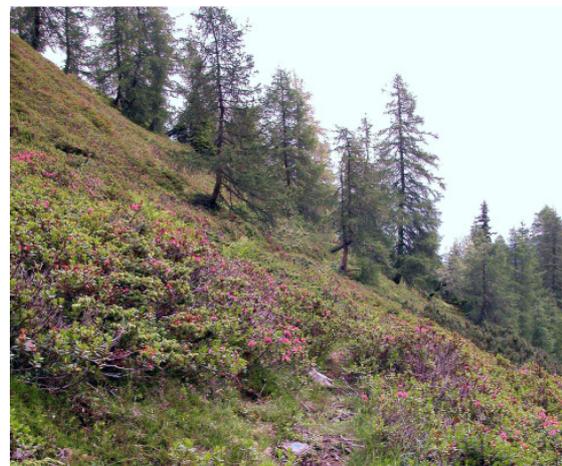


Abb. 3.31: Oberster Standort 1800m MH mit *Rhododendron ferrugineum* am Hoadlhang auf Silikatuntergrund.



Abb. 3.32: Probenfläche 1680m MH auf dem nördlichen Wall eines mächtigen Schuttkegels zwischen Hüttenwand und Schneiderspitze. Im Hintergrund die Saile

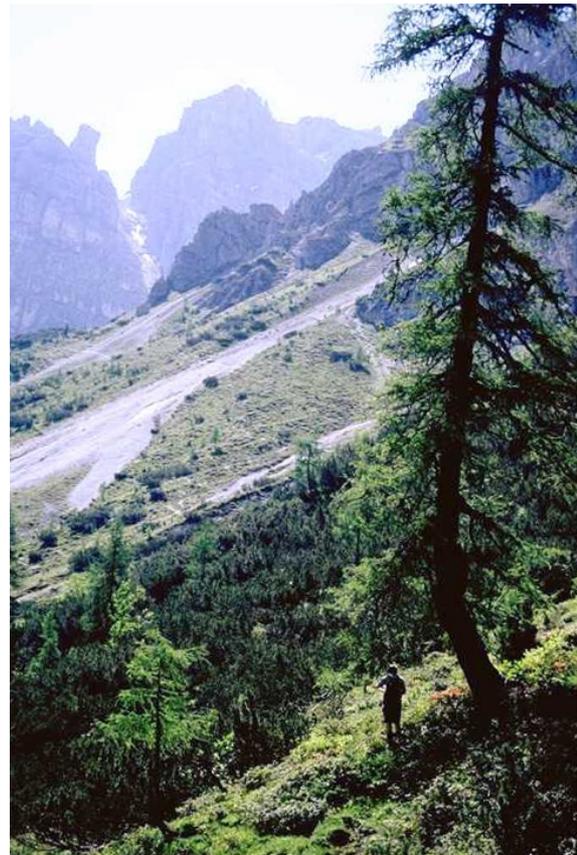


Abb. 3.33: Probenfläche 1750m MH rund um die hohe Lärche und die Lichtung zwischen Legföhren. ©Foto: J.Wagner



Abb. 3.34: Bodenprofile in der Axamer Lizum: *Links* Standort 1620m, *Mitte* Standort 1680m, *rechts* Standort 1750m MH

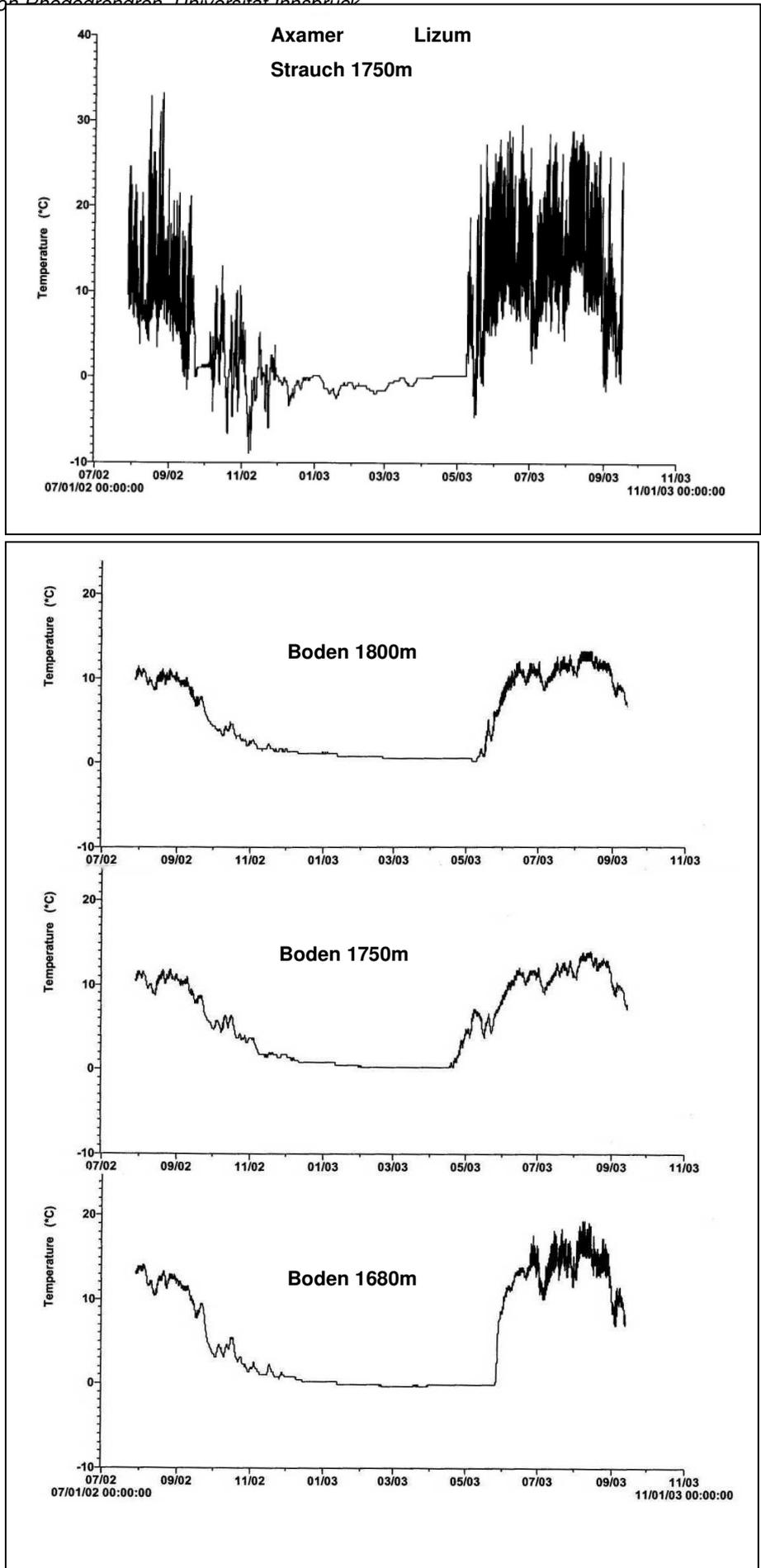


Abb. 3.35: Mikroklima an den Standorten in der Axamer Lizum. Originalgrafik der Loggerdaten

Tabelle 3.4: Axamer Lizum 1750m MH: Mikroklima im *Rhododendron*-Strauch und im Boden in den Jahren 2002/03

Tm = Monatsmittel der Bestandestemperaturen bzw. Bodentemperaturen; Tm max = Monatsmittel der Tagesmaxima der Temperatur; Tm min = Monatsmittel der Tagesminima der Temperatur; Max abs = absolutes Temperaturmaximum des Monats; Min abs = absolutes Temperaturminimum des Monats. *Grau unterlegt* = Temperaturen unter Schnee; *Frosttage* = Minimum <0 °C; *Eistage* = Tagesmittel ≤0 °C; *Hitzetage* = Maximum >30 °C

<u>Strauch</u>	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Frosttage	Eistage	Hitzetage
2002 Juni								
2002 Juli								
2002 August	11.3	20.4	6.5	33	3	0	0	4
2002 September	6.0	11.3	2.8	22	-2	5	0	0
2002 Oktober	2.0	5.1	-0.4	13	-7	16	3	0
2002 November	-0.6	1.1	-2.2	6	-9	22	10	0
2002 Dezember	-0.8	-0.6	-1.1	0	-4	31	28	0
2003 Jänner	-1.1	-1.0	-1.2	0	-3	31	31	0
2003 Februar	-1.1	-1.3	-1.4	-1	-2	28	28	0
2003 März	-0.6	-0.5	-0.6	0	-2	31	31	0
2003 April	0.1	0.1	0.1	0	0	30	30	0
2003 Mai	5.8	11.9	5.8	27	-5	14	7	0
2003 Juni	14.9	23.7	8.1	30	5	0	0	0
2003 Juli	12.9	20.4	6.7	29	2	0	0	0
2003 August	15.2	24.0	9.5	29	1	0	0	0
2003 September								

Boden	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Winterschneedecke	Tage
2002 Juni							
2002 Juli							
2002 August	10.0	10.4	9.6	11	9		
2002 September	7.6	7.9	7.3	10	4		
2002 Oktober	3.4	3.6	3.3	5	2		
2002 November	1.7	1.8	1.7	3	1		
2002 Dezember	1.1	1.2	1.1	2	1	ab 12. Dez.	19
2003 Jänner	0.9	0.9	0.8	1	1		31
2003 Februar	0.6	0.6	0.6	1	0		28
2003 März	0.4	0.4	0.4	0	0		31
2003 April	0.4	0.4	0.4	0	0		30
2003 Mai	2.7	3.1	2.3	9	0	bis 11. Mai	11
2003 Juni	10.3	10.8	9.5	12	7		
2003 Juli	10.8	11.3	10.2	13	9		
2003 August	11.8	12.3	11.3	13	10		
2003 September							
							150 Tage

Tabelle 3.5. Axamer Lizum 1800m MH: Mikroklima im *Rhododendron*-Strauch und im Boden in den Jahren 2002/03

Strauch	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Frosttage	Eistage	Hitzetage
2003 Juli	12.0	20.9	6.1	31	2	0	0	1
2003 August	14.0	24.3	8.0	31	1	0	0	4
2003 September						5	0	

Boden	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Winterschneedecke	Tage
2002 Juni							
2002 Juli							
2002 August	10.6	10.9	10.3	12	9		
2002 September	8.5	8.8	8.3	11	5		
2002 Oktober	4.7	5.0	4.5	6	3		
2002 November	2.0	2.1	2.0	4	1		
2002 Dezember	1.0	1.0	0.9	2	1	ab 12 Dez.	19
2003 Jänner	0.6	0.6	0.6	1	0		31
2003 Februar	0.2	0.2	0.2	1	0		28
2003 März	0.2	0.2	0.2	0	0		31
2003 April	1.0	1.2	0.8	5	0	bis 17 April	17
2003 Mai	5.9	6.4	5.6	9	4		
2003 Juni	10.8	11.1	10.8	12	8		
2003 Juli	11.3	11.6	10.9	13	9		
2003 August	12.7	13.1	12.3	14	10		
							126 Tage

Tabelle 3.6. Axamer Lizum 1680m MH: Mikroklima im Boden in den Jahren 2002/03

Boden	Tm	Tm max	Tm min	Max abs	Min abs	Winterschneedecke	Tage
2002 August	12.3	12.7	12.0	14	10		
2002 September	8.9	9.3	8.7	12	4		
2002 Oktober	3.4	3.7	3.3	6	1		
2002 November	1.3	1.4	1.3	3	1	ab 30.Nov.	1
2002 Dezember	0.4	0.4	0.4	1	0		31
2003 Jänner	0.0	0.0	0.0	0	0		31
2003 Februar	-0.2	-0.2	-0.2	0	0		28
2003 März	-0.3	-0.3	-0.4	0	0		31
2003 April	-0.1	-0.1	-0.1	0	0		30
2003 Mai	1.1	1.3	1.0	9	0	bis 25. Mai	25
2003 Juni	12.9	13.8	12.5	18	9		
2003 Juli	13.8	15.6	12.7	19	10		
2003 August	14.9	16.8	13.7	20	10		
							177 Tage

3.5 Monte Bondone - Viote (Herkunftsbezeichnung Nr.26)

3.5.1 Topographie

Der Monte Bondone in den Südalpen ist der nördliche Ausläufer eines nord-südlich streichenden Gebirgszugs zwischen dem Etschtal im Osten und der Sarcafurche im Westen (Abbildung 3.36). Die Berggruppe des M. Bondone umfaßt drei nebeneinander liegende Gipfel im Süden (Cima Verde 2102m, Doss d'Abramo 2140m, M. Cornetto 2180m MH), einen Bergkegel im Norden (Monte Palon 2090m MH) und einen Bergrücken im Westen (La Rosta 1837m MH). Inmitten dieser Umrandung ist ein ausgedehntes Becken, die Conca delle Viote (auch "Viotte"; 1550m MH). Dort befindet sich ein "Zentrum für alpine Ökologie" der Provinz Trient und eine Außenstelle des Naturkundlichen Museums Trient mit einem Alpengarten.

