

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 88a (1986)

Artikel: Auswirkungen des Skibetriebes auf subalpine Fettwiesen ("Polygono-Trisetion") im Raum Davos (Schweiz) = Effects of skiing on subalpine fertilized grassland ("Polygono-Trisetion") in the region of Davos (Switzerland)

Autor: Meisterhans-Kronenberg, Hanna / Kruesi, Bertil O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308815>

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: 31.12.2025

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

Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich 88a (1986), 131-152

**Auswirkungen des Skibetriebes auf subalpine Fettwiesen
(*Polygono-Trisetion*) im Raum Davos (Schweiz)**

Effects of skiing on subalpine fertilized grassland
(*Polygono-Trisetion*) in the region of Davos (Switzerland)

von

Hanna MEISTERHANS-KRONENBERG und Bertil O. KRUESI

INHALT

1. Einleitung und Ziel	132
2. Grundlagen und Methoden	134
2.1. Auswahl und Anordnung der Untersuchungsflächen	134
2.2. Datenerhebungen	135
3. Ergebnisse	139
3.1. Ausaperung	139
3.2. Entwicklung der vegetation im Jahresverlauf	140
3.3. Ertragserhebungen	147
3.4. Pflanzensoziologische Aufnahmen	147
4. Schlussfolgerungen	148
Zusammenfassung - Summary	151
Literatur	151

1. EINLEITUNG UND ZIEL

Seit 1960 hat der alpine Skibetrieb sehr stark zugenommen. Oekologische Untersuchungen über die Auswirkungen des Skibetriebes auf Vegetation und Boden und insbesondere über die durch Planierungen hervorgerufenen Standortsveränderungen wurden erst im Laufe der Siebzigerjahre in Angriff genommen. Eine erste Uebersicht über die Problematik von Skipisten und insbesondere von Skipistenplanierungen aus ökologischer Sicht legte CERNUSCA (1977a,b) vor. Er untersuchte die Auswirkungen von Skipisten auf Bodenbeschaffenheit, Mikroklima, Energiehaushalt und Hydrologie im Bereich des Waldgürtels bei Achenkirch/Tirol. Was die Frage von Vegetationsschäden durch Skipisten ausserhalb der eigentlichen Planierungen betrifft, so gab es 1977 nach CERNUSCA (1977a) kaum wissenschaftlich fundierte Untersuchungen, sondern nur Beobachtungen und Phänomenbeschreibungen aus der landwirtschaftlichen Praxis, die zwar die Abschätzung von landwirtschaftlichen Ertragseinbussen gestatteten, aber keine eindeutige Erklärung für das Zustandekommen der Schäden ermöglichten.

Seither wurden im Alpenraum verschiedene ökologische Untersuchungen zu den Auswirkungen des Skibetriebes auch ausserhalb der eigentlichen Pistenplanierungen durchgeführt (z.B. SCHNITZER 1977, PFIFFNER 1978, SCHNITZER und KOECK 1980 und VON WYL 1982 in der montanen Stufe; SPATZ 1978, GRABHERR 1979, HOFER 1979, KOERNER 1980, SCHAUER 1981 und QUILLET 1984 in der alpinen Stufe).

PFIFFNER (1978) untersuchte den Einfluss des Skibetriebes auf botanische Zusammensetzung, Ertragsleistung und Futterqualität von Heuwiesen bei Hasliberg, SCHNITZER (1977) im Unterinntal (Tirol).

SCHNITZER und KOECK (1980) führten Ertragserhebungen auf Skipisten zwischen 1100 und 1300 m ü.M. in Oesterreich durch, VON WYL (1980, 1982) im Kanton Waadt im Rahmen des MaB-Projektes Pays d'Enhaut. VON WYL berücksichtigte neben dem Ertrag auch Boden, floristische Zusammensetzung und Futterwert.

SPATZ (1978) untersuchte die Auswirkungen intensiven winterlichen Skibetriebes (Skikantenschliff) auf Artenkombination und Produktion oberirdischer Phytomasse auf einem beweideten naturnahen Rasen in der unteren alpinen Stufe bei Badgastein (Oesterreich) mittels Gradientenanalyse.

HOFER (1979) bearbeitete im Oetztal (Oesterreich) zwischen 2350 und

2600 m ü.M. die Einflüsse des Skibetriebes in Carex curvula-Beständen und in Schneetälchen, wobei neben den üblichen pflanzensoziologischen Methoden auch phänologische Beobachtungen an einzelnen Arten durchgeführt wurden.

Untersuchungen zum Regenerationsprozess an durch den Skibetrieb verursachten Schadstellen in Carex curvula-Beständen und in Zwergstrauchgesellschaften liegen ebenfalls aus den Oetztaler Alpen von GRABHERR (1979) vor.

Die Belastbarkeit alpiner Loiseleuria- und Carex curvula-Bestände gegenüber mechanischen Einwirkungen, wie z.B. Tritt oder Skikantenschliff, wurde quantitativ von KOERNER (1980) am Patscherkofel und in den Hohen Tauern (Oesterreich) bearbeitet.

In den bayrischen Alpen untersuchte SCHAUER (1981) zwischen 600 und 2000 m ü.M. die Vegetation (Artengarnitur, Artenzahl) und den Zusammenhang zwischen Oberflächenabfluss und Wurzelmasse von Pisten mit natürlichen Rasen, von angesäten Pistenplanierungen und von Vergleichsflächen ausserhalb der Pisten.

Im Rahmen des MaB-Projektes Grindelwald untersuchte QUILLET (1982, 1984) den Einfluss der Skipisten auf Vegetation und Boden in Zwergstrauchbeständen (Rhododendro-Vaccinietum), alpinen Borstgrasrasen (Nardetum) sowie zu verschiedenen Assoziationen gehörende Buckelweiden.

Für die subalpine Stufe sind entsprechende Untersuchungen generell selten, und es fehlen vor allem Angaben über die Auswirkungen des Skibetriebes auf subalpine Fettwiesen (Trisetion). Diese Lücke zu schliessen war das Ziel der vorliegenden Arbeit. Insbesondere soll die Frage abgeklärt werden, inwieweit sich die maschinelle Pistenpräparierung (Verdichtung der Schneedecke, Eisbildung, Verzögerung der Ausaperung) auf die phänologische Entwicklung, den Wachstumsrhythmus und die Ertragsleistung auswirken.

2. GRUNDLAGEN UND METHODEN

2.1. AUSWAHL UND ANORDNUNG DER UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

2.1.1. Lage der Untersuchungsflächen

Die Untersuchungen wurden auf der Clavadeler Alp (Koordinaten der Landeskarte der Schweiz: 782500/183000, 2000 m ü.M.) durchgeführt (Abb. 1, 2). Seit der Inbetriebnahme des Skiliftes im Jahre 1959 wurde diese

