

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: 3: Ergebnisse

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: 05.04.2026

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

3. ERGEBNISSE

3.1. AUSAPERUNG

Der untersuchte Pistenabschnitt in der Fettwiese aperte während der Skisaison nicht aus, daher wurden Vegetation und Boden durch den Skibetrieb nicht mechanisch geschädigt.

3.1.1. Verlauf der Ausaperung

Die beobachtete Pistenstrecke zeigte einen unterschiedlichen Ausaperungsverlauf. Bei der Talstation (Transekt B und C) war der Pistenbereich, der sich über einen leicht gewölbten Buckel erstreckt, ungefähr zwei Wochen früher schneefrei als das untersuchte Gebiet neben der Piste, wobei die Ausaperung auf den exponierten Rücken und Buckeln anfang.

Etwa 20 m höher (Transekt A) aperte dagegen der Wiesenteil neben der Piste früher aus als derjenige auf der Piste. Hier liegt das Gebiet neben der Piste etwas erhöht auf einem grossen flachen Buckel, und das Relief im Pistenbereich ist ziemlich flach (Abb. 4).

Ende Mai 1983 und 1984 war im Transekt A mitten in der Piste ein schmaler Streifen auf der Höhe einer Pistenmarkierung ebenfalls vor dem Rest der Piste ausgeapert (Abb. 5). Am 3. Juni 1983 waren die meisten Flächen neben der Piste und der früh ausgeaperte Streifen schon schneefrei. Nach zwei sehr warmen und sonnigen Tagen wurde am Nachmittag des 4. Juni eine Schnee- und Eisschicht fast nur noch im Pisten- und Pistenrandbereich festgestellt. Neben der Piste war der Schnee allein in einer Mulde noch nicht geschmolzen.

Das frühe Schmelzen des Schnees im Pistenbereich hängt vielleicht mit der intensiven Nutzung der Piste zusammen. Durch Alpgebäude und ein Restaurant wird der untere Teil der Piste verengt und ist von da an auf eine einzige Talabfahrt beschränkt. Auch rund um die Pistenmarkierung (Flächen A₁₉-A₂₁) wird eine höhere Frequenz der Skifahrer vermutet, weil der Pfosten zum Abschwingen einlädt.

3.1.2. Die Bildung einer Eisschicht

Im Frühling wurde auf der Piste immer eine Eisschicht von 1-6 cm Dicke gemessen. In der letzten Phase der Ausaperung war die Eisschicht ohne Schnee, und es brauchte noch viel Zeit, bis sie geschmolzen war.

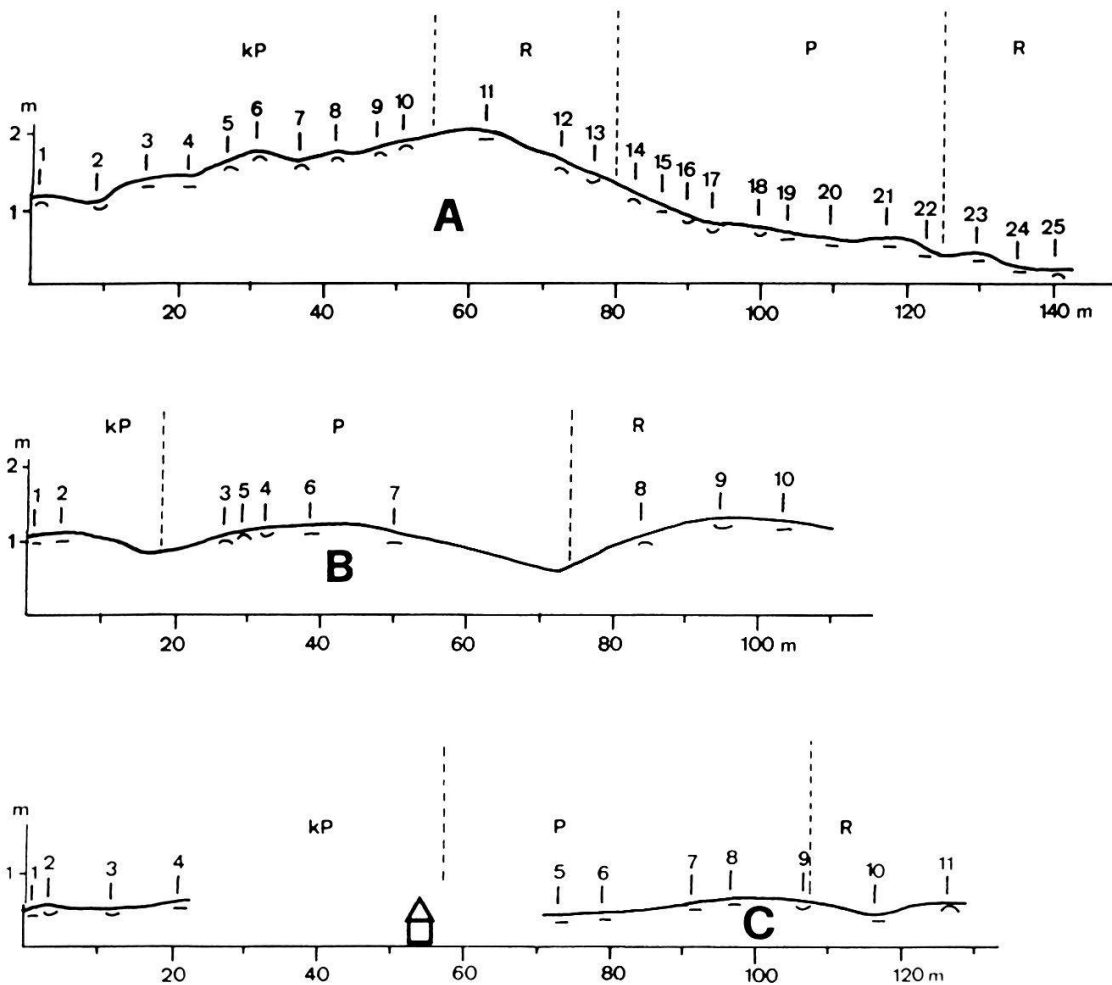


Abb. 4. Gross- und Kleinrelief der Transekte A, B und C im Profil.

Fig. 4. Relief profile of the transects A, B, and C.

1 -25: Untersuchungsflächen - investigated plots

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

R = Randbereich - border area

Mikrorelief:

∪ = Muldenlage - depression, ∩ = Kuppenlage - hummock, - = eben - level

Abb. 6 zeigt sämtliche Beobachtungen und Messungen der Schnee- und Eisschichten von Mitte Mai bis Anfang Juni aus den Jahren 1983 und 1984, wobei die Lage inbezug auf die Piste wichtigster Gesichtspunkt war. Im Gegensatz zur immer vorhandenen Eisschicht im Pistenbereich (n=26) wurden neben der Piste (n=31) lediglich bei einem Drittel der Messungen Eisschichten festgestellt, die jedoch nur Dicken von 1-3 cm aufwiesen.

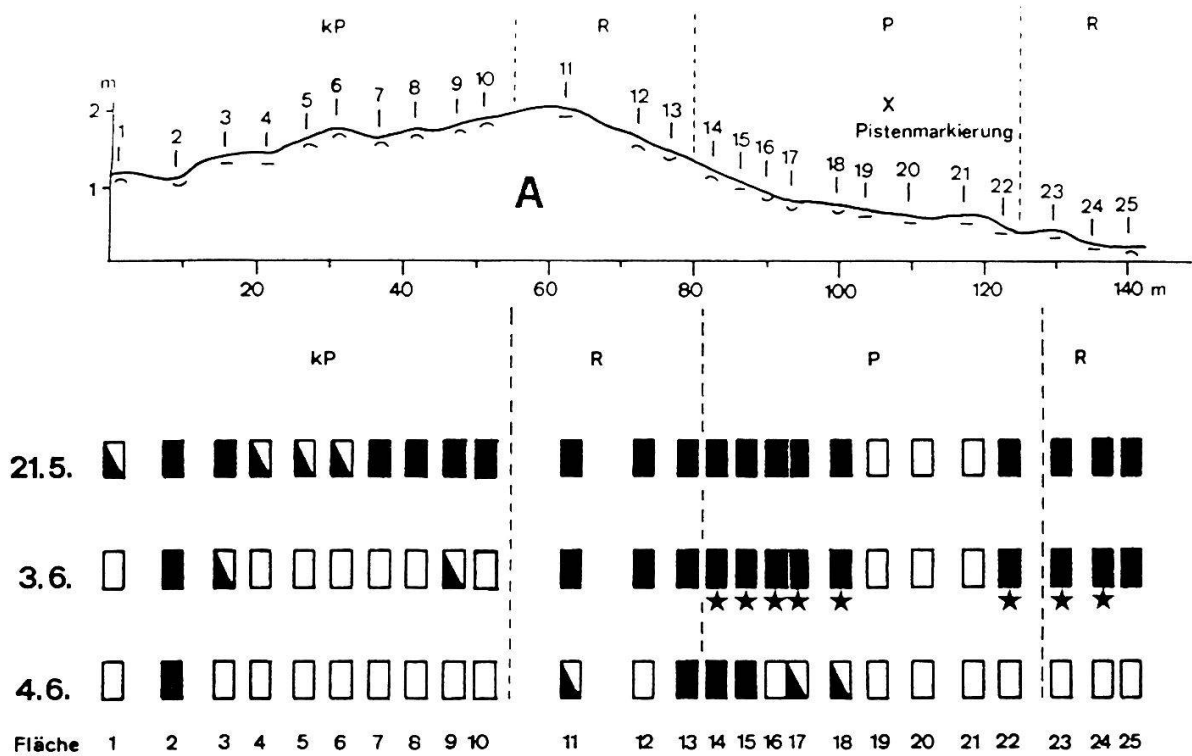


Abb. 5. Ausaperungsverlauf im Transekt A (1983) mit dem Relief.
 Fig. 5. Course of melting of snow in transect A (1983) with relief.

- mit Schnee bedeckt - snow covered
- ◐ teilweise mit Schnee bedeckt - partially covered with 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

Mikrorelief:

∪ = Muldenlage - depression, ∩ = Kuppenlage - hummock, - = eben - level

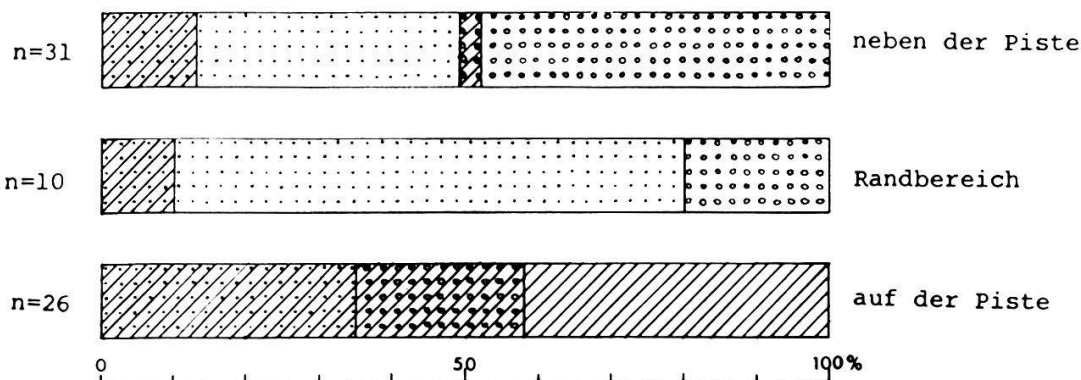





Abb. 6. Verteilung der Schnee- und Eisschichten auf und neben der Piste und im Randbereich von Mitte Mai bis Anfang Juni (1983 und 1984).

Fig. 6. Distribution of snow- and icelayers on and outside the ski run and in the border area from mid-May until early June (1983 and 1984).

-  Schneeschicht >10 cm - layer of snow >10 cm
-  Schneeschicht <10 cm - layer of snow <10 cm
-  Eisschicht - layer of ice

3.1.3. Das Gefrieren des Bodens

Auf der Piste war der Boden nach dem Schmelzen des Eises braun und kahl. Kurz nach dem Verschwinden der Schnee- und Eisschicht wuchsen keine Blätter und Blüten hervor, wie auf den Flächen ausserhalb der Piste. Dies, weil der Boden noch bis ungefähr zehn Tage nach der Ausaperung gefroren blieb.

In Abb. 7 wird dargestellt, wie tief der Boden zwischen Mitte Mai und Anfang Juni an den verschiedenen Messpunkten mit und ohne Schneeschicht gefroren war. Nur neben der Piste wurde ungefrorener Boden gefunden, dies meistens unter einer recht hohen (bis 60 cm) Schneeschicht. Oberflächlich gefrorene Böden (bis 2 cm Tiefe) wurden ebenfalls vor allem neben der Piste gemessen. Vor und nach der Ausaperung waren auf der Piste alle Böden bis zu einer Tiefe von mindesten 5 cm gefroren. Wegen des hohen Skelettgehaltes konnte der Bohrer, auch bei mehrfachen Versuchen, nicht viel tiefer als ca. 10 cm eindringen. Drei Messungen ergaben eine Gefriertiefe des Bodens von mindesten 20 cm.