Die untersten Vorkommen der Alpenrosen fanden wir in etwa 1600m MH am Fuße des Cornetto ("Costa dei Cavai") in dem orographisch rechten Hang der Val d'Eva (Abbildungen 3.37 und 3.39).

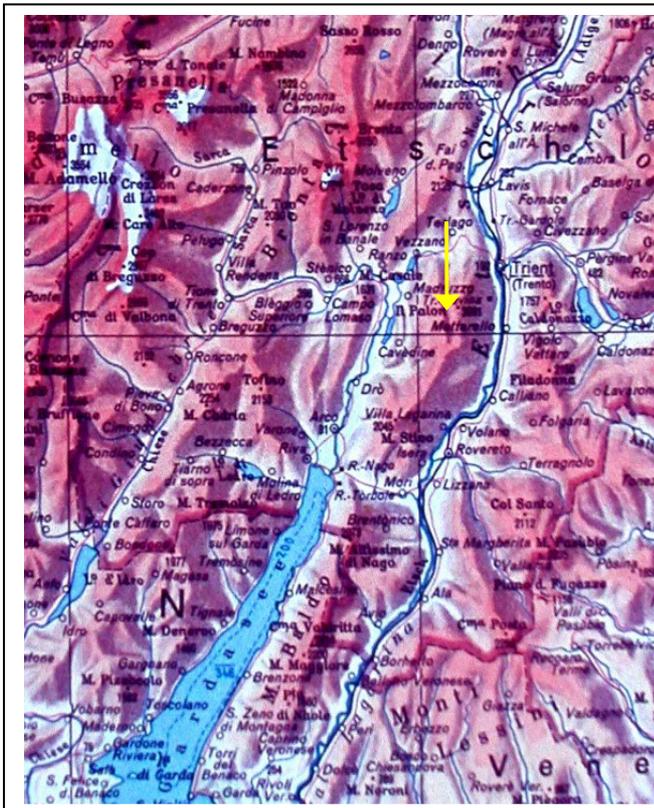


Abb. 3.36: Topographie der Trientiner Südalpen.
Gelber Pfeil: Monte Bondone zwischen Etschtal und Sarcaatal

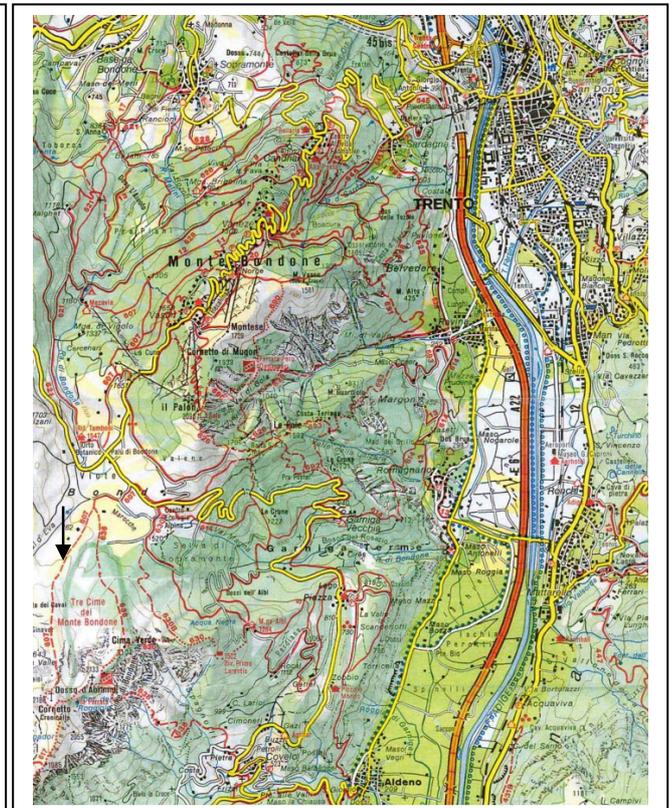


Abb. 3.37: Das Gebiet des Monte Bondone mit dem Beprobungsplatz (Pfeil) in der Val d'Eva nahe dem Pfad 607

3.5.2 Geologie und Boden

Der Gesteinsaufbau des Monte Bondone besteht aus mesozoischen Karbonat- und Mergelschichten (Lias, Jura, Kreide) und eozänen Formationen (Scaglia, Nummulitenkalke). Das breite Becken der Viote ist bis zu 1700m MH mit interglazialen Ablagerungen von Kalk- und Porphyrgeschieben des Etsch- und Adamello-Gletschers gefüllt (Baldi & Trevisan 1947, Parisi 1994).

Die Böden sind mannigfaltig, je nach mineralischer Unterlage, Geomorphologie und auch landwirtschaftlichen und forstlichen Eingriffen. Auf eiszeitlichen Moränen aus Geröll und feinkörnigem Abrieb bildeten sich schwach saure oder neutrale Braunerdeböden (Cambisol mit Mull) bis 30-60 cm Tiefe.

Abb. 3.38: Bodenprofil Viote: Braunerde mit Geröll aus Karbonatgesteinen siehe auch Geröll unter



3.5.3 Klima

Klimadaten für die Jahre 1950-1995 einer Meteorologischen Station auf 1530m MH sind vorhanden (Cescatti et al. 1999): Jahresmittel der Lufttemperatur 5,5 °C, Monatsmittel für Jänner -2.7 °C und Juli 14,4 °C, absolutes Minimum -24 °C, absolutes Maximum 28 °C; mittlere Jahressumme des Niederschlags 1189 mm, wobei Juni und Oktober die regenreichsten Monate sind. Die Schneedecke dauert von November bis April (Abbildung 3.40). Das Makroklima zeigt sich als Übergangsklima zwischen inneralpinem Typus (Sommerregen, Dauer der Schneebedeckung) und Einflüssen aus dem nahen Gardaseeklima (Herbstregen).

Um einen Einblick in das *Bioklima* am Beprobungsplatz zu gewinnen, wurden Logger in den Zweigen eines *Rhododendron*-Strauchs und im Boden (-10 cm) am 12. Juni 2003 installiert (Abb. siehe 3.41). Die registrierten Meßdaten werden im Herbst 2004 ausgelesen und nach Verarbeitung mitgeteilt.

3.5.4 Vegetation

Die Hänge des Monte Bondone waren vor etwa 200 Jahren mit Fichten, Tannen, Lärchen und Buchen bewaldet und im Becken der Viote befanden sich ein ausgedehntes Moor und saure Wiesen. Später wurden große Areale für Almweiden, Wiesen und sogar Äcker entwaldet. Inzwischen sind am Rande des Beckens erfolgreiche Wiederaufforstungen mit Fichten und Lärchen gelungen. In der Hochebene werden derzeit die meisten Flächen des Graslands als Mähwiesen und Viehweide genützt, nur wenige eingegrenzte Parzellen werden gedüngt. Das Moor und einige aufgelassene Mähder sind unter Naturschutz. Zwischen den nichtgedüngten Mähdern und der unteren anthropogenen Waldgrenze sind verstreute Populationen von *Rhododendron ferrugineum* zwischen Legföhrengebüsch (*Vaccinio myrtilli* - *Pinetum mugo* bzw. *Erico carnea* - *Pinetum mugo*) und artenreichen Borstgrasheiden (*Nardion*). Charakteristische Artenkombination der blumenreichen Wiesen sind *Nardus stricta*, *Deschampsia flexuosa*, *Molinia coerulea*, *Pulsatilla alpina* und *P. sulphurea* (gemeinsam!), *Geum montanum*, *Potentilla aurea* und *P. erecta*, *Phyteuma betonicifolium*, *Carlina acaulis*; *Arnica montana*,

Hypochoeris uniflora, *Leontodon hispidus* und Orchideen wie *Gymnadenia conopsea*, *Leucorchis albida*, *Nigritella nigra* und *Coeloglossum viride* (Landolt 1992, Pedrotti 1995).

3.5.5 Probenflächen

Probenfläche "Mulde" (Abbildung 3.41)

Geographische Koordinaten: N 46°00.545'; E 11°02.084'

Meereshöhe: 1660 ±3 m

Exposition: W; Hangneigung: 12°

Horizontüberhöhung hauptsächlich von S bis E (Baumschatten), weniger von N (Bergkegel)

Standortsbedingungen: In der kleinen Mulde wachsen zwischen Gräsern und Kräutern einige Sträucher von *R.ferrugineum* in vollem Lichtgenuß. Der Boden ist mittelgründig, vom Typ einer Braunerde (Cambisol) über Geröll und interglaziale Geschiebe. Die Acidität ist schwach sauer, der aktueller pH-Wert beträgt 6,4 und der potentielle pH-Wert 5.3. Bodenproben wurden zur Analyse weitergeleitet.

Zeigerpflanzen der Begleitflora: Säurezeiger sind *Vaccinium myrtillus* und *V. gaultheroides* (auf humosem Boden), *Rosa pendulina* (R3, F3), *Nardus stricta* (R2, F2), *Geum montanum* (R2, F3) *Potentilla aurea* (R2, F3), *Leucorchis albida* (R2, F3). Basenzeiger sind *Sorbus chamaemespilus* (R4, F2; fast immer inmitten der *Rhododendron*-Sträuchern), *Salix glabra* (R5, F2; ebenfalls verzahnt in *Rhododendron*), *Erica carnea* (R4, F2), *Ranunculus montanus* und *Gentiana lutea* (beide R4, F3).

Probensträucher sind flachpolsterartig breit und 50-60 cm hoch. Im Juni 2003 wurden von einem Strauch (26/01) Proben für die Molekularanalyse und in-vitro-Sortenetablierung entnommen, im darauffolgenden Herbst wurden Samen gesammelt.

Probenfläche "Hang"(Abbildungen 3.42 bis 3.44)

Geographische Koordinaten (Eckpunkte des Probenareals):

Obergrenze: N 46°00.528'; E 11°02.057' bis N 46°00.504'; E 11°02.006'

Untergrenze: N 46°00.551'; E 11°02.040' bis N 46°00.513'; E 11°01.998'

Meereshöhe: 1590 - 1620m MH

Exposition: NW; Hangneigung: 20°

Horizontüberhöhung: von NE bis S (Waldrand)

Standortsbedingungen: Der zweite Beprobungsplatz ist ein langer Streifen zwischen Baumgruppen und einer aufgelassenen Viehweide. Die Probenfläche hatte das Ausmaß von ca.1000 m² und umfaßte rund 150 Sträucher von *R. ferrugineum* mit jeweils 100-150 cm in der Breite und bis 50-65 cm in der Höhe.

Der Boden ist ebenfalls mittelgründig (ca. 30 cm) und der Untergrund besteht aus Karbonatgeröll (Abbildung 3.38). Die Bodenreaktion ergab einen aktuellen pH-Wert von 6,6 und einen potentiellen pH-Wert von 5.9. Eine Bodenprobe wurde ebenfalls zur Analyse versendet.

Zeigerpflanzen der Begleitflora sind auf diesem sonnigen Standort *Juniperus communis* (als Wärmezeiger), als Rohhumuszeiger *Vaccinium myrtillus* und *V. gaultheroides*, als Säurezeiger *Pulsatilla sulphurea* (R2, F3), *Arnica montana* (R2, F3w) und *Solidago alpestris* (R2, F3), als Basenzeiger *Salix glabra*, *Sorbus chamaemespilus*, *Daphne mezereum* (R4, F2), *Pulsatilla alpina* (R4,

F3), *Astrantia major* (R4, F3), *Centaurea montana* (R4, F3) und als Zeiger für bodenfeuchte Stellen *Salix appendiculata* (R3, F4w).

Probensträucher: Im Juni 2003 wurden Triebe von 19 Sträuchern nach dem Zufallsprinzip für die Molekularanalyse und von 4 Sträuchern zur In-vitro-Sortenetablierung entnommen (siehe Tabellenanhang), die Samenproben wurden am 16. August 2003 geerntet.

3.5.6 Phänologische Beobachtungen

7. Juni 2002: Anlässlich einer Begehung waren die Infloreszenzen überwiegend im Knospenstadium und kaum Sträucher mit offenen Blüten zu finden.

