Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden

Band: 113 (2004-2005)

Artikel: Sag mir, wo die Blumen sind : Auswirkungen der Langlaufloipe auf die Vegetation und mögliche Ursachen

Autor: Hiller, Priska

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-594925

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: 12.07.2025

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

Sag mir, wo die Blumen sind – Auswirkungen der Langlaufloipe auf die Vegetation und mögliche Ursachen

von Priska Hiller (Jg. 1985) – Schweizerische Alpine Mittelschule Davos – Wettbewerbsarbeit «Schweizer Jugend forscht»

Adresse:

Priska Hiller
Dischmastrasse 19
7260 Davos-Dorf

1. Vorwort

Jeden Frühling zieht sich eine grüner Streifen durch die Blumenwiese, exakt entlang der Langlaufloipe (Abb. 1). Dieses Phänomen hat mich veranlasst, mit meiner Matura-Arbeit an der Schweizerischen Alpinen Mittelschule Davos der Sache auf den Grund zu gehen. Die Resultate fielen viel versprechend aus, deshalb wurde die vorliegende Arbeit im Wettbewerb «Schweizer Jugend forscht» eingereicht und im Mai 2004 mit dem Prädikat «sehr gut» ausgezeichnet.

2. Einleitung

2.1 Aktueller Wissensstand

Zum gewählten Thema finden sich kaum publizierte Arbeiten. Mit ähnlichen Fragen beschäftigte sich ein Forschungsteam des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos: «Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten».

Dieses Forschungsteam beschäftigte sich jedoch nicht mit den Auswirkungen der Langlaufloipe aus Naturschnee auf die Vegetation, sondern mit Kunstschneepisten in Skigebieten. Trotzdem treten vielleicht ähnliche Phänomene wie zum Beispiel tiefere Bodentemperaturen unter der bearbeiteten Schneedecke oder eine spätere Ausaperung auf. Das Forschungsteam des SLF führte auch Versuche auf einem neben der Loipe gelegenen Gebiet durch: *«Getestet wurde der Einfluss der Verdichtung, sowie von chemischen Aspekten der Schneedecke. Als mögliche Indikationen einer Reaktion wurden Wuchsleistung und Blütezeitpunkt der Vegetation sowie Temperatur, Luftqualität und Stickstoffhaushalt auf der Bodenoberfläche und im Boden untersucht.»* Das Team kam zum folgenden Schluss: *«Die Ergebnisse zeigen, dass die Auskühlung des Bodens durch Verdichtung der Schneedecke einerseits und die verspätete Ausaperung andererseits eine Verzögerung der Pflanzenentwicklung bewirken, was sich auch in einer Verschiebung der Artenzusammensetzung äussern kann. Das Phänomen der verspäteten Pflanzenentwicklung lässt sich während einiger Wochen nach der Schneeschmelze auch bei Winterwanderwegen und Langlaufloipen beobachten.»* Bei der Biomasse konnte das Team keine Unterschiede feststellen: *«Die Biomasse, welche am 18. Juli 2000 auf den einzelnen Teilflächen geerntet wurde, war unab-*

Abb. 1: Im Frühsommer ist die Lage der Langlaufloipe in der Wiese als grüner Streifen deutlich sichtbar. (Foto Priska Hiller)

hängig von der Behandlung des vergangenen Winters auf allen Flächen gleich (ca. 600 g Trockengewicht/m²).»
Die Dissertation von CHRISTIAN NEWESELY (1997) untersucht Skipisten aus Kunstschnee und kommt zu folgenden Ergebnissen: *«Bei den hier vorliegenden Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass der stärkste Einfluss auf das Ökosystem Schipisten von der starken Verdichtung des Schnees bei der Präparierung ausgeht. Wenn die Schneedecke sehr stark verdichtet ist, wird die Wärmeisolationsfähigkeit der Schnees stark herabgesetzt und ausserdem bilden sich sehr leicht massive Eisschichten an der Bodenoberfläche, die als Ursache für Sauerstoffmangel unter der Schneedecke erkannt wurden.»* Er stellte ebenfalls eine verzögerte Ausaperung fest: *«Die Präparierung der Schipisten führt zu einer Verzögerung der Ausaperung im Frühjahr. [...] Dadurch kommt es zu einer Verkürzung der Vegetationsperiode, was auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zu Ertragseinbussen führt.»*

2.2 Hypothese
Aufgrund meiner Beobachtung des «grünen Streifens», der Ergebnisse des Forschungsteams des SLF und jenen von CHRISTIAN NEWESELY habe ich folgende Hypothese entwickelt: Die Langlaufloipe hat Auswirkungen auf die darunter liegende Vegetation. Ziel dieser Arbeit ist, folgende Fragen zu beantworten: Woraus bestehen diese Auswirkungen und wie gross sind sie? Gibt es Unterschiede in der Vegetationsentwicklung und in der Phänologie? Was könnten die Ursachen sein: tiefere Temperaturen unter der Schneedecke, spätere Ausaperung, wie das zum Beispiel bei Kunstschneepisten der Fall ist, unterschiedlicher Aufbau der Schneedecken? Möglicherweise ist die Bodentemperatur unter der Loipe tiefer, da die Schneehöhe kleiner ist.