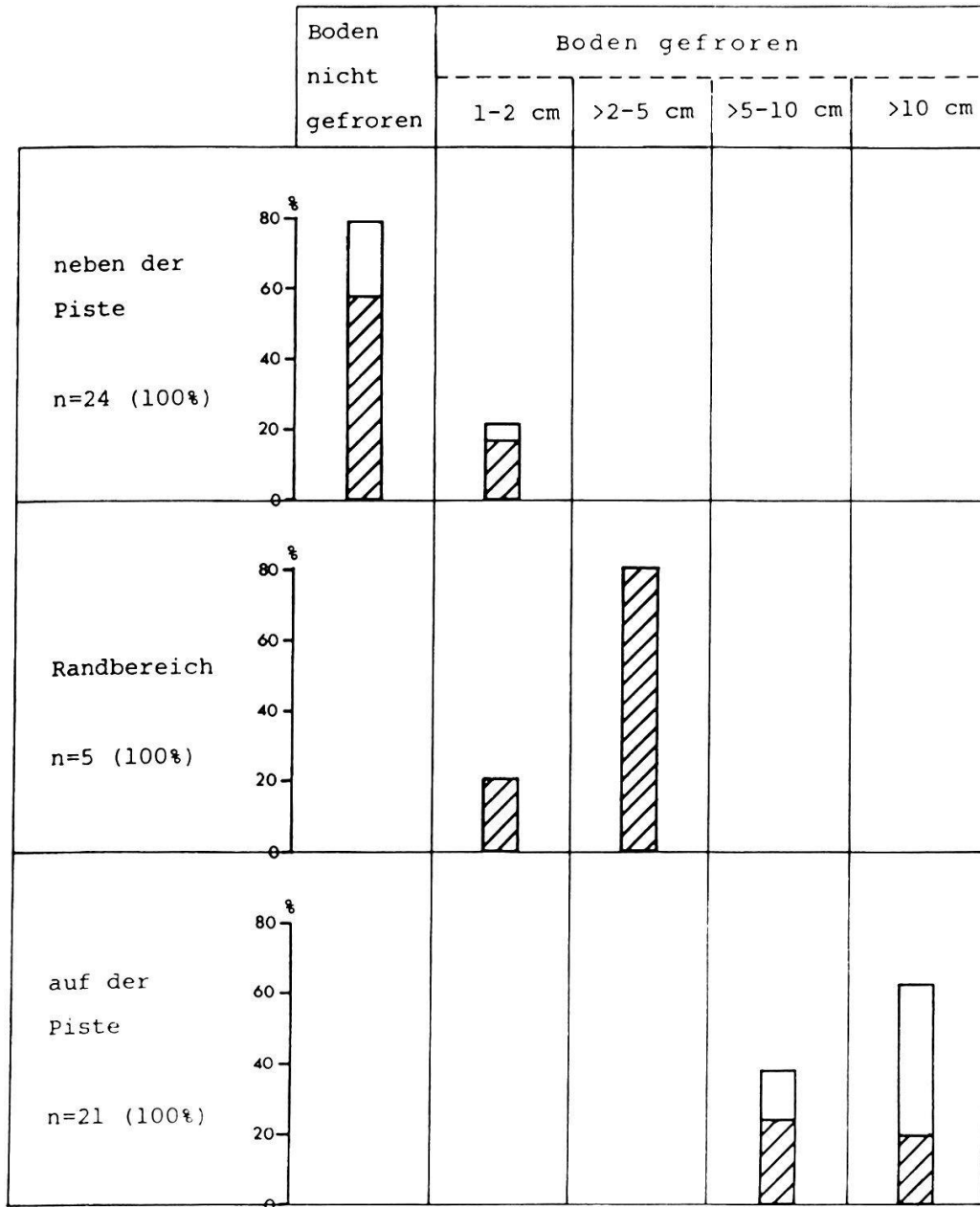


Abb. 7. Verteilung der Tiefe des gefrorenen Bodens von Mitte Mai bis Anfang Juni (1983 und 1984).

Fig. 7. Distribution of the depth of frozen soil from mid-May until early June (1983 and 1984).

- mit einer Schnee- und/oder Eisschicht - with layer of snow or ice
- aper - without snow or ice layer

Die meisten Flächen (90%), deren Boden nur bis 5 cm gefroren war (n=10), hatten mehr als 15 cm Schnee. Von den Flächen auf der Piste, deren Boden mehr als 10 cm tief gefroren war (n=13), hatten 70% keinen Schnee und kein Eis mehr.

3.2. PHAENOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN

3.2.1. Die erste Entwicklung der Pflanzen

Crocus albiflorus ist die erste Pflanze, die im Frühling in den Goldhaferwiesen zur Blüte kommt, oft sogar bevor der Schnee vollständig geschmolzen ist. Er ist darum eine wichtige Zeigerpflanze für die Ausaperung. Im Schutz einer lockeren Schneeschicht können viele Pflanzen schon mit dem Wachstum beginnen, auch wenn die durchdringende Lichtmenge noch sehr klein ist (BRAUN 1908, KIMBALL et al. 1973, RUEBEL 1925, RUESSEL und WELLINGTON 1940). Nach TRANQUILLINI (1957) lässt Ende April auf 2070 m eine 8 cm dicke Schneedecke bestenfalls 25%, eine 18 cm dicke noch etwa 10% des Lichtes durch.

Am 25. Mai 1984 wurden unter einer 50 cm dicken Schneedecke bis 4 cm hohe Krokusse festgestellt. Die entsprechenden Bedingungen waren jedoch nur ausserhalb präparierter Skipisten gegeben. Für die Entwicklung der Pflanzen ist nicht nur der Zeitpunkt des Abschmelzens der Schnee- und Eisschicht entscheidend, sondern vor allem derjenige, an dem der Boden auftaut. Dies zeigen die folgenden Beobachtungen.

- Im Transekt C (Abb. 3) war am 21. Mai 1983 der Pistenbereich zum grössten Teil schneefrei. Das Pflanzenwachstum war aber nur auf den Flächen im Pistenrandbereich festzustellen. Hier blühten auch schon einige Krokusse, nicht aber auf der Piste selbst. Im Bereich der Piste taute der Boden erst nach dem Ausapern auf. Die Entwicklung der Pflanzen setzte von diesem Zeitpunkt an verstärkt ein.
- Die Tabelle 2 zeigt die gleichzeitige Anfangsentwicklung der Pflanzen auf einem seit ungefähr einer Woche ausgeaperten Pistenteil und auf noch schneebedeckten Flächen neben der Piste. Die Daten wurden auf Grund verschiedener Messungen zusammengestellt.

Der Pistenteil war am 18. Mai bereits ausgeapert und die oberste Bo-

Tab. 2. Veränderung der Bodeneigenschaften und die Entwicklung der Pflanzen auf einer Piste eine Woche nach der Ausaperung und die gleichzeitigen Vorgänge neben der Piste im Jahr 1984.

Table 2. Changes in soil condition and development of plants one week after melting of the snow on a ski run with the contemporary development outside the ski run in 1984.

	18. Mai		25. Mai		4. Juni	
	Piste	neben Piste	Piste	neben Piste	Piste	neben Piste
Schneeschicht	-	>25 cm	-	ca. 25 cm	-	-
Boden						
- aufgetaut	0 - 5 cm	-	ganz	-	ganz	ganz
- gefroren	5 - >20 cm	?	-	1 - 2 cm	-	-
- Feuchtigkeit	nass	?	feucht	feucht	trocken	feucht
Pflanzen						
- mittlere Höhe	0.5 cm	?	1 cm	?	2 cm	2 cm
- Stellung der Blätter	dem Boden anliegend	?	zusammengefaltet, dem Boden anliegend	zum Teil offen	zum Teil offen	offen aufrecht
Beobachtete erste Blätter an einzelnen Arten						
- <i>Trifolium repens</i>	X	?	X	X	X	X
- <i>Alchemilla</i> sp.	X		X	X	X	X
- <i>Poa alpina</i>	X		X	X	X	X
- <i>Potentilla aurea</i>			X	X	X	X
- <i>Trollius europaeus</i>			X	X	X	X
- <i>Rumex arifolius</i>			X	X	X	X
- <i>Taraxacum officinale</i>			X	X	X	X
- <i>Crocus albiflorus</i>				X	X	X
				Knospen	Knospen, 3cm	Blüten

denschicht aufgetaut. Den Pflanzen stand viel Schmelzwasser zur Verfügung. Ihre neuen Blätter waren aber noch sehr klein und zum Teil bedeckt vom reichlich vorhandenen Mist und den Pflanzenresten des vorigen Herbstes. Neben der Piste lag noch eine hohe Schneedecke.

Eine Woche später war der Boden auf der Piste ganz aufgetaut. Die dem Boden anliegenden Pflanzen waren nur wenig gewachsen und die Blätter noch zusammengefaltet. Ausserhalb der Piste wurden unter einer Schneeschicht von ca. 25 cm Dicke schon bis 4 cm hohe Pflanzen beobachtet, auch Knospen von Crocus albiflorus.

Wieder eine Woche später war der Boden im Pistenbereich trocken, und die ersten Krokus-Knospen traten hervor. Die Blätter der anderen Pflanzen standen aufrechter und hatten sich zum Teil geöffnet. Neben der Piste war der Schnee jetzt ebenfalls ganz geschmolzen. Der Boden war feucht vom Schmelzwasser. Die Krokusse blühten hier, und die übrigen Pflanzen hatten geöffnete und aufrecht stehende Blätter und Sprosse.

Auf Flächen mit späterer Ausaperung verlaufen das Auftauen des Bodens und die erste Entwicklung der Pflanzen schneller infolge der grösseren Intensität und Wärme des Sonnenlichtes.

Im folgenden wird die phänologische Entwicklung der vier Arten Crocus albiflorus, Taraxacum officinale s.l., Ligusticum mutellina und Silene dioeca ausführlich besprochen. Diese vier Arten waren in den markierten Flächen der Transekte reichlich vertreten und ihre phänologischen Phasen leicht zu erfassen. Die phänologische Entwicklung dieser Arten kann als typisch und somit stellvertretend für diejenige der anderen Arten angesehen werden.

3.2.2. Crocus albiflorus

In der phänologischen Entwicklung von Crocus albiflorus (Frühlingskrokus) kommt eine Verspätung auf der Piste sehr deutlich zum Ausdruck (Abb. 8 und 9, Tab. 3). Am 4. Juni 1983 war die Entwicklung von C. albiflorus in den Flächen ausserhalb der Piste schon wesentlich weiter fortgeschritten als im Pistenbereich. Zwei Wochen später waren nur noch auf der Piste und im Randbereich blühende Krokusse anzutreffen. Im Jahr 1983 führten im Pistenbereich die verzögerte Ausaperung (nur im Transekt A), sowie die dem Boden anliegende Eisschicht und vor allem der gefrorene

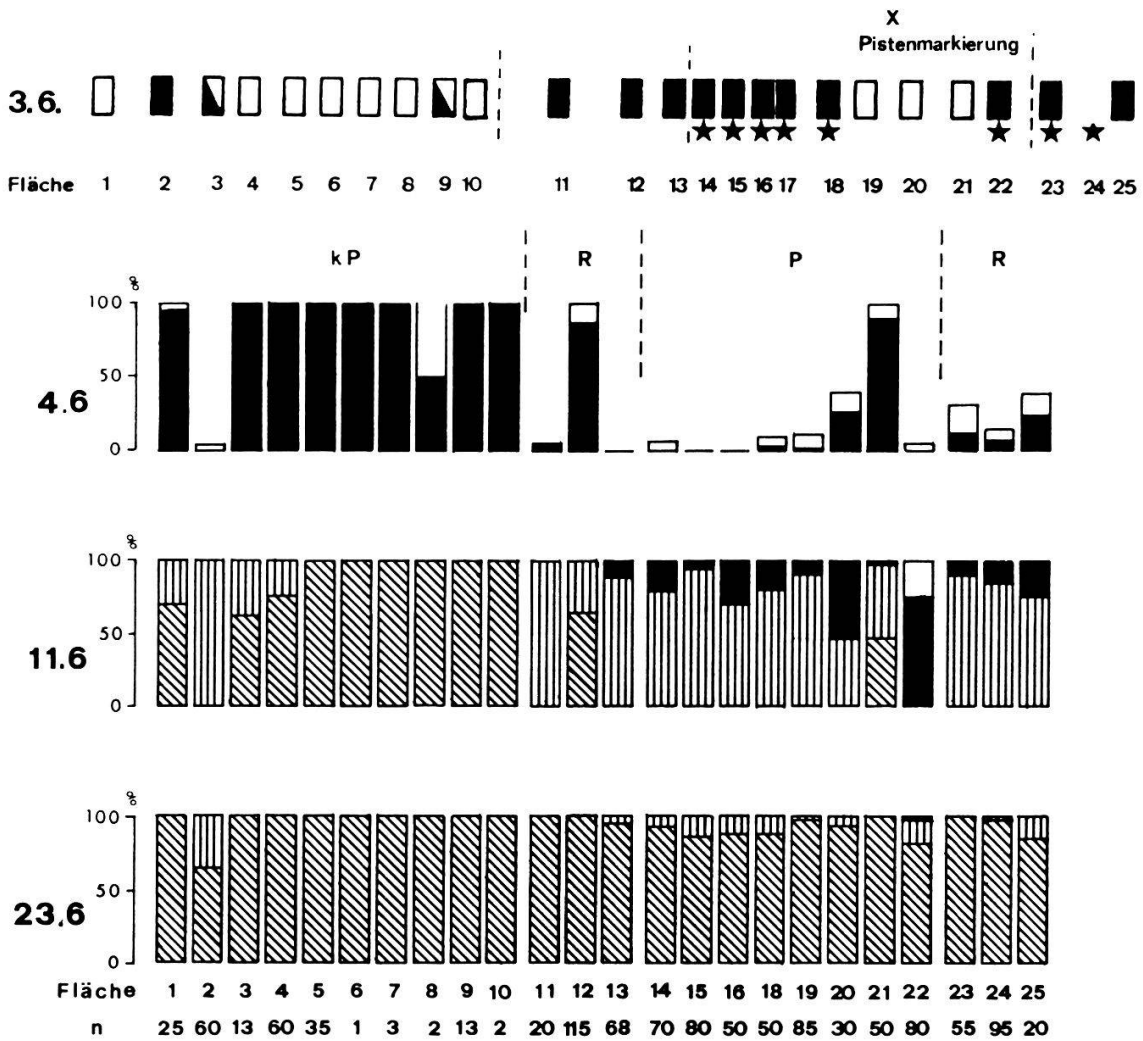


Abb. 8. Phänologische Entwicklung von Crocus albiflorus in Transekt A (1983) mit Schneeschicht und gefrorenen Boden am 3. Juni.

Fig. 8. Phenological development of Crocus albiflorus in transect A (1983) with snow-layer and frozen soil on June 3rd.

(weitere Erläuterungen s. Abb. 9 - for further detail see Fig. 9)

Boden im Vergleich mit Flächen ausserhalb der Piste zu einer ungefähr zehn Tage verspäteten Entwicklung von Crocus albiflorus in allen drei Transekten. Die Ergebnisse von 1982 und 1984 bestätigen diejenigen von 1983. Im Jahr 1982 erfolgte die Ausaperung und die Pflanzenentwicklung ungefähr eine Woche früher als in den zwei anderen Jahren.

