Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 110 (1992)

Artikel: Experimentelle Untersuchungen über Keimung und Etablierung von alpinen Leguminosen = Experimental studies on the germinating behaviour and early developmental phases of alpine Leguminosae

Autor: Flüeler, Remo Peter

Kapitel: 3: Material und Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308974

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. ERNTE UND AUFBEWAHREN DES SAMENMATERIALS, SAMMELN VON PFLANZENMATERIAL

Die Samen der untersuchten Arten stammen von verschiedenem Muttergestein, von Karbonat und von Silikat. Das Sammelgebiet erstreckte sich an der nordwestlichen Talflanke vom Gotschnagrat bis zum Chörbsch Horn, an der südöstlichen Talflanke vom Dischmatal über das Jakobshorn bis ins Sertig- und Ducantal. Die Artbestimmung erfolgte nach HESS et al. (1967-1972). Jeweils von Anfang September bis Mitte Oktober wurden Populationsproben von reifen Samen und Früchten gesammelt, getrocknet und im getrockneten Zustand bis zur Verwendung im Kühlschrank bei 4°C aufbewahrt.
Von **Karbonat** wurden von folgenden Arten und aus folgenden Populationen Samen entnommen (Koordinaten nach Landeskarte 1:25000 Blatt 1197 und 1217):

Anthyllis alpestris:	Schiawang (780650/187400), 2360 m ü.M., Rasen.
	Strela (779600/187080), 2400 m ü.M., Rasen, Weide.
	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer, Weide.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Rasen.
Astragalus alpinus:	Bodmen (781600/174230), 2440 m ü.M., Weide.
Astragalus frigidus:	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer.
	Gotschnagrat (783500/192550), 2280 m ü.M., Schutthalde.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Rasen.
Hedysarum obscurum:	Gotschnagrat (783500/192550), 2280 m ü.M., Schutthalde.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Rasen.
Hippocrepis comosa:	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer.
	Gotschnagrat (783500/192550), 2280 m ü.M., Schutthalde.
Lotus alpinus:	Ducantal (784050/17 050), 2280 m ü.M., Rasen.
	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer, Weide.
Oxytropis campestris:	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer.
Oxytropis jacquinii:	Grüenhorn (783100/192450), 2320 m ü.M., Weide.
	Gotschnagrat (783500/192550), 2280 m ü.M., Schutthalde.
	Sertig (784600/176650), 1880 m ü.M., Bachufer, Weide.
Trifolium badium:	Strela (779950/187280), 2350 m ü.M., Rasen.
	Gotschnagrat (783500/192450), 2200 m ü.M., Rasen, Weide.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Rasen.
Trifolium nivale:	Strela (779750/186950), 2400 m ü.M., Rasen.
	Gotschnagrat (783500/192450), 2200 m ü.M., Rasen, Weide.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Rasen.
Trifolium thalii:	Strela (779400/187150), 2520 m ü.M., exponierter Rasen.
	Gotschnagrat (783500/192550), 2280 m ü.M., Schutthalde.
	Bodmen (781200/174650), 2420 m ü.M., Wiese, Weide.

Von **Silikat** (z.T. basenhaltig) wurden von folgenden Arten und aus folgenden Populationen Samen entnommen (Koordinaten nach Landeskarte 1:25000 Blatt 1196, 1197 und 1217):

Anthyllis alpestris:	Grünturm (781200/188050), 2320 m ü.M., Rasen.
Astragalus alpinus:	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen.
Astragalus frigidus:	Fanezmäder (780080/175180), 2080 m ü.M., Mäder.
Hedysarum obscurum:	Fanezmäder (780080/175180), 2080 m ü.M., Mäder.
Hippocrepis comosa:	Ducantal (784050/174980), 2200 m ü.M., Weide.
	Fanezmäder (780080/175180), 2080 m ü.M., Mäder.
Lotus alpinus:	Strela (779100/186950), 2560 m ü.M., Rasen.
	Fanezmäder (780080/175180), 2080 m ü.M., Mäder.
	Jakobshorn (784080/182990), 2570 m ü.M., Schutthalde.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen, Weide.
	Vorder Latschüel (778910/186460), 2430 m ü.M., Rasen, Weide.
	Dürrboden (790100/176870), 2060 m ü.M., Rasen, Weide.
Oxytropis campestris:	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Fels.
	Schafläger (780550/188560), 2650 m ü.M., Fels.
	Chörbsch Horn (777580/184800), 2600 m ü.M., Fels.
Oxytropis jacquinii:	Schafläger (788550/188450), 2600 m ü.M., Schutthalde.
	Dorftälli (781100/188750), 2410 m ü.M., Schutthalde.
Trifolium alpinum:	Steintälli (779350/186900), 2420 m ü.M., Rasen.
	Dürrboden (790100/176870), 2060 m ü.M., Rasen, Weide.
	Jakobshorn (783920/182900), 2480 m ü.M., Rasen, Weide.
	Vorder Latschüel (778910/186460), 2430 m ü.M., Rasen, Weide.
	Chummerhüreli (776800/182820), 2580 m ü.M., Rasen.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen.
Trifolium badium:	Felsenweg (780200/188250), 2380 m ü.M., Schutthalde.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen, Weide.
	Dürrboden (790100/176870), 2060 m ü.M., Rasen, Weide.
Trifolium nivale:	Chummerhüreli (776800/182820), 2580 m ü.M., Rasen.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen, Weide.
	Dürrboden (790100/176870), 2060 m ü.M., Rasen, Weide.
Trifolium pallescens:	Dürrboden (790100/176870), 2060 m ü.M., Rasen, Weide.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen, Weide.
	Schafläger (780280/188230), 2650 m ü.M., Rasen, Weide.
Trifolium repens:	Fanezmäder (780000/175300), 2005 m ü.M., Weide.
	Clavadeler Alp (782150/182800), 1920 m ü.M., Rasen, Weide.
	Chummerhüreli (776 800/182 820), 2580 m ü.M., Rasen.
Trifolium thalii:	Strelaberg (778950/186900), 2600 m ü.M., Rasen.
	Schafläger (788550/188450), 2600 m ü.M., Schutthalde.
	Grünturm (781000/188000), 2440 m ü.M., Rasen, Weide.