3. Vorgehen

Das Beobachtungsgebiet befindet sich auf einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Wiese in Davos-Dorf. Sie wird zweimal während des Sommers gemäht. Im Frühling wird sie geeggt, nach dem Mähen gedüngt und im Herbst, nachdem sie noch als Weideland für die Kühe gedient hat, gemistet.
Auf dieser Wiese wurden zwei Untersuchungsgebiete angelegt, eines auf der Loipe und ein weiteres daneben. Diese Untersuchungsgebiete werden in dieser Arbeit mit UG Loipe und UG Wiese bezeichnet. UG Wiese ist im Winter umzäunt, damit Menschen durch Schuhabdrücke den Schnee nicht komprimieren. Alle Untersuchungen und Messungen werden auf beiden Gebieten durchgeführt und verglichen.
Mit Digitalfotos werden sämtliche Untersuchungen dokumentiert. Zusätzlich halten Übersichtsfotos, die wöchentlich vom Balkon der Dischmastrasse 19 etwa zur gleichen Tageszeit gemacht werden, die optischen Eindrücke von den beiden nebeneinander liegenden Untersuchungsgebieten fest.

Herbst

Winter

Frühling

Sommer

Abb. 2: Die Vegetation entlang der Langlaufloipe im Jahresablauf. (Foto Priska Hiller)

3.1 Auswirkungen

3.1.1 Beobachten der Vegetation (Artenvielfalt und Blütezeit)

Das Beobachten der Vegetation wird auf blühende Arten beschränkt.

Sobald die ersten Blumen blühen, werden zweimal in der Woche Übersichtsfotos gemacht und auf den beiden UGs in einer Parzelle von einem Quadratmeter die blühenden Arten bestimmt und gezählt.

3.1.2 Biomasse

Das Gras wird 40x40 cm bodeneben geschnitten, die Biomasse wird anschliessend im nassen und später in getrocknetem Zustand gewogen. Der Biomassenvergleich findet mindestens vor jedem Mähen der Wiese statt, im Frühling vor dem ersten Mähen auch noch während der Wachstumsphase.

Die Entschädigung, die von Davos Tourismus und der Landschaft Davos den Bauern bezahlt wird (~0.15 Fr/m^2 Loipe), wird mit dem aktuellen Heupreis verglichen. Dazu werden die Resultate über die Vegetationsperiode aufsummiert und anschliessend der Preis für die Ernteeinbusse berechnet.

3.1.3 Sonstige Beobachtungen

Falls weitere Unterschiede auftreten, werden diese beobachtet und notiert.

3.2 Mögliche Ursachen

3.2.1 Kontinuierliche Messungen

Vor dem Einschneien eingegrabene Temperatur-Logger messen jede Stunde die Bodentemperaturen. Der Sensor befindet sich auf Bodenhöhe. (Abb. 3)

Abb. 3: Temperatur-Logger mit Recco-Sender und Häring. Rechts ist der Temperatur-Logger zu sehen. Er ist durch eine Schnur mit einem Häring und einem Recco-Sender verbunden, damit er nach der Schneeschmelze sicherlich wieder gefunden werden kann. (Foto Priska Hiller)

Täglich wird die Lufttemperatur um 7.00, 12.00 und 19.00 Uhr gemessen und protokolliert.
Die Schneehöhe wird jede Woche gemessen, auf der Wiese durch Ablesung am Schneepegel, auf der Loipe durch Messung mit der Sondierstange (evtl. zuerst mit dem Eispickel ein Loch graben, falls der Schnee zu hart ist). Unter der Loipe befindet sich an der Messstelle ein Grasteppichstück 40x40 cm, damit die Sondierstange nicht noch in den Boden gedrückt werden kann.

Mittels linearer Regression wird abgeklärt, ob die Entwicklung der Bodentemperaturen der beiden UG's von der Entwicklung der Lufttemperaturen abhängig ist und ob die Bodentemperaturen verzögert auf die Lufttemperaturen reagieren. Unterschiede in der Entwicklung der Bodentemperaturen zwischen den beiden UG werden mit gepaartem t-Test auf Signifikanz geprüft. Getestet wird auch, ob die unterschiedlichen Bodentemperaturen der beiden UG durch Unterschiede in der Schneehöhe erklärbar sind und zwar wiederum mit linearer Regression. Für alle Analysen werden nur Daten verwendet, die zwischen dem 30. November 2002 und 27. März 2003 erhoben worden sind, d.h. bei einer Schneehöhe von mehr als 10 cm im UG Wiese.

3.2.2. Detaillierte Messungen (einmal pro Monat)

Allgemein:
- Schneehöhe zusätzlich an drei weiteren Stellen messen, evtl. unterschiedliche Schneeverteilung
- Schneeprofile auf beiden UGs erstellen

Schneeprofil: (Abb. 4)
- In den Schnee Loch bis auf den Boden graben
- Schneeschichten durch Hin- und Herwischen mit der Hand bestimmen
- Temperatur mit Thermometer (869 Keithley) an der Schneeoberfläche am Boden und in der Mitte jeder Schicht messen

Abb. 4: Schneeprofil UG Wiese. Im Vordergrund der UG Wiese ein Schneeprofil mit Sondierstange, Thermometer, Strong Stich Snow Density Gage (links an der Eckmarkierung des UGs). (Foto Priska Hiller)