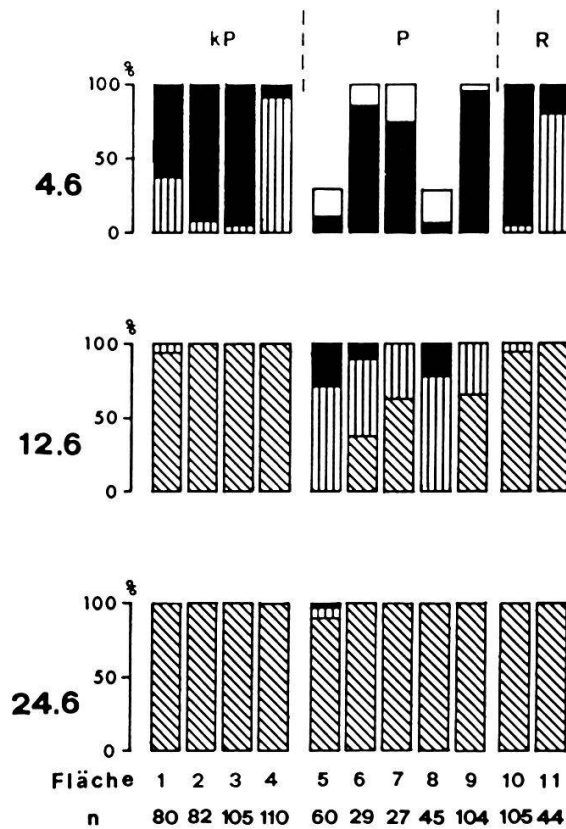


Abb. 9. Phänologische Entwicklung von Crocus albiflorus in Transekt C (1983).

Fig. 9. Phenological development of Crocus albiflorus in transect C (1983).

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

- | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Knospen - flower buds | <input type="checkbox"/> | verblüht (Perigonblätter sichtbar) faded (perianth visible) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Blüten - flowers | <input checked="" type="checkbox"/> | verblüht (Perigonblätter nicht mehr sichtbar) - faded (perianth no longer visible) |

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

Tab. 3. 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 im Jahre 1983

Table 3. Melting of snow and phenological development of Crocus albiflorus: Comparison of a typical plot within the ski run with one on the border of transect A in 1983

* gefrorener Boden nur am 3.6. beobachtet

1983	Pistenrand (Fläche 12)			Piste (Fläche 16)		
	3.Juni	4.Juni	11.Juni	3.Juni	4.Juni	11.Juni
Mächtigkeit (cm) der						
- Schneeschicht	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
- ohne sichtbare Perigonblätter	-	-	65	-	-	-
Zahl beobachteter Pflanzen	115			50		

3.2.3. Taraxacum officinale s.l.

Unter den Wiesenpflanzen gilt Taraxacum officinale (Pfaffenröhrlein) für phänologische Beobachtungen als geeignete Art (vgl. WENNER 1973). T. officinale war nur in den Flächen der Transekte B und C genügend häufig, um zu aussagekräftigen Resultaten zu führen.

Aehnlich wie bei Crocus albiflorus, vollzog sich auch bei T. officinale die Entwicklung im Pistenbereich deutlich später als in den anderen Flächen (Abb. 10). Für den Verlauf der Entwicklung der Taraxacum-Individuen wurde anfänglich die Länge des Blütenkopfstengels als massgebend betrachtet (Abb. 11). Sie wurde nur bis zur Blütezeit gemessen. Am 24. Juni 1983 waren im Pistenbereich der Transekte B und C noch kaum gestielte Blütenkopfknospen zu beobachten, während im Randbereich und ausserhalb der Piste schon einige Individuen blühten. Da die Blütezeit

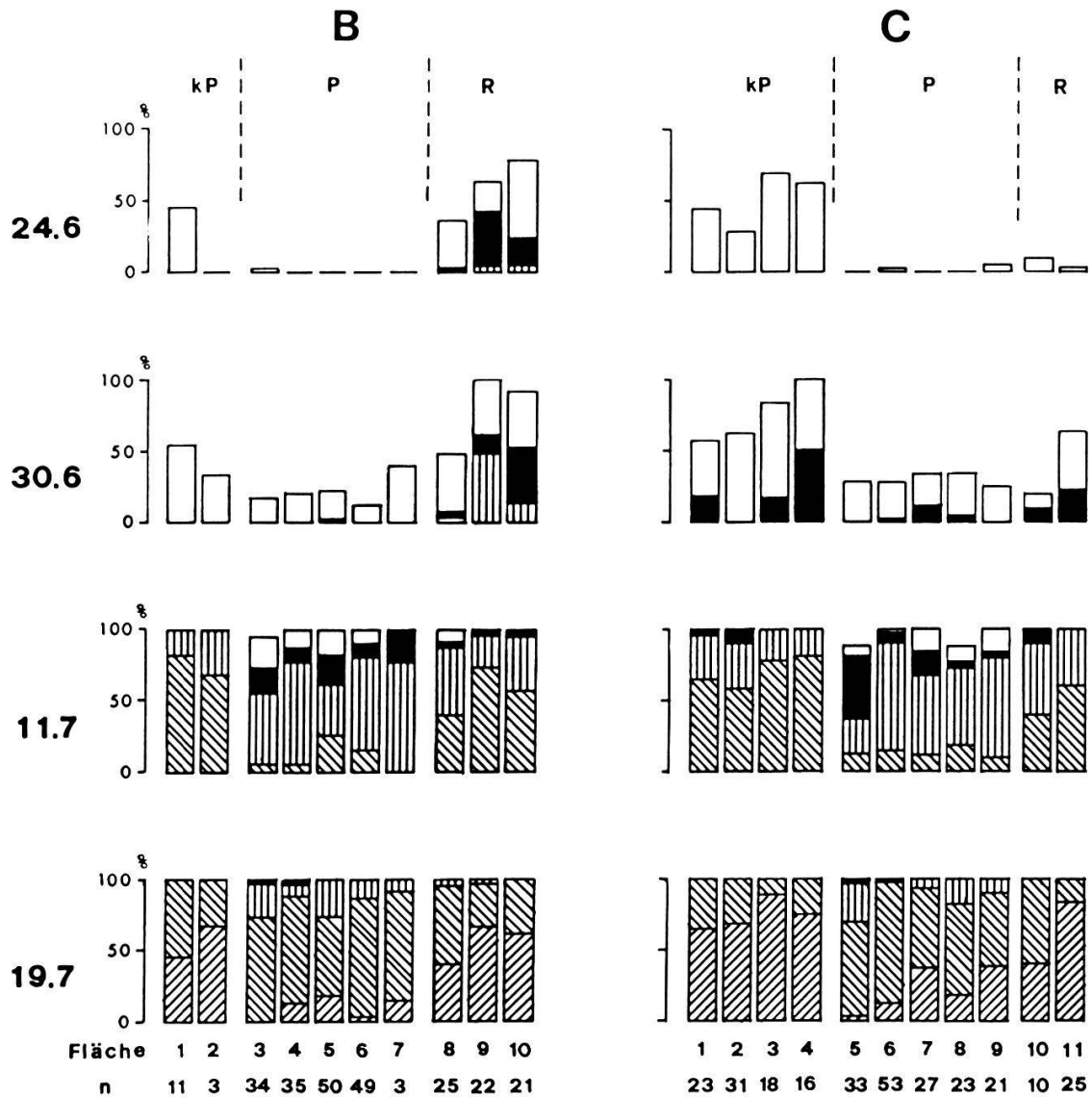


Abb. 10. Phänologische Entwicklung von Taraxacum officinale s.l. in den Transekten B und C (1983).

Fig. 10. Phenological development of Taraxacum officinale s.l. in the transects B and C (1983).

n = Anzahl der sich generativ vermehrenden Taraxacum-Individuen in jeweiligen Quadratmeter - number of generatively reproducing Taraxacum individuals on the respective plot

- grüne Knospen - green flower buds
- Knospen mit gelbem Rand und Blüten - flower buds with yellow border and flowers
- ▨ verblüht - faded
- ▧ Früchte - fruits
- ▩ abgefruchtet - fruits blown away

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

ziemlich kurz ist, wurden die Knospen mit bereits gelben hervorragenden Zungenblüten zum Blütenstadium eingerechnet. Am 30. Juni 1983 betrug die durchschnittliche Stengelhöhe auf der Piste nur 21% im Transekt B und 24% im Transekt C im Vergleich zu derjenigen neben der Piste und im Randbereich. Am 11. Juli hatten erst 15% der Individuen auf der Piste Früchte gebildet, dagegen schon 60% der Individuen in den Flächen am Rande oder neben der Piste.

Die Ergebnisse von 1982 bestätigen diejenigen von 1983, obwohl die Unterschiede in der Entwicklung zwischen Taraxacum-Individuen auf der Piste und neben oder am Rande der Piste etwas weniger ausgeprägt waren.

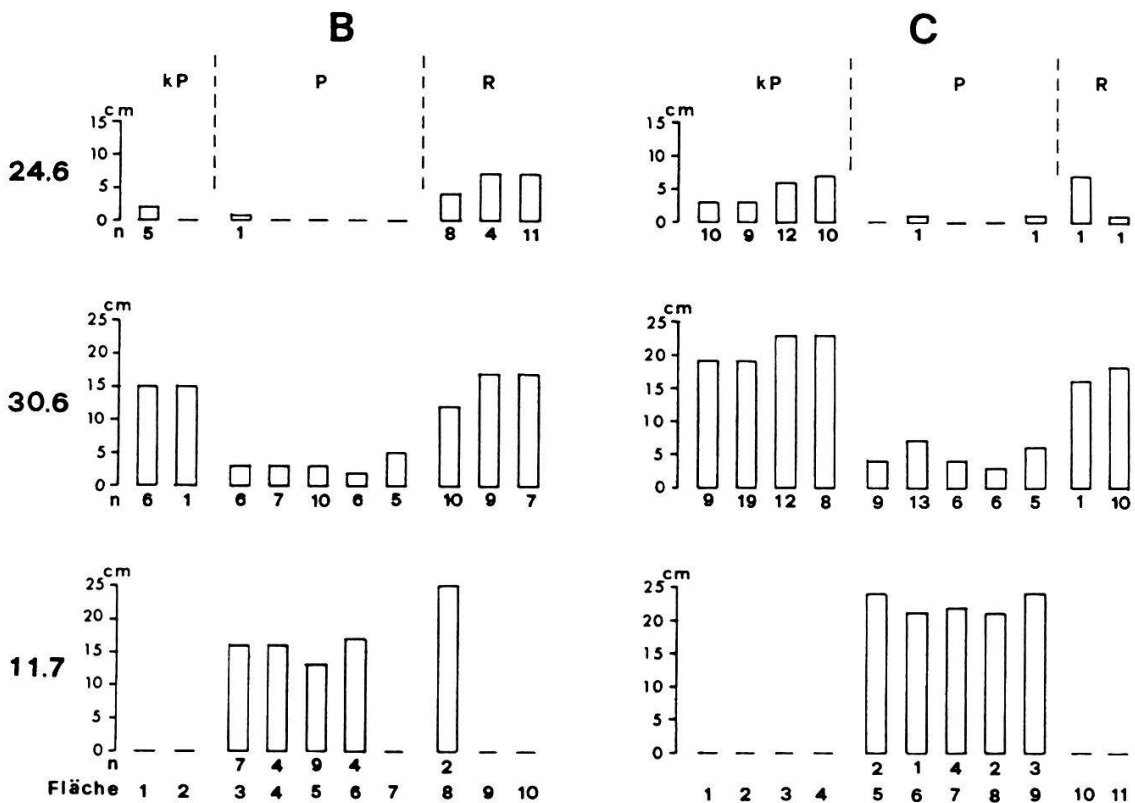


Abb. 11. Mittlere Länge des Blütenkopfstengels bei Individuen von Taraxacum officinale s.l. im Knospenstadium bis zum Blühen am 24.6, 30.6 und 11.7 1983 in den Transekten B und C.

Fig. 11. Mean height of stems with flower-head of individuals of Taraxacum officinale s.l. from the bud until flowering on 24.6, 30.6 and 11.7 1983 in the transects B and C.

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

P = Piste - ski run

n = Anzahl Messungen - number of measurements

3.2.4. Ligusticum mutellina

Die phänologische Entwicklung von Ligusticum mutellina (Muttern) bestätigt die Beobachtungen bei Crocus albiflorus und Taraxacum officinale. Allerdings waren hier nur die Daten vom Transekt A aussagekräftig, da L. mutellina in den beiden anderen Transekten nicht genügend zahlreich mit Blüten 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 Blütenphase mit etwa einwöchiger Verspätung ein (Abb. 12). Ligusticum entwickelte meist zwei Dolden pro Stengel, von denen die eine schon verblüht war, während die andere sich noch im Knospenstadium befand. Dieses Nebeneinander von Verblühtsein und Knospenstadium wurde als Blühstadium betrachtet. Im Laufe der Vegetationszeit reduzierte sich der Entwicklungsrückstand im Pistenbereich.

3.2.5. Silene dioeca

Auch hier waren nur die Daten vom Transekt A aussagekräftig. Bei Silene dioeca (rote Waldnelke) wurde ein anfänglicher Entwicklungsrückstand im Pistenbereich bis zum Schnittermin Mitte Juli fast vollständig aufgeholt (Abb. 13). Die Blütezeit eines Individuums von Silene dioeca dauert jedoch länger als diejenige der früher genannten Arten mit nur einer bis zwei Blüten oder einem bis zwei dichten gleichzeitig blühenden Blütenständen pro Pflanze.

