Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 23, 1994

Auswirkungen der künstlichen Beschneiung auf Bodenverdichtung, Bodentemperatur, Ernteertrag und Collembolenfauna von Pistenböden

Verena Trockner und Hubert Kopeszki

Synopsis
Effects of artificial snowing on undisturbed alpine soils were investigated in Gröden Valley (South-Tyrol/Italy) at 2300 m a. s. l. Moisture retention curves from A- and B-horizon show a tendency towards soil compaction, particularly in the artificially prepared slope. The collembola coenoses of the artificially prepared slope shows a lower number of species, euedaphic animals decrease. Surface active organisms are more abundant.

Künstliche Beschneiung, Schipisten, Ertrag, Bodenverdichtung, Porengrößenverteilung, Collembolen.
Artificial snowing, ski slopes, production, soil compaction, pore size, collembola.

1. Einleitung

In Südtirol gibt es laut einer Erhebung von 1991 Pistenflächen von insgesamt 2910 ha. Davon wird ein Drittel, nämlich 975 ha, künstlich beschneit. Aufgrund der Schneearmut an der Alpensüdabdachung wird meist vollflächig beschneit, wobei schwere Pistenfahrzeuge mit bis zu 7 Tonnen Gewicht zum Einsatz kommen.
Die mechanische Belastung führt zu einer Reihe von bodenphysikalischen und -biologischen Veränderungen (CERNUSCA 1977, 1986, FOISSNER & al. 1980, 1982, MEYER 1993). Bodenverdichtungen führen bei Kleinlebewesen - Einzellern, Milben und Springschwänzen - zu nachhaltigen Abundanzreduktionen und Dominanzverschiebungen; diese Tiere gelten daher als ideale Bioindikatoren für Verdichtungen des Bodens auf Skipisten und Agrarflächen (HEISLER 1991, 1993, MEYER 1993).
Die vorliegende Arbeit untersucht in einem Vergleich von Naturwiese, Naturschnee- und künstlich beschneiter Piste, inwieweit die künstliche Beschneiung und der Einsatz schwerer Pistenfahrzeuge noch zusätzlich zum normalen Schibetrieb verdichtend auf den Boden wirken.

2. Standortbeschreibung

Es wurden nicht planierte Pisten mit ungestörten Böden im Grödental ausgewählt. Das Secedamassiv bildet den östlichen Rand der Bozner Quarzporphyrplatte mit dolomitischer Abfolge als Abschluß. Bei den Böden handelt es sich um Braunerden; die Bodenart ist lehmiger Ton. Humusgehalt, pH-Wert und C/N-Verhältnis sind in den verglichenen Böden ähnlich (Tab. 1).

Tab. 1: Standortbeschreibung und bodenchemische Werte.

Tab. 1: Description of sampling sites and soil chemistry.

Flächen-typ	Seehöhe m	Neigung %	Expos.	pH	Org.Subst. %	C/N
Wiese	2.300	35	SW	4,4	20,4	12,9
Naturpiste	2.200	40	SW	4,6	20,0	13,8
Kunstpiste	2.300	35	SW	4,6	21,1	13,4

Auf der Kunstschneepiste und der benachbarten Kontrollwiese steht ein Nardetum, auf der Naturschneepiste eine Blaugraswiese. Alle Wiesen sind halb- bis einschürig; die beiden Pisten werden gedüngt und stellenweise eingesät.
Die untersuchten Schipisten sind seit ca. 30 Jahren, die Beschneiungsanlagen seit 7 Jahren in Betrieb.