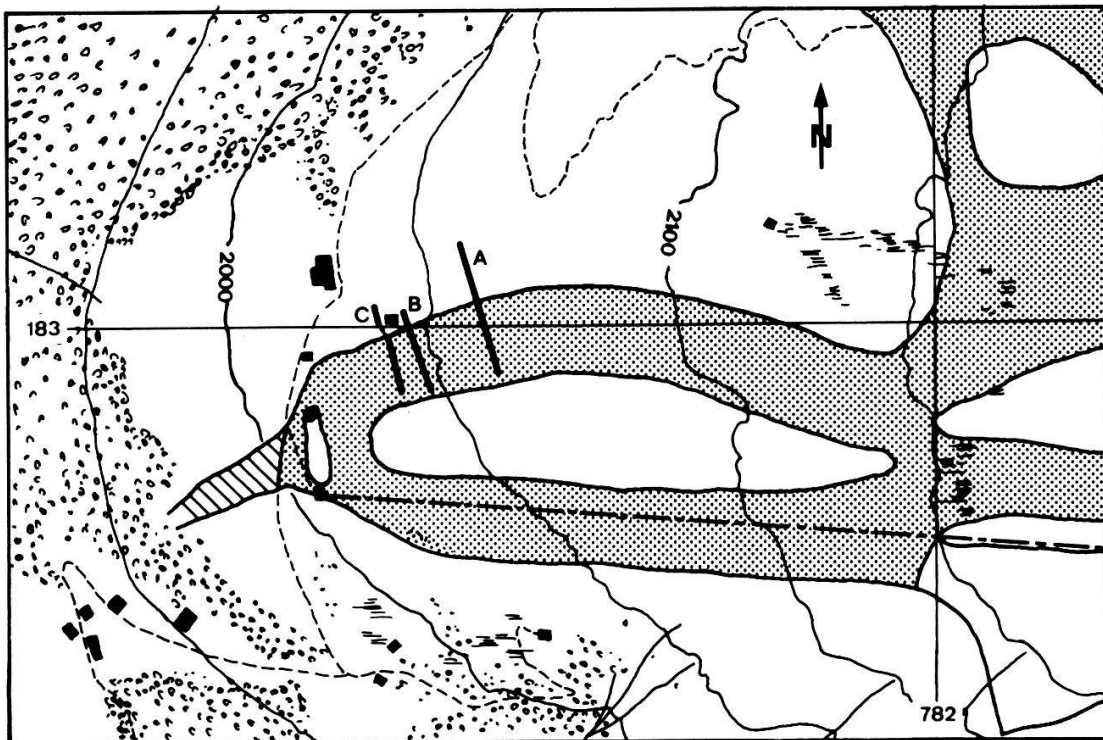




Abb. 1. Skipisten und Lage der Transekte (A, B und C) im Gebiet Clavadeler Alp

Fig. 1. Ski runs and situation of the transects (A, B, and C) investigated on Alp Clavadel (Davos)

-  maschinell präparierte Pisten - mechanically prepared ski runs
-  nicht präparierte Pisten - unprepared ski runs
- Skilift - ski-lift

Piste intensiv befahren, und seit Ende der Sechzigerjahre wird sie auch regelmässig maschinell präpariert. Der untersuchte Pistenabschnitt apert nicht früher aus als der Rest der Piste, Vegetation und Boden werden daher durch das Skifahren nicht direkt mechanisch (Kantenschliff) geschädigt.

Die Fettwiesen auf der Clavadeler Alp werden einmal pro Jahr, etwa Mitte bis Ende Juli, gemäht. Von der Artenzusammensetzung her können die untersuchten Bestände den Mutterreichen Goldhaferwiesen (Polygono-Trisetion, Kartierungseinheit 32 im Bericht von ZUMBUEHL in diesem Band) zugeordnet werden. Der untersuchte Bestand wird regelmässig mit Stallmist und Gülle gedüngt. Beim Boden handelt es sich um eine stark ausgeprägte Braunerde (Nomenklatur gemäss Bodenkarte MaB-Davos); s. KRAUSE und PEYER 1986).

2.1.2. Versuchsanordnung

Insgesamt wurden drei Transekte von 140 m (Transekt A) bzw. 110 m (Transekte B und C) Länge, mit Dauerflächen von je 125x80 cm Grösse eingerichtet (Anzahl Flächen: Transekt A: 25, B: 10 und C: 11). Bei der Festlegung der Dauerflächen wurde auf das Kleinrelief Rücksicht genommen, so dass der Abstand zwischen den einzelnen Flächen variiert (Abb. 2, 3).

2.2. DATENERHEBUNGEN

2.2.1. Ausaperung

Im Bereich der Transekte wurde im Frühjahr 1983 der Verlauf der Ausaperung beobachtet. Dabei wurde die Schneedecke und die Mächtigkeit der Eisschicht gemessen, am 3. Juni in Transekt A auch die gefrorene Bodenschicht.

2.2.2. Phänologische Beobachtungen.

In jeder markierten Fläche der drei Transekte wurden 1983 zwischen dem 3. Juni und dem 20. Juli einmal pro Woche bei 17 häufigen Arten die An-

Bei der graphischen Darstellung der phänologischen Entwicklung im Jahresverlauf wurde die höchste im Beobachtungszeitraum gefundene Anzahl der die generativen Phasen durchlaufenden Individuen einer Art pro Quadratmeter gleich 100% gesetzt, alle andern Werte davon abgeleitet.

2.2.3. Ertragserhebungen und Gehaltsanalysen

In den markierten Quadratmeterflächen der drei Transekte wurde 1982

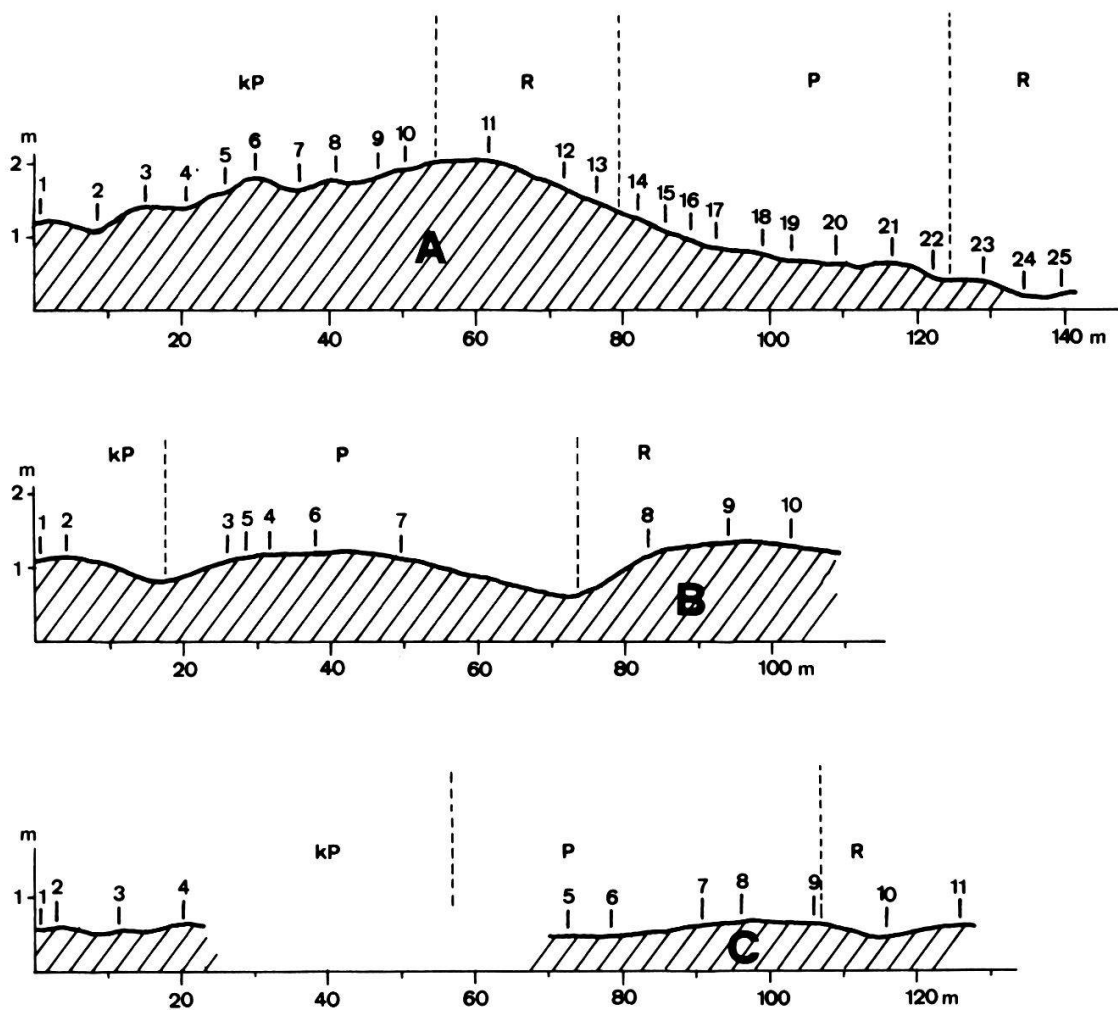


Abb. 3. Gross- und Kleinrelief der Transekte (A, B, C) im Profil
 Fig. 3. Relief profiles of the transects (A, B, C)