12. Juni 2003: Auf beiden Probenflächen waren alle Sträucher in Vollblüte

16. August 2003: Die Samen der Sträucher auf allen Probenflächen waren reif, teilweise waren die Kapseln geöffnet.



Abb. 3.39: Monte Bondone (Gipfel links Cima Verde, Mitte Doss d'Abramo, rechts M. Cornetto) und Becken der Viote. Schwarzer Pfeil: Val d'Eva, roter Pfeil: Probenflächen



Abb. 3.40: Monte Bondone (rechts Cornetto). Ansicht vom Sarcatal, anfangs November mit Winterschnee



Abb. 3.41: Muldenstandort: Sortenstrauch 26/01 und Strauch mit Temperaturlogger (Tidbit). Der Berg im Hintergrund ist M.Palon



Abb. 3.42: Probenflächen: "Mulde" (Pfeil) und "NW-Hang" (umrandete Fläche). Am unteren Hang sind flache Wacholdersträucher inmitten einer Borstgrasheide verstreut



Abb. 3.43: Sortenstrauch Nr 26/20, verzahnt mit *Sorbus chamaemespilus* (links) und *Vaccinien* (unten)



Abb. 3.44: *R. ferrugineum* in der Borstgrasheide mit Begleitpflanzen wie (Sg) *Salix glabra*, (Sa) *Salix appendiculata* und (Jc) *Juniperus communis*

4 Lebensraum und Lebensweise der alpinen *Rhododendren* in Tirol

4.1 Edaphische Standortbedingungen und Standortpräferenz der Alpenrosen

Verbreitungsbereich und Gesteinsunterlagen

Vergleicht man den Verbreitungsbereich der alpinen *Rhododendren* mit den geologischen Einheiten der Gebirgsgruppen in Tirol (Abbildung 4.1), dann findet man auf silikatischen Magmatiten und metamorphen Sedimentgesteinen der Zentralalpen nur *R. ferrugineum*, auf Karbonatgesteinen (Kalk, Marmor, Dolomit) der Nordalpen und des Brennermesozoikum vorwiegend bis gänzlich *R. hirsutum*. In vielen Regionen kommen aber *R. ferrugineum* und *R. hirsutum* gemeinsam vor. *R. ferrugineum* wächst in den Nord- und Südalpen auf Dolomit, Mergel, tonigen Schichten, Buntsandstein, eiszeitlichen Moränen und auf ausgelaugten Böden und Auflagehumus; *R. hirsutum* ist eher anspruchsvoller, diese Art benötigt Kalkböden und meidet zu stark saures Substrat. Wo die beiden *Rhododendron*-Arten in engen Kontakt kommen, sind Kreuzungen von *R. x intermedium* zu erwarten: In den Nordtiroler Kalkalpen am Fernpaß, in der Seefelder Senke, im Halltal, in den Bergen rund um das Achenal und im Kaisergebirge; in den Zentralalpen im Wipptal mit den Nebentälern (hauptsächlich Stubaital und Gschnitztal) und in den Schieferalpen (Tuxer Alpen, Gerlos); in Osttirol im Defregental, Virgental und Dorfertal (Polatschek 1999).

Böden der verschiedenen Herkunft

Für Bestände von *R. ferrugineum* sind alpine Podsolböden auf Silikatgrund typisch, wie sie in der Zwergstrauchheide am Westhang des Patscherkofels ausgebildet sind (Umbric Podzol: Tabelle 4.1 und Abb. 3.11). Alpine Podsolböden können aber auch zu oligotrophen Braunerden (Cambic Podzol) degenerieren wie z.B. die Böden am Nordstandort auf dem Patscherkofel und möglicherweise auch am untersten Standort in der Axamer Lizum.

Tabelle 4.1: Bodenhorizonte eines Eisenpodsols unter *Rhododendron*-Beständen auf dem Patscherkofel. Analysen von I. Neuwinger (aus Larcher 1977) und Wieser (1983)

Horizont	Mächtigkeit [cm]	pH	Org.Substanz [Gewicht %]	C/N	Sand [%]	Schluff [%]	Ton [%]	Luftvolumen [Vol %]
L	(2)-3-(4)	2.8-4.0	--	--	--	--	--	--
O _f	(5)-7-(8)	2.8-2.9	93	24:1	--	--	--	18
O _h	(15)-18-(20)	2.8-3.1	81	34:1	--	--	--	11
A _e	(2)-5-(10)	3.1-3.3	9	32:1	48	46	6	14
B _h	(5) - (10)	3.8-4.0	11	16:1	58	36	6	12
B _s	(10)-15-(25)	4.4		15:1				
B _s /C _v	(30) - (40)	4.2-4.6	7	12:1	59	35	6	17

Bodenhorizonte: L = Streu; O_f = aufliegender Rohhumus; O_h = Humusschicht; A = Anreicherung von organischer Substanz; A_e = Eluvialhorizont (Bleichschicht aufgrund Auswaschung); B = Schichten zwischen A und C; B_h = humoser Übergangshorizont; B_s = Anreicherung von Fe/Al-Hydroxiden; C_v = Verwitterungsschicht; C = Grobschutt, Geröll und Muttergestein

Für *R. hirsutum* ist Moder-Rendsina (Rendzic Leptosol) ein günstiges Substrat, ein tiefschwarzer, meist feuchter, basenreicher Rendsinatyp. Der Kalkhumusboden besteht aus humusreichem Mull auf darunterliegendem steinigem Ca-Mineralhorizont (siehe Abb. 3.13 und 3.34). Unter Pioniervegetation, wie etwa auf der Schutthalde der Saile, entwickelt sich eine Protorendsina mit dünner Humusschicht.

Ein Boden in der Nähe des Probenstandorts auf der Seegrube mit bezeichnender Schichtung wurde von Prock (1989) untersucht: Der Humushorizont war bis 14 cm mächtig, mit 18 % organischer Substanz und einem pH-Wert von 6.1; die Mittelschicht über Kalkschutt war 13-16 cm mächtig und hatte einen pH-Wert von 6.8. Ähnliche Bodentypen gibt es auch am Standort Axamer Lizum "1680m MH" und in der Karmulde auf der Saile.

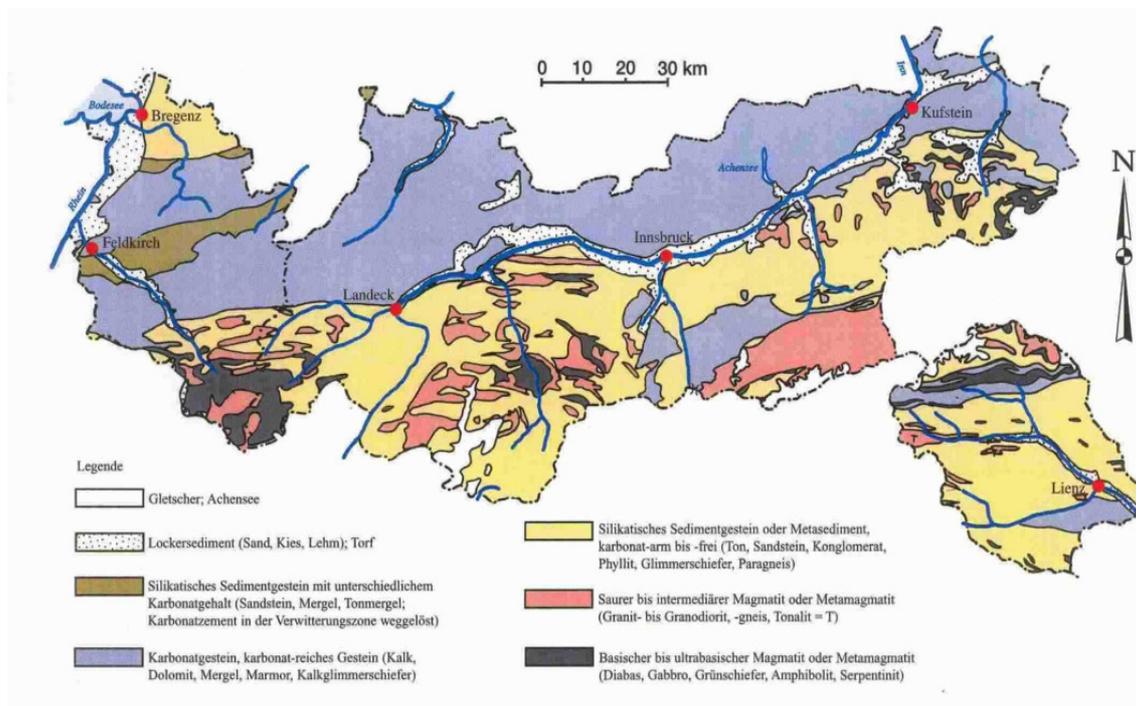
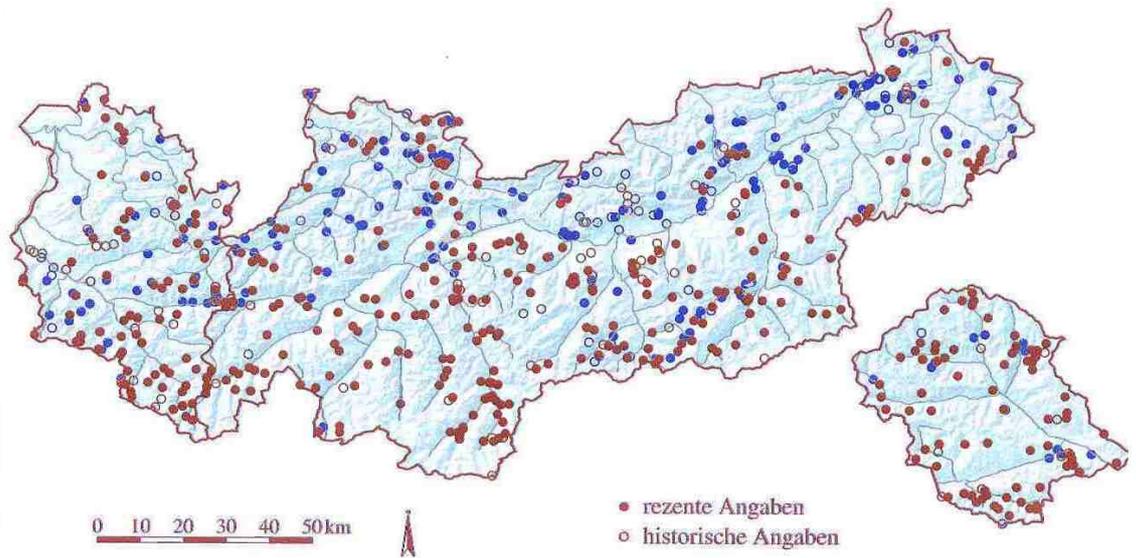


Abb. 4.1: Verbreitung von *R. ferrugineum* (rot) und *R. hirsutum* (blau) in Tirol & Vorarlberg (nach Polatschek 1999) und (*unten*) botanisch relevante geologische Einheiten von Tirol & Vorarlberg (A. Matura in Polatschek 1997)

Die Bodenreaktion im Umfeld der Pflanze ist ein wichtiger verbreitungsbestimmender Faktor. Je nach Ausgangsgestein und Sättigung der Sorptionskomplexe mit Kationen puffert sich der Boden auf einen bestimmten pH-Bereich ein. Stichprobenweise Bestimmungen der Bodenreaktion der Herkünfte sind in der Tabelle 4.2 zusammengefaßt. Die Befunde zeigen, daß *R. ferrugineum* in ihrem optimalen Lebensraum eine beachtlich saure Bodenreaktion herrscht (aktuelle pH-Werte 4-5, potentielle pH-Werte 3-4). Diese Art gedeiht aber auch auf nichtsilikatischem Untergrund in schwach saurem bis neutralem Milieu (aktueller pH 6-7, potentieller pH 4-6), vor allem wenn eine genügende Rohhumusdecke vorhanden ist. *R. hirsutum* ist im Untersuchungsgebiet überwiegend auf Böden mit aktuellen pH-Werten um 6,5-7 und potentiellen pH-Werten 6-7 zu finden. *R. x intermedium* akzeptiert aktuelle pH-Werten von 5-7 und potentielle von pH 4-7.

Tabelle 4.2: Bodenreaktion der Herkünfte (Eigene Untersuchungen)

Herkünfte	Standorte	Arten	Schichtdicke	pH akt	pH pot	Zeigerwerte		
						R2	R4	F4
			[cm]					
Patscherkofel	W-Hang	Rf	H 30-50	4,1	3,1	+	-	-
Patscherkofel	N-Standort	Rf	F 10-20	4,6	3,7	+	-	-
Seegrube	Mulde	Rh	H 15-20	6,3-6,5	5,6	-	+	±
Saile	Hang	Rh	H+F 10	7,1	6,9	-	+	-
Saile	Verebnung	Rh	F 20-25	7,9	7,1	-	+	+
Axamer Lizum	1620m MH	alle	H 10	5,3	4,3	+	+	±
			F >30	5,6	4,4			
Axamer Lizum	1680m MH	Rh	H 7-10	6,8	6,7	-	+	+
			F 3	8,5	8,0			
Axamer Lizum	1750m MH	alle	H+F 20-30	7,0-7,2	6,8	+	+	+
Viote	Mulde	Rf	F 30	6,4	5,3	+	+	+
Viote	NW-Hang	Rf	F >30	6,6	5,9	+	+	±

Rf = *R. ferrugineum*; Rh = *R. hirsutum*; "alle" = auch *R. x intermedium*

H = Humusschicht; F = Feinerde oder Grobsand

Zeigerwerte der Begleitflora: R2 = Säurezeiger; R4 = Basenzeiger; F4 = Feuchtezeiger.