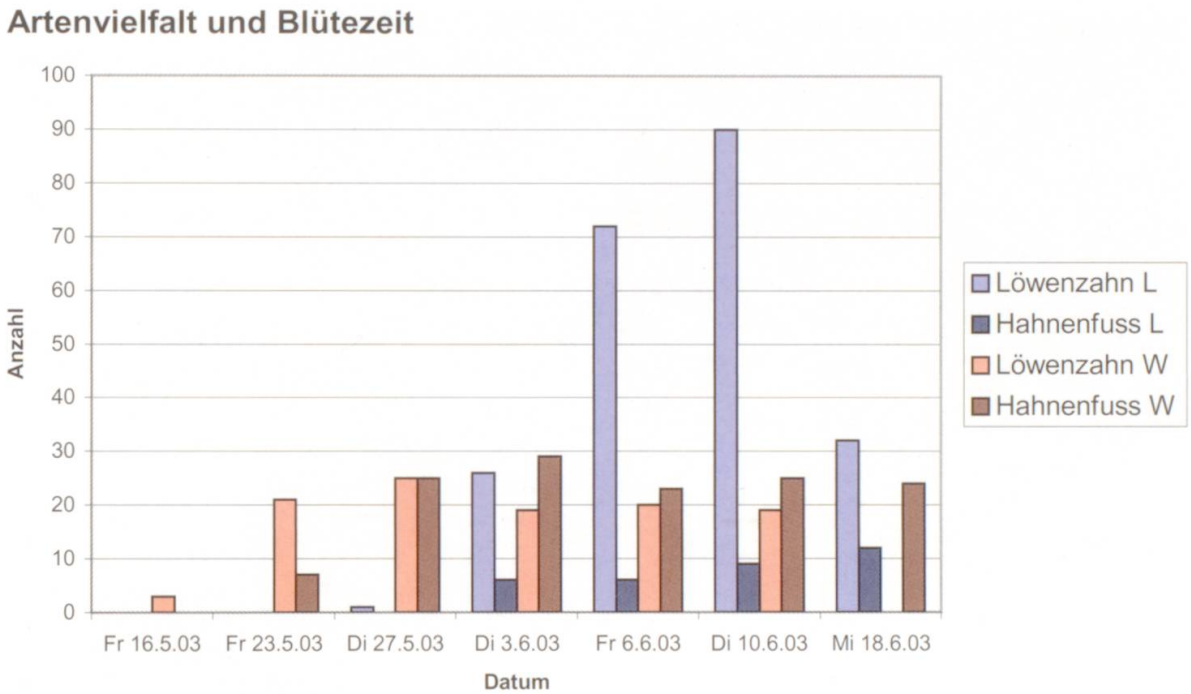

Abb. 5: Phänologische Entwicklung von Löwenzahn *Taraxacum officale* und Hahnenfuss *Ranunculus acris* auf der Loipe (L) und der Wiese (W).

- Härte der Schneeschichten von Hand bestimmen (MUNTER 1997)
- Wasseranteil des Schnees in der Mitte jeder Schicht mit dem Strong Stich Snow Density Gage messen

Aus dem Wasseranteil des Schnees lässt sich die Dichte bestimmen. Mit der mittleren Dichte und Höhe der Schneedecke wird ihre aktuelle Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit und die Temperaturleitfähigkeit berechnet (NEWESELY 1997).

3.2.3. Ausaperung

Tägliche Übersichtsfotos halten den genauen Ablauf der Ausaperung fest. Ansonsten wird das Gebiet ganz genau beobachtet, das heisst, falls Unterschiede auftreten, werden diese notiert. Da, nachdem die Wiese ausgeapert war, nochmals etwas Schnee fiel, wurden zusätzlich detaillierte Messungen gemacht.

4. Resultate

4.1. Auswirkungen

4.1.1. Vegetation

Der Löwenzahn, *taraxacum officale* und der Hahnenfuss *ranunculus acris* blühen auf dem UG Wiese früher als auf dem UG Loipe. Auf dem UG Loipe ist eine Löwenzahnansammlung zu beobachten (Abb. 5).

Neben dem UG Loipe sind am Mittwoch 18.6.03 auf der Loipe noch gemeine Margeriten *leucanthemum vulgare* gewachsen, jedoch nur auf einer bestimmten ca. 5x5 m grossen Fläche. Auf dem UG Wiese sind noch der Schlangenknöterich *polygonum bistorta* und Kümmel *carum carvi* gewachsen, daneben auf der Wiese die gewöhnliche Vogelwicke *vicia cracca,* bleicher Klee *trifolium repens* und der Wald-Storchenschnabel *geranium sylvaticum.*

Die gesamte Wiese wurde am Donnerstag 19.6.03 und am Montag 28.7.03 gemäht.

Nach dem ersten Mähen haben auf beiden Untersuchungsgebieten nur noch der bleiche Klee und Kümmel geblüht.

Auf dem UG Wiese wuchs mehr Biomasse als auf dem UG Loipe, nämlich 213 g im nassen und 79 g mehr im getrockneten Zustand. Ausser bei den Messungen vom Mi 18.6.03, als auf der Loipe 17 g mehr Biomasse wuchs, die aber im getrockneten Zustand wieder leichter war als die der Wiese (Abb. 6). Aus dem Heupreis (~0.45 Fr/kg) und der durchschnittlichen Ernteeinbusse von 164.6 g/m² lässt sich die finanzielle Einbusse berechnen: 0.076 Fr/m². Die Bauern erhalten von Davos Tourismus und der Landschaft Davos eine Entschädigung von 0.15 Fr/m².

4.1.2. Weitere Beobachtungen

Während heftigen Regenfällen am Mi 18.6.03 ist das Gras auf der Loipe gegen den Boden gedrückt worden, auf der Wiese hingegen nicht oder dann nur minimal (Abb. 7). Das Gras richtet sich schon nach kurzer Zeit wieder auf.

Auf dem UG Wiese kann man einen Aufbau der verschiedenen Gräsern feststellen. Die typischen Obergräser von Heuwiesen, *Dactylis glomerata, Poa pratensis und Trisetum flavescens* kommen nur im UG Wiese vor. Einzige Ausnahme ist *Alopecurus pratensis,* welcher auch als Obergras gilt und trotzdem in beiden UGs vorkommt.

4.2. Mögliche Ursachen

4.2.1. Temperaturen und Schneehöhen

Nachdem sich die Lufttemperatur verändert hat, ist auch eine verzögerte Veränderung der Bodentemperatur des UG Loipe festzustellen (Abb. 8). Diese Temperaturen bewegen sich während des ganzen Winters im Minusbereich, im Gegensatz dazu beträgt die Bodentemperatur auf dem UG Wiese ca. 0°C. Die Schneehöhe auf dem UG Loipe ist durchschnittlich um 20.55 cm tiefer als auf dem UG Wiese.