3.2.6. Mittlere Höhe der Krautschicht

Die Entwicklung der mittleren Höhe der Krautschicht bestätigt die bei den untersuchten Arten gemachten Beobachtungen des verzögerten Wachstums. Im Pistenbereich war die Krautschicht während der gesamten Beobachtungszeit, insbesondere bis Ende Juni, viel niedriger als auf den nicht belasteten Flächen (Tab. 4), obwohl die Flächen im Pistenbereich der Transekte B und C und ein Teil der Flächen des Transektes A bis zu drei Wochen früher ausgeapert waren. Während ungefähr eines Monats nach der Ausapertung wies die mittlere Höhe der Pflanzen auf der Piste im

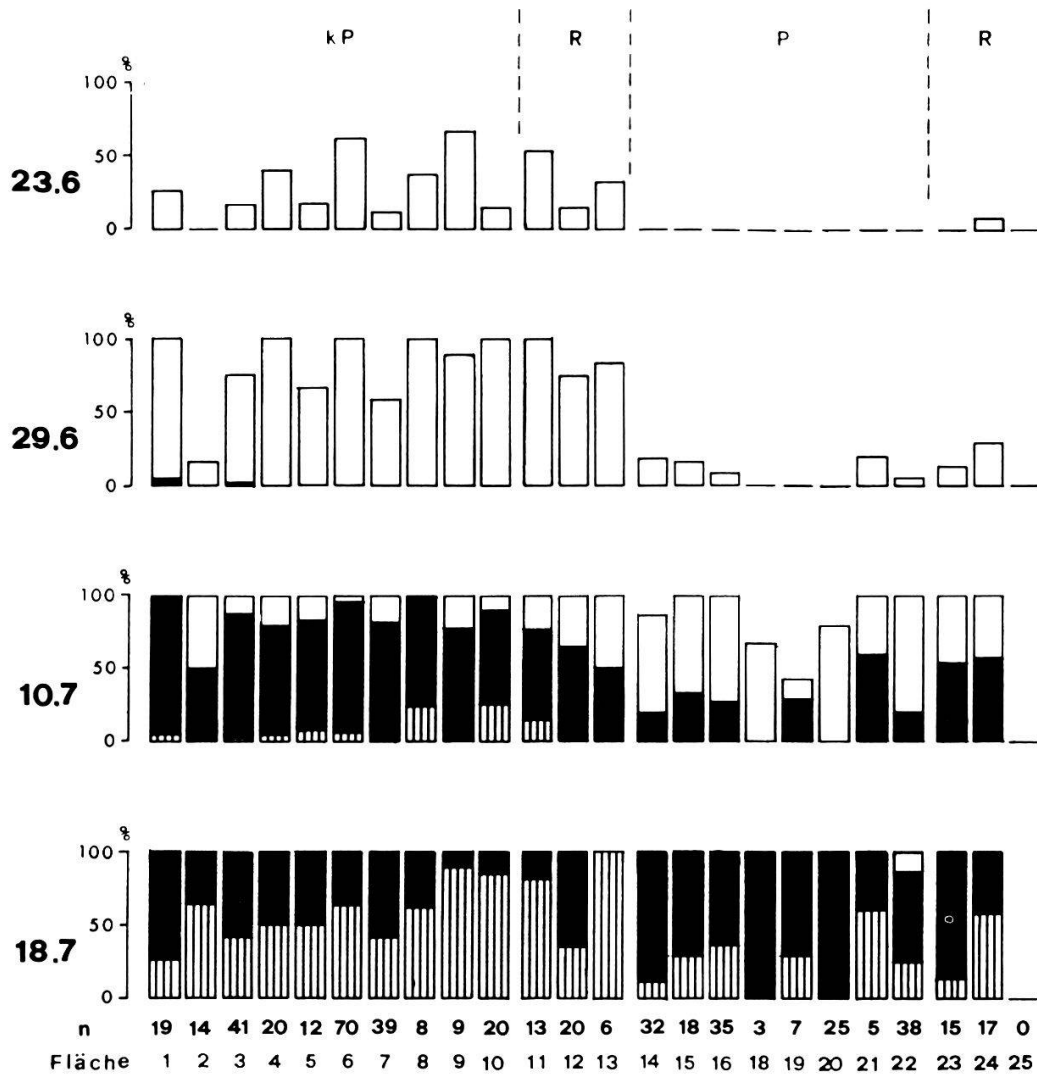


Abb. 12. Phänologische Entwicklung von Ligusticum mutellina in Transsekt A (1983).

Fig. 12. Phenological development of Ligusticum mutellina in transect A (1983).

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

□ Knospen - flower buds

■ Blüten - flowers

▨ verblüht - faded

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

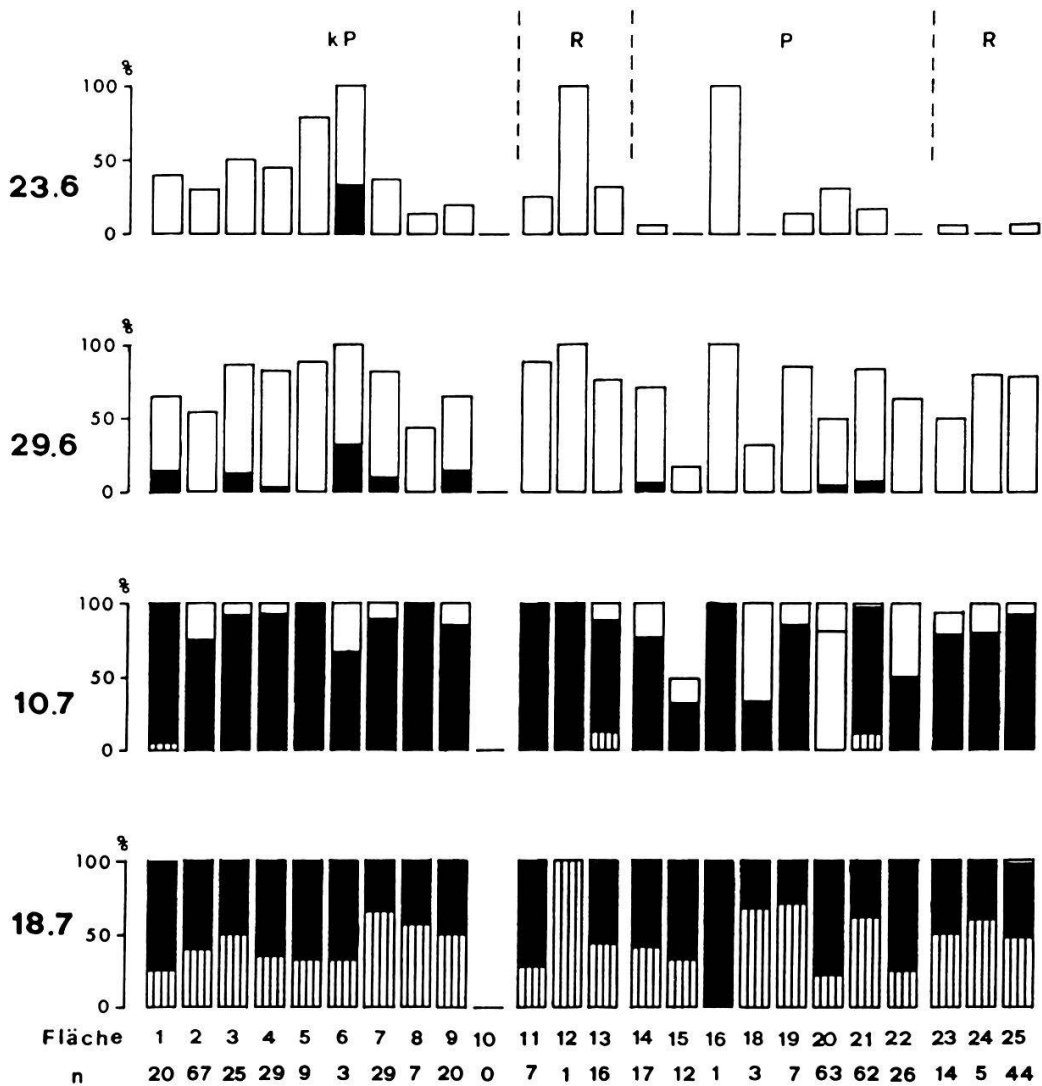


Abb. 13. Phänologische Entwicklung von Silene dioeca in Transekt A (1983).

Fig. 13. Phenological development of Silene dioeca in transect A (1983).

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

□ Knospen - flower buds

■ Blüten - flowers

▨ verblüht - faded

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

Transekt B und C einen Rückstand von etwa 50% auf. Von Ende Juni bis zum Zeitpunkt des Heuschnittes wurde dieser Entwicklungsrückstand teilweise wettgemacht. In den Transekten B und C betrug der Unterschied der mittleren Vegetationshöhe kurz vor der Ernte noch ungefähr 30%. Im Transekt A war keine wesentliche Differenz mehr vorhanden.

Tab. 4. Mittlere Höhe der Vegetation neben und auf der Piste im Jahr 1983 in cm und %. (Höhe neben der Piste 100%)
 Table 4. Mean height of the vegetation outside and on the ski run in 1983 in cm and %. (Height outside the ski run 100%)

	Transekt A		Transekt B		Transekt C		
	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	
	n=10	n=8	n=2	n=5	n=4	n=5	
4. Juni	1.7	0.6	3.0	1.8	3.0	1.6	cm
	100	35	100	60	100	53	%
11. Juni	4.7	3.1	6.5	3.2	7.7	3.4	cm
	100	66	100	49	100	44	%
23. Juni	7.8	5.2	10.0	4.2	11.5	6.0	cm
	100	67	100	42	100	52	%
29. Juni	15.3	11.6	17.0	8.6	22.0	10.8	cm
	100	76	100	51	100	49	%
10. Juli	23.5	21.2	33.5	18.0	36.3	21.2	cm
	100	90	100	54	100	58	%
18. Juli	27.8	27.0	36.5	24.2	40.3	27.6	cm
	100	97	100	66	100	68	%

Tab. 5. Mittlere Höhe der Vegetation neben und auf der Piste am 11. Juli 1982 in cm und %. (Höhe neben der Piste 100%)
 Table 5. Mean height of the vegetation outside and on the ski run on July 11th 1982 in cm and %. (Height outside the ski run 100%)

	Transekt A		Transekt B		Transekt C		
	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	
	n=10	n=8	n=2	n=5	n=4	n=5	
12. Juli	28.6	24.6	32.5	24.2	30.3	29.6	cm
	100	86	100	75	100	98	%

Das häufige Vorkommen der niedrigeren Arten Alchemilla sp., Taraxacum officinale s.l. und Trifolium repens im Pistenbereich der Transekte B und C gegenüber der höheren Art Trisetum flavescens neben der Piste betont den Rückstand der Vegetationshöhe. Im Jahr 1982 war die Differenz der mittleren Höhe zwischen Pistenbereich und daneben geringer und im Transekt C sogar verschwunden (Tab. 5). Der grosse Unterschied zwischen den Jahren 1982 und 1983 im Transekt C geht zurück auf ein schwaches Wachstum der Gräser im Jahr 1982 und eine üppigere Entwicklung im Jahr 1983 (vgl. Kap. 3.5.). Der Monat Juni des Jahres 1982 war warm und sehr niederschlagsreich. Das Jahr 1983 wies eine sprunghafte Erwärmung anfangs Juni auf, und nach einem sehr nassen Mai folgten zwei trockene Monate.

Abb. 14 und Tab. 6 zeigen die mittleren Zuwachsraten während sechs Perioden ab 4. Juni bis 19. Juli 1983. Bis Ende Juni wuchsen die Pflanzen auf der Piste im Durchschnitt weniger als in den nicht belasteten Flächen. Jedoch in der dritten Juliwoche waren die Zuwachsraten im Pistenbereich überall deutlich grösser als ausserhalb der Piste, im Transekt B doppelt und im Transekt C anderthalbmal so gross.

Tab. 6. Mittlerer Höhenzuwachs der Vegetation bis 4. Juni und während fünf Perioden von 4. Juni bis zum 19. Juli 1983 in cm und %.
(Zunahme neben der Piste 100%)

Table 6. Mean growth of the vegetation up to June 4th and during five periods between June 4th and July 19th 1983 in cm and %.
(Growth outside the ski run 100%)

	Transekt A		Transekt B		Transekt C		
	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	neben Piste	auf Piste	
	n=10	n=8	n=2	n=5	n=4	n=5	
bis 4.6.	1.7	0.6	3.0	1.8	3.0	1.6	cm
	100	35	100	60	100	53	%
5.-14.6.	3.0	2.5	3.5	1.4	4.7	1.8	cm
	100	83	100	40	100	38	%
15.-24.6.	3.1	2.1	3.5	1.0	3.8	2.6	cm
	100	68	100	29	100	68	%
25.6-1.7.	7.5	6.4	7.0	4.4	10.5	4.8	cm
	100	85	100	63	100	46	%
2.-12.7.	8.2	9.6	16.5	9.4	14.3	10.4	cm
	100	117	100	57	100	73	%
13.-19.7.	4.3	5.8	3.0	6.2	4.0	6.4	cm
	100	135	100	207	100	160	%

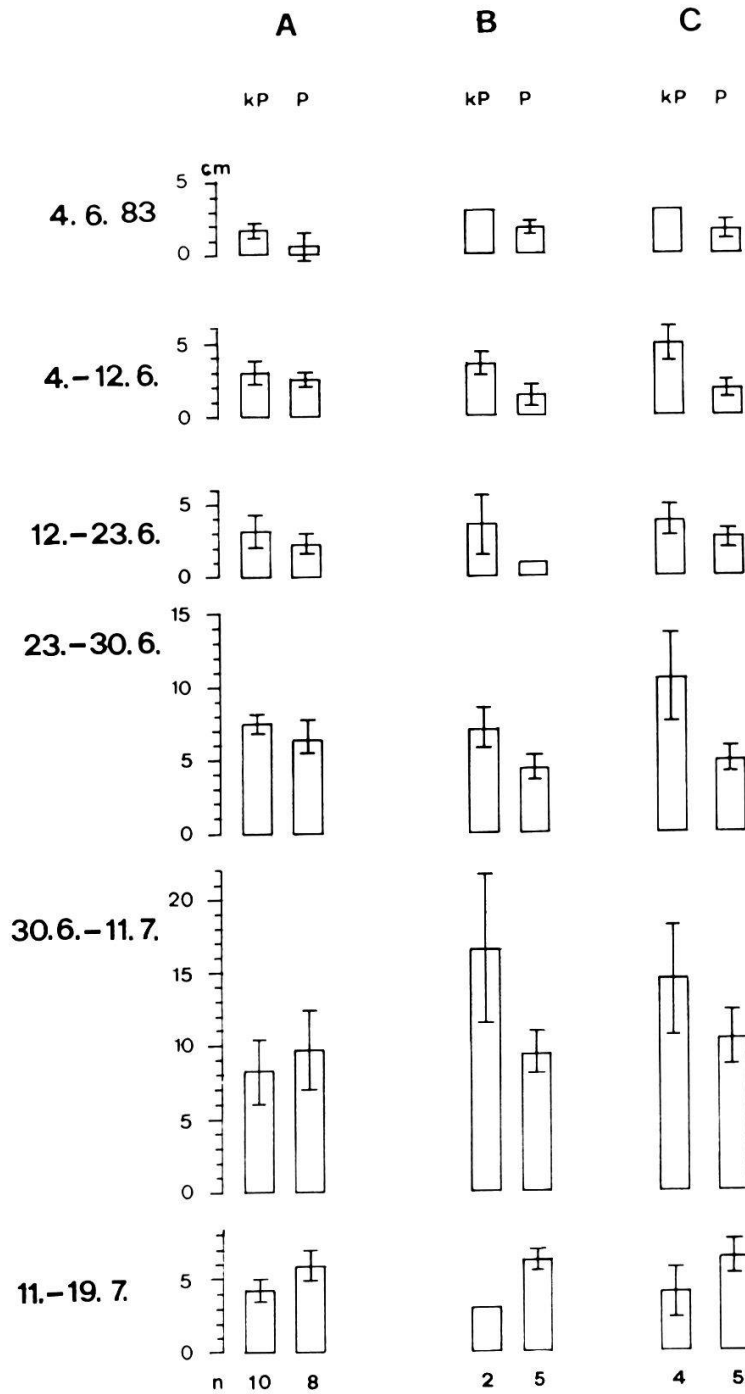


Abb. 14. Mittlerer Höhenzuwachs und Standardabweichung bis 4. Juni und während 5 Perioden von 4. Juni bis zum 19. Juli 1983 auf den Transekten A, B und C.