Individuen von mehreren Arten wurden zur Samenproduktion aus den natürlichen Populationen in die Versuchsgärten nach Clavadel und nach Zürich gebracht und unter konkurrenzfreien Bedingungen kultiviert. Die Pflanzen wurden während langen Schönwetterperioden begossen und mit schattenspendenden Rolladen abgedeckt. Im Winter wurden sie mit Treibhausglas geschützt.

3.2. ÜBERBLICK ÜBER DIE DURCHGEFÜHRTEN VERSUCHE

Die gesammelten Samen der verschiedenen Leguminosenpopulationen wurden im Labor auf Gewicht und Anatomie untersucht.
In der Klimakammer wurden Keimversuche durchgeführt und Jungpflanzen über einige Zeit beobachtet.
In Feldversuchen wurden verschiedene Populationen auf den Skipisten ausgesät und Jungpflanzen ausgepflanzt. Der Boden und das Klima auf den Versuchsflächen wurde untersucht.
Die meisten Untersuchungen wurden während drei Jahren jährlich wiederholt (Tab. 2).

Tab. 2. Übersicht über die durchgeführten Versuche - *Trial series - an overview.*

	Versuchs-durchführung	Untersuchungsgegenstand
Untersuchungen im Labor		
Samengewicht	1988-1991	alle Populationen
Samenanatomie	1989	alle Arten
Untersuchungen in der Klimakammer		
Keimverhalten von unbehandelten und skarifizierten Samen	1988-1991	alle Populationen
Verschiedene Vorbehandlungen	1989	ausgewählte Arten
Tetrazoliumtest	1990	ausgewählte Arten
Keimung und Licht	1990	ausgewählte Arten
Keimung und Temperatur	1990	ausgewählte Arten
Keimung und Lagerung	1988-1991	ausgewählte Arten
Jungpflanzenentwicklung	1989	alle Arten
Jungpflanzenentwicklung mit Substratzugaben	1990	ausgewählte Arten
Untersuchungen im Feld		
Bodenuntersuchungen	1990	planierte und unplanierte Skipiste auf Strela und Jakobshorn
Nährstoffuntersuchungen	1989	planierte und unplanierte Skipiste auf Strela und Jakobshorn
Klimamessung	Sommer, 1989	Strela und Jakobshorn
Mikroklimamessung	18./19.7.1989	Strela
Aussaaten mit unbehandelten Samen	1987-1991	alle Arten, Strela und Jakobshorn
Aussaaten mit skarifizierten Samen	1988-1991	alle Arten, Strela und Jakobshorn
Aussaaten mit Curlex	1987-1988	alle Arten, Strela und Jakobshorn
Aussaaten mit Substrat	1989-1990	alle Arten, Strela und Jakobshorn
Screening-Versuch mit Substrat, Dünger und Abdeckungen	1989	ausgewählte Arten, auf dem Jakobshorn
Auspflanzungen	1989	ausgewählte Arten, Jakobshorn
Demographische Untersuchung	1990	ausgewählte Arten

3.3. UNTERSUCHUNGEN IM LABOR

3.3.1. Samengewicht

Das Gewicht von 100 Samen wurde genau bestimmt. In allen durchgeführten Untersuchungen wurde das Gewicht der Samen festgehalten. So standen bei Abschluss der Versuche 10-120 Wägungen pro Population zur Verfügung.

3.3.2. Samenanatomie

Um die Samenanatomie näher zu beschreiben, wurden von den Samen aller untersuchten Arten Dünnschnitte hergestellt. Dazu wurden die Samen in Harz eingegossen und auf dem Handmikrotomtisch geschnitten. Die 20-30 µm dicken Schnitte wurden anschliessend unter dem Mikroskop abgezeichnet.

3.4. UNTERSUCHUNGEN IN DER KLIMAKAMMER

3.4.1. Kontrollierte Bedingungen bei den Keimungsversuchen

Die Keimungsversuche wurden in Petrischalen von 5 cm Durchmesser durchgeführt. Auf einer Schicht Filterpapier wurden pro Petrischale je 25 Samen verteilt. Von jeder Art wurden zwei Petrischalen mit Samen beobachtet. Für die Versuche wurden nur einwandfreie Samen verwendet. Die Petrischalen wurden in der Klimakammer während 100 Tagen mindestens zweimal pro Woche auf neue Keimlinge untersucht. Bei der Zählung wurden die Samen belüftet und mit entionisiertem Wasser versorgt.
In der Klimakammer herrschten während der ganzen Versuchsdauer folgende Bedingungen:

Trockentemperatur :	Tag 20°C, Nacht 10°C
Feuchttemperatur :	Tag 17,3°C, Nacht 8,7°C
Feuchtigkeit :	80%
Licht :	16 Stunden

Von allen Arten, die im Kapitel 3.1. aufgeführt sind, wurden Versuche mit skarifizierten Samen und unbehandelten Samen durchgeführt. Die Samen waren zum Zeitpunkt des ersten Versuchsbeginns rund drei Monate alt. Die Versuche wurden jährlich wiederholt.

Als Mass für den Keimungsverlauf wurde der Wert t_{75} verwendet (SCHÜTZ 1988). Dieser Wert bezeichnet den Tag, an welchem 75% der Samen gekeimt hatten, die am Versuchsende nach 100 Tagen insgesamt gekeimt haben. Beispiel: Keimungsrate nach 100 Tagen = 80%, t_{75} = 22 Tage bedeutet, dass am 22. Tag nach Versuchsbeginn bereits 60% der Samen gekeimt haben.