Zeigersymbole: + vorherrschend vorhanden; ± mäßig vorhanden; - fehlend

In diesem Zusammenhang sind **Bioindikatoren** sehr aufschlußreich: Die Zeigerwerte für die *Bodenreaktion* im Wurzelbereich (Reaktionszahl für Acidität R2, für basische Reaktion R4; Landolt 1977, 1992) kennzeichnen jene Fundorte, die auf das Kernareal einer der *Rhododendron*-Arten hindeuten. In Randzonen der Verbreitung beider *Rhododendron*-Arten kommen Arten von Zeigerwerten R2 und R4 (hier: Axamer Lizum und Viote) vor; dort können auch Hybriden auftreten.

Pflanzliche Zeigerwerte für *Bodenfeuchtigkeit* (F4 und F5) sind ebenfalls aufschlußreich. Sie weisen im Geländere relief auf kleinräumige feuchte Stellen (z.B. Weidengestrüpp am Standort der Seegrube) und auf unterirdisches Sickerwasser in Hängen hin (Axamer Lizum, Viote).

Die Böden unter den beprobten Sträuchern wurden im Institut für Bodenkunde der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH in Wien analysiert, die detailliert Prüfberichte sind im Anhang dokumentiert. Eine Übersicht über ausgewählte Nährstoffgehalte aus dem Prüfbericht zeigt die Tabelle 4.3.

Für Silikatböden (Patscherkofel) sind sehr niedrige Konzentrationen von Ca und sehr hohe Fe-Gehalte bezeichnend. Reichlich vorhanden sind die Hauptnährelemente Phosphor, Kalium und Magnesium. Die Stickstoffkonzentration in der Bodenlösung ist dürrig, weil in stark sauren Böden der Großteil des Stickstoffvorrates im Humus gebunden ist.

Tabelle 4.3: Mittlere Mineralstoffgehalte im Boden der Probenflächen.
 Analysen der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit Wien.
 Konzentrationen = mg/kg, außer Nitrat + Ammonium (g N m⁻²) und Kalziumkarbonat (%).

Herkunft	Böden	Arten	pH_{pot}	NO₃ + NH₄	P	K	Mg	Fe	CaCO₃
Patscherkofel West	Silikat	Rf	3.5±0.3	8.8±5	83±37	424±140	420±92	1488±605	<1%
Patscherkofel Nord	Silikat	Rf	4.7	1.8	15	89	83	688	<1%
Seegrube	Karbonat	Rh	6.8±0.07	25±6.1	20±0.0	108±7.1	165±13	941±112	46.2%
Axamer Lizum 1620m	Kontaktzone	alle	6.9	7.7	20	40	565	437	##
Axamer Lizum 1680m	Karbonat	Rh	6.7	18	33	82	1144	1390	51.6%
Axamer Lizum 1750m	Kontaktzone	alle	5.4±0.57	10±3.2	37±27	188±57	940±260	1538±740	##
Viote	Moränen	Rf	6.0±0.1	30±6.4	16±5.7	131±40	181±16	702±80	<1%

Rf = *R. ferrugineum*; Rh = *R. hirsutum*; "alle" = auch *R. x intermedium*

Die Kalkböden der Nordkette und des Lizumstandorts "1680m MH" sind charakteristisch für hohe Kalziumkarbonatgehalte. Auf Kalkböden wird auch rasch Stickstoff mineralisiert und daher ist genügend in der Seegrube vorhanden; der hohe Stickstoffgehalt könnte aber auch von der Düngung durch weidende Schafe herrühren. Der reichliche Stickstoffgehalt in der Viote dürfte wegen der wärmeren Böden der Südalpen verursacht sein. Die Mischböden in der geologischen Kontaktzone der Axamer Lizum (Standorte 1620m und 1750m) sind schwierig zu interpretieren, am ehesten könnte eine stratigraphische Bestimmung des Kalkgehalts eine edaphische Einordnung klären.

4.2 Klimatische Bedingungen im Verbreitungsbereich der Alpenrosen

Höhenklima und Höhenverbreitung der Alpenrosen in den Tiroler Alpen

In der altitudinalen Hauptverbreitung der Alpenrosen zwischen 1300m und 2000m MH findet man mittlere Lufttemperaturen im Juli von 12-16 °C und jährliche Bodentemperaturen von 6-8 °C (Abbildung 4.2). An der Höhengrenze der Alpenrosen sinkt die mittlere Lufttemperatur im Juli auf rund 10 °C ab, und es können Fröste bis -2 bis -3 °C vorkommen. Langjährige Niederschlagsmengen wurden in den Zentralalpen ca. 1000-1200 mm (Hauptverbreitung von *R. ferrugineum*) und an der Alpennordseite (hauptsächlich *R. hirsutum*) ca. 1600-1800 mm gemessen.

Wegen der niedrigeren Mitteltemperatur der Luft und im Boden in höheren Lagen ist der Zeitraum mit Frösten und Schneebedeckung lang. In Meereshöhen von 1500m bis 2000m (50% der Fundorte der alpinen Rhododendren) gibt es 170-200 Frosttage und 60-100 Eistage im Jahr. Die durchschnittliche Dauer der Winterschneedecke in den Alpen beträgt 127 Tage in 1000m MH, 167 Tage in 1500m MH und 214 Tage in 2000m MH (Lauscher und Lauscher 1980). Die Schneebedeckung ist regional äußerst unterschiedlich: Als langjährige Mittelwerte der Schneehöhen und Schneedauer wurden in den Nordalpen 274 cm bzw. 120 Tage (Kitzbühler Alpen, 1000m MH), im mittleren Zillertal 492 cm bzw. 156 Tage (Gerlos, 1300m MH), im Oberinntal 217 cm bzw. 125 Tage (Reschen, 1360m MH) und in Osttirol (Iselsberg, 1200m MH) 253 cm bzw. 114 Tage gemessen (Kuhn 1997). Lange Winterschneedauer verkürzt den wachstumsgünstigen Zeitraum der Pflanzen.

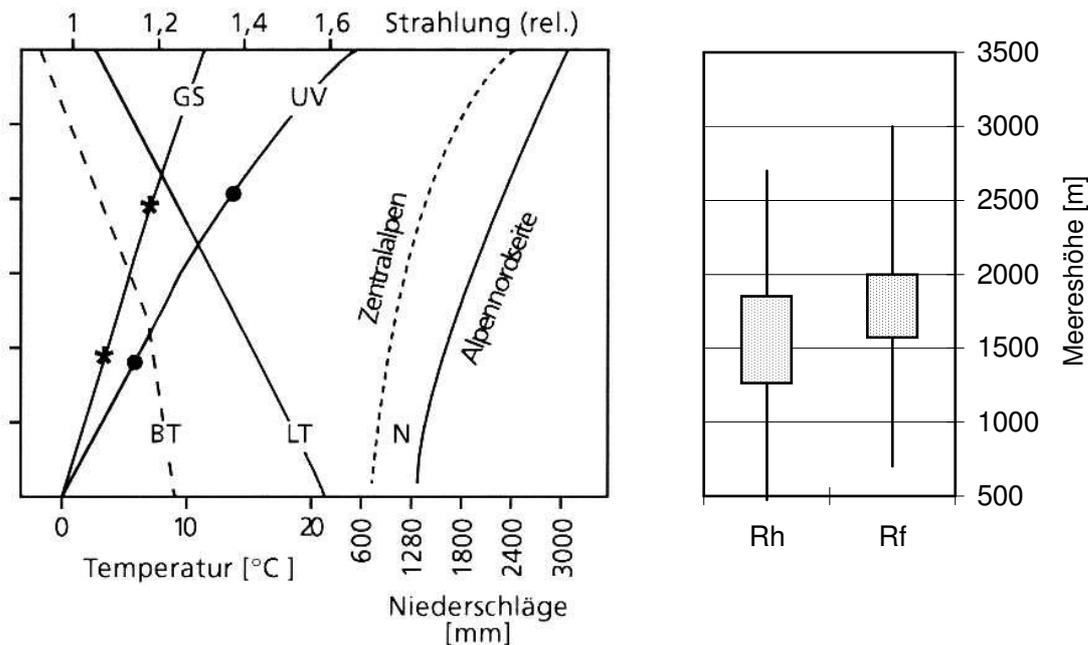


Abb. 4.2 Links. Höhenklima in den Österreichischen Alpen: (LT) Mittlere Lufttemperatur im Juli; (BT) mittlere jährliche Bodentemperatur in 1 m Tiefe; (N) jährliche Niederschlagsmenge in mm in den Zentralalpen und an der Alpennordseite. Relative Sonneneinstrahlung im Juni, bezogen auf die Intensität im Tal (*obere Skala*): (GS) Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel; (UV) Ultraviolettstrahlung. Aus Larcher (2001) nach Angaben von Steinhauser et al., Turner, Franz, Blumthaler. Rechts: Höhenverbreitung der Alpenrosen in Tirol. Box plot: Innerhalb des Rechtecks befinden sich 50% der Fundorte von *R. hirsutum* (Rh) bzw. *R. ferrugineum* (Rf) des Areals, die Endmarken zeigen die Höhengrenzen an. Nach Angaben von Polatschek (1999)

Aufgrund der Meßdaten von alpinen *Wetterstationen* beträgt die "*klimatische Vegetationszeit*" (üblicherweise: Tage mit Mitteltemperatur über 10 °C) etwa 100 Tage in 1500m MH und etwa 60 Tage an der Waldgrenze in 2000m MH. Eine tatsächliche Dauer des Zeitraums für Wachstum und Entwicklung der Vegetation darf jedoch oberhalb der Wald- und Baumgrenze nicht nur auf die Höhenlage bezogen werden, sie muß auch die topographischen Gegebenheiten des Geländes berücksichtigen. Für den Beginn der Wachstumstätigkeit der *Gebirgspflanzen* ist das Weichen der Winterschneedecke entscheidend. Es empfiehlt sich daher als "*potentielle Vegetationsdauer*" für immergrüne Pflanzen, den Zeitraum von der Frühjahrsschmelze bis zum Spätherbst mit regelmäßigen Tagesmittelwerten von <0 °C bzw. bis zum neuerlichen Einschneien anzugeben (Svoboda 1977; Wagner et al. 1995).

Standortsklima der verschiedenen Herkünfte

Angaben von Wetterstationen, in denen das Makroklima in 2m über dem Boden erfaßt wird, können nur Richtwerte für das Bioklima der 20-30 cm niedrigen Alpenrosenbestände sein. Bei starker Sonneneinstrahlung überwärmen sich periphere Pflanzenteile, in klarer Nacht kühlt sich die Bestandesoberfläche und die bodennahen Luftschicht wesentlich mehr als die Luft 2m über dem Boden ab. Hingegen waren die mittleren Tages*minima* im Bestand und der Luft in 2m während der Aperaturzeit ziemlich einheitlich; auch die absoluten Minimumtemperaturen und die Zahl der Frosttage waren kaum unterschiedlich. Im Winterhalbjahr sind die beobachteten Tiefsttemperaturen der Wetterstationen bioklimatisch belanglos, weil die *Rhododendron*sträucher unter Schnee geschützt

sind. Daher ist ein berechnetes Jahresmittel der 2m-Temperatur für eine niederwüchsige Vegetation nicht relevant.

Die breite thermische Variabilität der Meßplätze läßt Präferenzen und Grenzen für das Gedeihen der Alpenrosen erkennen. Kontrastierende Unterschiede ergeben sich durch regionale und altitudinale Lagen (Patscherkofel, Viote), Geländere relief (Gipfel, Hang, Rinne, Mulde), Exposition zur Sonneneinstrahlung (Patscherkofel-West, Seegrube-Süd, Hoadl-Osthang), Windströmungen (Axamer Lizum) und Schneean Sammlung (Patscherkofel-Nord, Axamer Lizum 1680m): Die wesentlichen Merkmale der Topoklimate der verschiedenen Herkünfte sind in der Tabelle 4.4 aufgelistet.

