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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 96 (1988)

Artikel: Auswirkungen des Skibetriebes auf subalpine Heuwiesen bei Davos = effects of skiing on subalpine hayfields near Davos

Autor: Meisterhans-Kronenberg, Hanna

Kapitel: 4: Diskussion

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308877

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: 31.01.2026

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

4. DISKUSSION

4.1. EINFLUSS DER SKIPISTEN AUF SCHNEEDECKE UND VEGETATIONSENTWICKLUNG

Eine natürliche Schneedecke ist während der tiefen Wintertemperaturen in der subalpinen und alpinen Stufe für viele Lebewesen eine Lebensnotwendigkeit. Die vielen Hohlräume der Schneeschicht bilden eine gute Isolation (u.a. ADAMS 1981, DAUBENMIRE 1959, LEVI und CHORUS 1932, RUEBEL 1912 und WOEIKOF 1889). Unter einer Schneedecke von mindestens 50 cm gefriert der Boden in der subalpinen Stufe kaum (MICHAELIS 1934). Dagegen kann an schneefreien Stellen der Frost bis auf 1 m Tiefe in den Boden eindringen (AULITZKY 1961).

Im Frühling können die nicht oder nur wenig belasteten Schneeschichten von einem halben Meter Höhe und mehr während einiger warmer Tage rasch schmelzen, wobei Lage, Höhe und Aufbau der Schneedecke eine wichtige Rolle spielen. Ein weniger schneller Schmelzvorgang wurde dort beobachtet, wo der Schnee durch das Präparieren der Pisten und das Skifahren verdichtet war (u.a. BAYFIELD 1971, PFIFFNER 1978, SCHNITZER 1977, VOELKE 1977, und VON WYL und TROXLER 1984). Ein verspätetes Ausapern wurde auch auf mit Motorschlitten befahrenen Strecken von RYERSON et al. (1977) in Nordamerika beobachtet. Zudem ist eine zusammengepresste Schneeschicht gegen kürzere Warmlufteinbrüche im Spätwinter sehr widerstandsfähig (TISCHENDORF 1975).

In den vorliegenden Untersuchungen wurde entgegen aller Erwartung vielerorts im Pistenbereich ein verfrühtes Ausapern festgestellt, und zwar nicht etwa in extremer Buckellage, wo die Schneedecke normalerweise geringer ist als anderswo. Aus der Literatur ist diese Erscheinung kaum bekannt. VOELKE (1977) beschreibt ein inselhaftes Ausapern auf dem unteren Teil (1000-1100 m) einer Piste mit nur noch 20 cm Schnee am Saisonsende, während die Umgebung noch schneebedeckt war. Auch GRABHERR (1985) erwähnt, dass auf präparierten Pisten der Schnee nicht immer länger liegen bleibt, dass aber auch das Gegenteil beobachtet wird. Dieses frühere Schmelzen der Schneeschicht hängt vielleicht mit einer durch intensive Nutzung der Piste dünn gewordenen Schneedecke zusammen (vgl. Kap. 3.1.1.).

Eine starke Verdichtung des Schnees, z.B. durch den Skibetrieb, führt zur Bildung einer Firn- oder sogar Eisschicht. Besonders nasser Schnee wird unter Druck zu Eis (WAKAHAMA 1974). Dies deckt sich mit den Beobachtungen von VON WYL und TROXLER (1984), sie stellten Eisbildung vor allem an feuchten Hängen fest, an Orten, wo Quellwasser austritt und an ebenen Stellen, wo sich Hangwasser und oberflächlich abfliessendes Wasser ansammelt. Ebenfalls wurde in tieferen Lagen unter 1200 m ü.M. die dünnere Schneedecke durch die Pistenbearbeitung und das Skifahren bis auf den Boden zusammengedrückt, was die Entstehung einer Eisschicht verursachte.