3.4.2. Verschiedene Methoden der Samenvorbehandlung

Da die Samen von Leguminosen in der Regel schlecht oder auch gar nicht keimen, wurden sie mit verschiedenen Methoden vorbehandelt, um die angeborene Keimruhe zu brechen. Folgende Vorbehandlungen wurden angewendet:

Heisses Wasser: Samen wurden zur Sprengung der Samenschale während weniger Sekunden in kochendes Wasser gehalten.

Schwefelsäure: Um die Samenschale aufzuweichen, wurden die Samen kurz in konzentrierte Schwefelsäure getaucht und anschliessend einige Minuten gewässert.

Mechanische Skarifikation: Mit dem Skalpell wurde jeweils ein Stück der Samenschale weggeschnitten oder weggeschält. Um den Embryo möglichst nicht zu verletzen, wurde jeweils ein Stück Samenschale auf dem Samenrükken (Fig. 7) entfernt.

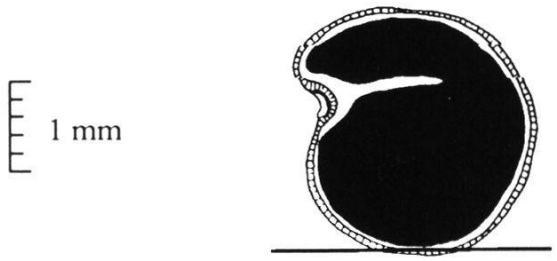

Fig. 7. *Trifolium alpinum:* Schnittstelle bei der Skarifikation mit dem Skalpell.
Trifolium alpinum: scarification carried out with a scalpel.

Gibberellinsäure (GA_3): Die Samen wurden in der Klimakammer mit in Wasser gelöster Gibberellinsäure (GA_3 Fluka 48880) vorinkubiert. In jede Petrischale wurde 10 ml 10^{-3} molare Gibberellinsäurelösung gegeben. Die Samen wurden während drei Tagen inkubiert. Anschliessend wurden die Samen in eine neue Petrischale überführt und wie die übrigen mit entionisiertem Wasser versorgt.

Kombinierte Faktoren (Skarifikation und Gibberellinsäure): Die Samen wurden mit dem Skalpell skarifiziert und anschliessend mit 10^{-3} M Gibberellinsäurelösung inkubiert. Nach drei Tagen wurde die Lösung durch Leitungswasser ersetzt.

3.4.3. Der Tetrazoliumtest

Durch einen Keimungstest nach einer mechanischen Skarifikation der Samenschale, lässt sich die Keimungsfähigkeit einer Samenprobe von Leguminosensamen sicher nachweisen (SCHÜTZ 1988, FLÜELER 1989). Durch den Tetrazoliumtest lässt sich dagegen die Lebensfähigkeit der Samen bestimmen. Eine Reihe von Arten wurde nun einerseits mit Tetrazolium getestet, andererseits wurden Keimversuche durchgeführt. Der Tetrazoliumtest ermöglicht eine Unterscheidung von lebenden und toten Samen: Die Samen müssen für einige Stunden in eine farblose Tetrazolium-Lösung (0.5 g 2,3,5-triphenyltetrazoliumchlorid in 200 ml Wasser) gelegt werden. Alle lebenden und aktiven Gewebe färben sich in dieser Zeit rot (MOORE 1973).

3.4.4. Einfluss des Lichtes und der Temperatur auf die Keimung

Bei Leguminosen scheint die harte Samenschale die hauptsächliche Ursache für die zum Teil recht ausgeprägte Keimruhe zu sein (SCHÜTZ 1988). Um die Wirkung der anderen, für die Keimung wichtigen Faktoren näher zu prüfen, insbesondere der Temperatur und des Lichtes, wurden an einigen ausgewählten Arten vielfältige Versuche durchgeführt. Die Keimung von skarifizierten Samen von *Trifolium badium, T. nivale, Astragalus frigidus* und *Oxytropis jacquinii* wurde bei verschiedenen Temperaturen und unterschiedlichen Lichtverhältnissen über 100 Tage geprüft.
Folgende Bedingungen wurden berücksichtigt:

1. Temperatur: Tag 20°C, Nacht 10°C, Licht :16 Stunden
2. Temperatur: Tag 20°C, Nacht 10°C, Dunkelheit
3. Temperatur: Tag 13°C, Nacht 4°C, Licht :16 Stunden
4. Temperatur: Tag 13°C, Nacht 4°C, Dunkelheit
5. Temperatur: 4°C, Dunkelheit
6. Temperatur: 0°C, Dunkelheit

3.4.5. Unterschiedliche Lagerung von Samen

Die Lagerfähigkeit von Samen ist bei einer trockenen Lagerung bei kühlen

Temperaturen am besten (COOK 1980). Im Boden, in feucht-kühler Umgebung, können dagegen Samen am längsten keimfähig bleiben (ROBERTS 1970). Um die Verhältnisse für alpine Leguminosen aufzuzeigen, wurden Samen von vier ausgewählten Leguminosenpopulationen auf unterschiedliche Arten gelagert:

1. Trockene Lagerung im Kühlschrank bei 4°C.
2. Trockene Lagerung von skarifizierten Samen im Kühlschrank bei 4°C.
3. Trockene Lagerung bei Zimmertemperatur von 20°C.
4. Lagerung der Samen, in einen Stoffsack eingenäht, im Boden vergraben.
   Die Proben wurden auf der Strela in ca. 10 cm Tiefe eingegraben.

Proben dieser Samen wurden alle sechs Monate entnommen und in der Klimakammer auf die Keimfähigkeit und die Lebensfähigkeit überprüft.