Die Abklärung mittels linearer Regression ergab, dass die Bodentemperaturen unter der Loipe von der Lufttemperatur statistisch signifikant abhängig sind, jedoch erst mit einer Verzögerung von zwei Tagen. Die Veränderung der Lufttemperatur bewirkt

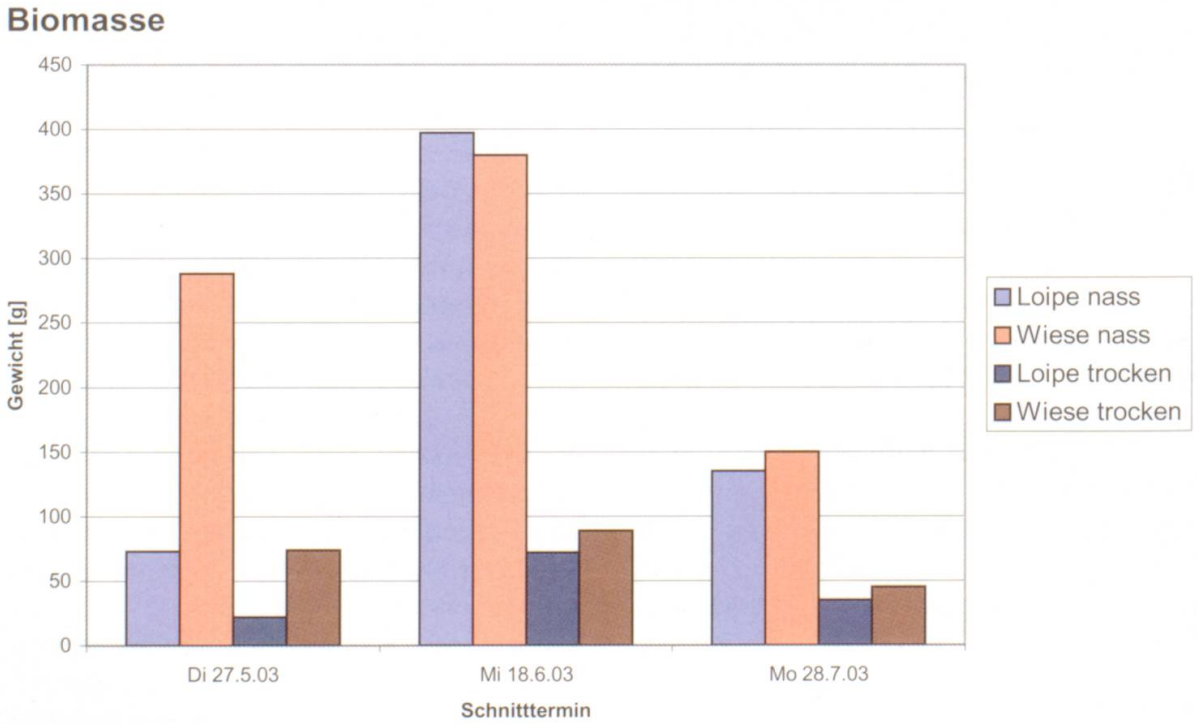

Abb. 6: Biomassenvergleich; Schnitttermine jeweils kurz vor dem Mähen, ausser 27.5.03 während der Wachstumsphase

Abb. 7: Vom Regen niedergedrücktes Gras auf der Loipe (18.6.03). (Foto Priska Hiller)

eine um etwa zwei Tage verzögerte ähnliche Veränderung der Bodentemperatur auf dem UG Loipe (Abb. 9). Die Bodentemperaturen auf dem UG Wiese sind statistisch von der Lufttemperatur unabhängig (Abb. 10). Vergleicht man die Daten ohne Zeitverzögerung so erhält man deutlich kleinere Abhängigkeiten: UG Loipe: $R^2=0.26$, $p<0.001$; UG Wiese: $R^2=0.02$, $p=0.11$. Die Quantität der Schneedecke hat keinen Einfluss auf die Bodentemperaturen $R^2=0.20$, $p=0.07$.

4.2.2. Detaillierte Messungen

Die Schneedecken auf und neben der Loipe sind sehr unterschiedlich aufgebaut. Die Schneedecke neben der Loipe hat eine deutliche Schichtung aus weichen und härteren Schneeschichten, die nie aus Eis bestehen. Die Temperatur steigt innerhalb der Schneedecke von oben nach unten bis auf 0°C an.

Die Schneedecke der Loipe weist nur zwei bis drei Schichtungen auf. Der Schnee ist viel dichter als auf der Wiese und wird von oben nach unten immer dichter, bis er sogar vereist. Die Temperatur steigt ebenfalls innerhalb der Schneedecke an, bleibt am Boden allerdings immer noch im Minusbereich. Folglich ist der Boden unter der Loipe gefroren und daneben nicht (Abb. 8).

Die Temperaturleitfähigkeit der Schneedecke auf dem UG Wiese ist wesentlich kleiner als die auf der Loipe (Tab. 1).

4.2.3. Ausaperung

Beide Untersuchungsgebiete apern etwa gleichzeitig aus (Abb. 11). Als nach der Ausaperung nochmals etwas Schnee fällt, bleibt dieser jedoch auf der Loipe länger liegen. Auf der Loipe schauen auch weniger Grashalme aus dem Schnee als auf der Wiese.