Tabelle 4.4: Zusammenfassender Vergleich der Temperaturmerkmale und Schneedauer der Meßplätze

Herkünfte	Standorte	Sträucher während der Vegetationsdauer				Boden (-10cm)				Winter
		TmV [°C]	wMo [°C]	Max [°C]	Min [°C]	TmV [°C]	Mai [°C]	wMo [°C]	>5°C Tage	Schneedauer Tage
Patscherkofel	2230m Gipfel-N*	6-9	10-11	26-29	-2 bis -3	7	0	9	80-85	220
Patscherkofel	2040m W-Hang	9/12**	11/14	28/32	-6/-7	8/10	5	10/11	125	148
Seegrube	1770m S-Mulde	11/14	13/17	38/45	-4 bis -5	10/13	5	13/16	150	185
Axamer Lizum	1680m Mulde					#/11	1	12/15	120	177
Axamer Lizum	1750m Rinne	#/12	11/15	30 bis 33	-5 bis -7	#/11	3	10/12	125	150
Hoadl	1800m E-Hang	#	#/14	#/31		#/10	6	11/13	165	126
Vioté***	1600m W-Hang	#	#	#	#	#	#	#	#	#

* Einzelstrauch auf Grenzstandort 2000/2001 **Linke Zahl 2002 / rechte Zahl 2003 ***Daten im Jahr 2004; # = keine Daten
Kronentemperaturen von Sträuchern: TmV = mittlere Temperatur, wMo = wärmster Monat; Max = abs.Maximum und Min = abs.Minimum.
Bodentemperaturen: TmV = Mitteltemperatur während der Vegetationsdauer; Mai = Monatsmittel der Bodentemperatur; wMo = wärmster Monat; >5°C = Tage über 5°C Bodentemperatur; Schneedauer = Beginn Spätherbst des vorherigen Jahres bis Ausaperung des neuen Jahres.

Der Grenzstandort an der Nordflanke des *Patscherkofelgipfels* (frühere Messungen, hier keine Standortsbeschreibung), auf dem kleinwüchsige Alpenrosen vorkommen, unterscheidet sich wesentlich vom üppigen *R.ferrugineum*-Bestand bei günstigen Wachstumsbedingungen am Westhang im Windschatten des Berges. Allein schon die späte Ausaperung der flachen Schneewächte (nicht früher als Juni) veranlaßt einen verzögerten Beginn des Wachstums in einer ohnehin kurzen Vegetationszeit (potentielle Vegetationsdauer 80-110 Tage, gegenüber ca. 160 Tage am Westhang). Der Meßplatz auf der *Seegrube* ist bei Klartagen voll besonnt, außerdem steigt warme Luft vom Inntal herauf, so daß im Sommer die Sträucher unter Hitze (bis 45 °C) und teilweise Trockenheit leiden. Andererseits stauen sich Hangwolken auf (besonders bei Südföhn), so daß die Sträucher häufig benetzt werden.

Das Mesoklima des Talschlusses der *Axamer Lizum* ist kühler als die Berghänge des Patscherkofels und der Nordkette. Mit ihrer Felsumrahmung erhält die Vegetation weniger Strahlung durch Bergschatten, häufiger Bewölkung und reichlicher Niederschläge, sowie ausgiebigere Schneemengen und längere Schneedauer in Normaljahren. Die Standorte in der Axamer Lizum sind topoklimatisch sehr unterschiedlich ausgebildet. Auf den Standorten 1620m MH und besonders 1680m MH liegt morgens bis vormittags ein Bergschatten, am Rinnenstandort 1750m MH und dem Hoadlhang 1800m MH kühlt bei sonnigen Tagen das Bergwindssystem und verhindert eine Überwärmung der Bestände.

Klimatische *Gemeinsamkeiten* gibt es auf allen unterschiedlichen *Rhododendron*-Probenflächen. Typische Merkmale sind: Bodentemperaturen von 4-5 °C (gemittelt über 12 Monate); Mitteltemperaturen während der potentiellen Vegetationsperiode von 10-12 °C in der Strauchschicht und 10 °C im Boden; kurzzeitige Hitze im Kronenbereich erreicht meist 30-32 °C; Frosttemperaturen

während der Aperaturzeit sinken auf -6 bis -10 °C, jedoch im Sommer selten tiefer als -2 bis -3 °C. Die potentielle Vegetationszeit, auf der von Alpenrosen bewachsenen Flächen, beginnt in der ersten Dekade Mai und endet im Oktober (ca. 150-170 Tage), dort treten im Wurzelraum Temperaturen über 5 °C an durchschnittlich 120-160 Tagen auf. Im Winter benötigen die Alpenrosensträucher eine Schneedeckendauer von 150-180 Tagen (bis zu 200 Tagen; Turner 1961).

4.3 Wachstum und Entwicklung

Phänologie

Phänologie der vegetativen Sprosse: Der Neuaustrieb und die Sproßreifung der Alpenrosen benötigt durchschnittlich 12 bis 15 Wochen. Für *R.ferrugineum* an der Waldgrenze des Patscherkofels wurden innerhalb von 20 Jahren immer wieder phänologische Termine notiert (Tabelle 4.5 und Abbildung 4.3). Etwa 4 Wochen nach der Schneeschmelze beginnt der Neuaustrieb und das Längenwachstum der Sprosse, das bis Ende Juli dauert (Hauptwachstumsphase). Dann sind auch die diesjährigen Blätter ausgebildet und die Knospen für das nächste Jahr angelegt. Anfang August ist der Wachstumszyklus abgeschlossen, jedoch wird die Assimilationstätigkeit und Speicherung fortgeführt. Ab September beginnt die Laubmauser: Die Vergilbung vorjähriger Blätter (Blattalter 12-16 Monate) zeigt die Seneszenz an, und mit teilweisem Blattabwurf (durchschnittlich 30 bis 50%) schließt diese Phase ab.

Phänologische Beobachtungen der Sproßentwicklung von *R.hirsutum* sind nur lückenhaft vorhanden, doch dürfte die vegetative Entwicklungsdynamik ähnlich sein wie bei *R.ferrugineum*.

Tabelle 4.5: Phänologische Beobachtungen der vegetativen Sprosse von *Rhododendron ferrugineum* an und über der Waldgrenze in verschiedenen Jahren. Nach Siegwolf (1987), Gazarini (1988), Aichner (1996), De Carli (2001) und eigene Beobachtungen 2002 und 2003.

Phänophase	Häufige Termine	Spannen
Schneeschmelze	Erste Dekade Mai	Ende April bis 2.Dekade Mai
Knospen schwellen	Letzte Maiwoche	
Beginn des Austriebs	Mitte Juni	1. Dekade Juni - Ende Juni
Streckungswachstum der Neutriebe	4-5 Wochen	
Neue Blätter ausgereift	1. Dekade August	3. Dekade Juli - 2. Dekade August
Knospenanlagen für das nächste Jahr	Anfang August	
Schildhaare bräunend	Mitte bis Ende August	
Beginn der Gelbfärbung von Blättern	1. Dekade September	
Partieller Blattabwurf der 2jährigen Blätter	Ende September	Mitte September - Mitte Oktober
Knospenruhe	8 Monate	

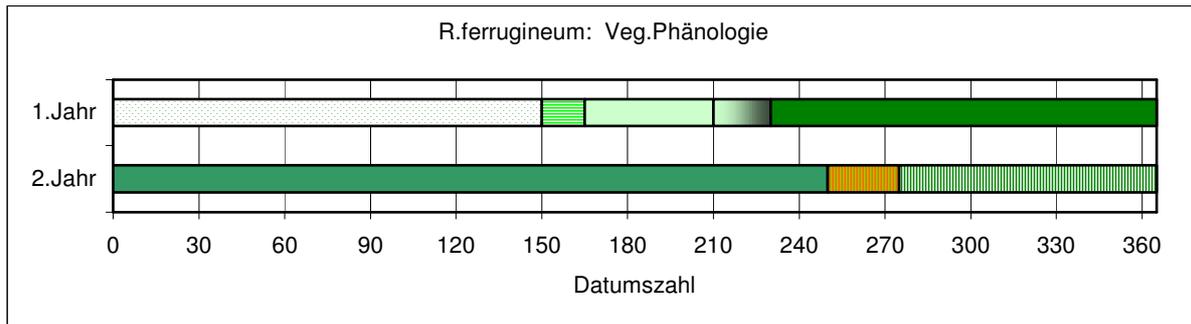


Abbildung 4.3: Vegetative Phänologie von *R.ferrugineum* an der Waldgrenze in den Tiroler Herkunft. Erster Jahrgang: Grün punktiert = Knospenruhe; grün horizontal gestreift = Knospen schwellen; hellgrün = Sproßaustrieb und Hauptwachstumsphase; hellgrün/dunkelgrün = Differenzierung der neuen Blätter; dunkelgrün = diesjährige reife Blätter. Zweiter Jahrgang: Dunkelgrün = überwinterte Blätter; grün/gelb gestreift = teilweise Vergilbung; grün/weiß = teilweiser Laubabfall

Reproduktive Phänologie: Die Blühsprosse der Alpenrosen an der Waldgrenze treiben, gemeinsam mit den vegetativen Neutrieben, fünf Wochen nach der Schneeschmelze aus. Späte Ausaperung bewirkt spätere Streckung der Infloreszenzen und verspäteten Blühbeginn. Nach den ersten aufgeblühten Rispen benötigen die Alpenrosenbestände für die Vollblüte je nach Witterung 1 bis 2 Wochen (Tabelle 4.6). Die Blühphase von Blühbeginn bis Ende des Blühens dauert drei Wochen. Die Fruchtentwicklung von der Vollblüte bis zur Fruchtreife dauert 10 bis 11 Wochen. Die trockenen Kapseln öffnen sich ab September und streuen die Samen bis zum Einschneien aus.

Tabelle 4.6: Blütenphänologie von *Rhododendron ferrugineum* im Bereich zwischen 1700m bis 2000m MH in mehreren Jahren. Nach Siegwolf (1987), Gazarini (1988), Aichner (1996), De Carli (2001) und eigene Beobachtungen 2002 und 2003.

Phänophasen	Durchschnittlicher Termin	Zeitspannen
Schneeschmelze	Erste Dekade Mai	Ende April bis 2.Dekade Mai
Beginn des Austriebs	2. Woche Juni	1. bis 2. Dekade Juni
Blühbeginn	3. Dekade Juni	Mitte Juni bis 1. Woche Juli
Vollblüte	1. Dekade Juli	Letzte Woche Juni bis 2. Dekade Juli
Ende des Blühens	2. Dekade Juli	Anfang Juli bis Ende Juli
Fruchtreife und Kapseln geöffnet	1. Woche September	Letzte Woche August bis Mitte September

In den warmen und schneearmen Beprobungsjahren 2002 und 2003 waren alle phänologischen Termine verfrüht: Mittlerer Blühbeginn zwischen 4. - 9. Juni 2003 (Datumszahl 155-160) gegenüber dem durchschnittlichen Termin (Datumszahl 172) und der Beginn der Fruchtreife war 18 Tage früher als im Durchschnitt.

Anhand der Daten des vormals Phänologischen Beobachtungsdienstes für Tirol, der landesweit an 20 Orten zwischen 600m und 2000m MH über den Zeitraum von 1961 bis 1967 die Termine für den Blühbeginn (10% offene Blüten) in Alpenrosenbeständen notiert hatte, konnten wir für *R.ferrugineum* einen Mittelwert der Datumszahl von 169 ± 2 (18.Juni) berechnen. In diesen 7 Jahren traten zwei Jahre mit mildereren und kürzeren Spätwintern auf, in denen der Blühbeginn 5-7 Tage verfrüht war, und zwei Jahre mit kalten bzw. schneereichen Spätwintern (Schneeschmelze durchschnittlich 15 Tage später), in denen der Blühbeginn 4-6 Tage verspätet war. Bei der Verarbeitung der Daten kam auch die Zeitverschiebung des Blühbeginns mit der Seehöhe und der Geländerrichtung zutage. Im Mittel ist

der beginnende Blühtermin pro 500 Höhenmeter +4 Tage nach rückwärts verschoben, bei gleicher Höhenlage auf Schattenhänge +4 bis +6 Tage später als auf Sonnhängen.