Wie in dieser Untersuchung wurde aber auch an nicht besonders feuchten Stellen und in höheren Lagen während der Ausaperungszeit vielerorts eine Eisschicht angetroffen (vgl. KARL 1974, PFIFFNER 1978, SCHNITZER 1977). Der verfestigte Schnee hat, insbesondere wenn er zu Eis geworden ist, einen grossen Teil seiner isolierenden Wirkung verloren. Die Bodentemperaturen sinken folglich tiefer und sind einer grösseren Variation ausgesetzt als in Böden unter einer natürlichen Schneedecke wo sie nach SALISBURY (1985) nur wenig über dem Gefrierpunkt liegen (RYERSON et al. 1977, TISCHENDORF 1975). Beim Absinken der Temperaturen auf der Piste gefriert der Boden, die Poren füllen sich mit Eis, das bis auf den Boden durchsickerende Schmelzwasser bleibt liegen, gefriert und verstärkt dadurch die Bildung einer Eisschicht (MALE und GRAY 1981). In den Monaten Mai und Juni waren alle Böden im Pistenbereich vor und während der ersten Zeit nach der Ausaperung bis zu einer Tiefe von mindestens 5 cm gefroren. Sogar bis 20 cm Tiefe wurde noch gefrorener Boden gemessen. Erwähnenswert ist, dass nach dem Schmelzen von Schnee und Eis der Boden im Pistenbereich noch gut eine Woche gefroren blieb.

Böden, die vor der anhaltenden Winterschneebedeckung gefroren sind, tauen unter einer Schneeschicht von ca. 50 cm und mehr, dank der aufsteigenden Bodenwärme wieder auf. Die Temperatur in der Uebergangszone Boden-Schnee erreicht 0°C und auf 12 cm Tiefe sogar 0.6°C. Während der Wintermonate bleibt sie bei nicht abnehmender Schneedecke stabil (KIMBALL et al. 1973).

VON WYL und TROXLER (1984) konstatierten in Château d'Oex (VD), 1000-1500 m, dass eine dem Boden anliegende Eisschicht ein Gefrieren von höchstens 10 cm Tiefe hervorrief. Aber nur unter Eisschichten war der Boden gefroren, und zwar mit Temperaturen von -0.1-0.0°C. Unter Schneedecken war die Bodentemperatur auf der Piste längere Zeit konstant, näm-

lich rund 0°C und neben der Piste +0.6°C. Auf Pisten in Unterwasser (SG), 1000-1400 m, und auf Langlaufloipen bei Einsiedeln (SZ), 900 m, wurde indirekt eine Unterkühlung des Bodens festgestellt, da der Neuschnee auf den Pistenflächen länger liegen blieb als auf den unberührten Flächen (VOELKE 1977, bzw. ROHWEDER 1984).

Ist der Schnee weggeschmolzen, schmücken vielerorts auf unbelasteten Flächen die Frühlingskrokusse (Crocus albiflorus) mit ihren Blüten die subalpinen Wiesen und Weiden. Sogar durch die letzten Schneereste dringen auf Flächen neben der Piste die Krokusse und Soldanellen (Soldanella alpina) hervor (vgl. BRAUN 1908, ELLENBERG 1978, ROMPEL 1928, RUEBEL 1912). BRAUN (1908) stellte bei Krokus im Herbst Blütenknospen fest, aber um sich so zu entwickeln, wie sie aus dem Schnee hervortreten, müssen sie noch zum Wachsen reichlich Wasser aufnehmen. Unter einer natürlichen Schneedecke auf ungefrorenem Boden ist das Wasserangebot genügend gross, z.B. durch die zeitweise schmelzende Schneeschicht (BROCKMANN-JEROSCH 1925-29, LARCHER 1957, RUSSELL und WELLINGTON 1940).

Anfangs Februar fand RUEBEL (1925) auf 2100 m unter mehr als einem Meter Schnee frischgrüne Blättchen verschiedener Pflanzen. Aber Lichtmangel, Boden- und Wassertemperaturen um 0°C erlauben im Winter kein grosses Wachstum (KNAPP 1958). Infolge der stärkeren Zerstreuung durch den frisch gefallenen Schnee dringt im Hochwinter nur 1% des Lichtes bis zu einer Tiefe von 18 cm ein, während im Spätsommer die grobkörnige und verdichte Altschneedecke eines kleinen Gletschers den gleichen Lichtanteil 110 cm eindringen lässt (CURL et al. 1972). RICHARDSON und SALISBURY (1977) jedoch stellten fest, dass Ende April Samen unter einer ca. 2 m dicken Schneeschicht auf Licht reagierten, obwohl das Licht in dieser Tiefe nur bei sehr günstigen Witterungsverhältnissen messbar war.