Ein genauer Vergleich der Bodentemperaturen während und nach der Ausaperung zeigt, dass die Bodentemperatur der Loipe immer noch tiefer ist als die der Wiese, obwohl kein Schnee mehr liegt. Die Schnee-

Abb. 8: Temperaturen- und Schneehöhenverlauf 14.11.02–8.4.03

höhe im UG Loipe ist, nachdem am 4. April 2003 nochmals etwas Schnee gefallen ist, um 3 cm höher als im UG Wiese (Abb. 12).

5. Diskussion und Folgerungen

5.1. Auswirkungen auf die Vegetation

5.1.1. Artenvielfalt und Blütezeit

Auf der Loipe ist die Vielfalt der blühenden Arten etwas kleiner als auf der Wiese. Wenn man die Wiese jedoch in einem grösseren Umkreis betrachtet, kann man feststellen, dass neben der Loipe noch mehr Blumenarten zu finden sind.

Die Vegetationsentwicklung wird durch die Loipe verzögert. Auf dem UG Wiese hat der erste Löwenzahn am 16. Mai geblüht. Auf dem UG Loipe jedoch erst am 27. Mai, also elf Tage später. Dies ist auch die Ursache für das Phänomen «grüner Streifen»: Neben der Loipe blüht der Löwenzahn bereits und auf der Loipe nicht. Somit wirkt die Loipe grün und die Wiese gelb.

Leider sind nicht so viele verschiedene Blumen gewachsen, da die Wiese intensiv genutzt wird. Es gibt auf einer Wiese aufgrund der Versamung oder durch die vegetative Vermehrung, wie dies bei der Margerite der Fall ist, Felder mit bestimmten Blumenarten, somit ist mit den beiden Versuchsfeldern nur ein kleiner Teil der Wiese wirklich genau analysiert worden. Anhand dieser «Artenfelder» lässt sich auch das Margeritenfeld auf der Loipe erklären. Die Löwenzahnansammlung auf der Loipe hat wahrscheinlich die gleiche Ursache. Der «grüne Streifen» ist dadurch nicht verblasst, da der Löwenzahn auf der Loipe später blüht als auf der Wiese, wo zu dieser Zeit schon gelber Hahnenfuss blüht.

Die allgemein kleine Artenvielfalt auf der gesamten Wiese und die zusätzliche Verringerung durch die Loipe sind Auswirkungen auf die Natur, wie folgendes Zitat von Bätzing 1988 verdeutlicht: «[...] *Ähnliches gilt für Skipistenabfahrten, die selbst bei guter Gestaltung und Pflege auf Grund der Belastung nicht so artenreich sein können wie eine gut genutzte Wiese in gleicher Höhe. Auch für die meisten der Landwirtschaftsflächen gilt: Eine an den heutigen Ansprüchen orientierte Bewirtschaftung mit hohem Flächenertrag, starkem Maschineneinsatz*

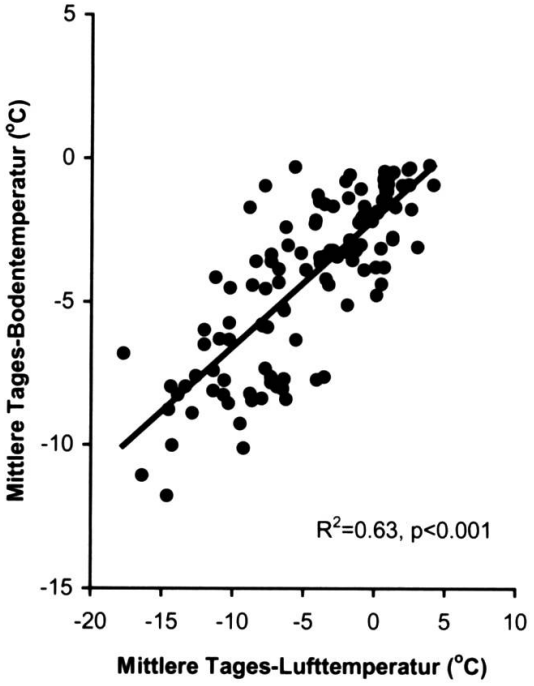

Abb. 9: Lineare Regression zwischen Boden- und Lufttemperatur auf UG Loipe mit zwei Tagen Verzögerung (30.11.02–27.3.03).

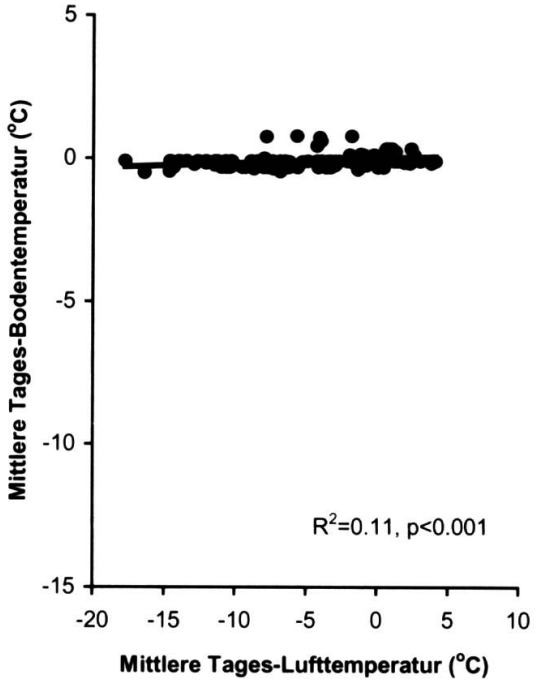

Abb. 10: Lineare Regression zwischen Boden- und Lufttemperatur auf UG Wiese mit zwei Tagen Verzögerung (30.11.02–27.3.03).

und hoher Düngergabe verringert die Artenvielfalt und die ökologische Stabilität.»

