

Untersuchungen über die Sukzessionsvorgänge in den Lavinaren nördlich der Alp la Schera im Schweizerischen Nationalpark

Diplomarbeit der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von
Raphael Josef Riederer
1996



Leiter der Arbeit: Prof. Dr. Otto Hegg

Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	1
	1 Verdankungen	1
II	Fragestellungen	2
III	Untersuchungsgebiet	3
	1 Lage	3
	2 Klima	4
	3 Geologie	6
	4 Vegetation	7
IV	Rekonstruktion und Beschreibung des Transektes	12
V	Beschreibung der Dauerflächen	14
VI	Methoden	16
VII	Ergebnisse und Auswertung	19
VIII	Diskussion	56
IX	Zusammenfassung	59
	Weiterführende Literatur	61
	Anhang	63

II Fragestellungen

Im Rahmen dieser Arbeit versuchte ich folgende Fragen beantworten zu können:

- Wie verhielten sich die von W. Lüdi ausgewählten Arten während der Untersuchungsperiode von 1939 bis 1994/95 im Transekt bzw. in den sechs Dauerflächen von B. Stüssi? Gibt es Unterschiede?
- Wie oft konnten dominante und codominante Arten ihre Vorherrschaft auf den jeweiligen Transektabschnitten behalten?
- Können bei den Dauerflächen Perioden sukzessioneller Ruhe bzw. solche mit starken sukzessionellen Bewegungen erkannt werden?
- Wie verhielt sich die Vegetationsbedeckung insgesamt in den 55 bzw. 56 Jahren?
- Wurde das Untersuchungsgebiet im Laufe der Zeit homogener bzw. heterogener?
- Sind die 1939 von B. Stüssi und W. Lüdi angelegten Beobachtungsflächen heute noch repräsentativ für das Untersuchungsgebiet?
- Welche Arten kamen im Untersuchungsgebiet am häufigsten vor?
- Wie veränderten sich die Standortverhältnisse durch die beiden Lawinenereignisse mittels der Zeigerwertanalyse?
- Sind im Konkurrenzverhalten der vorkommenden Arten gewisse Tendenzen erkennbar? Oder anders formuliert: Wurde eine Art stets durch eine andere Art verdrängt?
- Stimmt im Untersuchungsgebiet die Vegetationskarte von E. Campell und W. Trepp noch mit den Verhältnissen im Jahre 1995 überein?

IV Rekonstruktion und Beschreibung des Transektes

Rekonstruktion

Im Juli 1994 bot sich mir die Gelegenheit, mit Frau H. Grämiger und ihren Mitarbeitern von der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) in Birmensdorf ZH die sechs Dauerflächen von B. Stüssi zu besichtigen. Anschliessend machten wir uns auf die Suche nach allfälligen Spuren des 1939 von W. Lüdi angelegten Bandtransektes. Tatsächlich fanden wir zwei unversehrt gebliebene ungefähr ein Meter lange Lärchenpfähle, die zehn Meter voneinander entfernt waren. Aufgrund der 1954 von W. Lüdi publizierten Arbeit wusste ich, dass er den Transekt mit acht etwa ein Meter langen quadratischen Lärchenpfählen markiert hatte. In einem Abstand von je 15 m schlug er hangparallel auf einer Linie sieben Pflöcke ein und bildete so sechs Abschnitte. Damit der Transekt insgesamt 100 m Länge aufwies, kam der am nächsten bei der Alp la Schera stehende achte Pfahl nur 10 m vom zweitletzten entfernt zu stehen. Somit wusste ich, dass der letzte von insgesamt sieben Transektabschnitten vor mir lag. Diesem glücklichen Zufall habe ich es zu verdanken, dass es überhaupt möglich war, den Transekt rekonstruieren zu können. Nun machte ich mich in Richtung Norden auf die Suche, alle 15 m Reste eines ehemaligen Markierungsholzes zu finden. Nach geraumer Zeit gelang es mir schliesslich, die weiteren sechs Lärchenpfähle eindeutig zu identifizieren. Die Pfahllöcher der meist talwärts zeigenden, z. T. stark morschen Kanthölzer, konnten allerdings nur noch erahnt werden. Mit einem 50-m-Messband und der Aufnahmeliste von W. Lüdi aus dem Jahre 1939, in der er das Vorkommen (mit Meter-Angaben) sowie die Höhe sämtlicher Bäume je ein Meter ober- und unterhalb der Transektlinie notierte, versuchte ich, den Transekt möglichst genau wiederherzustellen. Man muss sich jedoch stets bewusst sein, dass ich 1994 und 1995 den rekonstruierten und nicht den originalen Transekt aufgenommen hatte!

Beschreibung

Der 100 m lange Vegetationstransekt liegt etwa 45 m unterhalb des Bergwanderweges auf 2'070 m ü. M., ist WNW-exponiert und führt entlang der Höhenlinien von NNE nach SSW. Die Hangneigung im Transekt beträgt durchschnittlich 25° bis 30°.

Das Bodenprofil wird von W. Lüdi wie folgt beschrieben: „Der Boden des Transektes besteht grösstenteils aus Podsol mit einem nur 1 - 3 cm dicken A₁-Horizont. Stellenweise tritt podsolige Braunerde auf, und da und dort ist Karbonatschutt (Dolomit) aufgelagert, den die Lawine mitgebracht hat.“¹ Das Grundgestein bildet der kristalline Verrucano im Gemisch mit Buntsandstein.