Fig. 14. Mean growth and standard deviation of the vegetation up to June 4th and during 5 periods from June 4th until July 19th 1983 on the three transects.

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run,
 R = Randbereich - border area
 n = Anzahl Messungen - number of measurements

3.3. PFLANZENSOZIOLOGISCHE AUFNAHMEN

3.3.1. Vegetationstabelle

Die Vegetation ist über sämtliche Aufnahmen hinweg sehr ähnlich und gehört zu einer Subassoziation Potentilla aurea der Hang-Triseteten nach HUNDT (1985) (vgl. Kap. 2.2). Immerhin lässt sich eine deutliche Gliederung in sieben Aufnahmegruppen durchführen, die durch je eine charakteristische Kombination von Artengruppen gekennzeichnet sind.

In Tab. 7 sind die pflanzensoziologischen Aufnahmen der Untersuchungsflächen zusammengestellt. Die mittleren Zeigerwerte der einzelnen Arten- und Aufnahmegruppen und die durchschnittliche Anzahl typischer Zeigerpflanzen (nach LANDOLT 1977) sind in Tab. 8 und 9 bzw. 10 dargestellt und werden nachstehend besprochen. Das Vorkommen der Arten- und Aufnahmegruppen in bezug auf ihre Lage zur Piste wird in Kap. 3.4 beschrieben.

3.3.2. Beschreibung der Artengruppen

Artengruppe A (n=2)

Zu dieser Gruppe gehören Arten, die bei mittleren Bodenverhältnissen gut gedeihen. Es sind verhältnismässig niedrige Arten, die viel Licht brauchen. Sie kommen vor allem auf der Piste in den Aufnahmegruppen 1 und 2 vor.

Artengruppe B (n=2)

Die Gruppe B umfasst Arten, die auf frischen, nährstoffreichen, und insbesondere Deschampsia caespitosa, auf schlecht durchlüfteten Böden vorkommen. Die grösste Häufigkeit haben diese Arten in der Aufnahmegruppe 3 mit Flächen auf der Piste und im Randbereich. Nur in den Gruppen 6 und 7 treten sie kaum auf.

Artengruppe C (n=2)

Die Arten dieser Gruppe bevorzugen nährstoffreiche und mässig humusreiche Böden. Diese Artengruppe ist stark vertreten in den Aufnahmegruppen 2, 3, 4 und 5 mit Flächen auf und neben der Piste.

Artengruppe D (n=1)

Peucedanum ostruthium, eine subalpine auf stickstoffreichen, feuchten und humosen Böden wachsende Art, ist vor allem auf die Aufnahmegruppe 4 neben der Piste beschränkt. Nur in zwei andern Aufnahmen (C5 und C8) kommt diese Art auch vor.

Artengruppe E (n=2)

Die Arten der Gruppe E unterscheiden sich in ihrer Reaktionszahl, sie bevorzugen etwas basenreichere Böden und sind in der Aufnahmegruppe 5 im Randbereich des Transektes B recht häufig vertreten.

Artengruppe F (n=4)

In der Gruppe F sind fast ausschliesslich Arten aus der subalpinen Stufe

Tab. 7. Vegetationstabelle
Table 7. Vegetation table

P = Piste - ski run, R = Randbereich - border area,
N = neben Piste - no ski run

Verhältnis zur Piste:

- + - höherer Deckungsgrad auf der Piste
- - höherer Deckungsgrad neben der Piste
- ± - etwa gleicher Deckungsgrad auf und neben der Piste
- () - relativ

Aufnahmegruppen	111111	22222222	33333333	444444	555	666666666666	777			
Pistenzugehörigkeit	PPPPPP	RRPPPPPP	PPPPRRR	NNNNNN	RRR	PPRRRNNNNNN	NNN			
Transekt	BCCBBB	CCCCBAA	AAAAAAA	CBBCC	BBB	AAAAA	AAA			Zeigerwert
Aufnahmenummer	565643	10897790	67821453	412132	098	453212954731	608			F R N
Poa pratensis + A	1464	111	+		++		+1			(n)
Carum carvi + A	12+	+		1						(n)
Deschampsia caespitosa + B	1 1	1 + 11	234121	+ +		1				wf n
Phleum alpinum ± B	121	+ +11	21112	13 11	12	1 +	+			n
Trisetum flavescens (-) C	+1	44311+3	24466	552+65	31	2 +31	+			n
Geranium silvaticum ± C		341311 +	11111	224 1	213					n
Peucedanum ostruthium - D	3	1		+3532						n
Helictotrichon pubescens - E					122			+		(t) (b) m
Rhinanthus alectorolophus - E		+			32					(t) m
Lotus corniculatus - F								111		(t) (b) (m)
Nardus stricta - F								11		s m
Arnica montana - F					+			++		wf s m
Carex sempervirens - F						+	+	1++		(t) m
Hypochoeris uniflora - G						1+11 1 +11	112			s m
Geum montanum - G				+ 1	1	11 1+11 1	11+			s m
Plantago alpina - G		1		1 +		+1111 11	111			(s) m
Pulsatilla sulphurea (-) G						11+ 11+	11			s m
Homogyne alpina - G		+ 1+	1 1 +	1 1		+ + 1 1 1+11	11			s m
Poa trivialis - H	+	+	++ ++	++		++ +111211 1	1			(wf) n
Trifolium badium - H	+1++	+1 +1	1	131112	111	2112+1211	222			b (n)
Anthoxanthum alpinum - H	+	+ +++11+	1+11++	1 1 1+	1++	1+1112 1121	121			
Pestuca rubra - H	1	1 +11 +	2132 1	+ 2	1	121222312333	343			
Myosotis silvatica - H	+ + 1	1+11111	1+11+ 1	111+11	221	22222221222	222			wf n
Ranunculus montanus - H	121111	12222112	3+211111	123124	221	22212323222	243			b n
Silene dioeca - H	121111	11121223	14123232	122211	231	22212323332	112			f n
Crocus albiflorus - H	2121 2	22221221	2+122112	213222	212	222212122111	1+1			n
Rumex arifolius - H	122+1	23222111	11221353	333434	231	21432224223	11+			f n
Ligusticum mutellina - H	2432+1	54442466	84384644	532123	422	474635587786	835			n
Soldanella alpina ± I	+ + +	+++1+122	2+113121	121112	+1+	11113+221211	211			f m
Veronica tenella ± I		++++	+ +	1++++	+1+	1++1 + 1+ +	+++			f n
Poa supina ± I	11211+	+11+111	1+1+1 1+	111111	+1	111122121111	1+1			f, wf n
Cerastium caespitosum ± I	11 +11	+11+ +	+11+ +	++ 1	+11	+++11++++11+	111			(n)
Campanula scheuchzeri ± I	1+ +11	++ 11+11	1 11+1	1 1 +	111	111111111111	111			m
Potentilla aurea ± I	11 111	1121211+	1 11 1	1 + 2	11	1212212+121	222			b m
Trollius europaeus + K	223213	11221224	43433222	113211	233	553241323223	123			f, wf n
Poa alpina + K	424123	21333412	2+222211	221112	124	222222122223	222			n
Alchemilla spec. + L	655646	33546454	1+1+1432	332234	1	2+312221 11	111			n
Trifolium repens + L	334345	43524321	1122211+	112 31	122	1 1 + + 12	111			n
Taraxacum officinale + L	543544	42333234	1+224+21	332334	333	212+15+1+122	1+			n
Ranunculus acer + L	122432	43232411	1+ 11333	433332	112	1 1+11 1				n
Crepis aurea + L		+ 1	++							n
Chaerophyllum villarsii - M		1		+2	11	1 + 1	+			(t)
Bartsia alpina - M					+		+			1
Silene vulgaris - M				1 +	1	1+1				(t)
Campanula barbata - M				+	+					+
Knautia silvatica ± N		3	1	1		+ + +	+			m
Trifolium pratense-nivale ± N	1 1	1 1		1+ 1	+1	2 1 +1	1++			(m)
Galium anisophyllum ± N		+1	+		+1	1	1+1			s m
Luzula multiflora ± N		+++	1			+ +	1++			wf s m
Leontodon helveticus ± N		+	+			+ ++	+			s m
Minuartia verna ± N		1+	1 11	11 1		111111 +++	t			s m
Poa chaixii ± N			1 2	+ ++	+21	2 2 +				s (m)
Polygonum viviparum ± N		+			+					m

Tab. 7 (Forts. - continued)

Zeigerwert-Faktoren:

F: f - feucht t - trocken wf - wechselfeucht
R: b - basisch s - sauer
N: n - nährstoffreich m - mager
() - relativ

Ein- oder zweimal wurden notiert - species found in one or two relevés:
Ajuga pyramidalis A14: +, *B10*: +, *Viola tricolor* B5: +, C2: +; *Achillea millefolium* B5: 1, *Agrostis tenuis* C9: 2, *Bellidiastrum michelii* A6: +, *Gentiana verna* A6: +, *Hieracium pilosella* A6: +, *Leontodon hispidus* A19: +, *Pedicularis recutita* B2: 1, *Rhinanthus angustifolius* A1: +, *Veratrum album* C11: 1.

Alchemilla sp. enthält meistens *Alchemilla monticola*, vereinzelt mit einer geringen Deckung wurden auch *A. subcrenata*, *A. crinitata* und *A. glabra* festgestellt.

Für die Skala der Vegetationstabelle siehe Tab. 1.

vertreten. Die meisten sind Magerkeits- und Säurezeiger. Diese Arten gedeihen insbesondere auf kleinen Buckellagen neben der Piste in der Aufnahmegruppe 7.

Artengruppe G (n=5)

Auch die Arten der Gruppe G haben ihre Hauptverbreitung in der subalpinen Stufe. Sie sind alle Säure- und Magerkeitszeiger und bevorzugen einen humusreichen Boden. Die Gruppe G hat ihre grösste Verbreitung in den Aufnahmegruppen 7 und 6 des Transektes A neben der Piste und im Randbereich. In den andern Aufnahmegruppen kommen die Arten vereinzelt vor.

Die Artengruppen H, I, K und L bestehen aus subalpinen Wiesenpflanzen, die vor allem frische bis feuchte und eher nährstoffreiche Böden besiedeln. Ihr Vorkommen auf oder neben der Piste bestimmte die Einteilung der Gruppen.

Artengruppe H (n=10)

Die Arten der Gruppe H haben neben der Piste eine höhere Deckung und zum Teil eine höhere Stetigkeit.

Artengruppe I (n=6)

Die Gruppe I umfasst Arten, die auf und neben der Piste mit gleicher Häufigkeit vorkommen.

Artengruppe K (n=2)

Trollius europaeus und Poa alpina der Gruppe K weisen im Pistenbereich in zwei der drei Transekten einen höheren Deckungsgrad auf.

Artengruppe L (n=5)

Die Arten der Gruppe L kommen insgesamt auf der Piste mit einer deutlich höheren Deckung vor als daneben. Es sind mit Ausnahme von Crepis aurea weniger typische subalpine Wiesenpflanzen. Sie bevorzugen nährstoffreiche Böden.

Artengruppe M (n=4)

Die Arten der Gruppe M bevorzugen eher magere und saure Böden. Sie kom-

Tab. 8. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) und Standortabweichungen der Artengruppen nach der Vegetations-tabelle.

Table 8. Means and standard deviation of the indicator values (after LANDOLT 1977) of the groups of relevés from the vegetation table.

Artengruppe	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
Anzahl Arten	2	2	2	1	2	4	5	10	6	2	4	4	8
Feuchtezahl (F)	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.2	3.5	3.5	3.0	3.0	2.8
Wechselfeuchtigkeit (w)	-	.7	-	-	-	.6	-	.4	.6	.7	-	.9	.5
Reaktionszahl (R)	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	2.8	2.2	3.2	3.2	3.0	3.0	2.8	2.8
Nährstoffzahl (N)	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.3	2.2	3.6	3.2	3.5	3.7	2.5	2.0
Humuszahl (H)	3.5	3.0	3.0	4.0	3.5	3.3	3.8	3.3	3.2	3.5	3.0	3.5	3.4
Dispersitätszahl (D)	.7	-	-	-	.7	.5	.4	.5	.4	.7	-	.6	.7
Lichtzahl (L)	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0	3.8	4.0	4.0	3.8	4.5	4.3	3.8	3.8
Temperaturzahl (T)	4.0	.7	-	-	-	.5	-	-	.4	.7	.6	.5	.9
	4.0	3.5	3.5	3.0	4.0	4.0	3.6	3.5	3.8	4.0	3.7	3.5	3.6
	-	.7	.7	-	-	-	.6	.5	.8	-	.7	.6	.9
	3.0	2.5	2.5	2.0	3.0	2.0	2.0	2.2	2.2	2.0	3.0	2.3	2.3
	-	.7	.7	-	-	.8	-	.4	.4	-	-	.5	.5

men mit einer Ausnahme nur in Flächen neben der Piste und im Randbereich vor.