Gegen den Frühling nimmt die Regsamkeit der Pflanzen zu. Die Zunahme des Lichtes durch die dünner und dichter werdende Schneedecke und das reichlich vorhandene Schmelzwasser bewirken eine weitgehende Vorbereitung und einen Entwicklungsanfang der Blatt- und Blütensprosse (BILLINGS und BLISS 1959, BRAUN 1908). Auch bei noch verhältnismässig niedrigen Temperaturen und geringen Lichtmengen können subalpine und alpine Arten assimilieren (MOSER 1973). So konnten nahe der Waldgrenze an strahlungsreichen Tagen Ende April junge Arven unter einer Schneedecke von rund 50 cm Höhe mit der Assimilation beginnen (TRANQUILLINI 1957).

Ende Mai, wenn die Lichtstärke schon bedeutend grösser ist, wurden im Untersuchungsgebiet neben der Piste unter 50 cm Schnee Krokusknospen bis

4 cm Höhe gefunden. Eine natürliche Schneebedeckung ermöglicht dem bei der Ausaperung ungefrorenen Boden eine rasche Erwärmung und ist so der Stoffproduktion im Frühjahr förderlich (HAVRANEK 1972). Nach der Ausaperung zeigten die Aufnahmeflächen neben der Piste zuerst Krokusblüten, bald nachher erschienen die Flächen als frischgrüne Matten. Auch BILLINGS und BLISS (1959), KNAPP (1958), ROMPEL (1928), sowie RUEBEL (1912) erwähnen ein schnelles Wachstum der Pflanzen nach der Schneeschmelze.
Aber im Bereich der Skipiste sah die Grasnarbe bis etwa zwei Wochen nach der Ausaperung braun und abgestorben aus (vgl. PFIFFNER 1978, VOELKE 1977). Unmittelbar nach der Ausaperung war der Boden auf der Piste noch gefroren. Innerhalb ungefähr einer Woche tauten die obersten Zentimeter auf (vgl. Kap. 3.2.1.). Bodentemperaturmessungen während zweier Jahre von März bis Mitte Mai in Château d'Oex ergaben, dass nach der Schneeschmelze die Temperatur rasch über $0^{o}C$ anstieg, dass aber die Minimumtemperaturen auf der Piste bis am Ende der Messungen tiefer blieben als neben der Piste (VON WYL und TROXLER 1984).
Durch das langsame Auftauen des Bodens konnten die Pflanzen nur zögernd mit ihrem Wachstum beginnen: es erschienen die ersten sehr kleinen noch gefalteten Blättchen von u.a. Trifolium repens, Poa alpina und Alchemilla sp. Etwa drei Wochen nach der Ausaperung kamen die Knospen von Crocus albiflorus aus dem Boden hervor. Auf den früher aper gewordenen Stellen im Pistenbereich wurde der gleiche Vorgang dieses verzögerten Wachstumsanfangs festgestellt.
Am deutlichsten kommt der Rückstand in der Entwicklung auf Pistenflächen im verspäteten Blühen in grosser Zahl vorkommender Arten wie z.B. Crocus albiflorus, Primula elatior, Taraxacum officinale und Cardamine pratensis zum Ausdruck (vgl. DIERAUER 1984, VOELKE 1977, VON WYL und TROXLER 1984). Arten, die nur eine oder wenige Blüten oder Blütenköpfe haben, sind für diese Beobachtung gut geeignet, da sie ein eindeutiges Bild liefern.
Eine ein- bis zweiwöchige Verspätung wurde bei den Arten Crocus albiflorus, Taraxacum officinale s.l., Ligusticum mutellina und Silene dioeca festgestellt. Diese Arten gelten stellvertretend für andere Arten, die schwieriger zu erfassen waren. Die frühblühenden Arten zeigten die Verzögerung viel ausgeprägter als die spätblühenden. Der Grund wird der grössere Unterschied der Bodentemperaturen zwischen belasteten und unbelasteten Wiesenteilen am Anfang der Vegetationsperiode sein (vgl. VON WYL und TROXLER 1984). Neben der Blütezeit ist auch die Wuchshöhe ein