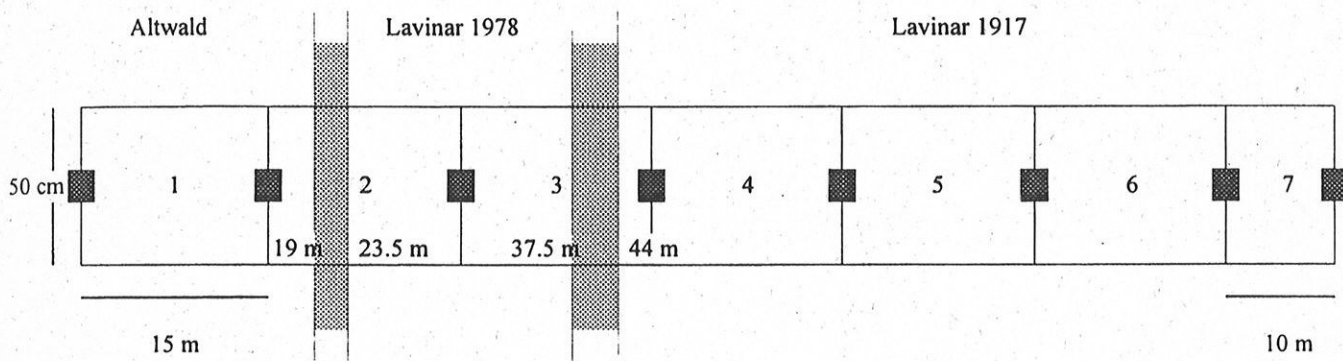
Das nördliche Ende zog W. Lüdi ungefähr sieben Meter in den Altwald, während sich der südliche Teil 1939 im ehemaligen Waldrandgebiet befand, das ungefähr 50 m vom damaligen Weideboden (vor allem Nardus-Rasen) der Alp la Schera entfernt lag. Wie bereits beschrieben, erfasste 1978 ein etwa 14 m breiter Ausläufer der Lawine den Transekt.

In der folgenden Skizze des Vegetationstransektes von W. Lüdi sind die verschiedenen Transektabschnitte dargestellt, die von nun an mit dem Begriff des Stratum belegt werden. Um die Schneise des Lawinenzuges von 1978 (Stratum Lavinar 1978) besser von den anderen

¹ W. Lüdi : Die Neubildung des Waldes im Lavinar der Alp la Schera im Schweizerischen Nationalpark. - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark 4 (30), 1954

beiden Straten Altwald und Lavinar 1917 abzugrenzen, liess ich für bestimmte Auswertungen ein Band von 4.5 bzw. 6.5 m unberücksichtigt. Obwohl W. Lüdi nur von einem sieben Meter langen Transektabschnitt im Altwald schreibt, bot sich mir im Sommer 1994 ein anderes Bild. Betrachtet man nämlich die Baumhöhen im Altwald, so lassen sie bis zur Waldschneise des Lavinar 1978 kein Lawinenereignis erkennen, da bis 20 m vom Transektbeginn entfernt noch ca. 15 m hohe Bergföhren vorkommen. Deshalb entschloss ich mich, das Stratum Altwald auf dem Transekt von 7 m auf 19 m auszudehnen.

Skizze des 100 m langen Bandtransektes von W. Lüdi auf 2'070 m ü. M.



V Beschreibung der Dauerflächen

Im Juli 1939 legte B. Stüssi etwa acht Meter unterhalb des Bergwanderweges von Il Fuorn nach Alp la Schera die fünf Dauerflächen Lav 1 bis Lav 5 an. Mit denselben Massen wie die 1929 von J. Braun-Blanquet errichtete Dauerfläche Lav 6 kennzeichnete B. Stüssi mit vier Lärchenpflöckchen von je einem Meter Abstand jeweils ein Dauerflächenquadrat. Diese Dauerflächen liegen etwa auf 2'070 m ü. M. in WNW-Exposition. Die Hangneigung schwankt zwischen 10° und 25°. Ungefähr 20 m unterhalb der Dauerflächen errichtete im selben Jahr W. Lüdi seinen 100 m langen, hangparallelen Vegetationstransekt. Zur genauen Lage und Bezeichnung der sechs in einem Abstand von etwa zwei bis drei Meter angelegten Dauerquadraten dient untenstehende schematische Lageskizze.

In den Aufnahmeprotokollen von B. Stüssi im August 1939 fand ich folgende Kurzbeschreibungen zu den einzelnen Dauerflächen. Bei der Entzifferung der handschriftlichen Notizen von B. Stüssi über die Dauerfläche Lav 6 half mir Frau H. Grämiger.

Lav 1

„Wiederbesiedelung einer durch das Ausreissen eines Baumes entstandenen Erdblosse (Wurzelpfanne). NW-Exposition. Ausgehobene Erdschicht 20 - 30 cm mächtig.
Vegetation: Oberer Rand der Probefläche noch mit der alten Rohhumusschicht und geschlossener Vegetationsdecke. So auch W-Rand, insgesamt 20 dm².“

Lav 2

„Vaccinien mit Cladonia bellidiflora. Verrukanoschutt. ca. 15°, WNW-Exposition.
Allg. Vegetationsverh.: Blüten 8% (Steine 6%, offener Humusboden 2%),
Zwergstrauchschicht (± 8 cm hoch) 35%.“

Lav 3

„Fläche zwischen jungen Bergföhren. 10° - 25°, WNW-Exposition.
Vegetation: Zwergstrauchschicht beherrscht durch Vaccinium uliginosum, oben im Quadrat bis 25 cm hohe Schicht, unten niedriger, 90% bedeckend. Die grösseren Zwergsträucher überdachen teilweise die kleineren.“

Lav 4

„Fläche mit Calluna, Vaccinien, Rhododendron ferrugineum und Cladonien. 20°, WNW-Exposition.
Bemerkungen: Im östlichen Flächenviertel eine dichte Gruppe von Calluna vulgaris (Ø 35 cm), darin dicht vermischt Erica und Vaccinium myrtillus und Vaccinium uliginosum.“