Artengruppe N (n=8)

Die übrigen, auf magere und teilweise auf trockene sowie saure Bodenverhältnisse hinweisende Arten der Gruppe N sind auf und neben der Piste etwa gleich häufig.

3.3.3. Beschreibung der Aufnahmegruppen

Bei den mittleren Zeigerwerten der Vegetationsaufnahmen muss berücksichtigt werden, dass diese weniger weit von der Mitte abweichen als es den Standortsfaktoren entsprechen würde, da sehr viele Pflanzen mit mittleren Zeigereigenschaften auch unter extremeren Verhältnissen noch vorkommen. Kleine Abweichungen der mittleren Zeigerwerte (>0.2) haben deshalb grössere Aussagekraft als bei den einzelnen Arten. Für die Erklärung der Zeigerwerte sowie das Aussagevermögen wird auf LANDOLT (1977) verwiesen.

Im allgemeinen sind die Unterschiede der Zeigerwerte zwischen den Aufnahmegruppen nur unbedeutend.

Aufnahmegruppe 1 (n=6)

Hier handelt es sich um Aufnahmen im Pistenbereich auf einem nährstoffreichen, zum Teil (Aufnahme C5 und C6) ziemlich feuchten und eher schlecht durchlüfteten Boden mit einer ausgesprochen wechselnden Feuchtigkeit ($w/3$). Ein Drittel der Arten sind Wechselfeuchtigkeitszeiger. Die dort wachsenden Pflanzen ertragen relativ wenig Schatten. Artengruppe A ist typisch. Subalpine Arten treten verhältnismässig wenig auf. Die subalpinen Wiesenpflanzen (Artengruppen H und I) haben geringere Deckungsgrade im Vergleich zu den andern Aufnahmegruppen. Dagegen zeigen die Arten der Gruppe L einen sehr hohen Deckungsgrad. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ist gering ($\bar{x}=20$ mit einer Standardabweichung $s_x=2.1$).

Aufnahmegruppe 2 (n=8)

Die meisten Aufnahmen befinden sich auf der Piste und zwei im Randbereich. Die Aufnahmegruppe 2 bevorzugt ähnliche Bodenverhältnisse wie die vorhergehende. Jedoch befinden sich unter den Arten etwas mehr Feuchtigkeits-, Nährstoff- und Humuszeiger (vgl. Tab. 10). Die Arten der Gruppe L haben ebenfalls einen hohen Deckungsgrad, zudem ist die Artengruppe C stark vertreten. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ist bedeutend höher ($\bar{x}=25$ mit Standardabweichung $s_x=2.8$) als in der Gruppe 1.

Aufnahmegruppe 3 (n=8)

Die Aufnahmen befinden sich auf der Piste oder im zeitweise befahrenen Randbereich. Die Aufnahmegruppe 3 beansprucht ebenfalls einen nährstoffreichen, meist etwas feuchteren Boden mit ausgesprochen wechselnder Feuchtigkeit ($w/3$). Die Artengruppen B und C sind kennzeichnend. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ist 22 mit einer Standardabweichung von $s_x=4.0$.

Aufnahmegruppe 4 (n=6)

Die Aufnahmen befinden sich neben der Piste. Aufnahmegruppe 4 verlangt frische und nährstoffreiche Böden. Die Wechselfeuchtigkeit ist etwas geringer (w/4) und die Magerkeitszeiger sind etwas häufiger (vgl. Tab. 10). Die Anzahl der Licht- und der ausgesprochenen Lichtzeiger ist geringer. Dies hängt vermutlich mit der dichten, geschlossenen Vegetationsdecke zusammen. Ebenfalls gibt es weniger Sauerstoffarmutzeiger. Arten der Gruppen C und D kommen sehr häufig vor. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ist 26 mit einer Standardabweichung von $s_x = 3.3$.

Aufnahmegruppe 5 (n=3)

Die Aufnahmen gehören zum Randbereich des Transektes B. Diese Gruppe bevorzugt etwas bescheidenere Nährstoffverhältnisse. Die Anzahl der Nährstoffzeiger ist dementsprechend geringfügig kleiner, die Wechselfeuchtigkeit geringer (w/4) als in den Gruppen 1-3. Typisch für diese Aufnahmegruppe ist die Artengruppe E. Die Arten der Gruppe C sind wie in den Aufnahmegruppe 2, 3 und 4 häufig. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ($x=29$) ist höher als in den vorhergehenden Aufnahmegruppen. Die Standardabweichung beträgt $s_x = 3.4$.

Aufnahmegruppe 6 (n=12)

Abgesehen von A14 und A15 befinden sich alle Aufnahmen neben der Piste oder im schwach befahrenen Randbereich. Die Arten der Aufnahmegruppe 6 lieben weniger nährstoffreiche, normal durchlüftete Böden mit einer mäßigen Wechselfeuchtigkeit (w/4). Unter diesen Arten treten mehr Säure- und Magerkeitszeiger und weniger Sauerstoffarmutzeiger auf als in den vorhergehenden Aufnahmegruppen. Die Arten der Gruppen B, C, D und E fehlen fast vollständig, diejenigen der Gruppe G kommen sehr häufig vor,

Tab. 9. Mittlere Zeigerwerte (nach LANDOLT 1977) der Aufnahmegruppen nach der Vegetationstabelle.

Table 9. Means of the indicator values (after LANDOLT 1977) of the relevant groups from the vegetation table.

Aufnahme- gruppe	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Aufnahmen	6	8	8	6	3	12	3
Feuchtezahl (F)	3.20	3.21	3.29	3.21	3.17	3.21	3.19
Wechselfeuchtigkeit (w)	1/3	1/3	1/3	1/4	1/4	1/4	1/4
Reaktionszahl (R)	3.03	3.03	3.03	3.05	3.07	2.97	2.92
Nährstoffzahl (N)	3.48	3.47	3.51	3.50	3.37	3.24	3.02
Humuszahl (H)	3.26	3.26	3.27	3.28	3.29	3.33	3.31
Dispersitäts- zahl (D)	4.13	4.09	4.10	4.05	4.07	3.98	3.99
Lichtzahl (L)	3.75	3.67	3.66	3.61	3.64	3.71	3.74
Temperatur- zahl (T)	2.41	2.34	2.35	2.26	2.32	2.20	2.09

diejenigen der Gruppe H haben einen verhältnismässig hohen Deckungsgrad oder wurden insgesamt mit einer höhere Deckung neben der Piste angetroffen. Die subalpinen Arten sind zahlreicher als in den Gruppen 1-5, davon hat Ligusticum mutellina einen sehr hohen Deckungsgrad bei fast allen Aufnahmen. Die Arten der Gruppe L sind im Vergleich mit den andern Aufnahmegruppen nur schwach vertreten. Die durchschnittliche Anzahl der Arten beträgt 27 mit einer Standardabweichung von $s_x = 3.6$.

Aufnahmegruppe 7 (n=3)

Die Aufnahmen befinden sich neben der Piste. Die Gruppe 7 weicht stark ab von den ersten fünf Aufnahmegruppen. Die Aufnahmen wurden alle auf einem schwachen Buckel vorgenommen. Die Arten dieser Gruppe bevorzugen eher saure, aber doch mässig nährstoffreiche und frische Böden mit mässiger Wechselfeuchtigkeit (w/4). Hier ist die Anzahl der mässigen Trockenheits-, der Säure- und der Magerkeitszeiger und der subalpinen Arten bedeutend höher als bei allen andern Aufnahmegruppen. Charakteristisch ist die Artengruppe F. Im übrigen entspricht diese Aufnahmegruppe der Gruppe 6. Die durchschnittliche Anzahl der Arten ist die höchste aller Aufnahmegruppen mit 35 und Standardabweichung $s_x = 3.6$.

Tab. 10. Durchschnittliche Anzahl Zeigerpflanzen (nach LANDOLT 1977) der Aufnahmegruppen in %.

Table 10. Average number of indicator plants (after LANDOLT 1977) of the relevé groups in %.

Aufnahmegruppe	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl sämtlicher Arten	114	176	168	151	86	312	102
Feuchtigkeitszeiger	25.4	29.0	28.0	25.2	20.9	21.4	18.6
Zeiger mässiger Trockenheit	2.6	1.1	3.0	3.3	3.5	3.8	6.9
Basenzeiger	9.6	9.1	7.7	13.9	12.8	9.9	8.8
Säure- und ausgesprochene S.zeiger	4.4	8.0	4.8	7.9	9.3	15.7	20.6
Nährstoffzeiger	50.0	57.4	58.9	54.3	43.0	41.0	30.4
Magerkeits- und ausgesprochene M.zeiger	7.9	11.9	9.5	14.6	16.3	21.8	33.3
Humuszeiger	24.6	31.3	29.2	29.1	30.2	33.0	35.3
Mineralbodenzeiger	-	1.1	2.4	2.0	-	2.0	-
Sauerstoffarmutzeiger	12.3	13.1	13.7	9.3	7.0	6.4	9.8
Lichtzeiger	62.3	63.1	54.8	52.3	61.6	56.7	64.7
ausgesprochene Lichtzeiger	5.3	5.7	6.5	6.0	3.5	6.7	2.9
Schattenzeiger	-	-	0.6	1.3	2.3	0.6	-

3.3.4. Ordination der Aufnahmen

Mit der Ordination wird versucht, die Aufnahmen auf Grund ihrer Ähnlichkeit untereinander in einem mehrdimensionalen Raum anzuordnen. Die Ordination ist besser als eine Klassifikation geeignet, Gradientenstrukturen in der Vegetation aufzuzeigen.

Abb. 15 zeigt die Ordination der Aufnahmen aufgrund der Artenzusammensetzung durch die Hauptkomponentenanalyse nach WILDI und ORLOCI (1983). Neben der Ordination der Aufnahmen ist die entsprechende Ordination der Arten abgebildet, um die Beiträge der einzelnen Arten zu den Hauptkomponenten sichtbar zu machen.

Durch die erste und zweite Hauptkomponente, die zusammen 41% der Datenvarianz erklären, werden die Transekte, besonders Transekt A, voneinander getrennt (Abb. 15a). Die entsprechende Ordination der Arten (Abb. 15b) macht sichtbar, welche Arten die grössten Beiträge an die erste und zweite Hauptkomponente lieferten und ebenfalls an die Unterschiede zwischen den Transekten und innerhalb der Transekte.

Jeder Transekt wird durch eine eigene Artenkombination gekennzeichnet, die durch das Vorkommen oder Fehlen verschiedener Arten oder durch grosse Unterschiede in der Stetigkeit einiger Arten zum Ausdruck gebracht wird (Tab. 11).

Auf der ersten Achse der Ordination wird die Trennung zwischen dem grössten Teil des Transektes A und den Transekten B und C sichtbar durch die Arten Festuca rubra, Hypochoeris uniflora, Anthoxanthum alpinum, Geum montanum, Myosotis silvatica und Plantago alpina für Transekt A und Alchemilla sp., Ranunculus acer, Trisetum flavescens, Taraxacum officinale s.l., Trifolium repens, Geranium silvaticum und Poa pratensis für die Transekte B und C.

Die Verteilung der Arten auf der linken Hälfte von Abb. 15b reflektiert das Vorkommen und den Unterschied in der Deckung von Trifolium repens, Poa pratensis, Alchemilla sp., Poa alpina, Taraxacum officinale s.l., Trisetum flavescens, Rumex arifolius und Geranium silvaticum. Die Aufnahmen B₃ und B₄, die obersten der Ordination, haben zum Beispiel sehr hohe Deckungen der Arten Trifolium repens und Poa pratensis und in den untersten Aufnahmen A₂₅ und A₂₃ ist Trisetum flavescens mit einer sehr hohen Deckung vorhanden. Zu dieser Aufnahmenwolke links unten gehören neben Aufnahmen der Transekte B und C auch einige des Transektes A. Sie differieren gegenüber dem Rest des Transektes A durch eine grössere Dek-

Tab. 11. Unterschiede in der Artenzusammensetzung der drei Transekte.
 (Arten, die nur einmal vorkommen sind nicht berücksichtigt worden)
 Table 11. Differences in the composition of species of the three transects.
 (Species which occurred only once are neglected)

	Transekt A	Transekt B	Transekt C
Arten, die im betreffenden Transekt mit mindestens 20% höherer Stetigkeit als in den anderen Transekten vorkommen	Anthoxanthum alpinum Festuca rubra Minuartia verna Geum montanum Plantago alpina	Chaerophyllum villarsii Trifolium pratense-nivale Poa pratensis	Phleum alpinum
Arten, die nur im betreffenden Transekt vorkommen	Hypochoeris uniflora Pulsatilla sulphurea Carex sempervirens Lotus corniculatus Nardus stricta		
Arten, die im betreffenden Transekt mit mindestens 20% geringerer Stetigkeit als in den anderen Transekten vorkommen	Trifolium repens Ranunculus acer Geranium silvaticum Trifolium badium Trisetum flavescens	Myosotis silvatica Deschampsia caespitosa	Campanula scheuchzeri
Arten, die im betreffenden Transekt fehlen und in den anderen Transekten vorkommen	Peucedanum ostruthium Carum carvi Rhinanthus alectorolophus Viola tricolor	Poa trivialis Homogyne alpina Leontodon helveticus Luzula multiflora Crepis aurea Campanula barbata	Galium anisophyllum Arnica montana Bartsia alpina Ajuga pyramidalis Polygonum viviparum Helictotrichon pubescens