5.1.2. Biomasse

Auf der Loipe wächst weniger Biomasse als auf der Wiese. Die zeitliche Verzögerung kann man auch hier feststellen: Am 10. Juni wächst auf der Loipe noch deutlich weniger Biomasse, am 23. Juni ist es ziemlich ausgeglichen. Das Gras erreicht nach einer gewissen Zeit seine Maximalhöhe und wächst danach nicht mehr weiter. In der Zwischenzeit bis zum Mähen kann somit das Gras auf der Loipe «aufholen». Das heisst, es wächst noch, während das Gras auf der Wiese schon seinen ausgewachsenen Zustand erreicht hat, und der Biomassenunterschied wird immer kleiner.

Beim Schneiden könnten Fehler entstanden sein, da es schwierig ist, das Gras ganz

	Det. Mess. 28.12.02		Det. Mess. 31.1.03		Det. Mess. 4.3.03	
	UG Wiese	UG Loipe	UG Wiese	UG Loipe	UG Wiese	UG Loipe
Schneehöhe [cm]	18.50	4.25	60.25	21.50	62.00	31.00
Wasseranteil [%]	30.00	50.00	20.00	65.00	21.00	90.00
Dichte [g/cm³]	0.30	0.50	0.20	0.65	0.21	0.90
Wärmekapazität [J/(m²*K)]	1.16E-08	4.44E-09	2.52E-08	2.92E-08	2.72E-08	5.83E-08
Wärmeleitfähigkeit [W/(m²*K)]	1.39E-11	1.68E-10	1.89E-12	5.60E-11	2.03E-12	7.45E-11
Temperaturleitfähigkeit [W/J]	1.20E-03	3.77E-02	7.51E-05	1.92E-03	7.45E-05	1.28E-03
Faktor	31.58	25.52	17.14			

Tab. 1: Temperaturleitfähigkeiten der Schneedecken

genau auf 40x40 cm und überall genau gleich hoch zu schneiden.

Der Vergleich von Ernteeinbusse und Entschädigung zeigt: Die Bauern erhalten doppelt soviel Geld, wie sie durch die Loipenbenützung im Winter einbüssen. Das Gras wird aber zum Teil auf Wiesen, die im Winter als Loipe benützt werden, später gemäht. Dadurch kann das Gras auf der Loipe, wie oben schon erwähnt, aufholen und die Ernteeinbusse hält sich klein, da der Zeitverlust nicht berücksichtigt wurde. Die hohe Entschädigung lässt sich aber auch rechtfertigen, da die Bauern durch den Tourismus zum Beispiel durch Abfälle mehr Zeit aufwenden müssen, um die Wiese in gleichem Masse landwirtschaftlich zu nutzen. Die Bewirtschaftung touristisch genutzter Flächen soll, wie das folgende Zitat von BÄTZING (1988) verdeutlicht, nicht unterschätzt werden: *«Dabei kommt im Bereich der ökologischen Flächensicherungen (Skipisten, Loipen, Wanderwege) der Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft ein wichtiger Stellenwert zu, weil «richtig» genutzte bäuerliche Flächen die touristischen Belastungen besser verkraften als nicht genutzte Flächen. Allerdings sind die Bauern*

Abb. 11: Übersichtsfoto während der Ausaperung. Auf dem Foto, Di 1.4.2003, ist gut ersichtlich, dass Loipe und Wiese gleichzeitig ausapern. (Foto Priska Hiller)