In den Florenwerken findet man bei Blühzeit der Alpenrosen die Monate "Juni und Juli" angegeben, wobei die Bewimperte Alpenrose etwas später als die Rostblättrige Alpenrose zu blühen beginnt (Abbildung 4.4). Für die Bewimperte Alpenrose auf den Beprobungsflächen konnten wir leider nicht kontinuierliche Aufzeichnungen ausführen. Wir haben jedoch beobachtet, daß in der Axamer Lizum, also im gleichen Gebiet und in gleicher Meereshöhe, die Sträucher von *R.hirsutum* deutlich später in Vollblüte kommen als die von *R.ferrugineum*. Auch auf der Saile war *R.hirsutum* in Vollblüte, zu einer

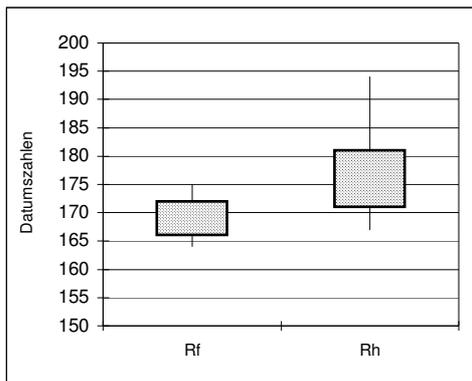


Abbildung 4.4: Durchschnittlicher Blühbeginn der Alpenrosen (10% offene Blüten) in Tirol. Rf = *R.ferrugineum*; Rh = *R.hirsutum*

als die Bestände von *R.ferrugineum* vollkommen abgeblüht waren. Hauptsächlich ist die Zeitspanne zwischen der Schneeschmelze und dem Blühbeginn bei *R.hirsutum* etwas länger als bei *R.ferrugineum*, daher wird auch die Fruchtreife verschoben (siehe Abb. 4.8). Auch ein Vergleich der zwei *Rhododendron*-Arten anhand der Daten des Phänologischen Beobachtungsdienstes für Tirol aus Höhenlagen von 1000m bis 2000m MH weist auf einen um 8 Tage verspäteten Blühbeginn in *R.hirsutum* gegenüber *R.ferrugineum* hin (Abbildung 4.4).

Reproduktive Entwicklungsdynamik

***Rhododendron ferrugineum*:** Der reproduktive Zyklus erstreckt sich über ein Jahr: Im ersten Jahr werden bereits zur Zeit der Blüte die Infloreszenzen für das Folgejahr an terminalen Trieben angelegt (Abbildung 4.5). Bis Anfang September sind die Blütenknospen mit allen Blattkreisen weitgehend ausdifferenziert. In den Antheren sind bereits die Pollentetraden angelegt, nur die Samenanlagen überwintern in einem Stadium vor der Reifeteilung. Im zweiten Jahr beginnen kurz nach der

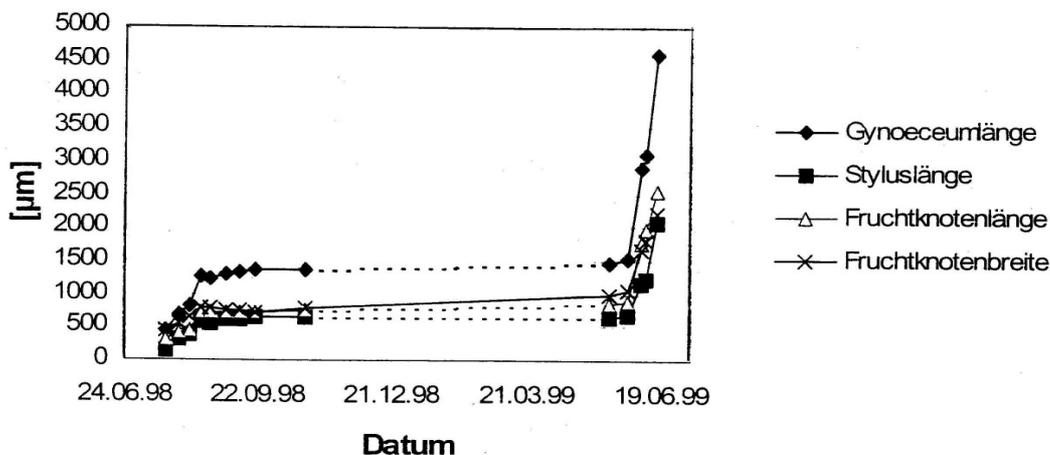


Abbildung 4.5: Verlauf der Blütenentwicklung von *Rhododendron ferrugineum* an der Waldgrenze auf dem Patscherkofel (Nach De Carli 2001)

Schneeschnelze (je nach Standort und Höhenlage Mai bis Anfang Juni) die Infloreszenzknospen gemeinsam mit den vegetativen Knospen zu schieben. Während dieser Streckungsphase findet in den Samenanlagen die Reifeteilung mit anschließender Gametophytenentwicklung statt. Erst zum Zeitpunkt der Anthese sind die Samenanlagen befruchtungsreif.

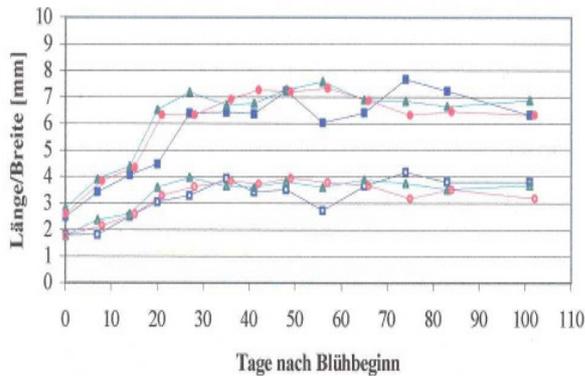


Abbildung 4.6: Längen- und Breitenwachstum der Früchte von *R. ferrugineum* in 1940m bis 2010m MH auf dem Patscherkofel (Nach Niederwieser 2002)

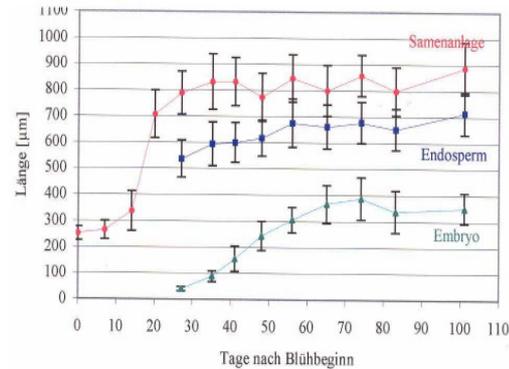


Abbildung 4.7: Verlauf der Samenentwicklung von *R. ferrugineum* (Nach Niederwieser 2002)

R. ferrugineum bildet an den Triebenden doldentraubige Infloreszenzen aus, die aus bis zu 20 Blüten (meist 6 bis 10 Blüten) zusammengesetzt sind. Die Blüten einer Infloreszenz blühen von unten nach oben auf. Eine einzelne Blüte kann bis zu 5 Tage lang geöffnet sein. Die Bestäubung erfolgt vorwiegend durch Bienen und Hummeln. Nach der Bestäubung und Befruchtung verblüht die Blütenkrone sehr rasch und fällt ab. Der anfänglich grüne Fruchtknoten beginnt zu schwellen und erreicht etwa ein Monat nach der Anthese seine endgültige Größe (Abbildung 4.6). Während der folgenden Wochen verfärben sich die Früchte zunehmend braunrot und verholzen gegen Ende der Fruchtentwicklung. Etwa 11 Wochen nach Blühbeginn (Anfang bis Mitte September) beginnen die fünfteiligen Kapseln aufzuspringen und entlassen zahlreiche hellbraune Samen von weniger als 1 mm Länge. Die Kapseln öffnen sich nur bei trockenem Wetter. Bei feuchter Witterung bleiben sie geschlossen oder schließen sich wieder und täuschen dadurch oft eine längere Dauer der Fruchtentwicklung vor. Das Samenwachstum verläuft parallel mit dem Fruchtwachstum (Abbildung 4.7). Vier Wochen nach der Befruchtung erreichen die Samen ihre endgültige Größe. Zu diesem Zeitpunkt füllt das Nährgewebe (zelluläres Endosperm) bereits den Großteil des Samens aus und beginnt Speicherstoffe einzulagern (Proteine, Lipide), der Embryo befindet sich allerdings noch in einem frühen Entwicklungsstadium (Globulärstadium). Dieser bildet erst in den folgenden Wochen die Keimlingsachse mit Keimblättern und Keimwurzel aus und ist erst kurz vor dem Kapselöffnen fertig ausdifferenziert.

Untersuchungen auf dem Patscherkofel ergaben, daß im Durchschnitt 86% der Blüten die Fruchtreife erlangen. Etwa 4% der Früchte abortieren in einem frühen Entwicklungsstadium ohne erkennbare Ursache, weitere 10% werden vom Pilz *Sklerotinia rhododendri* befallen und sterben dadurch ab.

Auch in intakten Früchten erreicht nur ein geringer Anteil der Samenanlagen die Samenreife. Pro Fruchtknoten werden 450 bis 650 Samenanlagen angelegt, aus denen aber nur 100 bis 150 reife, intakte Samen hervorgehen. Die restlichen Samenanlagen sterben entweder bald nach der Anthese ab, da sie offensichtlich nicht befruchtet worden sind, oder sie vergrößern sich, ohne ein Nährgewebe

und einen Embryo auszubilden. Diese tauben Samen sind zum Zeitpunkt der Samenreife gleich groß wie intakte Samen, bestehen aber nur aus der Samenschale.

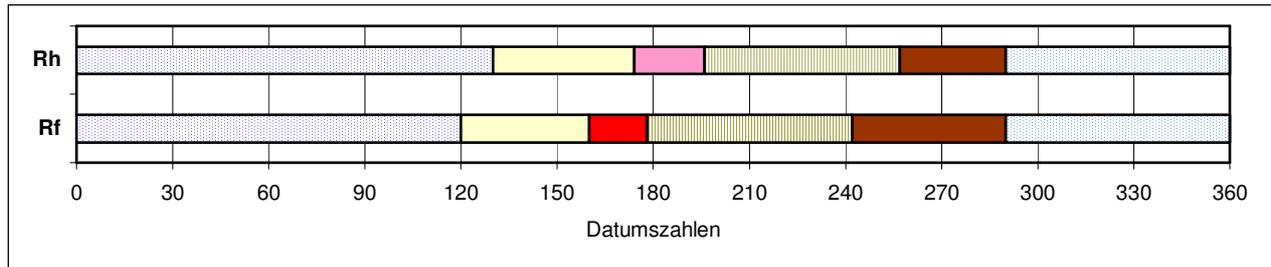


Abbildung 4.8: Reproduktive Entwicklung von *R. hirsutum* (Rh) und *R. ferrugineum* (Rf) auf den Beprobungsflächen in den Jahren 2002 und 2003. Blau punktiert = Unter Schnee; hellgelb = Knospenaustrieb bis Blühbeginn; rot = Blühphase (Blühbeginn bis Abblühen); schraffiert = Fruchtentwicklung; braun = Fruchtreife und Aussamen. Aus eigenen Beobachtungen.

***Rhododendron hirsutum*:** An dieser Art wurden in unserem Institut bisher keine reproduktionsbiologischen Untersuchungen durchgeführt, es sind uns auch keine Angaben aus der Literatur bekannt. Aus den wenigen Beobachtungen auf der Seegrube und in der Axamer Lizum wird auf einen ähnlichen Reproduktionsablauf wie bei *R. ferrugineum* geschlossen. Jedenfalls ist die präflorale Phase bei *R. hirsutum* länger als bei *R. ferrugineum*. Dies konnte besonders gut im Untersuchungsgebiet Axamer Lizum beobachtet werden, da beide Arten unmittelbar nebeneinander vorkommen, also den selben klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind (Abbildung 4.8). Außerdem zieht sich die Blühphase bei *R. hirsutum* am selben Standort länger hin. Die Dauer der Frucht- und Samenentwicklung dürfte hingegen mit rund 11 Wochen bei *R. hirsutum* gleich lang dauern wie bei *R. ferrugineum*. Über den Reproduktionserfolg (Anteil reifer Früchte und Samen an der ursprünglichen Zahl von Blüten und Samenanlagen) ist bisher nichts bekannt.

***Rhododendron x intermedium*:** Auch hier fehlen noch genauere Untersuchungen zum Reproduktionsverhalten. Die Beobachtungen im Jahr 2002 in der Axamer Lizum deuten darauf hin, daß die Hybriden nicht nur in ihrer Morphologie, sondern auch hinsichtlich der Entwicklungstermine eine Zwischenstellung zwischen *R. ferrugineum* und *R. hirsutum* einnehmen. *R. x intermedium* beginnt etwa eine Woche später als *R. ferrugineum* zu blühen, die Vollblüte dauert ähnlich wie bei *R. ferrugineum* nur zwei Wochen lang. Die Frucht- und Samenentwicklung nimmt wie bei den beiden Elternarten etwa 11 Wochen in Anspruch.