3.4.6. Lebensfähigkeit von skarifizierten Samen

Die oben erwähnten vier Leguminosenarten wurden auch auf die Lebensfähigkeit von skarifizierten Samen geprüft. Die skarifizierten Samen wurden im Kühlschrank bei 4°C und bei Raumtemperatur gelagert. Alle sechs Monate wurde eine Probe in die Klimakammer gebracht und die gekeimten Samen gezählt.

3.4.7. Kontrollierte Bedingungen bei der Entwicklung der Jungpflanzen

Keimlinge aus den Petrischalen wurden zur weiteren Beobachtung in Root-rainer® (Spencer-Lemaire, Edmonton, Alberta) gepflanzt. Folgende Erdmischung wurde verwendet: 70% Torf, 12% Braunerde, 6% Sand und 10% Perlit. Keimlinge, die von Pflanzen abstammen, welche auf Karbonat wuchsen, wurden in Erde eingepflanzt, die mit Kalk auf pH 7 eingestellt wurde.
Die Jungpflanzen wurden in der Klimakammer 100 Tage lang beobachtet.
Folgende konstante Bedingungen herrschten während der ganzen Versuchsdauer in der Klimakammer.

Trockentemperatur:	Tag 17°C, Nacht 10°C.
Feuchttemperatur:	Tag 13,7°C, Nacht 7,4°C.
Feuchtigkeit:	70%
Licht:	16 Stunden

Nach 10, 25, 50, 75 und 100 Tagen wurde jeweils ein durchschnittlich ent-

wickeltes Individuum zur Dokumentation gepresst. Die Reproduktionen entstanden durch Fotokopien und Retouchierung der Belegexemplare.

3.4.8. Jungpflanzenentwicklung in verschiedenen Substraten

Einige Keimlinge wurden in Schalen mit Feinerde von den Skipisten der Strela und des Jakobshorns aufgezogen. Als Vergleich wurden einige Rootrainer® mit kommerziellen Substraten angereichert: Terraverde® und Triohum®. Es wurde jeweils eine geringe Menge der verschiedenen Substrate oberflächlich in den Schalen verteilt und zwar so, dass die Substratgabe etwa 1 kg Substrat/m^2 Oberfläche entsprach. (Vgl. Kap. 3.5.2.2.)
Auch diese Jungpflanzen wurden während 100 Tagen genau beobachtet.

3.5. UNTERSUCHUNGEN IM FELDE

3.5.1. Standortsuntersuchungen

3.5.1.1. Bodenuntersuchungen und Nährstoffanalysen

Auf den Skipisten der Strela und dem Jakobshorn wurde je ein Bodenprofil neben den Versuchsflächen gegraben. Als Vergleich wurde in der unplanierten, bewachsenen Skipiste in unmittelbarer Nähe je ein weiteres Bodenprofil angelegt. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Aufnahme des Bodenprofils
- Feinerdeanteil in den verschiedenen Horizonten durch Sieben von luftgetrockneten Proben.
- Schluff- und Tonanteil durch die Sedimentationsanalyse nach Esenwein
- pH- Wert in H_2O und $CaCl_2$-Suspension
- Phosphatgehalt nach Olsen
- Organischer und anorganischer Kohlenstoffgehalt, Stickstoffgehalt mit dem CNS-Analyzer ANA 1500
- Protonengehalt
- Karbonatgehalt mit der Absorptionsmethode

3.5.1.2. Klimamessungen

Um das Klima auf der Strela und dem Jakobshorn besser charakterisieren und miteinander vergleichen zu können, wurden während der Sommermonate im Jahre 1989 je ein Temperaturhygrometer in einem Norm-Wetterhäuschen und

ein Regenmesser installiert. Die Stationen wurden jede Woche kontrolliert.

3.5.1.3. Temperaturmessungen mit der Rohrzucker-Inversionsmethode

Die Wärmesumme, welche einer Pflanze während einer Vegetationsperiode zur Verfügung steht, stellt für ihr Wachstum einen wichtigen Wert dar. Mit Zuckerampullen wurde das exponentielle Temperaturmittel auf der Skipiste und in der Vegetation daneben in verschiedenen Höhen unter und über der Bodenoberfläche gemessen. Für jeden Monat wurden in 10 cm Tiefe, direkt unter der Bodenoberfläche, auf dem Boden, in 30 cm Höhe und in 1 m Höhe je fünf Zuckerampullen ausgelegt bzw. aufgehängt. Das Vorgehen erfolgte nach MARTI (1984). Die Temperaturextreme wurden mit einem Minimum-Maximum-Thermometer festgehalten.

3.5.1.4. Messung des Wassergehaltes

Im weiteren wurde der Wassergehalt der Skipiste auf der Strela, mit und ohne Curlex®-Auflage, und der Flächen unmittelbar daneben gemessen. Für die Pflanzen, speziell für die Keimlinge und Jungpflanzen, ist vor allem der unmittelbare Oberboden als Hauptwurzelraum zugänglich und für die Wasseraufnahme wichtig. Die Messung des Wassergehaltes wurde mit der Time Domaine Reflectometrie Methode gemessen. Dabei wurde nach CERLETTI (1989) vorgegangen, um nur den Wassergehalt des Oberbodens zu erfassen.