3. Methoden

Zur Erfassung der Bodenverdichtung wurden aus ungestörten Bodenproben des A- sowie des B-Horizonts (2 bis 7 cm und 10 bis 15 cm) Saugspannungskurven (Desorptionskurven) erarbeitet: Kennwerte des Wasserhaushaltes nach SCHLICHTIG & BLUME (1966): WK_{max} auf Sandbett; 0,1; 0,33; 1 und 3 bar in einer Überdruckapparatur nach RICHARDS (1949). Werte bei 15 bar aus der Hygroskopizität über $NaSO_4$ x 10 H_2O.
Die Bodentemperaturen wurden mittels Temperatursensoren (Soiltest MC 300B) wöchentlich ermittelt. Ernteerhebung kurz vor der Heuernte nach der Erntemethode (MILNER & HUGHES 1968); Versickerungsraten nach BURGER (1943): Infiltration von 100 mm Wasser aus Plexiglaszylindern (10 cm lichter Weite), welche 10 cm in den Boden eingerammt wurden, um seitliches Abrinnen des Wassers zu verhindern.
Zur Ermittlung der bodenzoologischen Daten wurden im Juni, Juli und Oktober Bodenbohrkerne (Durchmesser 4,6 cm) gezogen. Die Extraktion der Mesofauna erfolgte in einem mod. Berlese-Tullgren-Apparat. Die angegebenen zoologischen Daten beziehen sich alle auf die Juli-Aufsammlung. Die Jahresauswertung und eine Gesamtartenliste der Collembolenfauna werden gesondert publiziert (KOPESZKI & TROCKNER, in Vorb.). Für die Collembolenbestimmung wurden die Standardwerke von GISIN (1960) und PALLISSA (1964) verwendet. Abundanz in Ind.$\cdot m^{-2}$, Dominanz in % und Vertikalverteilung wurden ermittelt.
Die angeführten Daten wurden in 5-facher Wiederholung erhoben.

4. Ernteerhebung

Wiese und Naturschneepiste weisen eine geschlossene Grasnarbe auf, die Kunstschneepiste zeigt zahlreiche kleine Lücken im Bewuchs. Mitte Juli war die Pflanzendecke auf der unbefahrenen Wiese 15 - 30 cm, auf der Kunstschneepiste aber nur halb so hoch. Die Blüte erschien v. a. auf der Kunstschneepiste deutlich verzögert. Kurz vor der Heuernte wurden die Erträge erhoben. Es wurden jeweils auf Piste und anliegender unbefahrener Wiese mit vergleichbarem Bewuchs unterschiedliche Expositionen (feuchte Mulde, Kuppe, Flachteil) beprobt, was die starke Streuung der Werte bedingt. Die Erträge betrugen auf den unbefahrenen Kontrollwiesen im Mittel rund 550 $g \cdot m^{-2}$. Auf der Naturpiste konnte im Mittel 29 % weniger Trockenmasse als auf der Kontrolle geerntet werden; auf der Kunstschneepiste 40 % weniger (Tab. 2).

Tab. 2: Erträge (± Standardabweichung) in $g \cdot m^{-2}$.

Tab. 2: Production (± standard deviation) in $g \cdot m^{-2}$.

	Frischmasse		Trockenmasse	
Kontrolle	553 ± 152		224 ± 47	
Naturpiste	500 ± 101	(- 9,6 %)	159 ± 31	(-29 %)
Kontrolle	568 ± 145		210 ± 49	
Kunstpiste	338 ± 118	(-40,5 %)	127 ± 38	(-39,5 %)

5. Bodentemperaturen

Die winterlichen Bodentemperaturen wurden wöchentlich in 0, 5, 10, 20 und 40 cm Profiltiefe erhoben.
Die Naturschneepiste weist in allen Bodentiefen die tiefsten Temperaturen auf (Abb. 1). Auf der Naturschneepiste liegt wenig und dazu dichter, schlecht wärmeisolierender Schnee, sodaß die Bodentemperaturen den Außentemperaturen rasch folgen (NEWESELY 1989). Auf der unbefahrenen Wiese hingegen wirkt der lockere Schnee bei gleicher Menge sehr gut wärmeisolierend, während auf der Kunstschneepiste die schlechte Wärmeisolation des dichten Schnees durch größere Schneemengen (größere Wärme-Speicherkapazität) aufgewogen wird (NEWESELY 1989).

Abbildung 1 zeigt auch, daß die Kunstschneepiste in 20 cm Bodentiefe im Frühjahr um 3 Wochen später auftaut als die Naturwiese, während die Ausaperung oberflächlich nur um eine Woche verschoben ist. Der Boden taut demnach erst nach der Schneeschmelze von oben her auf, wodurch v. a. auf der Kunstschneepiste die ohnehin kurze physiologisch aktive Zeit noch verkürzt wird.