1-25: Untersuchungsflächen - investigation plots

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run

R = Randbereich - border area

und 1983 zum ortsüblichen Zeitpunkt der Heuernte (1982: 16. und 17. Juli; 1983: 12., 25. und 26. Juli) die oberirdische Biomasse bestimmt. Dazu wurde innerhalb von jedem Quadratmeter das Pflanzenmaterial etwa 1 cm über der Bodenoberfläche mit einer elektrischen Rasenschere und mit einer Sichel abgeschnitten, das Frischgewicht ermittelt und eine Probe von 500 g zur Bestimmung des Trockensubstanzanteils genommen. Diese Proben wurden während 24 Stunden bei 110°C getrocknet und anschliessend gewogen. Zwölf Grasproben vom Transekt A wurden 1983 an der Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, auf ihren Nährstoffgehalt (Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium) untersucht. Aus diesen Daten wurde das verdauliche Eiweiss und die Netto-Energie Laktation berechnet.

2.2.4. Pflanzensoziologische Aufnahmen

Jeder der markierten Quadratmeter wurde jeweils kurz vor dem Heuschnitt (14.-17.7.1982; 18. und 19.7.1983) pflanzensoziologisch aufgenommen nach der Methode von Braun-Blanquet (BRAUN-BLANQUET 1964, MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974). Zur Schätzung des Deckungsgrades wurde die leicht erweiterte Skala von Braun-Blanquet verwendet. (Tab. 1).

Tab. 1. Schätzskala für den Deckungswert und Werte für die Berechnung der mittleren Zeigerwerte

Table 1. Scale of estimation of plant cover and calculation of the mean indicator values

Schätzskala	Deckungsgrad %	Bei Berechnung der mittleren Zeigerwerte verwendete Werte
+	<1.0	1
1	1.1 - 5.0	2
2a	5.1 - 12.5	3
2b	12.6 - 25.0	3
3a	25.1 - 37.5	4
3b	37.6 - 50.0	4
4a	50.1 - 67.5	5
4b	67.6 - 75.0	5
5a	75.1 - 87.5	6
5b	87.6 - 100.0	6

3. ERGEBNISSE

3.1. AUSAPERUNG

Bei der ersten Begehung, am 21. Mai 1983, war nur noch Transekt A zum grössten Teil mit Schnee bedeckt, während die etwas tiefer liegenden Transekte B und C schon fast vollständig aper waren. Im Pistenbereich der Transekte B und C war an diesem Datum, im Gegensatz zu den Flächen neben der Piste, noch kein Pflanzenwachstum sichtbar. Die ca. 20 m breite schon apere Zone in der Umgebung der Pistenmarkierung des Transektes A könnte unter anderem, wie bei den Flächen der Transekte B und C, auf eine intensivere Benutzung der Piste zurückzuführen sein (vgl. MEISTER-HANS-KRONENBERG in Vorb.).

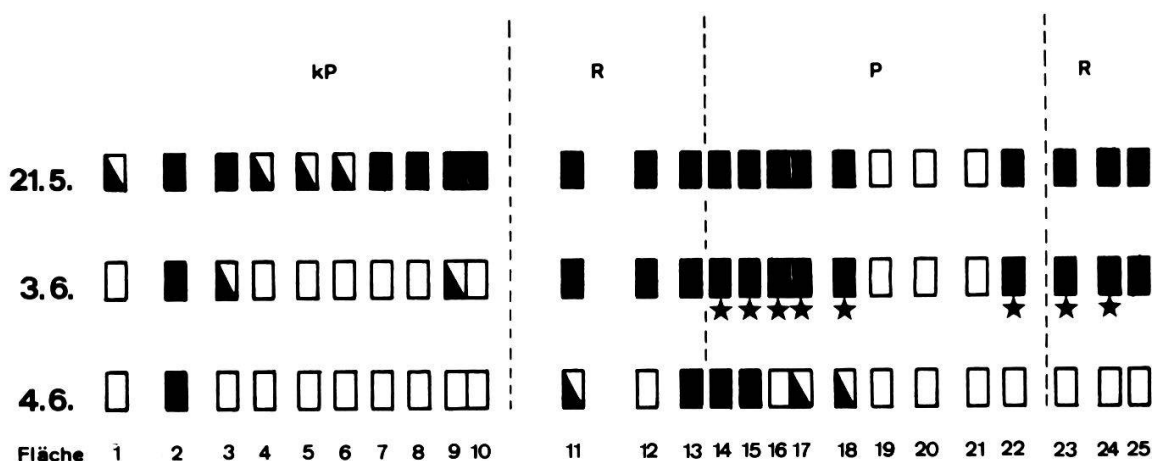


Abb. 4. Ausaperungsverlauf im Transekt A (1983)

Fig. 4. Development of snow-melt in transect A (1983)

- mit Schnee bedeckt - snow covered
- ▣ teilweise mit Schnee bedeckt - partially covered by snow
- ohne Schnee - without snow
- ★ gefrorener Boden (nur am 3.6.1983 beobachtet)
frozen soil (only observed on June 3, 1983)
- kP = keine Piste - no ski run,
- P = Piste - ski run
- R = Randbereich - border area

Am 3. Juni 1983 war bei Transekt A nur noch der Pistenbereich schneebedeckt. In diesem Bereich war der Boden von einer bis zu 5 cm dicken Eisschicht bedeckt und bis in eine Tiefe von ca. 15 cm gefroren (Abb. 4). Die Ausaperung im Pistenbereich erfolgte zwei Wochen später als in den angrenzenden Flächen.

3.2. ENTWICKLUNG DER VEGETATION IM JAHRESVERLAUF

3.2.1. Phänologie

Im folgenden wird lediglich die phänologische Entwicklung von Crocus albiflorus und Ligusticum mutellina ausführlich besprochen. Diese zwei Arten waren in den markierten Flächen der Transekte reichlich vertreten und ihre phänologischen Phasen waren leicht zu erfassen. Ihre phänologische Entwicklung kann als typisch angesehen werden und steht stellvertretend für diejenige der anderen beobachteten Arten.