guter Indikator für die Entwicklungsverzögerung. Bei diesen Untersuchungen wurden in zwei der drei Transekte auf der Piste während der ersten 30 Tage nach der Ausaperung ein Rückstand der mittleren Vegetationshöhe von rund 50% gemessen. Während dieser Periode war bei Messungen nach je sieben bis zehn Tagen die mittlere Zunahme der Pflanzenhöhe auf der Piste ebenfalls geringer als neben der Piste (vgl. Kap. 3.2.6.). Also nicht nur ein späterer Vegetationsanfang, sondern auch ein langsameres Wachstum während des ersten Monates prägen die Entwicklung der Pflanzen im Pistenbereich. Erst in der letzten Woche vor der Ernte nahm das mittlere Wachstum der Vegetation auf der Piste in den drei Transekten 35 bis 107% mehr zu als neben der Piste.
DIERAUER und REDIGER (1983) führten Messungen der Höhe an häufig vorkommenden Gräserarten durch. Sie stellten auf Langlaufloipen eine um 15-30% niedrigere Höhe fest als daneben. Langlaufloipen sind bezüglich der Intensität und der Frequenz der Druckbelastung wohl gleichwertig wie Skipisten, vor allem da sich hier die Belastung auf eine sehr kleine Fläche beschränkt. Trotz des erwähnten Rückstandes fand während des Rispenschiebens ein Ausgleich statt. Ebenfalls scheint in Château d'Oex in der montanen Stufe der Zeitpunkt der reproduktiven Phase der Gräser unabhängig vom Pisteneinfluss zu sein (VON WYL 1980).

4.2. EINFLUSS DER SKIPISTEN AUF ARTENZUSAMMENSETZUNG UND ERTRAG

Man könnte erwarten, dass das Präparieren der Pisten, die daraus folgende Bildung von Eisschichten und das Gefrieren des Bodens einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hätten. In unteren Lagen, 1000-1500 m, wird von verschiedenen Autoren eine Abnahme der qualitativ hochwertigen und empfindlichen Futterpflanzen berichtet (DIERAUER 1984, KARL 1974, REDIGER 1984, SCHNITZER und KOECK 1980). In Château d'Oex variierte die Artenzusammensetzung manchmal stark und manchmal gar nicht. Doch wurde eher eine Abnahme der hochwertigen Futterpflanzen, z.B. Dactylis glomerata und eine Zunahme der minderwertigen z.B. Festuca rubra festgestellt (VON WYL und TROXLER 1984). Bei einem Experiment auf einer schneefrei gehaltenen Fläche einer Goldhaferwiese, auf 1240 m, stellte GRISCH (1907) ein starkes Zurücktreten von Trisetum flavescens, Silene vulga-

ris, Silene dioeca und Poa pratensis fest. Ueberhand genommen hatten die Arten Poa trivialis, Taraxacum officinale, Trifolium repens und Bromus mollis alles Pflanzen, die verhältnismässig widerstandsfähig sind gegen Kälte. Ganz besonders Trifolium repens und Poa trivialis konnten mit oberirdischen Ausläufern freigewordene Räume in Anspruch nehmen.

Auf der Clavadeler Alp, ca. 2040 m, kamen knapp die Hälfte der Arten neben der Piste und nur 20% der Arten auf der Piste häufiger vor (vgl. Tab. 7). In allen drei Transekten wurde eine über 10% höhere Deckung der Arten Trifolium repens und Alchemilla sp. im Pistenbereich gemessen. Ebenso hatte Taraxacum officinale s.l. auf der Piste in zwei Transekten eine höhere Deckung. Carum carvi kam im Transekt B verhältnismässig häufig auf der Piste vor, in den anderen Aufnahmen war sie kaum vorhanden. Eine gute Entwicklung von Carum carvi auf der Piste wurde auch von VON WYL (1980) festgestellt.

Auf unbelasteten Flächen aller drei Transekte kamen die Arten Ligusticum mutellina, Ranunculus montanus und Trifolium badium häufiger vor. VON WYL und TROXLER (1984) berichteten, dass Trifolium repens und Taraxacum officinale einmal mehr auf der Piste, einmal mehr daneben auftraten und besonders Trifolium repens, profitierend von grösserem Lichtangebot, Lücken auffüllte.