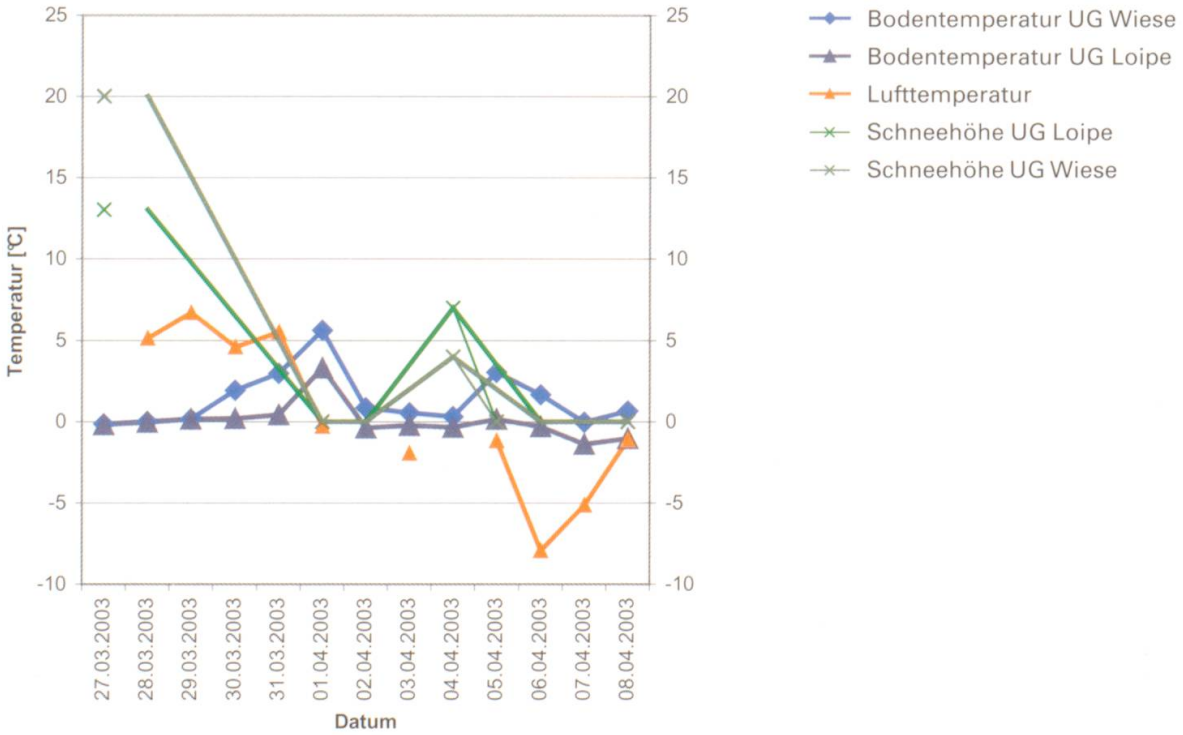

Abb. 12: Temperaturen- und Schneehöhenverlauf während der Ausaperung

dafür entsprechend zu bezahlen, denn diese Flächen bringen bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher und touristischer Nutzung einen geringeren Ertrag und erfordern höhere Pflegearbeiten. Die Seilbahngesellschaften sollten ihre starke wirtschaftliche Position nicht dazu ausnutzen, die Preise für die Bauern zu drücken, weil dadurch diese für beide Seiten profitable und ökologisch sinnvolle Zusammenarbeit erschwert wird.»

5.1.3. Sonstige Beobachtungen

Durch starken Regen wurde das Gras auf der Loipe deutlich stärker geknickt. Vielleicht ist das Gras auf der Loipe auf Grund seiner kürzeren, dafür intensiveren, Wachstumsphase weniger stabil als das auf der Wiese.

Ein weiterer Grund könnte das reduzierte Vorkommen von Obergräsern auf der Loipe sein, welche möglicherweise eine gewisse Stabilität bewirken.

5.2. Mögliche Ursachen

5.2.1. Schneedecke und Temperaturen

Die Bodentemperaturen auf dem UG Loipe sind deutlich tiefer als auf dem UG Wiese und weisen zum Teil starke Schwankungen auf. Sie sind mit einer Verzögerung von zwei Tagen in 63 % der Fälle von der Lufttemperatur abhängig. Veränderungen der Lufttemperatur werden durch die Schneedecke nicht isoliert wie auf dem UG Wiese, sondern nur verzögert und vermindert. Die Schneehöhe auf der Loipe ist zwar niedriger als daneben. Es besteht allerdings statistisch kein gesicherter Zusammenhang. Vermutlich ist die Qualität der Schneedecke und nicht ihre Quantität massgebend.

Der Schnee auf der Loipe ist viel dichter, zum Teil sind sogar Eisschichten vorhanden. Der Schnee wird mechanisch durch das Pistenfahrzeug bearbeitet. Das Pistenfahrzeug wühlt zuerst den Schnee auf und drückt ihn dann flach. Das Aufwühlen verkleinert die einzelnen Schneekristalle und beim Komprimieren wird die Luft aus dem Schnee heraus- und die Schneekristalle zusammengepresst. Dadurch verdichtet sich die Schneedecke. Aus der hohen Dichte und der niedrigen Schneehöhe resultiert die bis 31-mal höhere Temperaturleitfähigkeit der Schneedecke auf dem UG Loipe. Die Schneedecke auf der Loipe isoliert folglich viel schlechter als die luftige Schneedecke auf der Wiese, was zu deutlich tieferen Bodentemperaturen führt.

Die Isolationsleistung der Schneedecke unter der Loipe ist stark vermindert im Gegensatz zur unbearbeiteten Schneedecke daneben. Dadurch, dass die Bodentemperatur unter der Loipe viel niedriger ist und sich je nach Lufttemperatur auch verändert, könnte die Vegetationsentwicklung verzögert werden.

Meine Ergebnisse stimmen im Bezug auf die Bodentemperaturen und der Temperaturleitfähigkeit mit denen von CHRISTIAN NEWESELY überein. Er schlägt folgendes vor, um die darunter liegende Vegetation zu schonen: *«Daher sollte bei der Präparierung der Pisten besonderer Wert darauf gelegt werden, eine starke Verdichtung zu vermeiden. Dies ist vorallem dadurch zu erreichen, dass die Pisten nur dann präpariert werden, wenn die Schneedecke nicht durchfeuchtet ist. Für die Praxis bedeutet das, dass die Pisten nicht am späten Nachmittag, sondern erst in den frühen Morgenstunden präpariert werden sollten.»*

5.2.2. Ausaperung

Die Loipe apert nicht wesentlich später aus als die Wiese rundherum. Folglich kann sich die Vegetationsentwicklung auf der Loipe nicht durch länger liegenden Schnee verzögern, wie das zum Beispiel auf alpinen Skipisten mit Kunstschnee der Fall ist (vgl. SLF 2002).

Man kann jedoch, wie während des Winters, einen Unterschied bei den Bodentemperaturen feststellen. Da die Bodentemperatur auf der Loipe immer noch tiefer ist als

die auf der Wiese, lässt sich auf der Loipe der langsamere Schmelzprozess des nach der Ausaperung gefallenen Schnees erklären: Der Boden hat immer noch Kälte gespeichert, folglich ist die Bodentemperatur tiefer und der Schnee schmilzt langsamer.

5.3. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Untersuchungen verifizieren meine Hypothesen. Die Langlaufloipe hat Auswirkungen auf die Vegetation: Verzögerung der Vegetationsentwicklung, verringerte Artenvielfalt, geringere Produktivität. Mögliche Ursachen sind die verminderte Isolationsfähigkeit der Schneedecke der Loipe und die daraus hervorgehenden tiefen Bodentemperaturen. Die Ausaperung findet gleichzeitig statt und hat somit keinen Einfluss.

Weiterführende Untersuchungen wären im Bereich Boden und insbesondere auch im Bereich Vegetation möglich, was ich in dieser Arbeit jedoch nicht gemacht habe.

6. Zusammenfassung

Regelmässig zeigt sich im Frühling ein «grüner Streifen» durch die gelb blühende Blumenwiese. Diese Beobachtung bewog mich zu der vorliegenden Untersuchung.