Tab. 2. Vergleich der Ausaperung und der phänologischen Entwicklung von Crocus albiflorus in je einer typischen Fläche im Pistenbereich und ausserhalb der Piste (Randzone) des Transektes A

Table 2. Snow-melt and phenological development of Crocus albiflorus: Comparison of a typical plot within the ski run with one on the border of transect A

	Pistenrand (Fläche 12)			Piste (Fläche 16)		
	3. Juni	4. Juni	11. Juni	3. Juni	4. Juni	11. Juni
Mächtigkeit (cm) der Schneesicht	10	2	-	5	3	-
Eisschicht	-	-	-	3	2	-
Tiefe des gefrorenen Bodens (cm)	-	-	-	8	ca.8*	-
Individuen (%)						
im Knospenstadium	-	13	-	-	-	-
im Blütenstadium	-	87	-	-	-	30
mit welken Blüten	-	-	35	-	-	70
im Fruchtstadium	-	-	65	-	-	-
Zahl beobachteter Pflanzen	115			50		

* gefrorener Boden nur am 3.6. beobachtet

a) Crocus albiflorus

C. albiflorus ist die erste Pflanze, die im Frühling in den Goldhaferwiesen zur Blüte kommt, zum Teil sogar noch bevor der Schnee vollständig geschmolzen ist. C. albiflorus kann sich allerdings nur dann unter dem Schnee entwickeln, wenn der Schnee locker ist, dem Boden keine Eisschicht aufliegt und wenn der Boden selbst nicht gefroren ist. Diese Be-

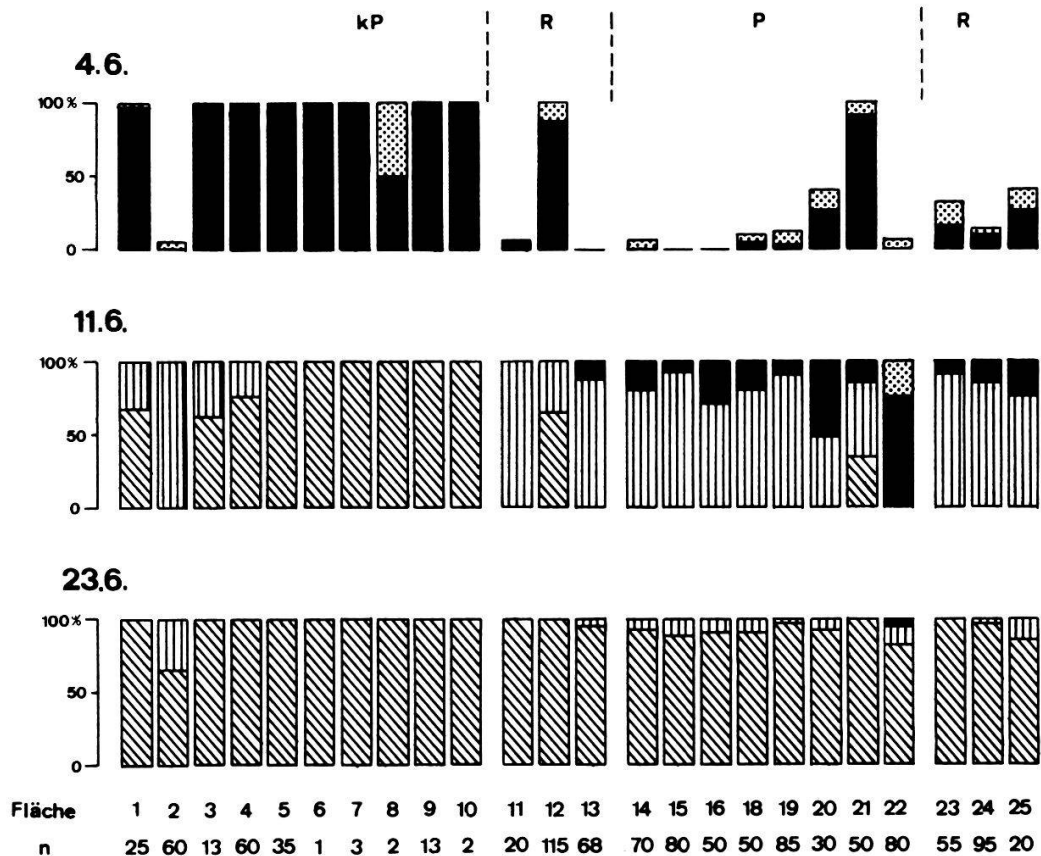


Abb. 5. Phänologische Entwicklung von Crocus albiflorus in Transekt A (1983)

Fig. 5. Phenological development of Crocus albiflorus in transect A (1983)

n = Anzahl der sich generativ vermehrenden Crocus-Individuen im jeweiligen Quadratmeter - number of generatively reproducing Crocus individuals of the respective plot

[dotted] Knospen - flower buds [horizontal lines] verblüht - faded (Perigonblätter sichtbar)
 [solid black] Blüten - flowers [diagonal lines] verblüht - faded (Perigonblätter nicht mehr sichtbar)

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run

R = Randbereich - border area

dingungen sind jedoch nur ausserhalb der präparierten Skipisten zu finden. (Abb. 4). Im eigentlichen Pistenbereich führten verzögerte Ausaperung, dem Boden aufliegende Eisschicht und gefrorener Boden in allen drei Transekten, im Vergleich zu den Flächen ausserhalb der Piste, zu einer verspäteten Entwicklung von Crocus albiflorus von ca. 10 Tagen, (Tab. 2, Abb. 5, 6).

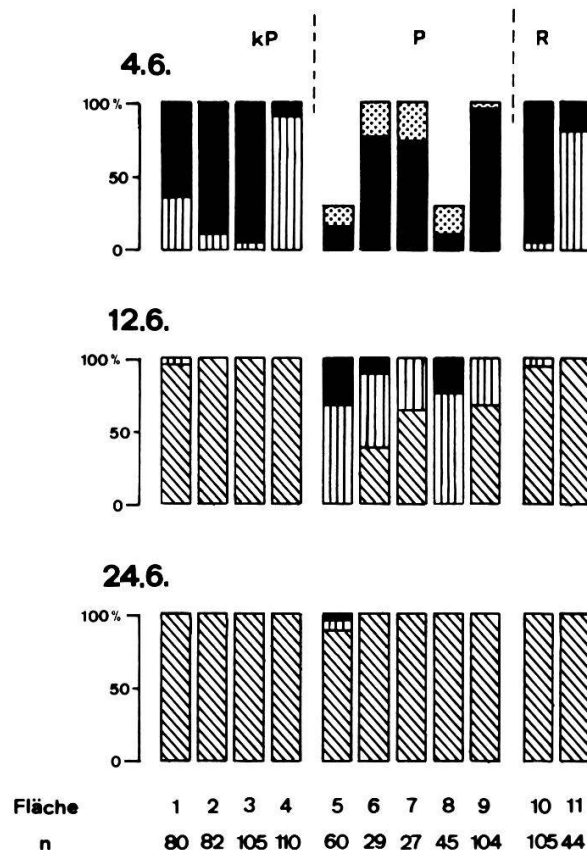


Abb. 6. Phänologische Entwicklung von Crocus albiflorus in Transekt C (1983)

Fig. 6. Phenological development of Crocus albiflorus in transect C (1983)

n = Anzahl der sich generativ vermehrenden Crocus-Individuen im jeweiligen Quadratmeter - number of generatively reproducing Crocus individuals of the respective plot

Knospen - flower buds
 verblüht - faded (Perigonblätter sichtbar)

Blüten - flowers
 verblüht - faded (Perigonblätter nicht mehr sichtbar)

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run
R = Randbereich - border area