Die Deckungsanteile der Gräser, der Kleearten und der übrigen Kräuter waren auf den Flächen auf und neben der Piste nicht wesentlich verschieden (vgl. Kap. 3.4.). Dagegen ergaben verschiedene Untersuchungen (PFIFFNER 1978, SCHNITZER und KOECK 1980 und WELTER 1985) eine Abnahme der Gräseranteile und eine Zunahme der Kräuter-, insbesondere der "Unkräuter"anteile auf bis ca. 1500 m gelegenen Flächen im Pistenbereich. Oft findet vor allem eine Verschiebung von hochwertigen Futterpflanzen (z.B. Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Trisetum flavescens) zu minderwertigen (z.B. Agropyron repens, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Poa annua) statt (DIERAUER 1984, REDIGER 1984, SCHNITZER und KOECK 1980, und WELTER 1985).

Trifolium badium wurde häufiger neben der Piste, Trifolium repens häufiger im Pistenbereich angetroffen. So konnte in zwei der drei Transekte eine Zunahme der Gesamtdeckung der Kleearten auf der Piste festgestellt werden. Dies im Gegenteil zu der Abnahme des Kleeanteils, insbesondere des Trifolium pratense in tieferen Lagen (DIERAUER 1984, SCHNITZER und KOECK 1980 und WELTER 1985).

WELTER (1985) berichtete über eine Beobachtungsreihe von DIETL in Giswil

(OW), nach der in den ersten vier Jahren, seit dem Anfang des Skibetriebes fast kein Unterschied festgestellt wurde. Nachher nahmen jedoch auf einer schattigen, feuchten und deshalb empfindlichen Parzelle auf 1360 m Festuca pratensis und Trifolium pratense ab und der Kräuteranteil zu, vor allem mit Polygonum bistorta. Dagegen zeigte sich auf einer Parzelle auf der Sonnenseite gut hundert Meter höher noch keine Veränderung.
In den Jahren 1982 und 1983 wurde auf einer einschürigen Wiese der Clavadeler Alp, ca. 2040 m, im Pistenbereich ein geringerer Ertrag als neben der Piste gemessen. Im Jahr 1982 war der Ertrag im Durchschnitt 17.2% (=6.0 dt TS/ha), 1983 19.0% (=7.9 dt TS/ha) kleiner als derjenige ausserhalb der Piste und im Randbereich.
Erste Ergebnisse der Untersuchungen über die durch den Skibetrieb verursachten Erträgsausfälle auf der Alpe di Siusi im Südtirol (Norditalien) ergaben, dass auf den zwischen 1920-2030 m gelegenen Wiesen Ertragseinbussen von 29-58% gemessen wurden, wobei die Ausfälle mit zunehmender Höhe abnahmen (BEZZI und CUMER 1977).
Bisherige Ertragsbestimmungen auf Skipisten wurden vor allem in tieferen Höhenlagen zwischen 1000 und 1500 m vorgenommen. Zum Vergleich der Ertragsabnahmen wurde deshalb nur der erste Heuschnitt, die Ernte, berücksichtigt. Die durch den Skibetrieb verursachten Schäden können innerhalb einer und derselben Wiese stark abweichen. Kleine Reliefunterschiede führen im allgemeinen zu verschiedenen Schneehöhen, welche ihrerseits sehr unterschiedliche Druckbelastungen zur Folge haben. So wird eine Vertiefung viel stärker geschützt durch eine mächtigere Schneedecke als eine Erhöhung, die zudem zum Abschwingen einlädt. An letztgenannten Stellen betrug der Ausfall auf intensiv befahrenen Pisten im Durchschnitt 20-40%, auf weniger stark befahrenen Pisten im Durchschnitt 10% bis 20% (SCHNITZER 1977). In Oesterreich ergaben Ertragsmessungen während vier Jahren bei einem Dutzend Skipisten auf mässig bis normal belasteten Flächen einen grossflächigen Ertragsausfall von 21-30%, auf stark belasteten Flächen einen solchen von 30-70% (SCHNITZER 1983). Dagegen berichtete PFIFFNER (1978), dass die Annahme eines durchschnittlichen Ertragsausfalles von 15-20% gerechtfertigt sein dürfte, dass es aber Skigebiete gebe, wo dieser Durchschnitt auf 20-25% erhöht werden müsse. Nach einer Wachstumsperiode von 71-74 Tagen gaben VON WYL und TROXLER (1984) einen, für die Jahre 1980, '81 und '82 durchschnittlichen Minderertrag von 12.2% (=3.6 dt TS/ha) an. Die Pisten ohne Eisschicht hatten einen Ertragsausfall von 4-11%, die Pisten mit Eisschicht einen