3.5.1.5. Messung der Temperatur- und Strahlungswerte

Ein Tagesgang der Temperatur- und Strahlungswerte auf geschützter und ungeschützter Skipiste und der Vegetation daneben soll weitere Vergleichsmöglichkeiten eröffnen. Am 18./19. Juli 1989 wurden die Temperaturen und Strahlungswerte während 24 Stunden aufgezeichnet. Temperaturfühler (Thermistoren) wurden in 20 cm und 10 cm Tiefe, direkt unter der Bodenoberfläche und in 20 cm und 50 cm Höhe vor direkter Sonnenstrahlung geschützt installiert. Die Temperaturen wurden stündlich notiert. Mit einem IR-Messfühler (Infrarot-Oberflächenthermometer IT-330 von Tecam) wurde die Bodenoberflächentemperatur gemessen. Quantenfühler (Quantum Sensor Typ QS von Delta-T Devices Ltd.) massen in der gleichen Zeit die Strahlungswerte auf den drei Flächen und in 1m Höhe (Fig. 8).

Fig. 8. Versuchsanordnung auf der Strela am Messtag 18./19. Juli 1989.
Vordergrund: TDR- und Thermistorengerät; Hintergrund: Gestell mit Zuckerampullen.
Arrangement on Strela at the measuring day 18./19. July 1989.
Foreground: TDR- and thermistor device; background: rack with saccharose filled ampoules.

3.5.2. Feldaussaaten

3.5.2.1. Verwendete Substrate, Dünger und Abdeckmaterialien

In einigen Aussaaten wurde das Saatbeet speziell vorbehandelt, d.h. mit Dünger und/oder Substrat versetzt und zum Teil mit speziellem Abdeckmaterial geschützt.
Die folgenden Produkte kamen zum Einsatz: Triohum® (Tongranulat, organische Masse 70%, ca. 7.5 kg/m^2 organischer Volldünger) ist ein handelsübliches Blumensubstrat auf Torfbasis. Pistaren® (Organische Masse 70%, 1-2% P, 3-4% K) wird speziell zu Begrünungszwecken hergestellt und besteht aus Pilzmycelen und erheblichen Düngerzusätzen. Terrarverde® (60% Komposterde, 40% Natürliche Faserstoffe, 5 kg/m^2 organischer Volldünger) wird aus Holzabfällen hergestellt und das Volg-Produkt besteht ebenfalls aus Holzabfällen und Kompost. Certoplant Royal® (8.5% N, 7% P, 10% K, 2% Mg) ist ein wurzelwirksamer Langzeitdünger. Curlex® ist ein Geflecht aus Pappelholzwolle und die Jute-Abdeckung besteht aus einem widerstandsfähigen Geflecht von einzelnen Jutefasern. Die Holzwolle der Curlex®-Decke bildet eine

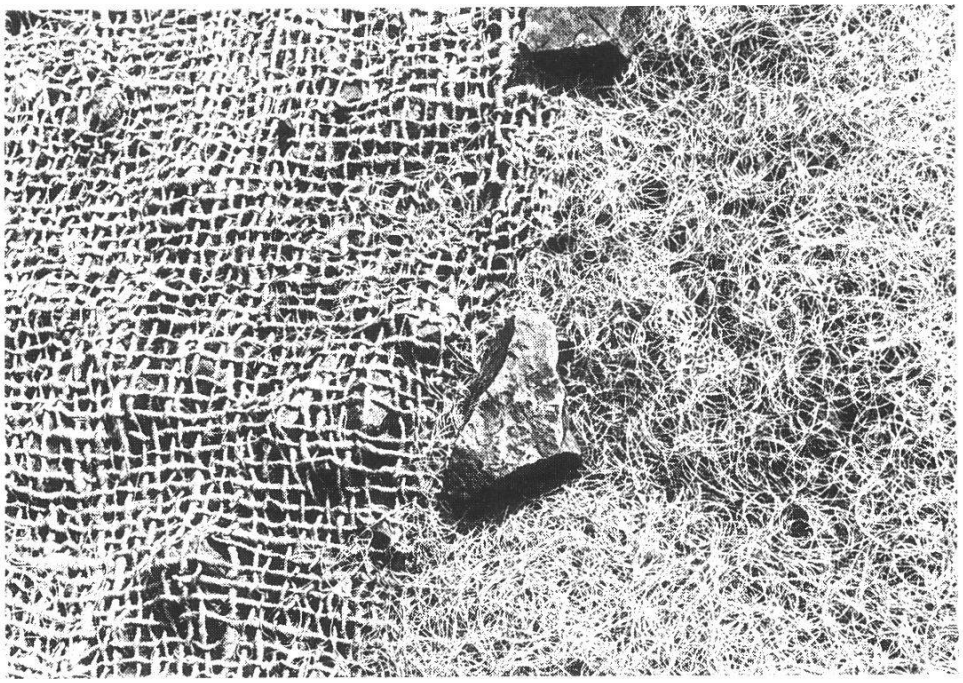

Fig. 9. Geschützte Aussaaten auf dem Jakobshorn.
Links: Jute-Abdeckung; rechts: Curlex®-Abdeckung.
Jakobshorn: Trial plots protected with geotextiles.
Left: jute blanket; right: Curlex® mat.

feine, dreidimensionale Struktur, in der sich ein eigenes Bestandesklima ausbilden kann. Die Jute-Decke ist dagegen widerstandsfähiger und liegt eng auf dem Untergrund auf (Fig. 9).