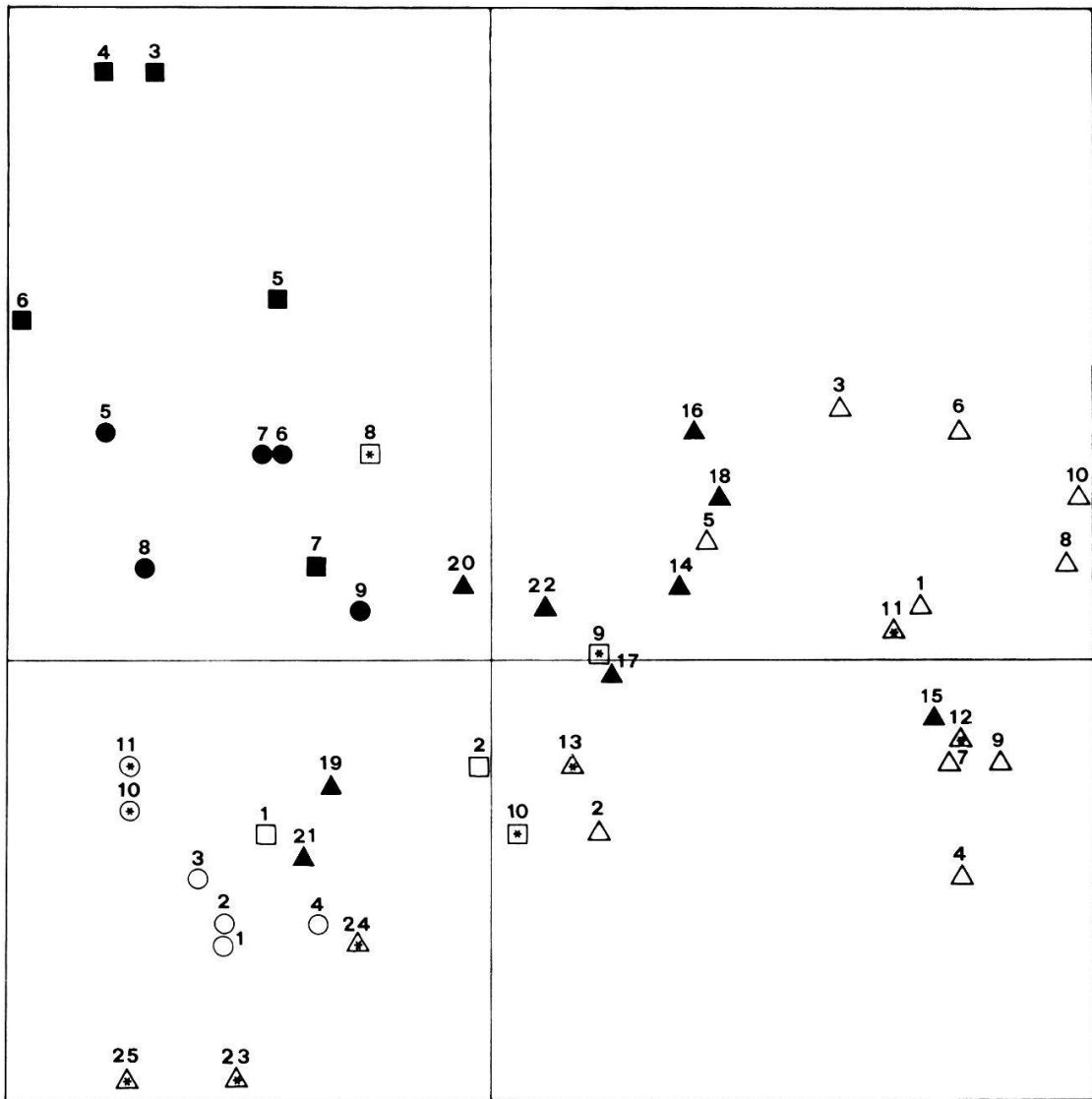


Abb. 15a. Ordination der Vegetationsaufnahmen der drei Transekte (A = Δ , B = \square , C = \circ) auf der Piste (\blacktriangle \blacksquare \bullet), neben der Piste (\triangle \square \circ) und im Randbereich (\triangle \square \circ mit * oder \oplus).

Die erste Achse tragt 27%, die zweite 14% zur Summe aller Datenvarianz (=Information) bei.

Fig. 15a. Ordination of the relevés of the three transects (A = Δ , B = \square , C = \circ), on the ski run (\blacktriangle \blacksquare \bullet), outside the ski run (\triangle \square \circ) and in the border area (\triangle \square \circ with * or \oplus).

The first axis accounts for 27%, the second for 14% of the total variation (=information).

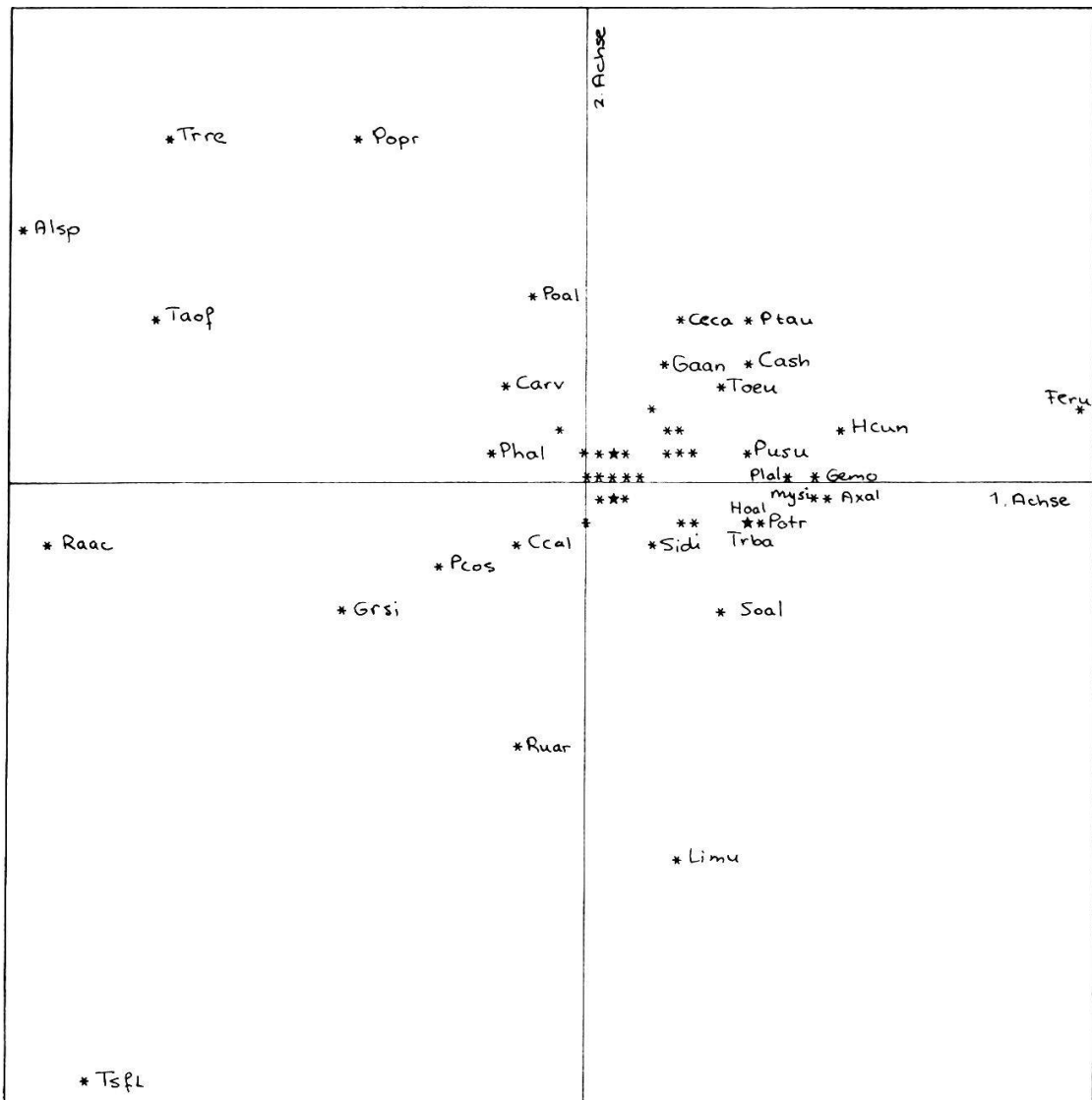


Abb. 15b. Beiträge der Arten zu den ersten zwei Hauptkomponenten in Abb. 15a.

Fig. 15b. Contribution of the species to the first and second axis in fig. 15a.

★ zusammenfallende Ordinationspunkte - coincident points of ordination

Alsp = *Alchemilla* sp., Axal = *Anthoxanthum alpinum*, Cash = *Campanula scheuchzeri*, Carv = *Carum carvi*, Ccal = *Crocus albiflorus*, Ceca = *Cerastium caespitosa*, Feru = *Festuca rubra*, Gaan = *Galium anisophyllum*, Gemo = *Geum montanum*, Grsi = *Geranium silvaticum*, Hoal = *Homogyne alpina*, Hcun = *Hypochoeris uniflora*, Limu = *Ligusticum mutellina*, Mysi = *Myosotis silvatica*, Pcos = *Peucedanum ostruthium*, Phal = *Phleum alpinum*, Plal = *Plantago alpina*, Poal = *Poa alpina*, Popr = *Poa pratensis*, Potr = *Poa trivialis*, Ptau = *Potentilla aurea*, Pusu = *Pulsatilla sulphurea*, Raac = *Ranunculus acer*, Ruar = *Rumex arifolius*, Sidi = *Silene dioeca*, Soal = *Soldanella alpina*, Taof = *Taraxacum officinale* s.l., Toeu = *Trollius europaeus*, Trba = *Trifolium badium*, Trre = *Trifolium repens*, Tsfl = *Trisetum flavescens*

kung der Arten Trisetum flavescens, Ranunculus acer und Alchemilla sp. und befinden sich an einem Ende des Transektes. Auf der ersten Achse bilden die Aufnahmen Nr. 3, 6, 10, 8, 1, 11, 15, 12, 7, 9 und 4 des Transektes A eine Gruppe. Gegenüber den anderen Aufnahmen unterscheiden sie sich durch eine höhere Deckung von Festuca rubra und das Vorkommen der Arten Lotus corniculatus, Nardus stricta usw. der Artengruppe F (siehe Tab. 7) und auch das Vorkommen der Arten Geum montanum, Hypochaeris uniflora, Plantago alpina usw. der Artengruppe G. Die meisten Arten der Gruppen F und G bevorzugen einen sauren und oder einen mageren Standort (nach LANDOLT 1977).

3.4. BEZIEHUNG ZWISCHEN DEM VORKOMMEN DER ARTEN UND AUFNAHMEN UND IHRER LAGE ZUR PISTE

Tab. 12 zeigt das Vorkommen der Arten in bezug auf Flächen neben und im Pistenbereich. Die Summen der Deckungsgrade auf und neben der Piste wurden miteinander verglichen. In der Tabelle sind nur Unterschiede dargestellt worden, die grösser als zehn Deckungsprozente sind. Einige Aufnahmen aus dem Randbereich wurden nicht berücksichtigt, um für beide Pistenbereiche die gleiche Anzahl der Aufnahmen zu erhalten.

Alchemilla sp. und Trifolium repens hatten in allen drei Transekten eine höhere Deckung auf der Piste als ausserhalb des Pistenbereiches. Taraxacum officinale s.l. hatte in zwei Transekten im Pistenbereich eine höhere Deckung als neben der Piste. Im dritten Transekt wurde kein Unterschied im Deckungsgrad festgestellt. Carum carvi, Deschampsia caespitosa und Poa pratensis hatten nur in einem Transekt eine grössere Deckung im Pistenbereich, sie waren in den anderen Transekten kaum vorhanden.

Dagegen kamen Ligusticum mutellina, Ranunculus montanus und Trifolium badium in allen drei Transekten ausserhalb des Pistenbereiches häufiger vor als auf der Piste. Für Myosotis silvatica und Rumex arifolius traf dies zu in zwei Transekten, im dritten war der Unterschied gering.

Manche Arten verhielten sich nicht eindeutig. Im einen Transekt waren sie häufiger auf der Piste und im anderen neben der Piste.

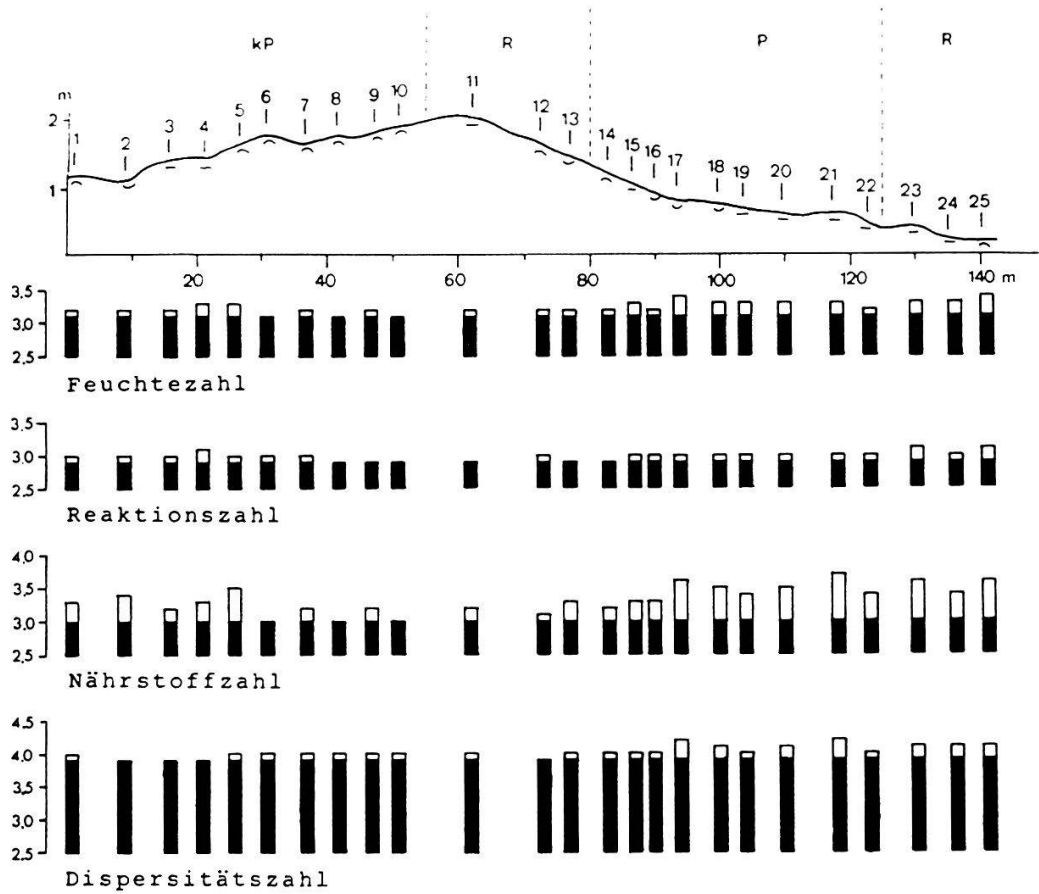
Beim Vergleich der Tab. 12 mit Tab. 7 treten einige kleine Unterschiede auf. Die Vegetationstabelle (Tab. 7) erfasst das gesamte Verhalten einer

Tab. 12. Unterschiede im Artengefüge auf und neben der Piste.
Table 12. Differences in composition of species on and outside the ski run.