Lav 5

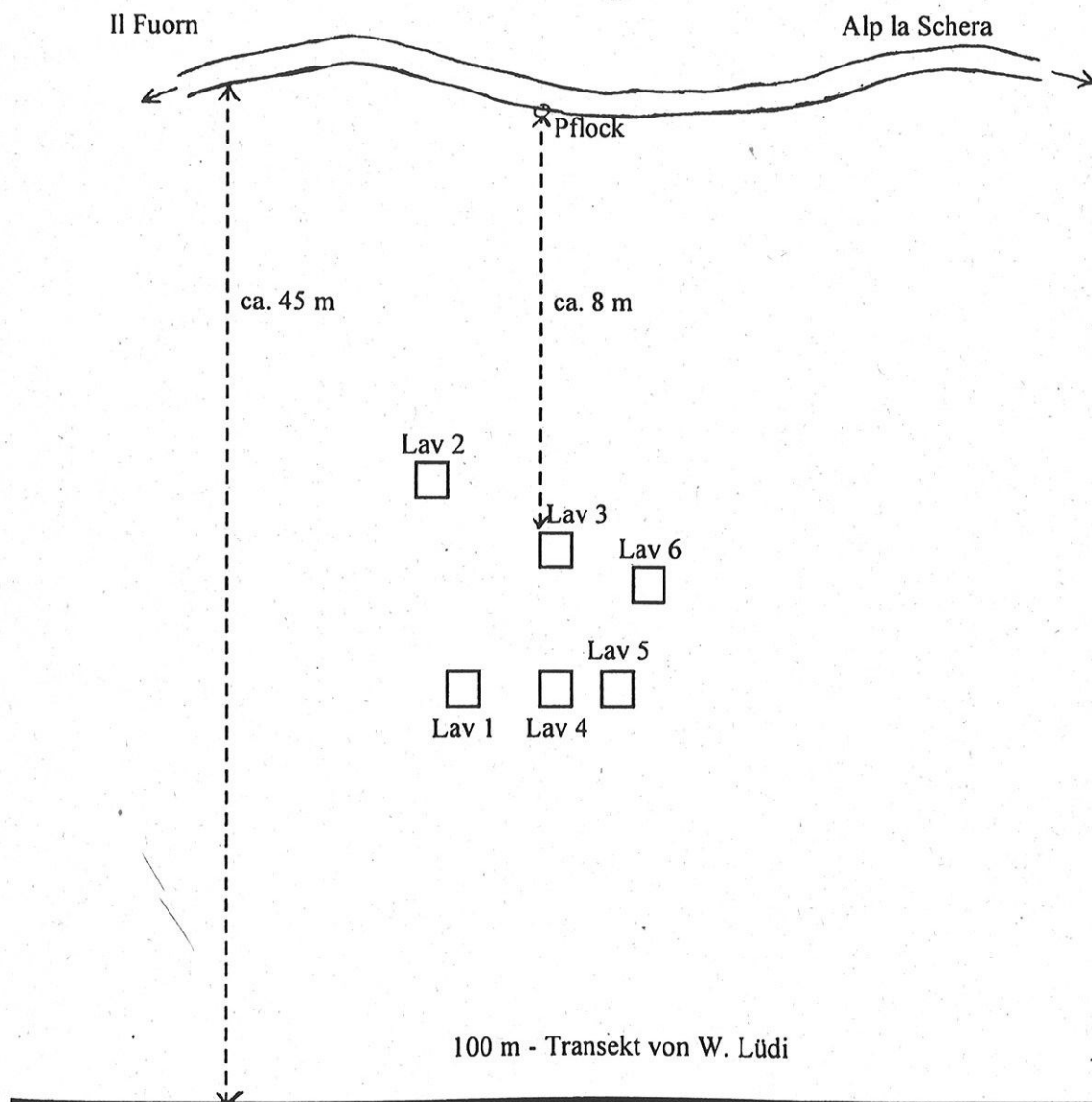
„Fläche mit Calluna, Avenula versicolor. 20°, WNW-Exposition.
Bemerkungen zur Vegetation: Cladonienreiche Fläche. Nackte Flächen 5% (Stein, überdeckt von Calluna, Empetrum, Erica 2.5 dm², Holz 1%), Zwergstrauchschicht 14 cm hoch.“

Lav 6

„Steinfläche 2%, blossliegende Erde 1%. Allgemein ist in der Fläche zu beobachten, dass unter *Pinus mugo* und im Schatten der Zwergsträucher *Empetrum*, *Erica* und *Vaccinium uliginosum* blühen. *Vaccinium myrtillus* ist auch sehr wichtig.“

J. Braun-Blanquet beschrieb die Dauerfläche Lav 6 bei der Erstaufnahme am 3. September 1929 wie folgt: „Im Lawinenzug der grossen Scheralawine, 2080 m. Zentrum beim roten, toten Baum. *Calluna-Cladonia rangiferina*-Typus. Auf offener Stelle stark belichtet, trocken; Verrucanoschutt. Exposition 5 - 7° West. 1 m². Vegetationsbedeckte Fläche 100%, 50% Phanerogamen.“

Schematische Lageskizze der Kleinflächengruppe im Bereich des grossen Lawinenzuges von 1917



VI Aufnahmemethoden

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Feldarbeiten werden in diesem Kapitel aufgeführt und methodisch erläutert.

Wiederaufnahme des Transektes im August 1994 nach der Methode von W. Lüdi

Um die Aufnahmeprotokolle von W. Lüdi aus dem Jahre 1939 als direkte Vergleichsbasis zum Vegetationszustand von 1994 gebrauchen zu können, war ich an W. Lüdies Methode gebunden. Für die Aufnahme der Bodenvegetation berücksichtigte er je 25 cm oberhalb und 25 cm unterhalb der durch die Pfahlreihe gegebenen Transektlinie. In diesem 50 cm breiten Band bildete er verschieden lange Abschnitte von 5 bis 300 cm Länge. Dabei ging er so vor, dass er sein Augenmerk auf die vorherrschende (dominante) bzw. vorherrschenden (codominanten) Arten richtete. Änderten sich die Arten in ihrer Zusammensetzung oder die Dominanzverhältnisse einer Art bzw. mehrerer Arten, so wählte er einen neuen Abschnitt. Dabei führte er allfällige ihm auffallende, jedoch keine grossen Deckungswerte einnehmenden Arten unter den Begleitarten (akzedente Arten) auf. Im Originaltext beschreibt W. Lüdi seine Methode folgendermassen: „Die Aufnahme bestand in der Feststellung der Anteile der einzelnen unterschiedenen Typen in diesem 50 cm breiten Streifen (in cm Transektlänge). Oft war die Zusammensetzung der Vegetation nicht auf der ganzen Breite des 50 cm Streifens gleich, oder es traten Durchmischungen von mehreren Arten mit ähnlichen Dominanzanteilen auf. Dann wurden für den betreffenden Transektabschnitt die stark vortretenden Arten (evtl. mehrere) als „dominant“ aufgeführt, und ausserdem wurden jeweils die begleitenden Arten notiert. Trat ein merklicher Wechsel in der Vegetation nach Arten oder Dominanz auf, so wurde ein neuer Abschnitt gemacht.“¹ Insgesamt wurden auf diese Weise 50 m² Fläche untersucht.