3.5.2.2. Einzelaussaaten

Die Feldversuche wurden auf Dolomit und auf Silikat durchgeführt. Auf beiden Substraten wurden auf planierten Skipisten Flächen angelegt. Frühsommeraussaaten wurden zwischen dem 4. und 15. Juli in den Jahren 1988, 1989 und 1990 angelegt. Spätsommeraussaaten wurden zwischen dem 15. September und dem 10. Oktober der Jahre 1987, 1988, 1989 und 1990 gemacht. Zur Aussaat gelangten skarifizierte und unbehandelte Leguminosensamen aus verschiedenen Populationen und aus verschiedenen Erntejahren. In den Aussaaten wurden jeweils 100 Samen einer Art ausgesät. Die Aussaaten fanden in Reinsaat statt. Für jede Art wurde innerhalb eines 1 m^2 grossen Aluminiumgitters Unterteilungen von 25x33 cm aus Kunststoff-Folie angefertigt (Fig. 10). Das Saatbeet wurde im Allgemeinen nicht vorbehandelt.
Nur bei wenigen Aussaaten wurde das Saatbeet vorbehandelt. In verschiedenen Serien wurden die Ansaaten zum Schutz vor intensiver Sonnenstrahlung

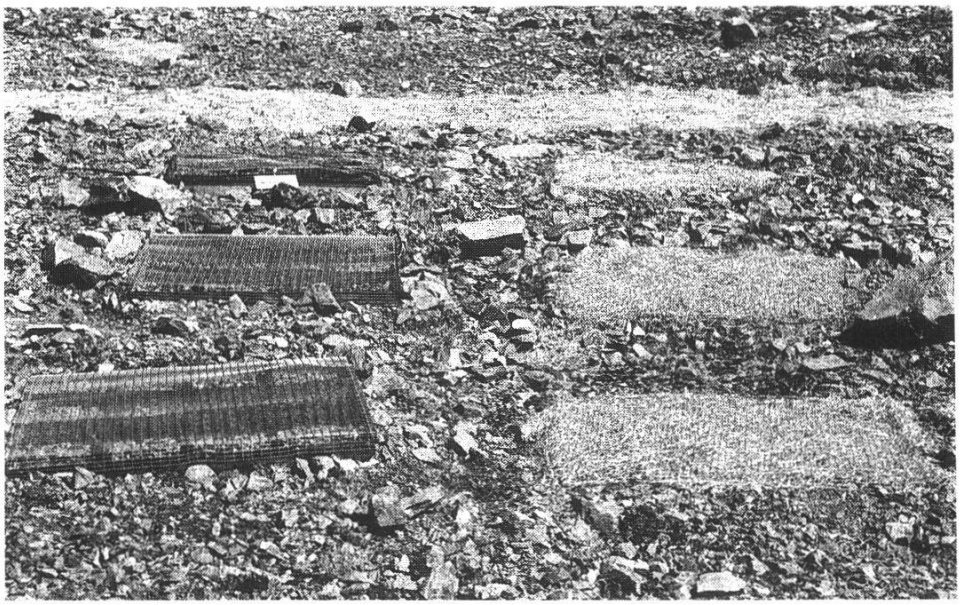

Fig. 10. Versuchsflächen auf dem Jakobshorn.
Links: Einzelaussaatflächen, die mit Aluminiumrähmen gesichert wurden. Rechts: Mit Curlex® geschützte Versuchsflächen.
Trial plots at Jakobshorn.
Left: open plot, protected with aluminium frame. Right: plot protected with Curlex® mat.

mit Curlex® abgedeckt (Fig. 10). Zum Vergleich wurden auch einige Flächen mit Substrat und Volldünger versehen. Es wurde jeweils 1 kg Tonsubstrat Triohum® pro m^2 und 100 g Certoplant Royal® pro m^2 verwendet.
Alle Flächen wurden zweimal monatlich in den Sommermonaten Juli, August und September auf Vorkommen von neuen Keimlingen, Überleben und Entwicklung der Pflanzen kontrolliert. Belegexemplare wurden erst im Sommer 1991 gesammelt. Sie wurden zur Reproduktion fotokopiert und wenn notwendig retouchiert.
Samen aus 23 Populationen, die im Jahr 1988 gesammelt wurden, fanden in fast allen Aussaaten Verwendung (Tab. 3).
Unbehandelte Samen von all diesen Populationen wurden auf dem Jakobshorn und der Strela ausgesät. Für Versuche mit skarifizierten Samen und mit vorbehandeltem Saatbett wurden nur substratkompatible Populationen verwendet (Tab. 4).
Samen von 48 weiteren Populationen wurden in ergänzenden Einzelaussaaten verwendet. Es kam zum Teil auch älteres Samenmaterial und Material, das im Versuchsgarten Zürich geerntet wurde, zur Aussaat (Tab. 5).

Tab. 3. Herkunft der verwendeten Samen - *Origin of the seeds used in field trials.*

Art	Herkunft der Samen		Bemerkungen
Anthyllis alpestris	Bodmen	Ca	
Astragalus alpinus	Bodmen	Ca	
	Grünturm	Si	keine Herbstaussaat 1988
Astragalus frigidus	Gotschna	Ca	keine Herbstaussaat 1990
	Fanezmäder	Si	keine Herbstaussaat 1990
Hedysarum obscurum	Gotschna	Ca	keine Herbstaussaat 1990
	Fanezmäder	Si	
Hippocrepis comosa	Fanezmäder	Si	keine Herbstaussaat 1988, 1990
Lotus alpinus	Sertig, H. d. Eggen	Ca	
	Dürrboden	Si	
Oxytropis campestris	Sertig, H. d. Eggen	Ca	
	Chörbsch Horn	Si	keine Herbstaussaat 1988
Oxytropis jacquinii	Gotschna	Ca	keine Herbstaussaat 1988
	Schafläger	Si	
Trifolium alpinum	Jakobshorn	Si	keine Herbstaussaat 1988
Trifolium badium	Bodmen	Ca	keine Herbstaussaat 1988
	Grünturm	Si	keine Herbstaussaat 1988
Trifolium nivale	Gotschna	Ca	
	Grünturm	Si	keine Herbstaussaat 1988
Trifolium pallescens	Dürrboden	Si	
Trifolium repens	Clavadeler Alp	Si	keine Herbstaussaat 1988
Trifolium thalii	Bodmen	Ca	keine Herbstaussaat 1988
	Grünturm	Si	