Der Blühzeitpunkt und die Blühdauer haben wesentliche Auswirkungen auf die Hybridbildung. Durch die versetzte Blühzeit, steht für eine Kreuzbestäubung zwischen *R. ferrugineum* und *R. hirsutum* nur eine kleine Zeitlücke zur Verfügung. Ein Polleneintrag durch Bestäuber von Rhododendronbeständen aus verschiedenen Höhenlagen mit unterschiedlichen Blühzeiten ist wenig wahrscheinlich. Bienen als Hauptbestäuber sind sehr ortstet, d.h. sie kehren immer wieder zu den selben Individuen zurück, solange noch Nektar angeboten wird. Hummeln als weitere effiziente Bestäuber weisen zwar einen größeren Flugradius auf, der Pollentransfer geht aber kaum über 100 m hinaus. Dies konnte durch gezielte Markierungsversuche auf dem Patscherkofel nachgewiesen werden (Escaravage und Wagner, 2004). Ein Transport durch Wind kommt kaum in Frage, da die Pollenkörner von *Rhododendron* durch Pollenkitt klebrig sind und schlechte Schwebbeeigenschaften aufweisen.

Es ist nicht bekannt, wie gut die genetische Verträglichkeit zwischen den Kreuzungspartnern ist, und in wie vielen Fällen nach erfolgter Kreuzbestäubung es auch tatsächlich zur Samenentwicklung kommt. Bei genetischer Inkompatibilität abortieren die Samenanlagen in der Regel bald nach der Befruchtung. Ebenso wenig ist bekannt, ob es sich bei den Hybridindividuen nur um F1-Generationen handelt, oder ob auch Rückkreuzungen mit der jeweiligen Elternart möglich sind. Darüber könnten die molekularen Analysen Auskunft geben. Die relativ geringe Anzahl von Hybridindividuen im Kontaktbereich von *R.ferrugineum* und *R.hirsutum* läßt jedoch darauf schließen, daß die Bildung von Hybridsamen mit anschließender Keimung und Keimlingsetablierung keine häufigen Ereignisse sind.

4.4 Klimabelastung und Streßbewältigung

Sommertrockenheit: Während des Zeitraums für Wachstum und Stoffproduktion der alpinen Pflanzen, also Mitte Mai bis September, werden die Alpenrosen kaum von extremem Wassermangel betroffen. Messungen haben bewiesen, daß in *normalen* Sommern die Blätter von *R.ferrugineum* auf dem Patscherkofel und von *R.hirsutum* auf der Seegrube an Klartagen höchstens 10% bis 12% des Sättigungswassergehalts verlieren (Pisek und Cartellieri 1933). Sollte der Wasserverlust noch größer werden, dann würden die Spaltöffnungen schließen. In der Folge wird die Transpiration stark gedrosselt. Durch die kutikuläre Transpiration wird möglichst wenig Wasser verdunstet, gleichzeitig wird aber die CO₂-Aufnahme gestoppt. Wasserverluste bis 15% WSD sind für die Sträucher nicht lebensbedrohlich, doch kann wochenlange Trockenheit ungünstig für das Wachstum sein. So hatten die Sträucher von *R.hirsutum* auf flachgründigem und steinigem Boden im heißen und trockenen Sommer 2003 sehr gelitten: Die Neutriebe blieben kümmerlich und die Blätter und Fruchtkapseln waren wesentlich kleiner als jene Sträucher, die auf feuchteren Standorten wuchsen (Abbildung 4.9).

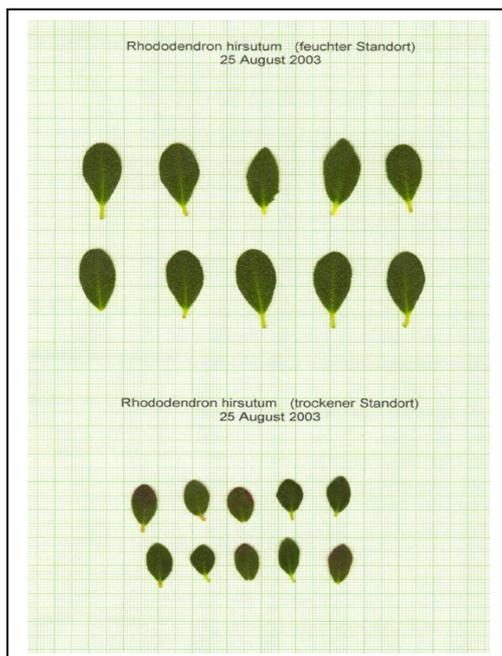


Abb.4.9 *Oben:* Diesjährige Zweige mit Kapseln von *R.hirsutum* von einem feuchten (*links*) und einem trockenen Standort im Jahr 2003.

Links: Repräsentative Blattflächen auf dem feuchten Standort $171 \pm 0.13 \text{ cm}^2$, auf dem trockenen Standort 0.68 ± 0.07

Winterdürre: Im Gegensatz zur Sommerzeit, wenn die Alpenrosen auf ihren bevorzugten Standorten fast immer genügende Bodenfeuchtigkeit genießen, ist der Winter für die Zweige der Sträucher, die über die Schneedecke hinausragen, nicht nur eine kalte, sondern auch zugleich eine trockene Jahreszeit (Larcher 1957). Gefriert der Boden oder das Wasser in den Sproßachsen, so sind die Blätter nicht mehr in der Lage, ihren Wasserbedarf zu decken, selbst wenn die Wasserverdunstung minimal ist. Winterdürre ("Frostrocknis") kann zu Austrocknungsschädigungen führen. Die meisten Schäden beobachtet man im Spätwinter auf schneearmen Stellen, wenn der Boden noch nicht aufgetaut ist, aber die Sonne schon stärker die Zweige erwärmt. Bei *R.ferrugineum* erkennt man irreversible Schädigungen anfänglich an einem braunroten Belag auf der Blattoberfläche, dann an dunkelbraunen Nekrosen im Mesophyll. (Abbildung 4.10).



Abb.4.10: *R.ferrugineum* auf dem Probenstandort Patscherkofel-Nord mit peripheren Winterschäden. Zustand: Ende Mai 2003. © Foto: W.Larcher

Temperaturstreß und Temperaturresistenz: Der Winter birgt eine wesentliche Belastung der Pflanzen durch dauernd niedrige Lufttemperaturen. Absolute Tiefsttemperaturen an der Waldgrenze und in der Zwergstrauchstufe sind nicht viel niedriger als jene in den Alpentälern, jedoch sind im Gebirge tiefe Temperaturen um -20 bis -25 °C häufiger. Zwar kommen Alpenrosen nur in schneereichen Lagen vor, doch sind im November und Dezember die Sträucher nicht immer mit Schnee bedeckt. Die beiden *Rhododendron*-Arten sind dennoch bei maximaler Frostabhärtung im Hochwinter vor Frostschäden gefeit (Tabelle 4.7, siehe auch Abb. 4.12). Wenn auch etliche Blätter erfrieren, können die meisten vegetativen Winterknospen aus den frostresistenteren Sproßachsen austreiben. Nur wenn das Achsensystem, insbesondere das Kambium, betroffen ist, sind die Verheilungsaussichten in den Ästen gering (Larcher 1985). Schwachstellen sind die Blütenknospen, die in allen *Rhododendron* am empfindlichsten sind. Die Ursache ist eine spezielle Weise des Gefrierens der Blütenprimordien, nämlich homogene Eisnukleation nach längerer Unterkühlung bei -20 und -25 °C (George et al. 1974, Kaku et al.1980). Gewebe, die nach Tiefunterkühlung erfrieren, haben eine engere Bandbreite der Resistenzgrenzen als die übrigen Pflanzenteile.

Tabelle 4.7: Maximal erreichbare Kälteresistenz im Winter von ausgewählten *Rhododendron*-Wildarten aus mittleren geographischen Breiten. Experimentelle Bestimmung in Kühlkammern. Frostresistenzmaß = tiefste Grenztemperatur [°C] bei ersten Schäden nach mehrstündiger Kälteeinwirkung. Aus Sakai und Larcher (1987) nach Ulmer (1937), Sakai et al. (1986). Unter den untersuchten Gebirgsarten sind die alpinen Rhododendren im Mittelbereich.

Spezies	Blätter	Blattknospen	Blütenknospen	Zweigrinde	Xylem
<i>R. ferrugineum</i> (Alpen)	-27/28		-25	-35	-30
<i>R. hirsutum</i> (Alpen)	-28/-29				
<i>R. aureum</i> (Japan, bis 2500-3000m)	-60	-60	-27	-60	-50
<i>R. impeditum</i> (Yunnan, 3300-3900m)	-50	-50	-25	-50	
<i>R. yakushmanum</i> (Japan, bis 1800m)	-40	-50	-23	-50	-27
<i>R. smirnowii</i> (Kaukasus, bis 2000m)	-30	-40	-23	-40	-30
<i>R. wardii</i> (Yunnan, Tibet, bis 4000m)	-20	-27	-20	-27	-23

Das im Winter erreichte Resistenzniveau ist keine konstante Größe, es wird in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf innerhalb spezifischer Grenzen an die Außentemperaturen angepaßt. Scharfe Kältebelastung fördert die Abhärtung bis zur maximalen Resistenz, mächtige Schneebedeckung oder Tauwetter schwächt die Widerstandskraft. Unter den klimatischen Gegebenheiten schwankt die aktuelle Resistenz zwischen diesen Eckpunkten (Abbildung 4.11).

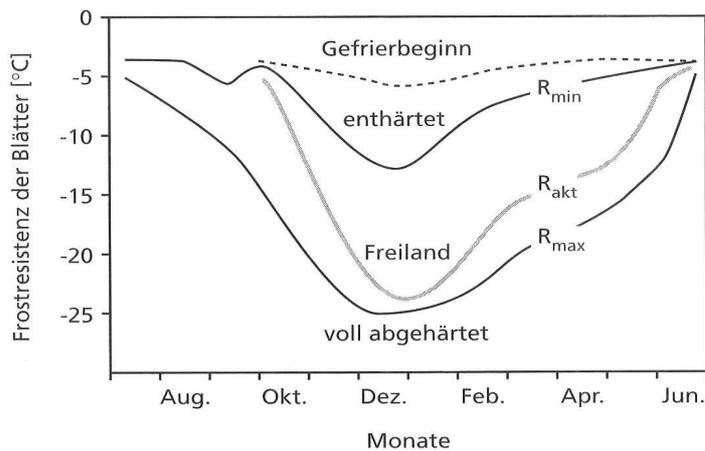


Abb. 4.11: Jahresgang der Kälteresistenz der Blätter von *R. ferrugineum* an der Waldgrenze. R_{akt} aktuelle Frostresistenz nach vorangegangener Witterung; R_{max} Höchststand der Frostabhärtung; R_{min} minimale Resistenz nach Enthärtung. *Frosthärte*: Erste Schäden an Blättern. *Gefrierbeginn*: Temperatur bei Beginn der Eisbildung im Gewebe. Aus Larcher (2001) nach Pisek und Schiessl (1947).

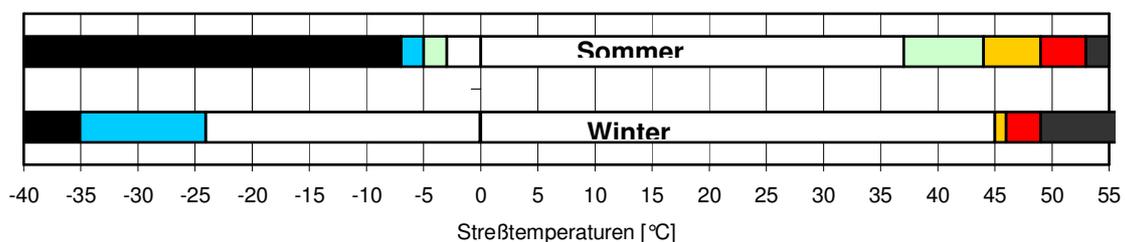


Abb. 4.12: Schädigungsgrenzen nach Belastung der Blätter von *R. ferrugineum* unter extremen Temperaturen im Sommer (*oberer Balken*) und Winter (*unterer Balken*). *Grün*: erste bis schwere Schäden an unreifen jungen Blättern; *blau* erste bis totale Frostschäden an ausgereiften Blättern; *orange* erste bis 50% Hitzeschäden; *rot* 50% bis totale Hitzeschäden; *schwarz* vollkommene Blattschädigungen. Daten aus Ulmer (1937), Pisek & Schiessl (1947), Schwarz (1970), Buchner & Neuner (2003), Taschler et al. (2004).

Ab April schwindet das Abhärtungsvermögen, und die Gefriertoleranz läuft allmählich aus (Ralsler 1988). Nach der Schneeschmelze im Mai und dem Austreiben der Sträucher in Juni sind die Alpenrosen extrem frostempfindlich und durch häufige Spätfröste gefährdet (Abbildung 4.12). Zwar überleben die vorjährigen Blätter bis ca. $-5/-6$ °C ungeschädigt, doch die jungen Triebe frieren unter -4 °C teilweise ab (Abbildung 4.13). Allerdings treiben später laterale Ruheknospen als Ersatz aus. Erst wenn die neuen Sprosse im Juli und August ausgereift können sie Temperaturen zwischen -6 und -8 °C ohne Schaden überstehen und sind im Verbreitungsareal der Alpenrosen vor Frostschäden sicher. Besonders frostempfindlich sind austreibende Infloreszenzen und Blüten, die nach Schadensfrösten zugrunde gehen.