von 4 bis 34% mit einem Durchschnitt von 15.1%. Auf verschiedenen Langlaufloipen in der Schweiz wurden Ertragsausfälle von 10-35% gemessen (DIERAUER 1984 und RIEDERER 1984). Die tieferen Werte von 10-20% wurden meistens auf Loipen gefunden, wo bei Saisonende eine Volldüngung aufgebracht worden war. Doch nicht überall wurden auf den Loipen Ertragseinbussen gemessen. Auf Weiden in höheren Lagen, z.B. am Mont Soleil, 1200 m im Jura, wo ein rauhes Klima herrscht, und im Sparrenmoos, 1700 m bei Zweisimmen (BE), wurden auf Grund der Unterschiede in der Wuchshöhe keine Beeinträchtigungen durch den Skibetrieb festgestellt. Untersuchungen über den Ertragsausfall auf Motorschlittentrasses ergaben sehr unterschiedliche Resultate. Bei einer Untersuchung wurden an den einen Orten Ertragseinbussen gemessen, an anderen nicht (RYERSON et al 1977). Beim Experiment auf einer schneefrei gehaltenen Fläche von GRISCH (1907) nahm der Ertrag ohne die schützende Wirkung der Schneedecke im Winter um 40% ab.

Auf einer einschürigen Wiese im Dischmatal, einem Seitental bei Davos, auf 1910 m Höhe gelegen, wurden von PETERER (1985) ähnliche Ertrags- und Nährstoffwerte erhoben wie auf der Clavadeler Alp. Die Vegetation im Dischmatal unterschied sich durch das reichliche Vorkommen von Ranunculus aconitifolius und Polygonum bistorta, was auf höhere Bodenfeuchtigkeit hinweist. Die Flächen auf der Clavadeler Alp ergaben lediglich einen höheren Rohproteingehalt und eine niedrigere Phosphor- und Magnesiummenge. Die übrigen durchschnittlichen Werte waren etwa gleich. PETERER (1985) stellte für die einschürigen Wiesen bei späterer Nutzung eine kontinuierliche Abnahme des Energie-, Rohprotein-, Phosphor- und Kaliumgehaltes und eine Zunahme des Rohfaser-, Calcium- und Magnesiumgehaltes des Futters fest. Das durch den Skibetrieb verzögerte Wachstum hat eine Nutzung jüngerer Pflanzen zur Folge. Im Pistenbereich war der Rohproteingehalt dementsprechend allerdings nur sehr gering höher als neben der Piste, und der Unterschied ist nicht gesichert. Die Werte für Energie, Phosphor und Kalium neben und auf der Piste zeigten keine Differenz auf. Der Rohfasergehalt neben der Piste war, wie für ältere Vegetationen allgemein, etwas höher, doch auch hier war der Unterschied eher bedeutungslos. Dagegen blieben die Werte für Magnesium und Calcium der "älteren" Vegetation neben der Piste sogar tiefer als diejenigen auf der Piste. Zwischen Skipisten mit einem verzögerten Vegetationswachstum und unbelasteten Flächen konnte im Grünfutternährwert kein Unterschied nachgewiesen werden, wie PETERER (1985) zu verschiedenen Schnittzeitpunkten feststellte.

Nach SCHNITZER (1983) verdichten die modernen, leistungsfähigen Pistenmaschinen, die heute oft über 10 Tonnen schwer sind, den Boden ab etwa 10 cm Tiefe sehr stark. Dadurch wird der Lebensraum der Pflanzenwurzeln verkleinert, was zu Ertragsausfälle führt. Der Boden der untersuchten Wiese war aber so skelettreich, dass eine Verdichtung durch das Pistenpräparieren nicht wahrscheinlich ist. Da eine allfällige Bodenverdichtung in skelettreichen Böden sehr schwierig zu messen ist, wurde sie nicht untersucht. In weniger skeletthaltigen Böden wäre eine Verdichtung des Bodens durch schwere Maschinen, einschliesslich Traktoren, vor allem in nassem oder gesättigtem Zustand gut vorstellbar. Wieweit dies für die Pistenmaschinen zutrifft, müsste genauer untersucht werden.