Der Botaniker W. Lüdi berücksichtigte mit seiner Methodenwahl also nicht sämtliche im Transekt vorkommenden Arten. Dazu W. Lüdi: „Das codominante und akzessorische Auftreten ist bei der Bestandesaufnahme stets notiert worden, vielleicht nicht mit absoluter Vollständigkeit, aber doch nahezu.“¹ Da W. Lüdi nicht genau vermerkt hatte, welche Kriterien eine weder dominante noch codominante Art erfüllen muss, um in der Akzedenz aufgenommen zu werden, notierte ich stets alle vorkommenden Arten und führte alle nicht vorherrschenden Arten in der Akzedenz auf. Dies hatte zur Folge, dass mit wenigen Ausnahmen alle 21 von W. Lüdi ausgewählten und aufgenommenen Arten eine $\pm$ grosse Zunahme in der Akzedenz zu verzeichnen hatten.

W. Lüdi wiederholte diese Aufnahmen 10 Jahre später im Jahre 1949. Da diese Aufnahmeblätter nicht auffindbar waren, stützen sich meine Auswertungen in dieser Arbeit ausschliesslich auf die Originaldaten von 1939. Die Ergebnisse aus dieser 10-jährigen Untersuchungsperiode hat W. Lüdi ausgewertet und 1954 publiziert (s. Kap. Weiterführende Literatur), weshalb sie hier keiner weiteren Erläuterung bedürfen.

Wiederaufnahme der sechs 1-m²-Dauerflächen im August 1995 nach der Methode von B. Stüssi

Die sechs sich im Lavinar 1917 befindenden Dauerflächen nahm ich mittels der Deckungswertschätzung in Prozent im Sommer 1995 erneut auf. Von diesen sechs

¹ W. Lüdi : Die Neubildung des Waldes im Lavinar der Alp la Schera im Schweizerischen Nationalpark. - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark 4 (30), 1954

Dauerflächen wurden mir durch die Herren B. Krüsi und M. Schütz (WSL, Birmensdorf ZH) die früheren Aufnahmeprotokolle aus den Jahren 1939, 1950, 1960, 1970 und 1980 freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

B. Stüssi beschreibt die Aufnahmemethodik wie folgt: „Für die quantitative Bewertung der Arten wird in unseren Erhebungen das Hauptgewicht auf die Bestimmung ihrer Flächenanteile gelegt und eine möglichst genaue Einschätzung der spezifischen Flächenprojektion der oberirdischen Sprossorgane angestrebt. Um in der tabellarischen Reihenauswertung selbst feinste Anteilsverschiebungen verfügbar zu haben, wird die Deckung zweckmässig nach der Prozentskala bestimmt (1 - 100 D%; Anteile unter 1 D% sind mit dem Zeichen + angegeben). In Meterquadraten ($1 \text{ dm}^2 = 1 \text{ D}\%$) ist bei einiger Übung auch in dieser Detaillierung eine rasche und exakte Anteilsbestimmung möglich.“¹

Um die Flächenanteile der einzelnen Arten in der Dauerfläche möglichst genau zu bestimmen, nahm ich einen Aluminium-Rahmen mit den Massen $1 \times 1 \text{ m}$ zu Hilfe. Dieser wurde alle 10 cm mit einer elastischen Schnur in 100 gleich grosse Felder zu je 1 dm^2 , bzw. 1% eingeteilt. Deckungswerte, die kleiner waren als 1% , kennzeichnete ich in den Aufnahmelisten mit einem Kreuz (+).

Aufnahme von je 50 1-m²-Flächen in den Straten Altwald, Lavinar 1978 und Lavinar 1917 (Referenzaufnahmen) im Juli und August 1995

Um die drei Straten Altwald, Lavinar 1978 und Lavinar 1917 besser charakterisieren zu können, machte ich in jedem Stratum 50 Aufnahmen mit dem oben beschriebenen 1-m^2 -Rahmen und schätzte die Flächenanteile in Prozent sämtlicher Arten sowie der Erde, Nadelstreu, Steine usw. gemäss der Methode von B. Stüssi. Für Deckungswerte unter 1% bediente ich mich wiederum des Kreuzes. Bei der Flächenwahl ging ich so vor, dass ich in jedem Stratum etwa 5 m oberhalb des Bergwanderweges von Il Fuorn zur Alp la Schera die erste Aufnahme erstellte. Für weitere neun Aufnahmen legte ich den Rahmen jeweils an die rechte obere Ecke der letzten Aufnahme. Somit kamen je 10 Aufnahmen hangaufwärts und in Richtung der Diagonale des Aufnahmerahmens zustande. Anschliessend an die zehnte Aufnahme versetzte ich den Rahmen hangparallel 10 m nach links und startete mit einer neuen Serie von 10 Aufnahmen. Kamen Bäume in die Aufnahmefläche zu liegen, so zerlegte ich den Rahmen, legte ihn um den Stamm zurecht, setzte ihn wieder zusammen und spannte schliesslich die 18 elastischen Schnüre. Nur dieses relativ aufwendige Verfahren gab mir die Gewähr, die Flächenanteile der Bäume richtig zu bestimmen. Die Flächenwahl in Richtung der Diagonale verhinderte, dass die im Lavinar 1978 ausschliesslich talwärts gerichteten toten Baumstämme überbewertet werden.