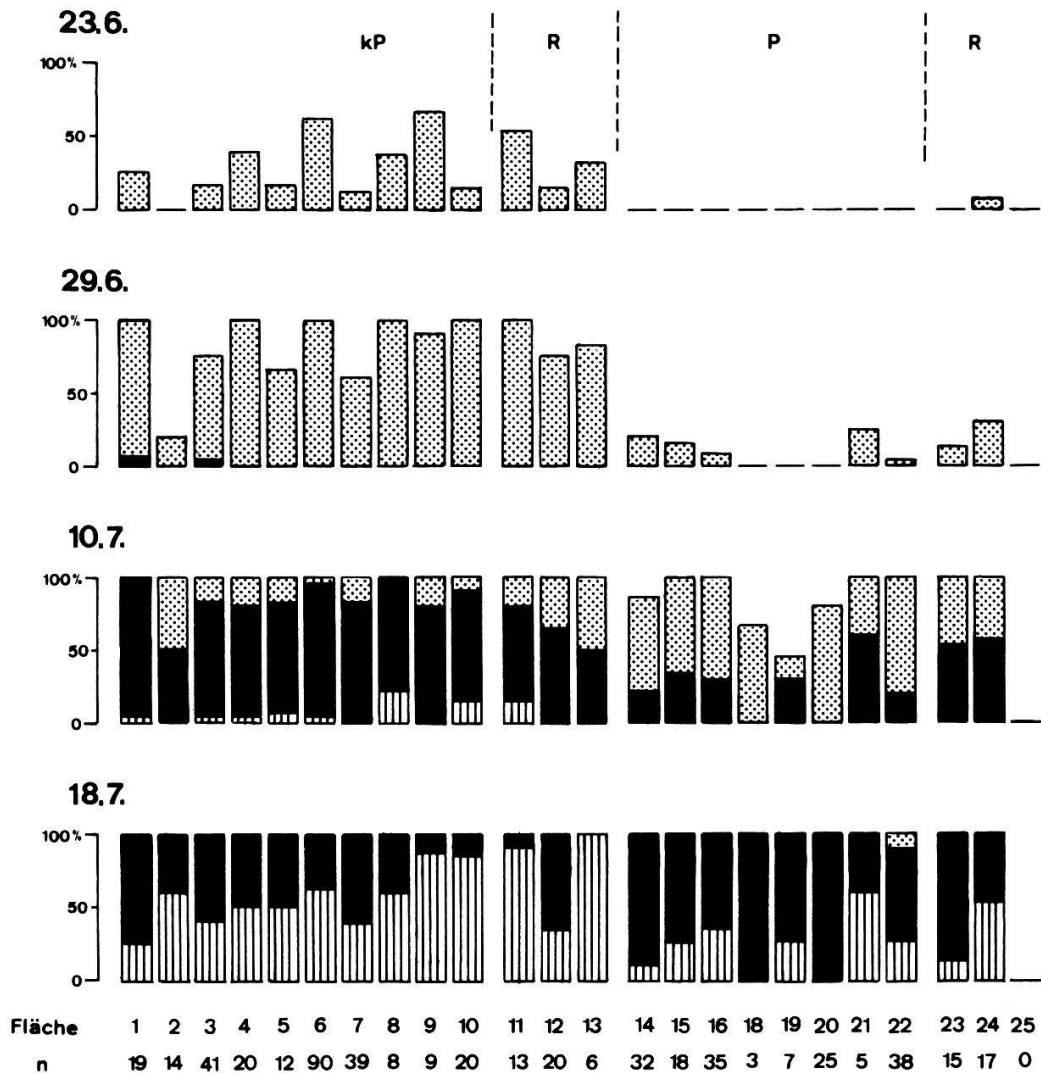


Abb. 7. Phänologische Entwicklung von Ligusticum mutellina in Transekt A (1983)

Fig. 7. Phenological development of Ligusticum mutellina in transect A (1983)

n = Anzahl der sich generativ vermehrenden Ligusticum Individuen im jeweiligen Quadratmeter
 number of generatively reproducing Ligusticum individuals of the respective plot

Knospen - flower buds verblüht - faded
 Blüten - flowers

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run
 R = Randbereich - border area

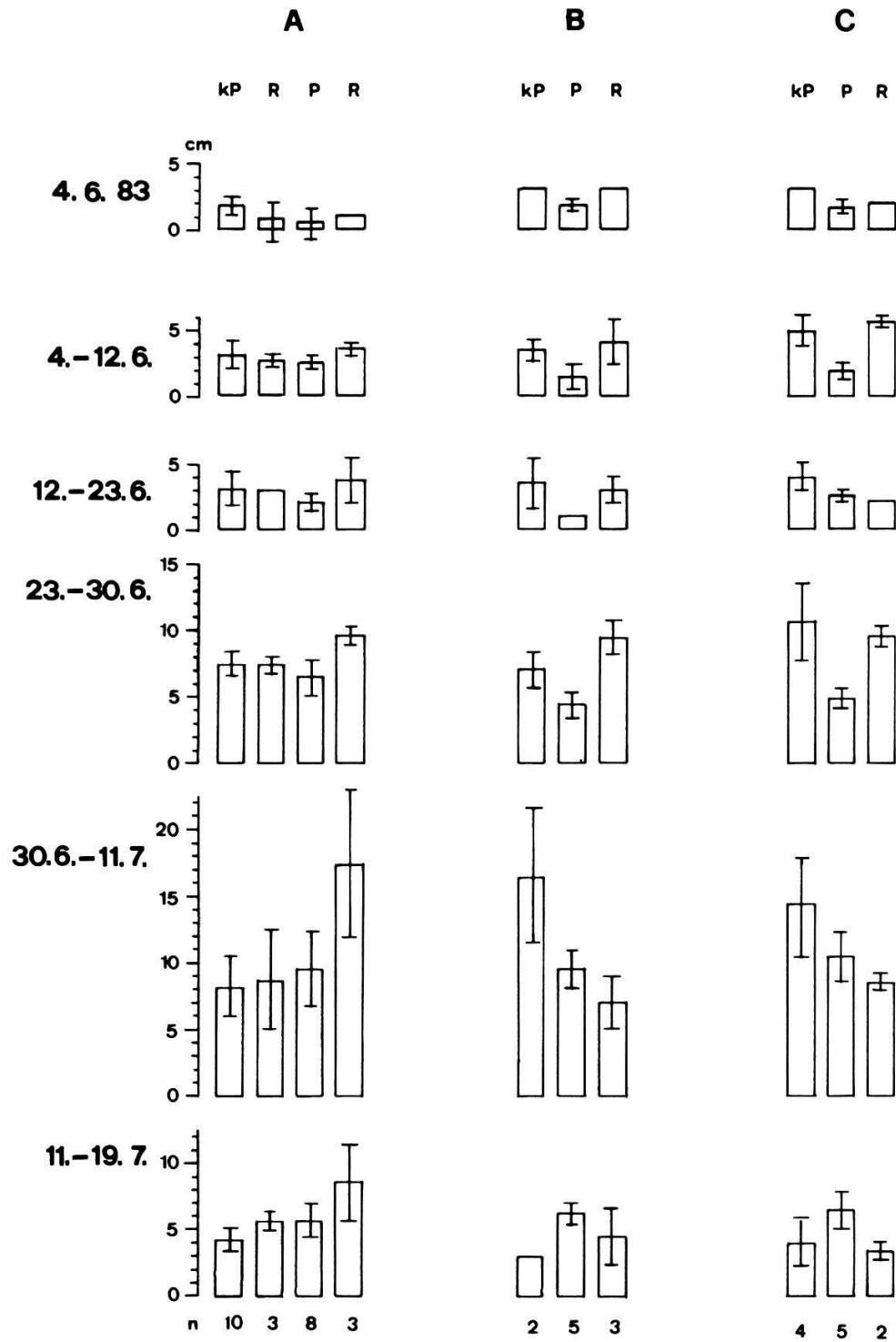


Abb. 8. Höhe der Krautschicht am 4.6.1983 und Höhenzuwachs während fünf Perioden im Zeitraum vom 4.6. bis 19.7.1983; Mittel- und Extremwerte.

Fig. 8. Height of the crop on June 4, 1983, and its increase in height during five vegetation periods between June 4, and July 19, 1983; mean values and extreme values.