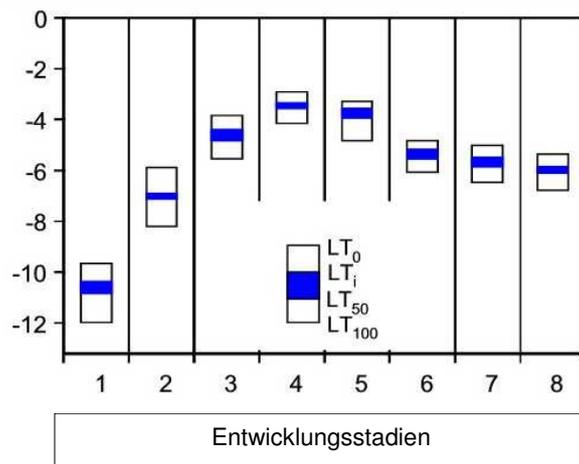


Abb. 4.13: Frostschädigungen an Blättern während der vegetativen Sproßentwicklung von *R. ferrugineum* an der Waldgrenze. Ordinate: Frosttemperaturen [°C] Schadensmaß: LT_0 = kein Schaden; LT_i = erste Schäden; LT_{50} = Halbschaden; LT_{100} = Totalschaden. Entwicklungsstadien: 1 Knospen geschlossen, 2 Knospenschwellen; 3 Knospen brechen, 4-6 Triebstreckung, 7 Differenzierung, 8 neue ausgereifte Blätter. Nach Taschler et al. (2004)

Im Vergleich mit der Gefährdung durch Fröste ist die **Hitzegefährdung** für Alpenrosen fast bedeutungslos. Ausgereifte Blätter ertragen im Hochsommer ohne Schaden bis 40 °C Hitze. Zwischen $44 - 48$ °C kommt es zu mittlere Blattschäden und um 50 °C zu vollkommener Schädigung (Schwarz 1970; Braun et al. 2002). Jedoch an heißen Sonnentagen und in Trockenzeiten können die Alpenrosen innerhalb weniger Stunden durch schnelle Anhäufung von Hitzeschockproteinen das Resistenzniveau um 3 bis 4 Grade erhöhen (Buchner und Neuner 2003).

Die spätwinterliche Komplexbelastung ist für die lokale Verbreitung der Alpenrosen an erster Stelle limitierend. Nicht nur einzelne Stressoren sind für die Winterschäden verantwortlich, sondern gleichzeitige und teilweise interaktive Belastungen schaden den Sträuchern und Beständen viel mehr. Winterdürre entsteht nicht nur wegen Wasserverdunstung der Blätter der aus dem Schnee herausragenden Zweigen, sondern hauptsächlich durch Bodenfrost und Blockade der Wasserleitung der Sproßachsen, besonders bei Frost-Tau-Zyklen zwischen frostigen Nächten und wärmenden Spätwintertagen. Sonnige Tage beeinträchtigen die Funktion der Blätter durch Vielfachstreß, nämlich Photoinaktivierung der Photosynthese und Photodestruktion der Chloroplasten bei Starklicht (Nagele 1989; Neuner et al. 1999) und spätwinterlichen Wassermangel.

Schlüssel zu Datumzahlen für Normaljahr

Tag	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Tag
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335	1
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336	2
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337	3
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338	4
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339	5
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340	6
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341	7
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342	8
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343	9
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344	10
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345	11
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346	12
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347	13
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348	14
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349	15
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350	16
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351	17
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352	18
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353	19
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354	20
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355	21
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356	22
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357	23
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358	24
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359	25
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360	26
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361	27
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362	28
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363	29
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364	30
31	31		90		151		212	243		304		365	31

Literatur

- Adler, W., Oswald, K., Fischer R.: Exkursionsflora von Österreich (1994). Ulmer, Stuttgart
- Aichner, K. (1996): Photosyntheseaktivität, Wasserhaushalt und Frostresistenz von Alpenrosen während eines Jahres. Diplomarbeit Innsbruck
- Ambach, D. (1997): Photosyntheseaktivität, Wasserhaushalt und Frostresistenz von Alpenrosen im Winter (und beim Ausapern). Diplomarbeit Innsbruck
- Baldi, E., Trevisan, L. (1947): Le Viotte. Mem.Ist.Ital.Idrobiol. 3 / 4, pp. 31-39. Hoepli, Milano.
- Brandner, R., Purtscheller, F. (1994): Geologie rund um Innsbruck, pp. 167-171. In: Gabl, K., Nairz, W.: Innsbruck Alpin. Tyrolia-Althesia, Innsbruck.
- Braun, V. Buchner, O. Neuner, G. (2002): Thermotolerance of photosystem 2 of three alpine plant species under field conditions. *Photosynthetica* 40, 587-595
- Buchner, O., Neuner, G. (2003): Variability of heat tolerance in alpine plant species measured at different altitudes. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 35, 411-420.
- Cescatti, A., Chemini, C., De Siena, C., Gianelle, D., Nicolini, G., Wohlfahrt, G. (1999): Monte Bondone composite landscape, Italy, pp. 60-73. In: Cernusca, A., Tappeiner, U., Bayfield, N.: Land-use changes in European mountain ecosystems. Blackwell, Berlin
- De Carli, S.,B. (2001): Blütenentwicklung und Austriebsdynamik von *Rhododendron ferrugineum* L. an der Waldgrenze. Diplomarbeit Innsbruck
- Escaravage, N., Wagner, J. (2004): Pollination effectiveness and pollen dispersal in a *Rhododendron ferrugineum* (Ericaceae) population. *Plant Biology*, im Druck
- Gazarini, L.C. (1988): Bestandesstruktur und Strahlungsextinktion von Zwergstrauchbeständen (*Vaccinium myrtillus* L. und *Rhododendron ferrugineum* L.) an der alpinen Waldgrenze. Dissertation Innsbruck
- George, M.F., Burke, M.J., Weiser, C.J. (1974): Supercooling in overwintering Azalea flower buds. *Plant Physiology* 54, 29-35
- Grabherr, G., Mucina, L. (1993) Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II Natürliche waldfreie Vegetation. G.Fischer, Jena, Stuttgart
- Grabner, S. (2000) Die subalpine und alpine Vegetation der Innsbrucker Nordkette. In: Erschbamer, B. und Grabner, S. (Hrsg.): Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol. Exkursionsführer. 50. Jahrestagung der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft, 68-93. Eigenverlag Institut für Botanik der Universität Innsbruck.
- Gruber, A. (1993) Die Höhenverteilung der Flora am Patscherkofel. Diplomarbeit Universität Wien
- Kaku, S., Iwaya, M., Kunishige, M. (1980): Supercooling ability of *Rhododendron* flower buds in relation to cooling rate and cold hardiness. *Plant Cell Physiol.* 21, 1205-1216
- Kuhn, M. (1997): Meteorologische und klimatische Bedingungen für die Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. In: Polatschek, A.: Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. Band 1, pp.26-42. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck
- Landolt, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst, Rübel Zürich, 64 Heft, 1-208
- Landolt, E. (1992): Unsere Alpenflora, 6.Aufl. Fischer, Stuttgart
- Larcher, W. (1957): Frostrocknis an der Waldgrenze und in der alpinen Zwergstrauchheide auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. Veröff. Ferdinandeum Innsbruck **37**, 49-81
- Larcher, W. (1977): Ergebnisse des IBP-Projektes "Zwergstrauchheide Patscherkofel". Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., I, 186, 301-371
- Larcher, W. (1985): Kälte und Frost. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 1.Band, 5.Lieferung. 7. Auflage, 107-326, Parey, Berlin
- Larcher, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen, 6.Aufl. Ulmer, Stuttgart
- Lauscher, A., Lauscher, F. (1980): Vom Schneeklima der Ostalpen. Jahresbericht Sonnblick Verein 1978 bis 1980, 15-23
- Nagele, M. (1989): Winterliche Veränderungen der Photosyntheseaktivität ausgewählter Holzpflanzen. Dissertation Innsbruck
- Neuner, G., Ambach, D., Aichner, K. (1999): Impact of snow cover on photoinhibition and winter desiccation in evergreen *Rhododendron ferrugineum* leaves during subalpine winter. *Tree Physiology*, 19, 725-732
- Niederwieser, A. (2002) Samenentwicklung und Reproduktionserfolg von *Rhododendron ferrugineum* L. an der Waldgrenze. Diplomarbeit Innsbruck
- Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiet, 8 Aufl. Ulmer, Stuttgart
- Parisi, B. (1994): Spazio geografico e glacialismo. In: Gorfer, A., Turri, E.: Là dover nasce il Garda, pp. 41-56. Cierre Ed., Verona
- Pedrotti, F. (1995): Botanical researchs of the grasslands of Monte Bondone (Trento). Report Centro Ecologia Alpina 1, 21-29

- Pisek, A., Cartellieri, E. (1933): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. III. Alpine Zwergsträucher. Jb. wiss. Bot. 79, 131-190
- Pisek, A., Schiessl, R. (1947): Die Temperaturbeeinflussbarkeit der Frosthärte von Nadelhölzern und Zwergsträuchern an der alpinen Waldgrenze. Ber. Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck 47, 33-52
- Pitschmann, H., Reisigl, H., Schiechl, H.M., Stern, R. (1970) Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1/100000. I Teil: Blatt 6, Innsbruck-Stubaier Alpen. In: Ozenda, P. Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes, VIII, 7-34, Univ. Grenoble
- Polatschek, A. (1997): Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. Band 1. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck
- Polatschek, A. (1999): Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. Band 2. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck
- Prock, S. (1989): Phänologie, Wachstumsrhythmik und Reservestoffspeicherung von fünf Charakterpflanzen eines kalkalpinen Rasens in der Nordkette bei Innsbruck in Tirol. Diplomarbeit Innsbruck
- Ralser, E. (1988): Gefrierverhalten, Schädigungsverlauf und Photosynthesehemmung von Blättern unterschiedliche resistenter Pflanzen. Diplomarbeit Innsbruck
- Sakai, A., Larcher, W. (1987): Frost survival of plants. Springer, Berlin
- Sakai, A., Fuchigami, L. Weiser, C.J. (186): Cold hardiness in the genus *Rhododendron*. J. Am. Soc. Hort. 111, 273-280
- Schwarz, W. (1970): Der Einfluß der Photoperioden auf das Austreiben, die Frosthärte und die Hitzeresistenz von Zirben und Alpenrosen. Flora 159, 258-285
- Siegwolf, R. (1987): CO₂-Gaswechsel von *Rhododendron ferrugineum* L. im Jahresgang an der alpinen Waldgrenze. Dissertation, Innsbruck
- Svoboda, J. (1977): Ecology and primary production of raised beach communities, Truelove Lowland. In: Bliss LC (ed) Truelove Lowland, Devon Island, Canada: a high arctic ecosystem, University of Alberta Press, Edmonton, pp 185-216
- Taschler, D., Beikircher, B., Neuner, G. (2004): Frost resistance and ice nucleation in leaves of five woody timberline species measured in situ during shoot expansion. Tree Physiology, 24,331-337.
- Tirol Atlas C2: Geologie (Entwurf R.Brandner, Kartographie K. Form und W. Keller). Institut für Landeskunde Universität Innsbruck. Universitätsverlag Wagner 1980
- Tirol Atlas C7: Bodentypen (Entwurf W.Rotter, Kartographie K. Form). Institut für Landeskunde Universität Innsbruck. Universitätsverlag Wagner 1972
- Tollmann, A.. (1977) Geologie von Österreich. Bd.I Die Zentralalpen. Deuticke, Wien
- Tollmann, A.. (1985) Geologie von Österreich. Bd.II Außerzentralalpiner Anteil. Deuticke, Wien
- Turner, H. (1961): Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. 8. Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 59, 265-315
- Ulmer, W. (1937): Über den Jahresgang der Frosthärte einiger immergrüner Arten der alpinen Stufe, sowie der Zirbe und Fichte. Jb. wiss. Bot. 84, 553-592
- Wagner, J., Achalkazi, M., Mayr, St. (1995): Anwendung quantitativ embryologischer Methoden in Entwicklungsbiologie und Reproduktionsökologie der Pflanzen. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss. math.-naturwiss. Kl. 131, 7-18.
- Wieser, G. (1983): Bodenwasserhaushalt alpiner Ökosysteme. Dissertation, Innsbruck