4.3. UNTERSCHIEDE IN DER AUSWIRKUNG DES SKIBETRIEBES ZWISCHEN MONTANEN UND SUBALPINEN WIESEN

Der Unterschied zwischen den montanen Wiesen (bis ca. 1500 m ü.M.) und den subalpinen ist klimabedingt. Mit der Höhe nehmen die Niederschlagsmenge und die Zeit der Schneebedeckung zu und die mittleren Temperaturen ab. Die montane Stufe ist charakterisiert durch relativ ausgeglichene Temperaturen und kaum auftretende Fröste während der Vegetationszeit. Die Wärmeeinstrahlung ist meistens nicht sehr gross. Das Klima der subalpinen Stufe zeigt grössere Temperaturschwankungen, grössere Einstrahlung und oft grössere Lufttrockenheit als das montane (LANDOLT 1984).
Verschiedene hochwertige und empfindliche Futterpflanzen z.B. Festuca pratensis und Dactylis glomerata, die in den tieferen Lagen mancherorts unter dem Einfluss des Skibetriebes abnehmen oder verschwinden (u.a. SCHNITZER 1977, VON WYL und TROXLER 1984) erreichen in der subalpinen Stufe die obere Grenze ihres Verbreitungsgebietes. Robustere Arten z.B. Festuca rubra und Anthoxanthum odoratum, die oft im Pistenbereich der niedrigen Höhenlagen eine Zunahme aufweisen, sind meistens auch in den unbelasteten subalpinen Wiesen stärker vertreten zufolge der rauheren Klimaverhältnisse.
In den untersuchten Flächen auf ca. 2040 m wurde ein häufigeres Vorkommen einiger Arten im Pistenbereich (Alchemilla sp., Trifolium repens und Taraxacum officinale) oder neben der Piste (Ligusticum mutellina,

Ranunculus montanus und Trifolium badium) festgestellt. Aber ob der Skibetrieb dies allein verursacht hatte, oder ob das Relief mitverantwortlich ist, konnte nicht nachgewiesen werden.

Die mittlere Höhe der Vegetation dient neben dem Blühen der Arten als Merkmal des Rückstandes in der Pflanzenentwicklung. Auf der Clavadeler Alp war kurz vor der Ernte die mittlere Höhe im Pistenbereich noch bis 30% geringer als neben der Piste. Ebenfalls erreichte die höchste Pflanze, in vielen Fällen Rumex arifolius, neben der Piste höhere Werte als im Pistenbereich. Aus verschiedenen Untersuchungen in Höhenlagen bis ca. 1500 m geht hervor, das gegen den Schnittzeitpunkt von der Verspätung nicht mehr viel festzustellen war (DIERAUER und REDIGER 1983, VON WYL und TROXLER 1984). Die Ergebnisse über das Verschwinden des Rückstandes in der Vegetationshöhe sind jedoch zu wenig zahlreich, um abgesicherte Angaben machen zu können. Als Ertragseinbussen wurden auf dem untersuchten Teil der Clavadeler Alp Werte von 12-23% gemessen. Demgegenüber sind zum Teil viel höhere grossflächige Ertragsausfälle von rund 40% und 50% bis 70% in tieferen Lagen festgestellt worden (SCHNITZER 1977, 1983). PFIFFNER (1978) jedoch gibt einen durchschnittlichen Ertragsausfall von 15-25% als gerechtfertigt an.

In der montanen Zone ist dazu ein Emdschnitt möglich. PFIFFNER (1978) beobachtete grössere Ausfälle beim Emd als beim ersten Schnitt. Der Verlust in zweischürigen Wiesen kann deshalb zusätzlich bedeutend grösser werden als auf den einschürigen subalpinen Wiesen.

Die Zahl der Daten ist ebenfalls zu gering für zuverlässige Aussagen, aber infolge der dickeren und länger liegenbleibenden Schneeschicht ist eine geringere Schädigung der subalpinen Wiesen im allgemeinen gut denkbar.

Die Untersuchung auf der ca. 2040 m hoch gelegenen einschürigen Fettwiese an einem Westhang betrifft nur einen kleinen Teil des ganzen Skigebietes. Je nach Pistenlage, Schneemenge und Beanspruchungen wird der Unterschied gegenüber den unbelasteten Wiesen grösser oder kleiner ausfallen.