(Erklärungen s. Abb. 9, S. 145 - for explanations see Fig. 9, page 145)

Dass für die Entwicklung von Crocus albiflorus nicht nur der Zeitpunkt des Verschwindens der Schneedecke, sondern vor allem auch des Auftauens des Bodens entscheidend ist, zeigen unsere Beobachtungen im Transekt C. Am 21. März 1983 war der eigentliche Pistenbereich grösstenteils schneefrei, während die Flächen ausserhalb der Piste noch teilweise schneebedeckt waren. Das Pflanzenwachstum war aber nur auf den aperen Flächen im Pistenrandbereich zu beobachten, wo auch schon einige Crocus albiflorus blühten. Im Pistenbereich taute der Boden erst nach der Ausaperung auf (Abb. 4, Transekt A), und die Pflanzenentwicklung konnte erst zu diesem Zeitpunkt beginnen, während ausserhalb der Piste der Boden schon viel früher auftaute bzw. im Schutz der Schneeschicht nicht oder nur oberflächlich gefroren war und die Pflanzen schon vor der Schneeschmelze, d.h. unter der hier mehr oder weniger lockeren Schneedecke, wuchsen (BRAUN 1908, RUEBEL 1925). Am 4. Juni war daher die Entwicklung von C.

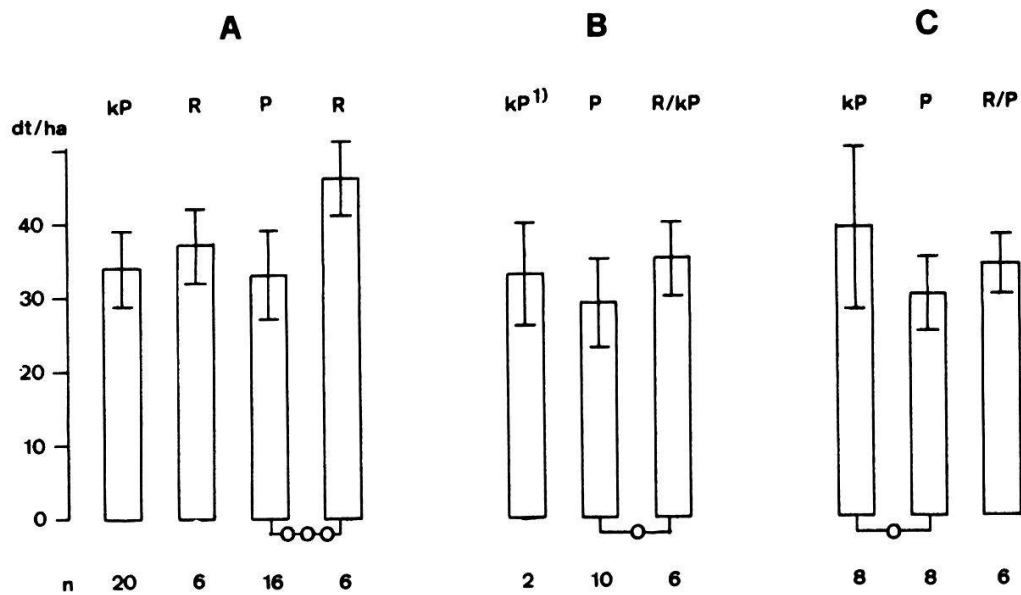


Abb. 9. Trockensubstanz der oberirdischen Biomasse; Mittelwert und Standardabweichungen (Werte vom Juli 1982 und Juli 1983).

Fig. 9. Dry substance of the overground biomass; mean values and standard deviations (values of July 1982 and July 1983).

A, B, C = Transekten - transects, kP = keine Piste - no ski run

P = Piste - ski run, R = Randbereich - border area

n = Anzahl Messungen - number of measurements

1) Daten nur 1982 - data only from 1982

Niveau der statistisch gesicherten Unterschiede der Wertepaare - level of the statistically proved differences of the pairs of value:

—○— 5% —○○— 1% —○○○— 0.1%

albiflorus in den Flächen ausserhalb der Piste schon wesentlich weiter fortgeschritten als im Pistenbereich und am 12. Juni waren nur noch im Pistenbereich blühende Krokusse anzutreffen, während ausserhalb der Piste schon alle verblüht waren (Abb. 6).

b) Ligusticum mutellina

Die phänologische Entwicklung von Ligusticum mutellina bestätigt die Beobachtungen bei Crocus albiflorus. Allerdings waren hier nur die Daten aus Transekt A aussagekräftig, da L. mutellina in den beiden anderen Transekten nicht genügend zahlreich vertreten war.

Im Vergleich zu den Flächen ausserhalb der Piste war die Entwicklung von L. mutellina im Pistenbereich deutlich verzögert. Die Knospenphase trat hier mit etwa zweiwöchiger, die Blüte mit etwa einwöchiger Verspätung ein (Abb. 7). Im Laufe der Vegetationszeit reduzierte sich der anfänglich beträchtliche Entwicklungsrückstand im Pistenbereich eindeutig.

Wird die Heuernte also nicht zu früh in der Vegetationszeit durchgeführt und sind die Witterungsbedingungen günstig, so kann die Entwicklungsverzögerung im Pistenbereich bis zur Ernte zu einem beträchtlichen Teil aufgeholt werden. Bei Silene dioeca war ein anfänglicher phänologischer Entwicklungsrückstand im Pistenbereich bis zum 18. Juli, d.h. bis zum Schnittermin, sogar fast vollständig ausgeglichen worden.

3.2.2. Mittlere Höhe der Krautschicht

Die Entwicklung der mittleren Höhe der Krautschicht bestätigt die bei einzelnen Arten gemachten Beobachtungen (Abb. 8). Im Pistenbereich war die Krautschicht während des gesamten Beobachtungszeitraumes, insbesondere bis Ende Juni, deutlich niedriger als auf den nicht belasteten Vergleichsflächen. Von Ende Juni bis zum Zeitpunkt des Heuschnittes wurde dieser Entwicklungsrückstand teilweise wettgemacht; die Zuwachsraten während der dritten Juliwoche waren im Pistenbereich der Transekte B und C deutlich höher als ausserhalb der Piste (Abb. 8). Bei Transekt A spielt neben der Belastung durch den Skibetrieb auch noch das Mikrorelief eine entscheidende Rolle für den Entwicklungsverlauf; hier sind die oben geschilderten Unterschiede daher nicht klar zu sehen.

3.3. ERTRAGSERHEBUNGEN

Die mittlere oberirdische Biomasse der Jahre 1982 und 1983 für den Pistenbereich, den Pistenrandbereich sowie für die unbelasteten Abschnitte der drei untersuchten Transekte sind aus Abbildung 9 ersichtlich. In allen Fällen war der Ertrag zum Zeitpunkt des Heuschnittes (Mitte bis Ende Juli) im Pistenbereich deutlich geringer als im Pistenrandbereich bzw. ausserhalb der Piste. Der durchschnittliche Ertragsausfall der drei Transekte im Pistenbereich betrug im Vergleich zu den Pistenrandbereichen im Mittel der Jahre 1982 und 1983 17.2% (signifikant auf dem 0.1%-Niveau; 1982: 16.2%; 1983: 18.8%); bei Transekt A 19.1% (1982: 21.0%; 1983: 17.2%), bei Transekt B 16.8% (1982: 23.0%; 1983: 15.0%) und bei Transekt C 17.8% (1982: 23.0%; 1983: 15.0%). Die relativ niedrigen Werte des Bereiches "keine Piste" im Transekt A, die bei obigem Vergleich ausklammert wurden, dürften vermutlich reliefbedingt sein, liegt dieser Transektabschnitt doch auf einem leichten Buckel im Gegensatz zum Rest des Transektes (Abb. 3).

Was den Nährstoffgehalt (Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, P, K, Mg, Ca) des Mähgutes betrifft, so waren die Werte im Pistenbereich aufgrund der bisherigen Auswertungen nicht signifikant verschieden von jenen ausserhalb der Piste.