Aufnahme des Transektes von W. Lüdi mit der Deckungswertschätzung von B. Stüssi im August und September 1995

Wie bereits beschrieben, wählte W. Lüdi für die Transektaufnahme eine rationelle, aber nicht sehr präzise Methode, die zudem für weitere Bearbeiter aufgrund seiner lückenhaften Beschreibung nicht leicht anwendbar ist. Hier dürften unterschiedliche Ergebnisse häufig auf verschiedene Anwender zurückzuführen sein und könnten leicht als sukzessionelles Geschehen missdeutet werden.

Aus diesem Grund nahm ich den Transekt im August und September 1995 nochmals auf, damit künftig präzisere und sicherere Angaben über die Veränderungen der Bodenvegetation

¹ B. Stüssi : Naturbedingte Entwicklung subalpiner Weiderasen auf Alp La Schera im Schweizer Nationalpark während der Reservatsperiode 1939-1965. - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark 13 (61), 1970

gemacht werden können, als dies mit der Methode von W. Lüdi überhaupt möglich ist. Damit die Bodenvegetation im Transekt weiterhin in einem 50 cm breiten Band beobachtet wird, erstellte ich einen zusammensetzbaren Aluminium-Rahmen mit den Massen 50 x 50 cm. Diesen $\frac{1}{4}$ -m²-Rahmen unterteilte ich in 25 gleich grosse Felder zu je 1 dm², indem ich acht abnehmbare Gummischnüre darin aufspannte. Auf dem 100 m langen Transekt entstanden nun 200 Aufnahmen mit der Deckungsschätzung in dm², wobei anschliessend die Deckungswerte von je vier Aufnahmen zu einer 1-m²-Aufnahme zusammengezählt wurden (1 dm² entspricht hier 1%). Diese 50 Quadratmeteraufnahmen konnte ich nun mit den 150 Referenzaufnahmen und den sechs Dauerflächen von B. Stüssi direkt vergleichen. Flächenanteile unter $\frac{1}{2}$ dm² kennzeichnete ich mit einem + in den Aufnahmeprotokollen.

Für den Fall, dass der Transekt weiterhin beobachtet wird, riet mir M. Camenisch, den Transekt neu zu verpflocken. Damit später die $\frac{1}{4}$ - m² - Flächen exakt wieder aufgefunden werden können, schlug ich 25 cm oberhalb und 25 cm unterhalb der Transektlinie alle zwei Meter einen ungefähr 20 cm langen Aluminium-Stab (8 x 25 mm) bis etwa 2 cm über der Erdoberfläche in den Boden. Anschliessend an jede Vegetationsaufnahme machte ich eine Fotografie der $\frac{1}{4}$ - m² - Fläche (und des daraufliegenden Rahmens), da diese ein objektives Dokument über die Dauerflächenzustände, deren Struktur und weitgehend auch über die floristische Zusammensetzung und dessen Mengenverhältnis darstellen. Diese Aufnahmen wurden im Nationalparkhaus archiviert.

Hinweis zur Deckungswertschätzung von *Cladonia arbuscula* und *Pinus mugo* s. l.

Da sich die beiden Flechtenarten *Cladonia arbuscula* und *Cladonia rangiferina* nur farblich leicht voneinander unterscheiden, wurden sie stets gemeinsam unter *Cladonia arbuscula* in den Aufnahmeprotokollen aufgeführt. Lediglich bei der Wiederaufnahme der sechs Dauerflächen von B. Stüssi war ich bemüht, die beiden Arten weiterhin getrennt aufzuführen.

Die beiden Bergföhren-Unterarten (*Pinus mugo* ssp. *mugo* und *Pinus mugo* ssp. *uncinata*) wurden in den Aufnahmelisten nicht getrennt aufgeführt, da ihre Wuchsform im Engadin nicht erblich sondern phänotypisch bedingt ist. J. Braun-Blanquet schreibt dazu: „In der Tat finden sich alle Übergänge von der aufrechten zur kriechenden Kuschelform. Unsere Legföhre nimmt aber aufrechten Wuchs an, sobald die ungünstigen Einwirkungen (vor allem Wind- oder Lawineneinfluss, langdauernde Schneelagerung) wegfallen. Gegen oben geht die aufrechte unvermerkt in die Kriechform über; je höher gelegen und je windexponierter, um so enger schmiegt sich der Baum dem Boden an. Der Zwergwuchs steht hier in direktem Zusammenhang mit der Ungunst des Standortes.“¹

¹ J. Braun-Blanquet & H. Pallmann & R. Bach : Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten - Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark 4 (28), 1954

VIII Diskussion

In diesem Kapitel möchte ich auf Schwierigkeiten hinweisen, die im Laufe meiner Arbeit aufgetaucht sind. Ausserdem erläutere ich die methodischen Unterschiede und stelle eine weitere Möglichkeit zur Dauerflächenbeobachtung vor.