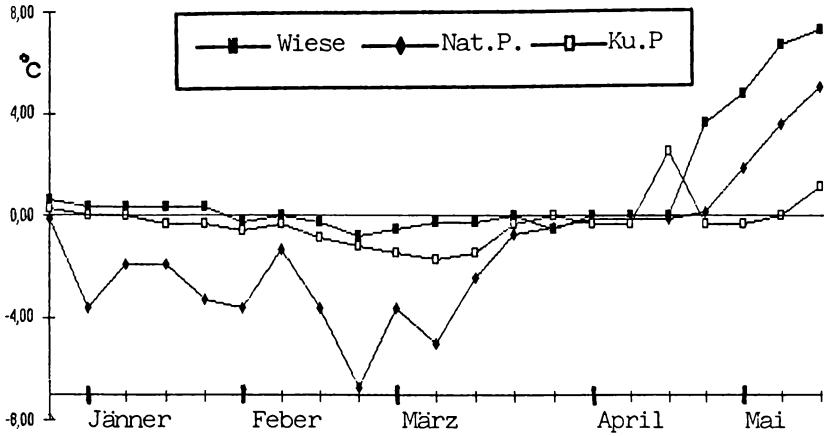

Abb. 1: Bodentemperaturen in 20 cm Profiltiefe.

Fig. 1: Soil temperatures at 20 cm depht.

6. Porengrößenverteilung

Die ermittelten Saugspannungskurven geben Aufschluß über die Anteile der verschiedenen Porengrößen sowie die Wasserverfügbarkeit bei bestimmten Wassergehalten.

Bei insgesamt lockerer Lagerung erscheint das Gesamtporenvolumen der beiden Pistenböden im A-Horizont im Vergleich zur unbefahrenen Wiese etwas verringert (Abb. 2A); v. a. die Grob- Mittelporen sind verkleinert. Im Feinstporenbereich ist vor allem der Tongehalt des Bodens ausschlaggebend (HARTGE 1960), dort zeigt sich - wie aus der Korngrößenbestimmung zu erwarten - kein Unterschied. Die Kunstschneepiste erscheint von der Verdichtung mehr betroffen als die Naturschneepiste, bei der nur die Grobporen im Vergleich zur Kontrolle verkleinert sind. Etwas größere Unterschiede zeigen sich im B-Horizont (Abb. 2B), wo aber in beiden Fällen im Bereich der Mittelporen die Naturschneepiste kleinere Porenvolumina aufweist als die Kunstschneepiste.

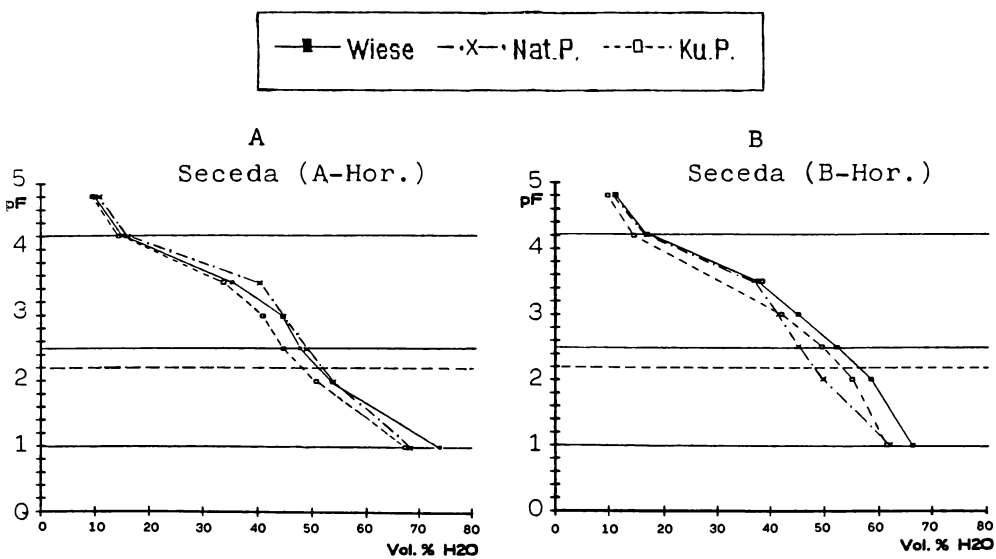

Abb. 2: Wassersaugspannungskurven.