3.4. PFLANZENSOZIOLOGISCHE AUFNAHMEN

Mit Ausnahme einer ausgeprägten Häufung von Alchemilla sp. im Pistenbereich der Transekte B und C (Tab. 3) waren keine deutlichen Zusammenhänge der floristischen Zusammensetzung mit dem Pistenbetrieb zu beobachten. Gross- und Kleinrelief scheinen für Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnisse von wesentlich grösserer Bedeutung zu sein als Vorhandensein oder Fehlen von Faktoren, die mit dem Skibetrieb zusammenhängen. Dies kommt auch bei der Interpretation der mittleren ökologischen Zeigerwerte zum Ausdruck, die je nach Lage der Aufnahmeflächen im Relief (Buckel, Mulde) deutlich verschieden waren. Erwartungsgemäss weisen sie darauf hin, dass die Buckellagen trockener, basen- und nährstoffärmer

(Verlustlagen) als die schwachen Muldenlagen (Gewinnlagen) sind. Der floristische Vergleich von Aufnahmen mit gleichen Reliefverhältnissen inner- und ausserhalb des Pistenbereiches ergab hingegen keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 3. Deckungsgrad von Alchemilla sp. ausserhalb der Piste (kP), im Pistenrandbereich (R) und auf der Piste (P) am 26.7.1983; Mittel- und Extremwerte.

Table 3. Plant cover of Alchemilla sp. outside the ski run (kP), in the random zone (R), and within the ski run (P), on July 26, 1983. Mean values and extreme values.

Deckungsgrad	kP keine Piste	R Pistenrand	P Piste
Transekt B			
Mittelwerte %	10	3	44
Extremwerte %	8-12	0-7	30-60
Anzahl Flächen	2	3	5
Transekt C			
Mittelwerte %	21	20	46
Extremwerte %	15-30	10-30	40-60
Anzahl Flächen	4	3	4

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Skibetrieb hat auch in Pistenabschnitten, die nicht planiert sind und in denen die Vegetation nicht infolge frühzeitigen Ausaperns direkt durch die Skikanten geschädigt wird, einen deutlichen Einfluss auf die phänologische Entwicklung und die Ertragsleistung.

So konnte eine deutliche Wachstumsverzögerung bei Crocus albiflorus, Ligusticum mutellina und anderen Arten beobachtet werden. Dieser Wachstumsrückstand betrug bis zu zwei Wochen und wurde im Laufe der Vegetationsperiode in unterschiedlichem Masse zum Teil fast vollständig aufgeholt. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von anderen Autoren gemacht (z.B. VON WYL 1982), aber nicht quantifiziert. Die festgestellte Wachs-

tumsverzögerung im Pistenbereich ist einerseits auf ein späteres Abschmelzen des Schnees zurückzuführen, hängt aber andererseits sicher auch damit zusammen, dass sich in regelmässig von Pistenfahrzeugen befahrenen Bereichen eine dem Boden aufliegende Eisschicht bildet, unter welcher der Boden bis in grössere Tiefen (10-15 cm) gefriert. Im Pistenbereich ist Pflanzenwachstum daher erst möglich, wenn Schnee- und Eisschicht geschmolzen sind und der Boden aufgetaut ist, während neben der Piste die Pflanzen mit dem Wachstum beginnen können noch bevor der Schnee geschmolzen ist (vgl. BRAUN 1908, RUEBEL 1925).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Autoren (z.B. SCHNITZER 1977, VON WYL 1982, QUILLET 1984) waren im Pistenbereich Artenzusammensetzung und, mit Ausnahme von Alchemilla sp. in Transekt B und C, Dominanzverhältnisse nicht signifikant anders als ausserhalb der Piste. Es wird vermutet, dass durch den verspäteten Wachstumsbeginn im Pistenbereich die Konkurrenzverhältnisse unter den Arten in der subalpinen Stufe nicht entscheidend verändert werden, sonst hätte sich die floristische Zusammensetzung seit der Inbetriebnahme des Skiliftes im Jahr 1959 sicher verändert.

Skibetrieb während ca. 25 Jahren und maschinelle Pistenpräparierung während ca. 15 Jahren führten auch, wie in den von VON WYL (1982) untersuchten Flächen im Pays d'Enhaut, nicht zu einer Vernässung oder Versauerung des Bodens, wie dies z.B. von QUILLET (1984) in einem alpinen Borstgrasrasen bei Grindelwald beobachtet wurde. Unterschiede in der Artenzusammensetzung verschiedener Flächen auf den Transekten sind somit nicht auf den Faktor Piste/keine Piste, sondern vielmehr auf Unterschiede im Kleinrelief zurückzuführen.

Der einheitlichen Artenzusammensetzung der Vegetation innerhalb und ausserhalb des Pistenbereichs entspricht auch die Feststellung, dass sich, nach der Auswertung der bisher erhobenen Daten, der Futterwert des Mähgutes im Pistenbereich nicht signifikant von jenem der unbelasteten Vergleichsflächen unterscheidet. Bei verschiedenen Untersuchungen in montanen Mähwiesen und Weiden wurde dagegen von anderen Autoren im Pistenbereich eine zum Teil deutlich verminderte Futterqualität beobachtet infolge Rückgang wertvoller Futterpflanzen (z.B. PFIFFNER 1978, SCHNITZER 1977, SCHNITZER und KOECK 1980, VON WYL 1982). Diese Autoren machten leider keine ausführlichen Angaben über die floristische Zusammensetzung und die pflanzensoziologische Zugehörigkeit der untersuchten Bestände, was einen Vergleich mit unseren Daten erschwert.

Die in der vorliegenden Arbeit zwischen den einzelnen Proben festgestellten Unterschiede in der Nährstoffzusammensetzung sind vor allem auf kleinräumige Standortsunterschiede sowie auf das lokal unterschiedliche Gräser-Kräuter-Verhältnis zurückzuführen. Sofern die Artenzusammensetzung im Pistenbereich futtermässig nicht ungünstiger ist als ausserhalb, wäre wegen des verzögerten Wachstumsbeginns (vgl. oben) im Pistenbereich das Futter zum Erntezeitpunkt physiologisch jünger und sollte daher grundsätzlich eher einen höheren Futterwert aufweisen als das physiologisch ältere Futter der Vergleichsflächen. Während die Qualität des Erntegutes innerhalb und ausserhalb der Piste sowie im Pistenrandbereich gleich war, traf dies für die Quantität keineswegs zu. Der gemessene Trockensubstanzertrag war im Mittel der Jahre 1982 und 1983 im Pistenbereich der drei Transekte $17.2\% = 6.5 \text{ dtTS/ha}$ niedriger als in den nicht oder nur wenig belasteten Vergleichsflächen (Transekt A: $19.1\% = 7.9 \text{ dtTS/ha}$; Transekt B: $16.8\% = 5.8 \text{ dtTS/ha}$; Transekt C: $17.8\% = 6.5 \text{ dtTS/ha}$). Ertragsausfälle bei der Heuernte von ähnlicher Grössenordnung wurden auch in anderen vergleichbaren Untersuchungen gefunden (z.B. SCHNITZER 1977, PFIFFNER 1978, SCHNITZER und KOECK 1980, VON WYL 1982, QUILLET 1984). Diese Ertragsausfälle sind sicher auf die Verkürzung der Wachstumsperiode zurückzuführen, die durch die im Pistenbereich vorhandene Eisbildung verursacht wird (VON WYL 1982). Nach CAPUTA (1966) schlägt sich jede Verkürzung der Vegetationsperiode um einen Tag bei optimalen Verhältnissen in einer Ertragsverminderung um 55 kgTS/ha nieder. Eine Entwicklungsverzögerung von 10 bis 14 Tagen, wie sie von uns beobachtet wurde, würde demnach in einer Verminderung des Ertrags von $5.5\text{--}7.7 \text{ dtTS/ha}$ resultieren, was gut mit dem beobachteten durchschnittlichen Ertragsausfall von 6.5 dtTS/ha übereinstimmt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die maschinelle Pistenpräparierung in subalpinen Goldhaferwiesen (Polygono-Trisetion) hauptsächlich auf die Ertragsleistung und weniger auf die floristische Zusammensetzung des Bestandes auswirkt, sofern die Vegetation im entsprechenden Pistenabschnitt nicht infolge frühzeitigen Ausaperns direkt mechanisch geschädigt wird (Kantenschliff). Zusätzlich zu den eigentlichen Ertragsausfällen kommen auch die Schäden durch Wegwerfen und Liegenlassen von Gegenständen im Pistenbereich. Umsomehr ist eine ausreichende Entschädigung der im Zusammenhang mit dem Skibetrieb auftretenden Ertragseinbusen gerechtfertigt.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Auswirkungen der maschinellen Pistenpräparierung (Verdichtung der Schneedecke, Eisbildung und verzögerte Ausaperung) auf die phänologische Entwicklung und die Ertragsleistung subalpiner Fettwiesen auf der Clavadeleralp (2000 m ü.M.) bei Davos an 3 Transekten untersucht. Die phänologische Entwicklung im Pistenbereich war infolge Eisbildung sowie länger und tiefer gefrorenem Boden um bis zu zwei Wochen verzögert. Im Laufe der Vegetationszeit wurde dieser Rückstand mindestens teilweise aufgeholt.