Wie wir gesehen haben, weist die Methode von W. Lüdi einige Mängel auf. Insbesondere liess sie aufgrund der lückenhaften Beschreibung einige anwendungsspezifische Fragen offen. Bereits die Abschnittswahl nach Flächen mit denselben Dominanzverhältnissen bot grosse Schwierigkeiten und dürfte ziemlich subjektiv geprägt sein. Eine weitere Schwachstelle dürfte die Auswahl von weder dominanten noch codominanten Arten in die Akzedenz darstellen. Da ich in einem Transektabschnitt stets sämtliche nicht dominant bzw. codominant vorkommende Arten als Begleitarten notierte, nahmen mit Ausnahme von *Juniperus communis alpina*, *Dryas octopetala* und *Larix decidua* alle von W. Lüdi ausgewählten Arten innerhalb der Untersuchungsperiode von 1939 bis 1994/95 in der Akzedenz zu, zum Teil mit sehr hohen Beträgen (bis 79.7 m bei den Moosen). W. Lüdi hingegen erfasste alle dominanten und codominanten Arten vollständig, die akzedenten lediglich fragmentarisch. Bei den lebenden Stämmen und Wurzeln von *Pinus mugo* führte die grosse Interpretationsfreiheit der Lüdi-Methode zu einer Zunahme in der Dominanz auf Kosten der Codominanz. Diese notierte ich nämlich stets in der Dominanz, weil ich den Transektabschnitt so klein wählte, dass der Stamm (bzw. die Wurzel) die alleinige Vorherrschaft auf dieser Fläche einnahm. W. Lüdi hingegen bestimmte aufgrund der homogenen Bodenvegetation den Transektabschnitt und berücksichtigte nach der Abschnittswahl den Deckungswert des lebenden Stammes bzw. der Wurzel. Da er auf diese Weise bei *Pinus mugo* mehr Fläche berücksichtigte, kam dieser weniger zur Dominanz, ging aber in der Codominanz mit grösserer Zahl in die Auswertung ein.

Die zum Teil sehr starken Zunahmen sämtlicher Arten in der Akzedenz könnten prinzipiell folgende Ursache haben:

Da die Methode von W. Lüdi verlangt, dass die dominante(n) Art(en) den Transektabschnitt festlegen, spielt es keine Rolle, ob eine Begleitart nur einmal bzw. mehrere Male in diesem Abschnitt vorkommt. Unabhängig ihrer Häufigkeit im betreffenden Transektabschnitt erhält sie bei der Summierung der Abschnitte genau gleichviel Länge in Meter wie die dominante(n) Art(en). Auf diese Weise werden sie gegenüber den abschnittbestimmenden Arten begünstigt. Lockert sich beispielsweise ein *Calluna*-Sträuchlein infolge ungünstig werdender ökologischer Bedingungen auf, gelangt es nicht mehr zur Dominanz, bzw. Codominanz mit einer anderen häufigen Art, sondern erscheint als akzedente Art in einem evtl. viel längeren Abschnitt, in dem eine andere Art dominant ist. Eine Auflockerung könnte sich demzufolge in einer stark erhöhten Akzedenz widerspiegeln. Eine mögliche Abhilfe dieser Tatsache würde darin bestehen, nicht die Transektabschnitte in Meter, sondern die Häufigkeit des Auftretens in den einzelnen Abschnitten zu summieren.

Als Reaktion auf diese doch entscheidenden Nachteile der Methode von W. Lüdi, nahm ich im August und September 1995 den Transekt nochmals auf, diesmal aber mit einem fixen Aufnahmerahmen (50 x 50 cm) und mittels der Methode von B. Stüssi. Dadurch erhoffte ich mir, dass spätere Beobachter sicherere und präzisere Angaben über das Verhalten einzelner Arten im Transekt machen können.

Trotz der beschriebenen Nachteile bietet das von W. Lüdi gewählte Aufnahmeverfahren den Vorteil, dass in relativ kurzer Zeit viel Fläche aufgenommen werden kann.

Bei den sechs Dauerflächen versuchte ich eine Gruppierung der Arten nach ähnlichen Verhaltensmustern vorzunehmen, was mir leider nicht gelang. Zuerst stellte ich die Deckungswerte jeder Art in den verschiedenen Aufnahmejahren in Liniendiagrammen dar und versuchte, aufgrund des Linienverlaufes verschiedene Reaktionsgruppen zu bilden. Dieses Unterfangen scheiterte, da es nicht möglich war, die unterschiedlich hohen Amplituden der Schwankungen zu klassieren. Zudem stellte sich heraus, dass jede Art eine Wellenbewegung zeigt, nur braucht es zu derer Sichtbarmachung unterschiedliche Zeitmassstäbe.

Vergleicht man die Ergebnisse aus dem Transekt mit den sechs Dauerflächen, so zeigen sich nur geringe Unterschiede im Verhalten einzelner Arten. Lediglich bei *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium vitis-idaea* zeigten die beiden Beobachtungsmethoden nicht dasselbe Bild. Während *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium vitis-idaea* in den Dauerflächen durchschnittlich konstant waren, nahm erstere im Transekt stark ab und letztere stark zu. Beachtenswert ist ferner das konstante Vorkommen aller grasartigen Pflanzen mit Ausnahme von *Avenella flexuosa*, die in den letzten 56 Jahren meist abgenommen hat. Es scheint, als ob die standörtlichen Veränderungen (zunehmende Beschattung, Tropfwasser usw.) dieser Wiederbewaldungsfläche keine grossen Spuren an der Grasvegetation hinterlassen haben. Bei den Beerensträuchern *Empetrum hermaphroditum* und *Vaccinium uliginosum gaultherioides*, die sowohl im Transekt als auch in den Dauerflächen abgenommen haben, wäre es denkbar, dass sie von bestimmten Vogelarten verbreitet werden und deshalb in direktem Zusammenhang mit deren Vorkommen stehen. Es ist aber auch möglich, dass diese beiden schneeharten Arten auch deshalb so stark abgenommen haben, weil im aufkommenden Bergföhrenwald die Schneedauer kürzer geworden ist, und sie deshalb von *Erica carnea* längerfristig verdrängt werden konnten.

Gerne hätte ich im Rahmen dieser Lizentiatsarbeit diejenigen Zeigerwerte angegeben, die für das Ähnlichkeitsmuster bestimmter Aufnahmen primär verantwortlich sind, d. h. durch die bestimmte Aufnahmen charakterisiert werden können. Die mittels der Korrespondenzanalyse untersuchten Zeigerwerte liessen jedoch keinen Zusammenhang mit einigen Aufnahmen erkennen.