Fig. 2: Moisture retention curves.

Die Feldwasserkapazität hängt vom Anteil der Feinporen < 2 µm ab (NEUWINGER 1980) und entspricht in Abbildung 2 den Werten bei pF 2,5. Sie erscheint in den Pisten gegenüber der Kontrolle verringert. Auch der Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser ist geringer (Tab. 3).

Tab. 3: Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser in Vol%.

Tab. 3: Amounts of plant available water in %vol.

		Wiese	Naturpiste	Kunstpiste
Boden-	A-Hor.	36,5	35,5	34,2 (- 6%)
horizont	B-Hor.	39,1	30,7 (-21%)	37,8

7. Versickerungsraten nach (BURGER 1943)

Im wassergesättigten Boden der unbefahrenen Kontrollwiese versickern im Mittel von 5 Versuchen 92,5 mm Wasser pro Stunde, auf der unmittelbar angrenzenden Kunstschneepiste hingegen nur 43,2 mm. Diese verminderte Wasserleitfähigkeit der Kunstschneepiste deutet auf eine Bodenverdichtung hin und bedingt, daß Schmelz- und Regenwasser vermehrt oberflächlich abrinnen.

8. Collembolen

Bisher wurde nur die Juli-Aufsammlung einer Bestimmung auf Artniveau zugeführt; die Ergebnisse müssen daher mit Vorbehalt betrachtet werden.
Die Wohndichten der drei untersuchten Standorte unterscheiden sich nur geringfügig voneinander (Tab. 4) und betragen rund 40000 Ind.$\cdot m^{-2}$, was mit Angaben von LIENHARD (1980) von alpinen Wiesen gut übereinstimmt. Obwohl die Abundanzwerte eng beieinander liegen, zeigen doch Minima und Maxima, daß die untersuchten Böden inselartig besiedelt sind.
Insgesamt wurden bei dieser Untersuchung 44 Collembolen-Arten festgestellt (KOPESZKI & TROCKNER, i. Vorb.). Die Kunstschneepiste ist mit 18 Arten am artenärmsten; die Naturpiste mit 27 Arten und die Wiese mit 28 Arten sind deutlich artenreicher und unterscheiden sich auch hinsichtlich Dominanz-Gefüge nicht sehr stark (Tab. 5). Auch in der Vertikalverteilung sind sich die beiden letzgenannten Standorte ähnlicher (Tab. 4 und 5). Während im Bereich der Wiese und Naturpiste 35 bis 40% der Springschwänze in der unteren Bodenschicht (3 bis 6 cm) zu finden sind, leben in der Kunstschneepiste lediglich 6% der Tiere in dieser Zone.
Dabei wird die in Wiesen- und Naturpistenboden eudominante Art *Mesaphorura macrochaeta* im Bereich der Kunstschneepiste von der Dominanzspitze verdrängt. *M. macrochaeta* ist ein typischer euedaphischer, blinder und pigmentloser Collembole, der bevorzugt tiefere Bodenhorizonte (bis 40 cm) aufsucht.
Normalerweise subrezedente Arten wie *Isotoma violacea* und *I. notabilis* führen auf der Kunstschneepiste das Artengefüge an. Es kommt also im Bereich der Kunstschneepiste zu einer deutlichen Dominanzverschiebung zugunsten epedaphischer, größerer Collembolenarten. Diese Arten können im verdichteten Boden der Kunstschneepiste tiefere Zonen nicht aufsuchen, sodaß hier eine geänderte Vertikalverteilung entsteht. Im Gegensatz dazu ist die eudominate *M. macrochaeta* im Bereich der Wiese und Naturpiste über beide Tiefenzonen gleichmäßig verteilt.

Tab. 4: Abundanz der Collembolen in Ind.$\cdot m^{-2}$ im Juli (Mittelwert aus 5 Einstichen) und ihre Verteilung.

Tab. 4: Abundance of collembola in animals$\cdot m^{-2}$ in July (mean of 5 samples) and their distribution.