Ich entwickelte die Hypothese, dass die Langlaufloipe einen Einfluss auf die Vegetationsentwicklung habe. Während der ganzen Arbeit dokumentierte ich die Wiesenentwicklung regelmässig mit Fotos.

Nach der Schneeschmelze beobachtete ich das Wachstum der Vegetation genau, besonders die verschiedenen Blumenarten und deren Blütezeit. Zusätzlich bestimmte ich dreimal die oberirdische Biomasse. Um mögliche Ursachen einer veränderten Vegetationsentwicklung herauszufinden, wurden die Lufttemperatur, die Bodentemperatur und die Schneehöhe gemessen und verglichen. Zusätzlich fand monatlich ein Vergleich der Schneedecken statt. Die Ausaperung habe ich genau verfolgt, da z. B. der Schnee auf Skipisten später schmilzt als daneben.

Im Bereich der Loipe verzögerte sich das Wachstum der Vegetation nach der Schneeschmelze. Dies zeigte sich vor allem bei der Blütezeit: Der erste Löwenzahn in der unberührten Wiese blühte 11 Tage vor dem ersten auf der Loipe. Optisch ist diese Verzögerung darin zu beobachten, dass die Wiese dort, wo die Loipe durchführt, grün und daneben aufgrund des blühenden Löwenzahns gelb erscheint. Diese Verzögerung wirkte sich auch auf die Biomasseproduktion aus: Nach der Schneeschmelze wuchs auf der Loipe viermal weniger Biomasse als daneben. Dieser enorme Unterschied verkleinerte sich jedoch bis zum üblichen Mähzeitpunkt im Juni.

Die Bodentemperatur unter der Loipe war wesentlich tiefer als daneben. Der Boden war unter der Loipe gefroren bei Temperaturen bis -10°C. Neben der Loipe lag die Bodentemperatur um den Gefrierpunkt. Zusätzlich ergab sich eine statistisch signifikante Abhängigkeit der Bodentemperatur unter der Loipe von der Lufttemperatur: Mit einer Verzögerung von zwei Tagen können 63 % der Bodentemperaturwerte mit der Lufttemperatur erklärt werden. Die Höhe der Schneedecke spielt keine grosse Rolle, ihre Qualität hingegen schon. Ich konnte beim monatlichen Schneedeckenvergleich deutliche Unterschiede feststellen: Die Schneedecke auf der Loipe hatte weniger Schichtungen. Zudem war der Schnee wegen der Kompression durch das Pistenfahrzeug viel dichter. Ich schloss daraus, dass die Isolationsfähigkeit der Schneedecke auf der Loipe, im Gegensatz zu der unberührten, luftigen daneben, stark vermindert ist und der Hauptgrund für die verzögerte Vegetationsentwicklung sein dürfte.

Die Ausaperung fand auf der gesamten Wiese innerhalb von vier Tagen gleichzeitig statt und dürfte somit keinen Einfluss auf

die Vegetationsentwicklung haben.
Ich konnte meine Hypothese verifizieren: Die Langlaufloipe hat Auswirkungen auf die Vegetationsentwicklung. Das Wachstum der Vegetation und somit auch die Blütezeit werden auf der Loipe zeitlich verzögert. Zusätzlich wird dort auch weniger Biomasse produziert. Mögliche Ursachen sind die verminderte Isolationsfähigkeit der Schneedecke der Loipe und die daraus resultierenden tiefen Bodentemperaturen.

7. Dank

Ich möchte mich bei folgenden Personen, die zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben, bedanken:
- Dr. Martin Schütz, Experte meiner Wettbewerbsarbeit für «Schweizer Jugend forscht» und Mitarbeiter an der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Kurt Locher, Betreuer meiner Maturaarbeit «Auswirkungen der Langlaufloipe auf die Vegetation und mögliche Ursachen» und Mittelschullehrer für Biologie.
- Dr. Ruedi Bless, Koreferent meiner Maturaarbeit und Mittelschullehrer für Geographie.
- Dr. Veronika Stöckli, Gespräch über die Forschungsarbeit «Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten» vom Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF Davos.
- Familie Ehrensperger, Nutzung ihrer Wiese für meine Untersuchungen.
- Vater Martin Hiller, Tipps und Hilfe bei den Untersuchungen der Schneedecke und beim Schreiben der Arbeit.
- Bruder Tobias Hiller, Gestaltung des digitalen Anhangs.

8. Literaturverzeichnis

- Bätzing, W. (1988): Die Alpen, Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. Frankfurt S. 193, 229.
- Davos Tourismus (1999;): Landschaft Davos Gemeinde: Vereinbarung zwischen Davos Tourismus und Landschaft Davos Gemeinde einerseits sowie dem Grundeigentümer andererseits betreffend Benutzung von Langlaufloipen in der Landschaft Davos.
- Ing. Büro Darnuzer Davos (1999): Loipenplan Davos, Parzelle 748. LIS Davos.
- Lauber, K., Wagner, G. (1996): Flora Helvetica. Bern, Stuttgart, Wien.
- Munter, W. (1997): 3x3 Lawinen, entscheiden in kritischen Situationen. Garmisch Partenkirchen.
- Newesely, C. (1997): Auswirkungen der künstlichen Beschneiung von Schipisten auf Aufbau, Struktur und Gasdurchlässigkeit der Schneedecke, sowie auf den Verlauf der Bodentemperatur und das Auftreten von Bodenfrost. Dissertation Innsbruck.
- Danesch, E. (1984): Alpenblumen, häufige und charakteristische Blütenpflanzen unserer Bergwelt. Silva-Verlag, Zürich.
- SLF (2002): Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten (Schlussbericht eines Forschungsprojektes) Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.