Welche von mir erhobenen Daten könnten noch weiter ausgewertet werden? In den 200 Transekt-Aufnahmen vom August und September 1995 könnte insbesondere nach festen Artbindungen gesucht werden. Die Fragestellung könnte diejenige sein, dass nach Artengruppen gesucht wird, die stets gemeinsam in einer Aufnahme- bzw. nur getrennt in verschiedenen Aufnahmeeinheiten vorkamen. Ausserdem könnten in den sechs Dauerflächen die Verhaltensweisen auch derjenigen Arten noch analysiert werden, die nicht von W. Lüdi ausgewählt wurden und deshalb nicht mit den Transekt-Daten von 1939 verglichen werden können.

Stellt man die Frage, ob die Vegetationskarte von E. Campell und W. Trepp aus dem Jahre 1968 im Untersuchungsgebiet noch genau den Verhältnissen von 1995 entspricht, so kann diese nur teilweise bejaht werden. Es sieht nämlich aus, als ob sich das Untersuchungsgebiet gesamthaft zu einem *Erico-Pinetum montanae hylacomietosum* entwickeln wird.

Wichtig scheint mir bei der Untersuchung von Dauerflächen das Auseinanderhalten von bestandesinternen Faktoren (Konkurrenz zwischen verschiedenen Arten mit ihren ober- und unterirdischen Organen, Beeinflussung im Wasser- und Nährstoffhaushalt, Hemmstoffe, Streuauflage usw.) und bestandesexternen Faktoren (Beweidung und Benagung durch herbivore Tiere, Beschattung, Nadeleinstreuung und Einwurzelung durch ausserhalb der Dauerfläche stehende Bäume, Relief, Lokalklima usw.), wobei beide Faktoren struktur- und sukzessionsbestimmend sein können. Die Unterscheidung dieser beiden Faktoren dürfte sich jedoch recht schwierig gestalten und nur aufgrund langjähriger Beobachtungen überhaupt möglich werden.

Man muss sich auch im Klaren sein, dass aus der Vielzahl der Vegetationsveränderungen praktisch keine auf bestimmte Einzelfaktoren bzw. auf klar greifbare Standortveränderungen zurückgeführt werden können.

Gibt es noch weitere Methoden für eine Dauerflächenbeobachtung? Statt der Deckungswerte könnte mit demselben Aufnahmerahmen und derselben Unterteilung das Vorkommen pro Feld addiert werden. Bei dieser Frequenzzählung könnte eine Art maximal denjenigen Wert erreichen, wie Anzahl Felder in diesem Rahmen vorhanden sind. Die Vorteile dieser Methode bestehen sicher in der kürzeren Aufnahmezeit und in der Objektivität. Diese Methode sollte aber nur in einem neu zu untersuchenden Areal gewählt werden und nicht im hier besprochenen Untersuchungsgebiet, damit die Daten von W. Lüdi, B. Stüssi und mir noch möglichst lange direkt verglichen werden können. Für die Zukunft wäre es also wünschbar, wenn die Dauerflächen weiterhin alle 10 Jahre und der Transekt einerseits mit der „Schnellmethode“ von W. Lüdi (mit nur den von ihm gewählten Arten), andererseits mit der genauen Prozentschätzungsmethode mit einem fixen 50 x 50 cm-Rahmen (aufgeteilt in 25 Felder zu je 1 dm²) weiterhin aufgenommen würden. Somit gingen die Daten der Erstaufnahme sowohl des Transektes als auch der Dauerflächen nicht verloren. Sicherlich ist es für das bessere Verständnis von Sukzessionen vonnöten, solche Langzeituntersuchungen weiterhin zu verfolgen.

Wichtig scheint mir an dieser Stelle zu erwähnen, dass insbesondere die $\frac{1}{4}$ -m²-Aufnahmen weiterhin regelmässig fotografiert werden sollten, da sie ein wichtiges Dokumentmaterial über die Dauerflächenzustände, deren Struktur und floristische Zusammensetzung darstellen. Ausserdem sind sie ein wichtiges Hilfsmittel für weitere Bearbeiter, indem sie die Möglichkeit bieten, sich den gleichen „Blick“ für die Schätzung der Flächenanteile wie derjenige von früheren Botanikern anzueignen. Somit kann die mit einigen subjektiven Momenten behaftete Deckungswertschätzung etwas objektiviert werden.

IX Zusammenfassung

Im Jahre 1917 riss eine Schneelawine eine ungefähr 130-150 m breite Schneise in den subalpinen Bergföhrenwald, die bis zur Zollstation Punt la Drossa hinabreichte. Kurz vor Ostern 1978 zerstörte ein zweites, weniger grosses Lawinenereignis einen Teil der sich wieder regenerierenden Vegetationsdecke.

Im Sommer 1939 legten die beiden Botaniker W. Lüdi und B. Stüssi Dauerbeobachtungsflächen an, um das Sukzessionsgeschehen genauer zu untersuchen. Zu diesem Zweck verpflockten B. Stüssi sechs eng beieinanderliegende Quadratmeterflächen und W. Lüdi einen 100 m langen Vegetationstransekt. Im August 1994 führte ich die Beobachtungen fort und nahm den Transekt mit der von W. Lüdi gewählten Methode erneut auf. Im darauffolgenden Sommer notierte ich die Vegetationsbedeckung in den sechs Dauerflächen mittels der Deckungswertschätzung gemäss B. Stüssi und machte mit derselben Methode 200 Aufnahmen im Transekt. Um das Untersuchungsgebiet genauer charakterisieren zu können, erstellte ich im von den Lawinen unberührten Altwald und in den beiden Lawinenzügen von 1917 bzw. 1978 je 50 Vergleichsaufnahmen (Referenzaufnahmen).