	0-6 cm: Mitte	(Min. - Max.)	0-3 cm	3-6cm
Wiese	33.817	(28.281-38.510)	65,1%	34,9%
Naturpiste	44.648	(19.255-58.969)	59,8%	40,2%
Kunstpiste	33.696	(24.069-54.757)	94,1%	5,9%

Diese Tendenz zur Förderung der hemi- und epedaphischen Arten läßt sich nicht nur an der Dominanzspitze beobachten, sondern gilt für das gesamte Artenkollektiv. Euedaphische Formen, Vertreter der Gattungen *Mesaphorura*, *Willemia* und *Protaphorura* werden im Bereich der Kunstschneepiste zurückgedrängt, hemi- und epedaphische Collembolen der Gattungen *Folsomia* und *Isotoma* werden gefördert.

Diese Befunde decken sich gut mit den Ergebnissen von (HEISLER 1991, 1993) von Ackerflächen. Offensichtlich führen die Bodenverdichtungen zu starken Beeinträchtigungen der Wohnraumverhältnisse euedaphischer Arten, weil diese Spezies streng an Poren- und Korngröße angepaßt sind (CHRISTIAN 1989, HAGVAR 1983). Gleichzeitig erhalten aber subrezedente Spezies die Möglichkeit, große Populationen bei geminderter Konkurrenz in den Grasbüscheln aufzubauen. Gerade die ubiquitäre *Isotoma violacea* gilt als "Pionierart", welche den Bodenbereich verlassen und vereinzelt stehende Grasbüschel besiedeln kann.
Ähnliche Ergebnisse, nämlich unveränderte Abundanz, aber geänderte Artenzusammensetzung bzw. Artenausfall, liegen von der Carabidenfauna von Skipisten vor (HAMMELBACHER & MÜHLENBERG 1986).

Tab. 5: Dominanzstruktur der Collembolen und Tiefenverteilung.

Tab. 5: Dominating collembole species and depht distribution.

	Arten	Dominanz in % 0-6 cm	Verteilung in % 0-3 cm	3-6 cm
Wiese	*Mesaphorura macrochaeta*	26,3	43	57
	Folsomia quadrioculata	6,4	100	
	Isotomiella minor	6,0	35	65
	Isotoma violacea	5,3	100	
Naturpiste	*Mesaphorura macrochaeta*	24,0	33	67
	Metaphorura affinis	8,1	30	70
	Willemia anophtalma	5,9	100	
	Mesaphorura hylophila	5,4	10	90
Kunstpiste	*Isotoma violacea*	40,3	99	1
	Isotoma notabilis	21,5	100	
	Folsomia quadrioculata	9,7	100	
	Mesaphorura macrochaeta	5,9	82	18

9. Schlußfolgerungen

Bei insgesamt lockerer Lagerung der untersuchten Böden läßt sich bei den Pistenböden sowohl im humosen A-Horizont als v. a. auch im B-Horizont eine Tendenz zur Verdichtung feststellen, die bei der Kunstschneepiste mehr ausgeprägt ist.
Die Collembolen indizieren die Bodenverdichtung und -belastungen nicht sosehr durch geminderte Abundanzen, sondern durch Verschiebungen im Artenspektrum. Euedaphische, im unbefahrenen Wiesenboden eudominate Arten fallen im Bereich der Kunstschneepiste aus, subrezedente, aber ubiquitäre Arten, bauen dafür große Populationen auf. Zudem findet in der Kunstschneepiste eine vertikale Verlagerung der euedaphischen Formen, v. a. von *Mesaphorura macrochaeta*, in die oberste Bodenschicht statt. Auf der Kunstschneepiste ist eine deutliche Artenverarmung zu verzeichnen, von der hauptsächlich rezedente und subrezedente Formen betroffen sind.

Literatur

BURGER, H., 1943: Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben. - Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchswesen 33/1.

CERNUSCA, A., 1977: Ökologische Veränderungen im Bereich von Schipisten. - In: SPRUNG, R. & B. KÖNIG: Das Österreichische Schirecht. - Univ. Verl. Wagner.