Tab. 4. Muster der Aussaaten der Proben von Karbonat- und Silikatpopulationen.
Seeding patterns in trial plots.
Samenvorbehandlung - *pretreatments*: un = unbehandelte Samen - *untreated seeds,*, sk = skarifzierte Samen - *scarified seeds.*
Saatbeetbehandlung - *treatment of the soil*: Ob = ohne Behandlung - *no treatment*, Cu = Abdeckung mit Curlex® - *covered with Curlex® blankets*, S/D = Substrat und Düngerzugabe - *addition of substrate and fertilizer.*

	Karbonatpopulationen			Silikatpopulationen		
Aussaat	Aussaatort	Samen	Saatbeet	Aussaatort	Samen	Saatbeet
Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Juli 1989	Strela	sk, un	Ob, Cu	Jakobshorn	sk, un	Ob, Cu
	Jakobshorn	sk, un	Ob	Strela	sk, un	Ob
Sep. 1989	Strela	un	S/D, Ob	Jakobshorn	un	S/D, Ob
	Jakobshorn	un	Ob	Strela	un	S/D
Juli 1990	Strela	sk	S/D, Ob	Jakobshorn	sk	S/D, Ob
	Jakobshorn	sk	S/D	Strela	sk	S/D
Okt. 1990	Strela, Jakobshorn	sk	S/D	Strela, Jakobshorn	sk	S/D

Tab. 5. Ergänzende Einzelaussaaten - *Supplementary seeding*.
Samenvorbehandlung - *seed pretreatment*: un = unbehandelte Samen - *untreated seeds*, sk = skarifzierte Samen - *scarified seeds*.
Saatbeetbehandlung - *treatment of the soil*: Ob = ohne Behandlung - *no treatment*, Cu = Abdeckung mit Curlex® - *covered with Curlex® blankets*, S/D = Substrat- und Düngerzugabe - *addition of substrate and fertilizer*.

Art	Herkunft		Ernte	Aussaat	Ort	Samen	Saatbeet
Anthyllis alpestris	Schiawang	Ca	1986	Sep. 1987	Strela	un	Ob
Anthyllis alpestris	Strela	Ca	1987	Juli 1988	Strela	un, sk	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Anthyllis alpestris	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Astragalus alpinus	Grünturm	Si	1987	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	un, sk	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Astragalus frigidus	Sertig	Ca	1987	Sep. 1987	Strela	un	Ob
Astragalus frigidus	Gotschna	Ca	1987	Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Hedysarum obscurum	Gotschna	Ca	1987	Sep. 1987	Strela	ob	Ob
Hippocrepis comosa	Sertig	Ca	1987	Sep. 1987	Strela	un	Ob
				Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Hippocrepis comosa	Gotschna	Ca	1988	Juli 1989	Strela	sk, un	Cu, Ob
					Jakobshorn	sk, un	Ob
Lotus alpinus	Ducantal	Ca	1985	Sep. 1987	Strela	un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Lotus alpinus	Sertig	Ca	1987	Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Lotus alpinus	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Lotus alpinus	Strelaberg	Si	1985	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis campestris	Sertig	Ca	1985	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis campestris	Sertig	Ca	1987	Sep. 1987	Strela	un	Ob
				Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Oxytropis campestris	Grünturm	Si	1986	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis campestris	Grünturm	Si	1987	Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
Oxytropis campestris	Grünturm	Si	1988	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis jacquinii	Grüenihorn	Ca	1985	Sep. 1987	Strela	un	Ob
Oxytropis jacquinii	Gotschna	Ca	1987	Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis jacquinii	Sertig	Ca	1988	Juli 1989	Strela	sk, un	Cu, Ob
				Juli 1989	Jakobshorn	sk, un	Ob
				Sep. 1989	Strela, Jakobshorn	un	S/D
Oxytropis jacquinii	Schafläger	Si	1987	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Oxytropis jacquinii	Schafläger	Si	1988	Juli 1989	Jakobshorn	sk, un	Cu, Ob
				Juli 1989	Strela	sk, un	Ob
Oxytropis jacquinii	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium alpinum	Steintälli	Si	1985	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
Trifolium alpinum	Dürrboden	Si	1988	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium badium	Felsenweg	Si	1985	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
Trifolium badium	Gotschna	Ca	1987	Sep. 1987	Strela	un	Ob
				Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob

Tab. 5 (Forts. - *continued*)

Art	Herkunft		Ernte	Aussaat	Ort	Samen	Saatbeet
Trifolium badium	Grünturm	Si	1987	Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium badium	Zürich	Si	1987	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium badium	Dürrboden	Si	1988	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium nivale	Strela	Ca	1985	Sep. 1987	Strela	un	Ob
Trifolium nivale	Gotschna	Ca	1987	Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Trifolium nivale	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium nivale	Chummerh.	Si	1987	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
Trifolium nivale	Grünturm	Si	1987	Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
Trifolium nivale	Dürrboden	Si	1988	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium nivale	Clavadel	Si	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium pallescens	Grünturm	Si	1987	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob
				Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium pallescens	Schafläger	Si	1987	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
Trifolium pallescens	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium repens	Clavadel	Si	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium repens	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium thalii	Strela	Ca	1985	Sep. 1987	Strela	un	Ob
Trifolium thalii	Gotschna	Ca	1987	Juli 1988	Strela	sk, un	Ob
Trifolium thalii	Fanez	Ca	1988	Sep. 1988	Strela, Jakobshorn	un	Ob
				Sep. 1989	Strela, Jakobshorn	un	S/D, Ob
Trifolium thalii	Zürich	-	1989	Juli/Okt.'90	Strela, Jakobshorn	sk	S/D
Trifolium thalii	Strelaberg	Si	1987	Sep. 1987	Jakobshorn	un	Ob
				Juli 1988	Jakobshorn	sk, un	Ob