Der Trockensubstanzertrag war im Pistenbereich im Mittel von zwei Jahren 17.2% geringer als ausserhalb der Piste; bei der Futterqualität waren hingegen keine deutlichen Unterschiede festzustellen.

Die Artenzusammensetzung war im Bereich der Piste, die schon seit ca. 25 Jahren besteht und seit ca. 15 Jahren maschinell präpariert wird, im wesentlichen gleich wie jene ausserhalb der Piste.

SUMMARY

The purpose of the study was to investigate the effects of mechanical preparation of ski runs on the phenological development and the yield of subalpine, fertilized grassland. Immediate effects are compression of the snow cover and delayed snow-melt. The plots studied are situated on Alp Clavadel, about 2000 m a.s.l., (Davos, Switzerland) along three transects.

The phenological development within the ski run was delayed for about two weeks due to ice formation and frozen soil. This delay was, at least partially, made up during the summer.

The yield of dry matter (mean value of two years) within the ski run was 17.2% lower than outside the ski run; however, no differences were found in fodder quality.

Generally, the composition of species is the same on the ski run, which has existed for about 25 years and has been mechanically prepared for about 15 years, as on the plots outside the ski run.

LITERATUR

- BRAUN J., 1908: Ueber die Entwicklung der Soldanellen unter der Schneedecke. Jb.Natf.Ges.Graubünden 50, 3-20.
- CAPUTA J., 1966: Contribution à l'étude de la croissance du gazon des pâturages à différentes altitudes. Schweiz.Landw.Forsch. 5, 393-426.
- CERNUSCA A., 1977a: Oekologische Veränderungen im Bereich von Schipisten. In: SPRUNG R. und KOENIG B., Das österreichische Schirecht. Univ. Verlag Wagner, Innsbruck. 81-150.
- CERNUSCA A. 1977b: Oekologische Veränderungen durch das Anlegen von Schiabfahrten an Waldhängen. In: CERNUSCA A. (Hrsg.), Alpine Umweltprobleme; Ergebnisse des Forschungsprojektes Achenkirch. Beiträge zur Umweltgestaltung, A62, Teil I. Schmidt, Berlin. 7-17.
- GRABHERR G., 1979: Schädigung der natürlichen Vegetation über der Wald-

- grenze durch die Anlage von Schipisten und deren Fähigkeit zur Regeneration. Bericht über d.Wiss. Seminar "Begrünungsmassnahmen im Gebirge", Akad.f.Naturschutz u. Landschaftspflege (Laufen), 45-51.
- HESS H.E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1976-1980: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. (2. Aufl.). Birkhäuser, Basel. 3 Bde. 2690 S.
- HOFER H., 1979: Der Einfluss des Massenskilaufes auf alpine Sauerbodenrasen am Beispiel der Gurgler Heide (Oetzal) und Beobachtungen zur Phänologie des Curvuletums. Diss. Univ. Innsbruck. 175 S.
- KOERNER Ch., 1980: Zur anthropogenen Belastbarkeit der alpinen Vegetation. Verh.Ges.Oekologie (Freising-Weihenstephan 1979), 8, 451-461.
- KRAUSE M., 1986: Die Böden von Davos: Ertragspotential, Belastbarkeit und Gefährdung durch Nutzungsänderungen. Schlussber.Schweiz.MaB-Programm 18, 148 S.
- KRAUSE M. und PEYER K., 1986: Böden. In: WILDI O. und EWALD K. (Hrsg.), Der Naturraum und dessen Nutzung im alpinen Tourismusgebiet von Davos. Ergebnisse d. MaB-Projektes Davos. Berichte EAFV, Birmensdorf. (im Druck)
- LANDOLT E., 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich 64, 208 S.
- MEISTERHANS-KRONENBERG H., 1987: Auswirkungen des Skibetriebes auf die subalpinen Heuwiesen bei Davos. Veröff.Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel,Zürich (in Vorb.).
- PIFFNER A., 1978: Skipstenschäden und deren Entschädigung. Europäische Hochschulschriften, Reihe XXXV, Sport und Kultur 1. Lang, Bern/Frankfurt/Las Vegas. 170 S.
- QUILLET R., 1984: Der Einfluss des Skibetriebes auf die Vegetation in der alpinen Stufe. In: HEGG O. (Hrsg.), Verh.Ges.Oekologie, Göttingen, 12, 177-183.
- RUEBEL E., 1925: Alpenmatten-Ueberwinterungsstadien. Veröff.Geobot.Inst. Rübel in Zürich, 3, 37-53.
- SCHAUER T., 1981: Vegetationsveränderungen und Florenverluste auf Skipisten in den bayerischen Alpen. Jb.Ver.Schutz Bergwelt, München. 149-179.
- SCHNITZER R., 1977: Belastungen und Flurschäden durch den Schisport. Alm- und Bergbauer. 62-70.
- SCHNITZER und KOECK L., 1980: Untersuchungen über pflanzenbauliche Schäden auf Schipisten. Alm- u.Bergbauer. 82-88.
- SPATZ G., 1978: Die Beeinflussung des Artengefüges einer Almweide im Bereich der Schiabfahrt Stubnerkogel. In: CERNUSCA A. (Hrsg.), Oekologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff.österr.MaB-Hochgebirgsprogr. Hohe Tauern 2, 335-340.
- VON WYL A., 1980: Effects des pistes de ski sur la végétation et la production fourragère. Bull.MaB-Pays d'Enhaut 3, 31-39.
- VON WYL A., 1982: Influence des pistes de ski sur la couche végétale et la production d'herbe à l'étage montagnard du Pays d'Enhaut. In: LESER H. et al. (Hrsg.), Auswirkungen von Skipisten (Ertragsverminderung, Vegetationszerstörung, Erosionsgefährdung). MaB-Information 10, 1-12.

Adresse der Autoren: Hanna Meisterhans-Kronenberg, dipl.Natw.ETH
Dr. Bertil Krüsi
Geobotanisches Institut ETH
Stiftung Rübel
Zürichbergstrasse 38
CH 8044 Zürich