CERNUSCA, A., 1986: Ökologische Auswirkungen des Baues und Betriebes von Schipisten. - Sammlung Naturschutz 33. - Conseil de l'Europe, Strasbourg: 253 S.

CHRISTIAN, E., 1989: Biogeography, substrate preference and feeding types of North Adriatic intertidal Collembola. - Marine Ecology 10: 79-94.

FOISSNER, W. & H. ADAM, 1980: Abundanz, Vertikalverteilung und Artenzahl der terrestrischen Ciliaten und Testaceen einer Almweide und einer Skipiste auf der Schloßalm bei Bad Hofgastein (Österreich). - Zool. Anz., Jena 205: 181-187.

FOISSNER, W., & al. 1982: Terrestrische Protozoen als Bioindikatoren im Boden einer planierten Skipiste. - Pedobiologia 24: 45-56.

GISIN, H., 1960: Collembolenfauna Europas. - Genf (Mus. d'Hist. Nat.) 312 S.

HAGVAR, S., 1983: Collembola in Norwegian coniferous forest soils. - II. Vertical distribution. - Pedobiologia 25: 383-401.
HAMMELBACHER, K. & M. MÜHLENBERG, 1986: Laufkäfer (Carabidae) und Weberknechte (Opiliones) als Bioindikatoren für Skibelastung auf Almflächen. - Sonderdruck aus Natur und Landschaft 61: 463-466.
HEISLER, C., 1991: Einfluß von Gefügeschäden infolge mechanischer Belastung auf die Springschwanzbesiedelung einer konventionell bewirtschafteten Ackerfläche (Collembola). - Entomol. Gen. 16: 39-52.
HEISLER, C., 1993: Einfluß von mechanischen Bodenbelastungen (Verdichtung) auf Raubmilben und Collembolen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. - Inf. Natursch. Landschaftspfl. 6: 209-219. - In: EHRNSBERGER, R., (Hrsg.): Bodenmesofauna und Naturschutz.
HARTGE, K., 1960: Die Auswertung von pF-Kurven. - Zeitschr. Pflanzenern., Düngung, Bodenkunde 88: 221-227.
KOPESZKI, H. & V. TROCKNER, (in Vorb.): Vergleich der Collembolenfauna einer alpinen Wiese, Natur- und Kunstschneepiste im Grödental/Südtirol.
LIENHARD, CH., 1980: Zur Kenntnis der Collembolen eines alpinen Cariecetum firmae im Schweizerischen Nationalpark. - Pedobiologia 20: 369-386.
MEYER, E., 1993: Beeinflussung der Fauna alpiner Böden durch Sommer- und Wintertourismus in West-Österreich. - Rev. Suisse Zool. 100: 519-527.
MILNER, C. & R. E. HUGHES, 1968: Methods of the measurement of the primary production of grassland. - IBP-Handbook 6, Blackwell Scientific Publ., Oxford.
NEUWINGER, I., 1980: Erwärmung, Wasserrückhalt und Erosionsbereitschaft subalpiner Böden. - Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 129: 113-144.
NEWESELY, Ch., 1989: Entwicklung und Erprobung von Meßmethoden zur Untersuchung der Schneestruktur und des Temperaturverlaufs unter Schneedecken. - Diplomarbeit, Leopold-Franzens-Univ. Innsbruck.
PALISSA, A., 1964: Apterygota - Urinsekten. - Die Tierwelt Mitteleuropas (Leipzig). Bd. 4, Lfg. 1a: 407 S.
RICHARDS, L. A., 1949.: Methods of measuring soil moisture tension. - Soil Science 68: 95-113.
SCHLICHTING, E. & H. P. BLUME, 1966: Bodenkundliches Praktikum. - Parey, Hamburg: 208 S.

Adressen

Verena Trockner, Biologisches Landeslabor, Unterbergstraße 2, I-39050 Leifers (BZ).
Hubert Kopeszki, Institut für Zoologie, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 23_1994

Autor(en)/Author(s): Trockner Verena, Kopeszki Hubert

Artikel/Article: Auswirkungen der künstlichen Beschneiung auf Bodenverdichtung, Bodentemperatur, Ernteertrag und Collembolenfauna von Pistenböden 283-288