3.5.2.3. Mischaussaaten

1989 wurden auf dem Jakobshorn einige Mischsaatflächen angelegt, die mit verschiedenen kommerziellen Substraten, Dünger und Abdeckmaterialien behandelt wurden (Tab. 6). Auf 19 Quadratmeterflächen wurde je 3 g einer einheitlichen Saatmischung aus verschiedenen *Trifolium*-Arten (*T. alpinum, T. badium, T. nivale, T. pallescens, T. repens* und *T. thalii*) ausgesät. Dies entspricht etwa einer Menge von 1800 Samen. Von den verschiedenen Substraten wurde jeweils 1kg und 5 kg/m^2 oberflächlich ausgestreut. Zur Anwendung kamen die Substrate Pistaren®, Terraverde®, Triohum® und das Begrünungssubstrat der Volg. Wo zusätzlich Dünger verwendet wurde, wurde 100 g Certoplant Royal®/m^2 ausgestreut. Zur Abdeckung wurde teilweise Curlex® und Jute verwendet. (Beschreibung dieser Materialien siehe Kap. 3.5.2.2).

Die aufgelaufenen Keimlinge und überlebenden Jungpflanzen wurden einmal pro Monat im Sommer 1990 und 1991 ausgezählt.

Tab. 6. Muster der verschiedenen Saatbeetvorbehandlungen in den Mischsaatflächen. Mengenangaben in Kilogramm pro m^2.
Pretreatments of the experimental plots seeded with mixed material. Quantities given in kilogram per m^2.

Fläche Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Triohum	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-
Terraverde	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Pistaren	-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Volg	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1
Certoplant	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Curlex	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Jute	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-

3.5.2.4. Auswertung und Definitionen

Die statistischen Berechnungen und Auswertungen erfolgten mit dem Softwarepaket Stat View™ auf Apple Macintosh.
Folgende Daten wurden in den Feldbeobachtungen berücksichtigt:

Saataufgang % = Anzahl beobachteter Keimlinge in % der Anzahl ausgesäter Samen.
Sterblichkeit % = Anzahl abgestorbenener Keimlinge und Jungpflanzen in % der gesamten Anzahl beobachteter Keimlinge.
Überleben % = Anzahl vorhandener Individuen in % der Anzahl potentiell möglichen Individuen zur Zeit der Kontrolle. Beispiel: Bei 100 ausgesäten Samen und einer Überlebensrate von 36%, sind von potentiell möglichen 100 Individuen, 36 zur Zeit der Kontrolle auf der Fläche vorhanden.

3.5.3. Auspflanzungen

Um die Auswirkung des Untergrundes auf die Jungpflanzen verschiedener Populationen charakterisieren zu können wurde einige Jungpflanzen die aus Samen von Silikat- und Karbonatpopulationen hervorgegangen waren, im Jahr 1989 auf dem Jakobshorn ausgepflanzt. Die Jungpflanzen waren im Frühjahr aus Samen in der Klimakammer gekeimt und waren zum Zeitpunkt der Auspflanzung rund 100 Tage alt. Sie wurden in Rootrainers® mit Gartenerde aufgezogen. Von jeder Population wurden zwei Flächen von 1 m^2 mit insgesamt 40 Individuen angelegt und mit Curlex® geschützt (Tab. 7). In einer Hälfte der Flächen wurde im Juli des Jahres 1990 100 g Certoplant Royal®/m^2 zugegeben.
Die ausgepflanzten Individuen wurden monatlich auf Überleben, Entwicklung neuer Triebe (Ramets) und Blütenbildung geprüft.

Tab. 7. Auspflanzung September 1989 auf dem Jakobshorn auf Silikat. Herkunft des Samenmaterial.
Planting in September 1989 at Jakobshorn, on silicate. Origin of the seed material

Art	Herkunft der Samen	Substrat
Lotus alpinus	Sertig, Hinter den Eggen	Kalk
Lotus alpinus	Dürrboden	Silikat
Trifolium badium	Bodmen	Kalk
Trifolium badium	Grünturm	basenhaltiger Silikat
Trifolium nivale	Gotschna	Kalk
Trifolium nivale	Grünturm	basenhaltiger Silikat
Trifolium pallescens	Dürrboden	Silikat
Trifolium repens	Clavadeler Alp	Silikat
Trifolium thalii	Bodmen	Kalk
Trifolium thalii	Grünturm	basenhaltiger Silikat

3.5.4. Zur Untersuchung der Populationsdynamik, Demographie

Vier Leguminosenpopulationen (*Trifolium badium* auf dem Grünturm, *Trifolium thalii* auf den Fanezmädern, *Astragalus frigidus* auf dem Gotschnagrat und *Oxytropis jacquinii* im Sertig) wurden in Bezug auf die Populationsdichte, Blühintensität, Samenproduktion und die Samenbank im Boden untersucht. Im Areal der Population wurden je 10 m^2 zufällig ausgewählt. In diesen Quadratmetern wurden die folgenden Daten aus dem Lebenszyklus der Populationen erhoben:

- Populationsdichte (Pflanzen pro m^2)
- Dichte der Blütenstände pro m^2 (Anzahl Blütenstände pro Pflanze)
- Anzahl der produzierten Samen pro m^2 (tote/lebensfähige Samen)
- Anzahl der Samen im Boden pro m^2

Die Anzahl der Samen im Boden wurde durch das Ausstechen einer Probe von 5 cm Durchmesser innerhalb des untersuchten Quadratmeters bestimmt. Die Bodenprobe wurde ausgesiebt und die gefundenen Samen auf die Fläche von einem Quadratmeter hochgerechnet. Diese Untersuchungen wurden Ende September 1990 durchgeführt. Die Resultate stellen eine Momentaufnahme dar. Das Verhalten der vier Arten kann in den verschiedenen Jahren sicherlich stark schwanken. Genauere Untersuchungen wären hier äusserst interessant.