Vergleicht man die Verhaltensweisen der sowohl im Transekt als auch in den sechs Dauerflächen vorkommenden Arten, so kann man folgendes feststellen:

Empetrum hermaphroditum, *Vaccinium uliginosum* gaultherioides und die Flechten als Ganzes betrachtet verzeichneten sowohl im Transekt als auch in den Dauerflächen Abnahmen, die teilweise massiv ausfielen. Tendenziell haben auch *Calluna vulgaris*, *Juniperus communis* alpina und *Avenella flexuosa* abgenommen, wobei sie in einigen Dauerflächen auch konstant waren. Sowohl im Transekt als auch in den Dauerflächen blieben *Avenula versicolor*, *Calamagrostis varia*, *Campanula barbata*, *Festuca rubra*, *Leontodon helveticus*, *Luzula silvatica* und *Sesleria varia* in ihrem Vorkommen konstant. Überall stark zugenommen haben *Erica carnea*, *Vaccinium myrtillus* und die Moose. Unterschiedliche Verhaltensmuster im Transekt und in den Dauerflächen zeigten *Rhododendron ferrugineum* (starke Abnahme im Transekt, Konstanz in den Dauerflächen) und *Vaccinium vitis-idaea* (starke Zunahme im Transekt, Konstanz in den Dauerflächen).

Bei dem hier aufgeführten Methodenvergleich ist zu ergänzen, dass nebst der unterschiedlich gewählten Aufnahmemethoden durch W. Lüdi bzw. B. Stüssi die Unterschiede im Verhalten der einzelnen Arten auch damit zusammenhängen, dass der Transekt mit einer Fläche von 28m² (Lavinar 1917) im Gegensatz zu den sechs Dauerflächen (6m²) ungefähr 5 mal mehr Fläche berücksichtigt und demzufolge etwas repräsentativer sein dürfte.

Auffallend ist, dass während der untersuchten 55 Jahren mit Ausnahme von *Vaccinium myrtillus* sämtliche Arten auf sehr wenigen Transektabschnitten in der Dominanz bzw. Codominanz konstant geblieben sind. Dies bedeutet, dass die Vorherrschaft einer Art an einem bestimmten Standort im Transekt meist nur kurze Zeit dauert.

Ausserordentlich stete Arten waren *Vaccinium vitis-idaea*, *Erica carnea*, *Vaccinium myrtillus*, *Homogyne alpina* und *Cetraria islandica*, die von insgesamt 200 Aufnahmen zwischen 199 und 172 Mal vorkamen.

Die Stetigkeiten der 40 häufigsten Arten in den 150 Referenzaufnahmen zeigen, dass *Rhododendron ferrugineum*, *Nardus stricta* und *Avenula versicolor* nie im Altwald vorgekommen sind. Die sehr häufige Flechtenart *Cladonia arbuscula* bevorzugt ebenfalls die beiden Lavinare 1917 und 1978. Während *Euphrasia salisburgensis* 1995 vor allem im Lavinar 1978 zu finden war, traten dort *Heterocladium dimorphum*, *Hylocomium splendens*, *Orthilia secunda* und *Dicranoweisia crispula* nur spärlich in Erscheinung. Im Lavinar 1917 waren *Soldanella alpina*, *Carex ornithopoda*, *Calamagrostis varia* und *Luzula silvatica* selten.

Vergleicht man die Zeitabschnitte zwischen zwei Aufnahmejahren, so fallen insbesondere zwei Perioden auf. 1960 bis 1970 gab es gesamthaft die meisten Progressionen, den grössten summarischen Flächenindex, pro Jahr die meisten Neueintritte, die wenigsten Arten-Ausfälle und sogar die Vegetationsdecke konnte sich vergrössern, was ihr in keinem anderen Aufnahmeintervall mehr gelungen ist.

1980 bis 1995 erscheint mit den schwächsten Progressionen und Regressionen und demzufolge dem niedrigsten summarischen Flächenindex. Charakteristisch für diese Epoche ist zudem die stärkste Abnahme in der Vegetationsbedeckung.

Erwähnenswert gestaltet sich der grösste Artenwechsel pro Jahr mit den meisten Ausfällen im Kontrollintervall 1939 bis 1950.

Schliesslich wurden 1950 bis 1960 die meisten Mengen-Regressionen verzeichnet.

Die Bodenvegetation wurde innerhalb der Untersuchungsperiode 1939 bis 1994/95 insgesamt lückiger und homogener. Die ausserordentlich geringen Unterschiede in den Zeigerwerten der drei Straten könnten ebenfalls einen Hinweis dafür sein.

Im Vergleich mit den 150 Referenzaufnahmen waren sich sowohl die 200 Transektaufnahmen als auch die sechs Dauerflächen im Aufnahmeprotokoll von 1995 sehr ähnlich. Aufgrund dieser grossen Homogenität darf angenommen werden, dass die 1939 angelegten Dauerflächen das Untersuchungsgebiet ausreichend vertreten.

Im Ähnlichkeitsvergleich der drei Straten konnte gezeigt werden, dass sich das Lavinar 1978 am besten von den beiden anderen Straten abgrenzen lässt. Ebenfalls wurde deutlich, dass der Altwald und das Lavinar 1917 in der Bodenvegetation praktisch nicht unterscheidbar sind.

Charakterisiert man das Untersuchungsgebiet mittels der Zeigerwerte von E. Landolt, so herrschten 1995 mässig trockene bis mittelfeuchte und saure bis schwach-saure Böden vor. Sämtliche Aufnahmestandorte zeigten nährstoffarme, humusreiche und gut durchlüftete Böden, mit mässigem Skelettreichtum. Die betrachtete Bodenvegetation sämtlicher Straten bevorzugte stets den Halbschatten.

Obschon in vielen Transektabschnitten *Vaccinium uliginosum* gaultherioides und *Empetrum hermaphroditum* durch *Erica carnea* und *Vaccinium vitis-idaea* verdrängt worden sind, so geschah dieser Artenwechsel nicht direkt, sondern ging in den untersuchten 56 Jahren über mehrere Arten vor sich.

Im Untersuchungsgebiet entsprach die Vegetationskarte von E. Campell und W. Trepp aus dem Jahre 1968 nur noch teilweise den Verhältnissen von 1995. Wahrscheinlich entwickeln sich die damals kartierten verschiedenen Pflanzengesellschaften allesamt zu einem *Erico-Pinetum montanae hylocomietosum*.