X = Die Summe der Deckungsgrade auf der Piste ist mindestens 10% höher als neben der Piste - The total plant cover on the ski run is at least 10% higher than outside the ski run.
O = Die Summe der Deckungsgrade neben der Piste ist mindestens 10% höher als auf der Piste - The total plant cover outside the ski run is at least 10% higher than on the ski run.

P = Piste - ski run, R = Randbereich - border area,
N = neben Piste - no ski run.

Anzahl Aufnahmen Pistenzugehörigkeit	Transekt A		Transekt B		Transekt C	
	12 P, R	12 N, R	5 P	5 N, R	4 P	4 N
Alchemilla sp.	X		X		X	
Trifolium repens	X		X		X	
Taraxacum officinale s.l.	X		X			
Carum carvi			X			
Deschampsia caespitosa	X					
Poa pratensis			X			
Ranunculus acer	X		X			O
Trollius europaeus	X			O	X	
Poa alpina		O	X		X	
Geranium silvaticum	X			O		
Poa chaixii	X			O		
Phleum alpinum	X					O
Potentilla aurea		O	X			
Crocus albiflorus	X			O		O
Trisetum flavescens	X			O		O
Ligusticum mutellina		O		O		O
Ranunculus montanus		O		O		O
Trifolium badium		O		O		O
Myosotis silvatica		O		O		
Rumex arifolius				O		O
Anthoxanthum alpinum		O				
Campanula scheuchzeri		O				
Festuca rubra		O				
Geum montanum		O				
Homogyne alpina		O				
Hypochoeris uniflora		O				
Plantago alpina		O				
Poa supina		O				
Poa trivialis		O				
Helictotrichon pubescens				O		
Peucedanum ostruthium				O		
Rhinanthus alectorolophus				O		
Silene dioeca				O		
Soldanella alpina						O



A

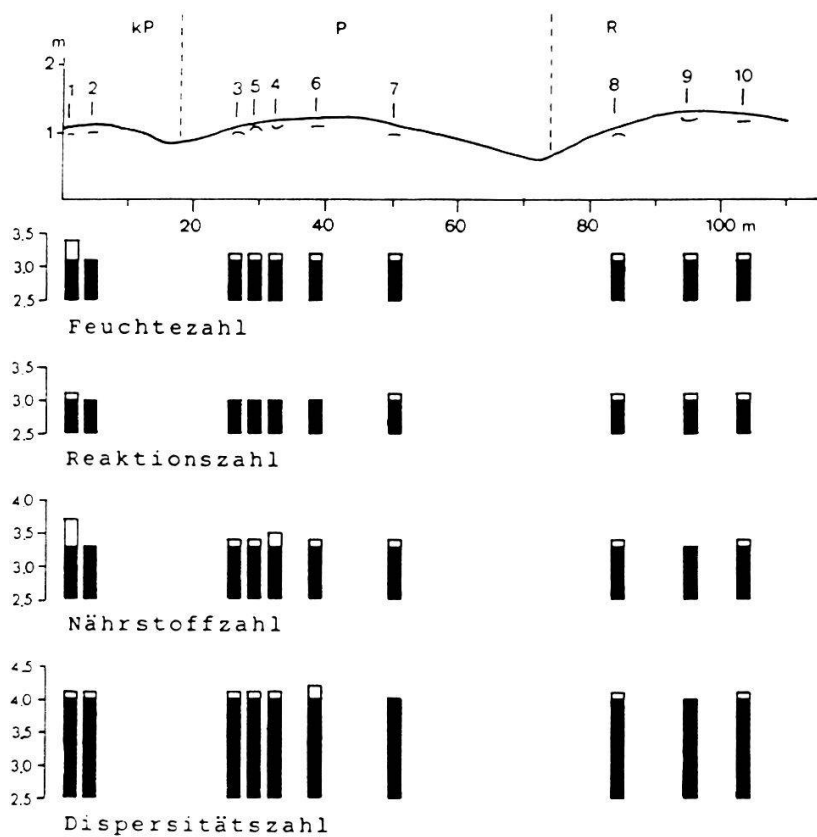
Abb. 16. Mittlere Werte der Feuchte-, Reaktions-, Nährstoff- und Dispersitätszahl (nach LANDOLT 1977) mit einer Uebersicht der Lage der Flächen. A, B, C entsprechen den drei Transekten. (Im Weissen sind die Zehntelwerte angegeben, die höher sind als der niedrigste Wert einer Aufnahme des Transektes)

Fig. 16. Mean values of humidity, reaction, nutrient, and dispersion (after LANDOLT 1977) with relief profile of the relevés. A, B, C correspond to the three transects. (Tenth-values in the white area indicate the values which are higher than the lowest of a relevé of the transect)

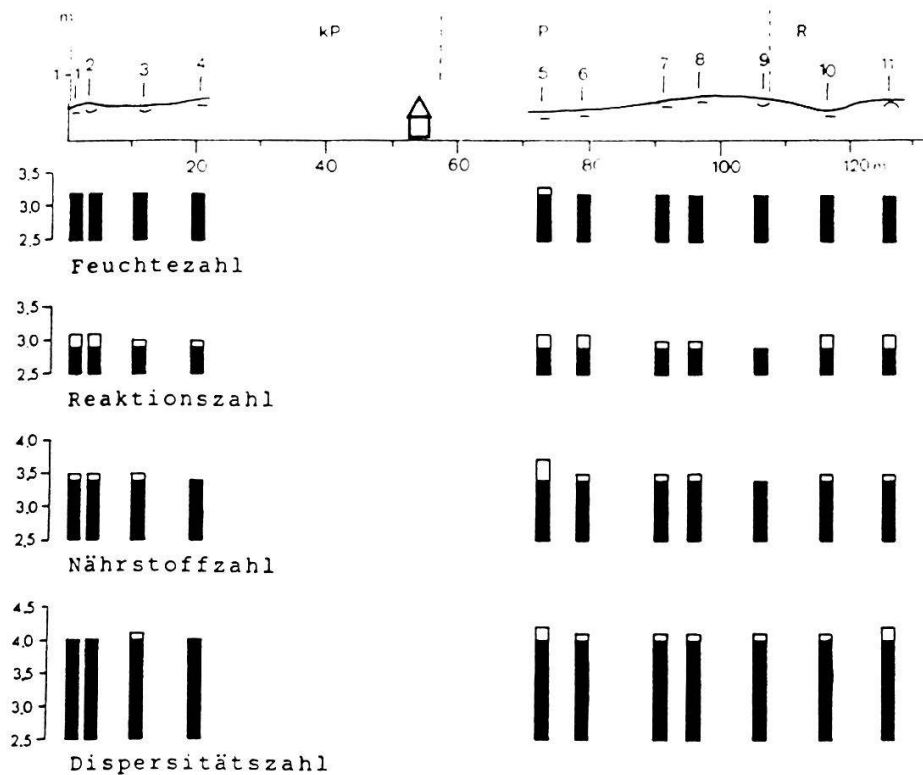
kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run,
R = Randbereich - border area

Mikrorelief:

∪ = Muldenlage - depression, ∩ = Kuppenlage - hummock, - = eben - level



B



C

Art auf und neben der Piste. Dabei wurde berücksichtigt, dass Transekt A mehr als zweimal soviel Flächen enthält als die beiden anderen.

Aus Tab. 7 geht hervor, dass die Hälfte der Arten, nämlich diejenigen der Artengruppen D, E, F, G, H und M, neben der Piste eine etwas höhere Deckung oder Stetigkeit aufweisen als auf der Piste. Bei 20% der Arten, nämlich denjenigen der Artengruppen A und L, verhält es sich umgekehrt. Einige Arten (Artengruppe I und N) kommen auf und neben der Piste etwa gleich häufig vor.

Bei der Ordination (Abb. 15) und der Klassifikation (Tab. 7) sind die Aufnahmen im Pistenbereich und neben der Piste oft gut voneinander getrennt. Die Arten Alchemilla sp., Trifolium repens, Taraxacum officinale s.l. und Poa pratensis charakterisieren die Aufnahmen im Pistenbereich der Transekte B und C (vgl. Gruppen 1 und 2 der Vegetationstabelle). Auf der anderen Seite der Ordinationsachse kennzeichnen die Arten Trisetum flavescens, Peucedanum ostruthium und Geranium silvaticum die Aufnahmen neben der Piste dieser Transekte (vgl. Gruppe 4 der Vegetationstabelle). Die Aufnahmengruppen 6 und 7 der Vegetationstabelle korrespondieren mit der rechten Aufnahmenwolke der Ordination. Alle diese Aufnahmen des Transekts A befinden sich mit Ausnahme von A₁₄ und A₁₅

Tab. 13. Geschätzter Gesamtdeckungsgrad in % der Kleearten, Gräserartigen und übrigen Kräuter der drei Transekte neben und auf der Piste im Jahr 1983.

Table 13. Estimations of total plant cover in %, for legumes, grasses, and other herbs of the three transects outside and on the ski run in 1983

N = neben Piste - no ski run, R = Randbereich - border area,
P = Piste - ski run.

	Transekt A		Transekt B		Transekt C	
	N, R	P	N, R	P	N, R	P
Pistenbereich Anzahl Flächen	11	13	5	5	6	6
Kleearten	100	67	100	316	100	159
Gräserartige	100	104	100	179	100	56
Kräuter	100	103	100	94	100	92

neben der Piste. Sie unterscheiden sich durch viele Trockenheits-, Magerkeits-, und Säurezeiger vom Rest des Transektes. Diese Aufnahmen neben der Piste stammen von einem flachen Buckel, die im Pistenbereich aus einer ziemlich flachen Mulde (Abb. 4).

Die Aufnahmegruppen 1-3 der Vegetationstabelle, welche vor allem die Aufnahmen auf der Piste und den grössten Teil derjenigen im Randbereich umfassen, haben eine ausgesprochen wechselnde Feuchtigkeit (w/3) (Tab. 9). Bei den Gruppen 4-7 mit Aufnahmen neben der Piste und einigen im Randbereich ist die Wechselfeuchtigkeit weniger ausgeprägt (w/4).

Die mittleren Zeigerwerte aller Aufnahmen im Pistenbereich sind nicht signifikant anders als diejenigen neben der Piste (Abb. 16). Erwartungsgemäss sind die Buckellagen trockener, basen- und nährstoffärmer (Verlustlagen) als die schwachen Muldenlagen (Gewinnlagen).

Der geschätzte Gesamtdeckungsgrad der Kleearten, der gräserartigen Pflanzen und der Kräuter ist in Tab. 13 abgebildet. Als Grundwerte (100%) dienten die Werte neben der Piste. Keine dieser drei Gruppen kommt im Pistenbereich aller drei Transekte überall wesentlich häufiger oder weniger häufig vor. Für die Abnahme der Kleearten auf der Piste im Transekt A und die Zunahme auf den Pistenflächen der Transekte B und C sind die Arten Trifolium badium bzw. Trifolium repens ausschlaggebend. Der Gräseranteil verhält sich in jedem Transekt anders. Beim Kräuteranteil wurde keine grosse Veränderung konstatiert.

Weil keine pflanzensoziologischen Daten aus früheren Zeiten vorliegen und die Topographie nicht homogen ist, können über die alleinige Beeinträchtigung der Artenzusammensetzung durch den Skibetrieb keine zuverlässigen Aussagen gemacht werden.

3.5. ERTRAGSERHEBUNGEN

Abb. 17 zeigt die oberirdischen Biomassen in Trockensubstanz, ausgedrückt in Dezitonnen pro Hektar (dt/ha), der Jahre 1982 und 1983 und die Mittelwerte für den Pistenbereich, den Randbereich und für die unbelasteten Abschnitte der drei Transekte. In fast allen Fällen war der Ertrag zum Zeitpunkt des Heuschnittes, Mitte bis Ende Juli, im Pistenbereich deutlich geringer als neben der Piste und im Randbereich. Die relativ niedrigen Werte des Teiles neben der Piste im Transekt A, die beim folgenden Vergleich ausgeklammert wurden, dürften vermutlich reliefbedingt sein, da dieser Transektabschnitt auf einem leichten Buckel liegt im Gegensatz zum Rest des Transektes. Auffällig ist der grosse Unterschied im Ertrag der Flächen neben der Piste des Transektes C. Dies hängt mit der Gräsermenge zusammen, insbesondere des Trisetum flavescens. Das Jahr 1983 war für das Wachstum sehr günstig, jedenfalls im Untersuchungsgebiet. Die letzten Aufnahmen des Transekts A (Randgebiet),

Tab. 14. Durchschnittlicher Ertragsausfall auf der Piste in den drei Transekten der Jahre 1982, 1983 und sein Mittelwert.

Table 14. Mean loss of yield on the ski run of the three transects in 1982, 1983, and its mean.

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

kP = keine Piste - no ski run

n = Anzahl Messungen - number of measurements

* 1983 vom Transekt B nur Randbereich (n=3) - in 1983 only border area (n=3) of transect B

		n=	1982	1983	1982 + 1983
Transekt A	P	8	21.0	17.2	19.1
	R	6			
Transekt B	P	5	23.0	14.9	16.8
	kP + R	5*			
Transekt C	P	5	12.1	21.9	17.8
	kP + R	6			
Transekte A, B, C	P: A, B, C	18	17.2	19.0	17.8
	kP: B, C	17			
	R: A, B, C				

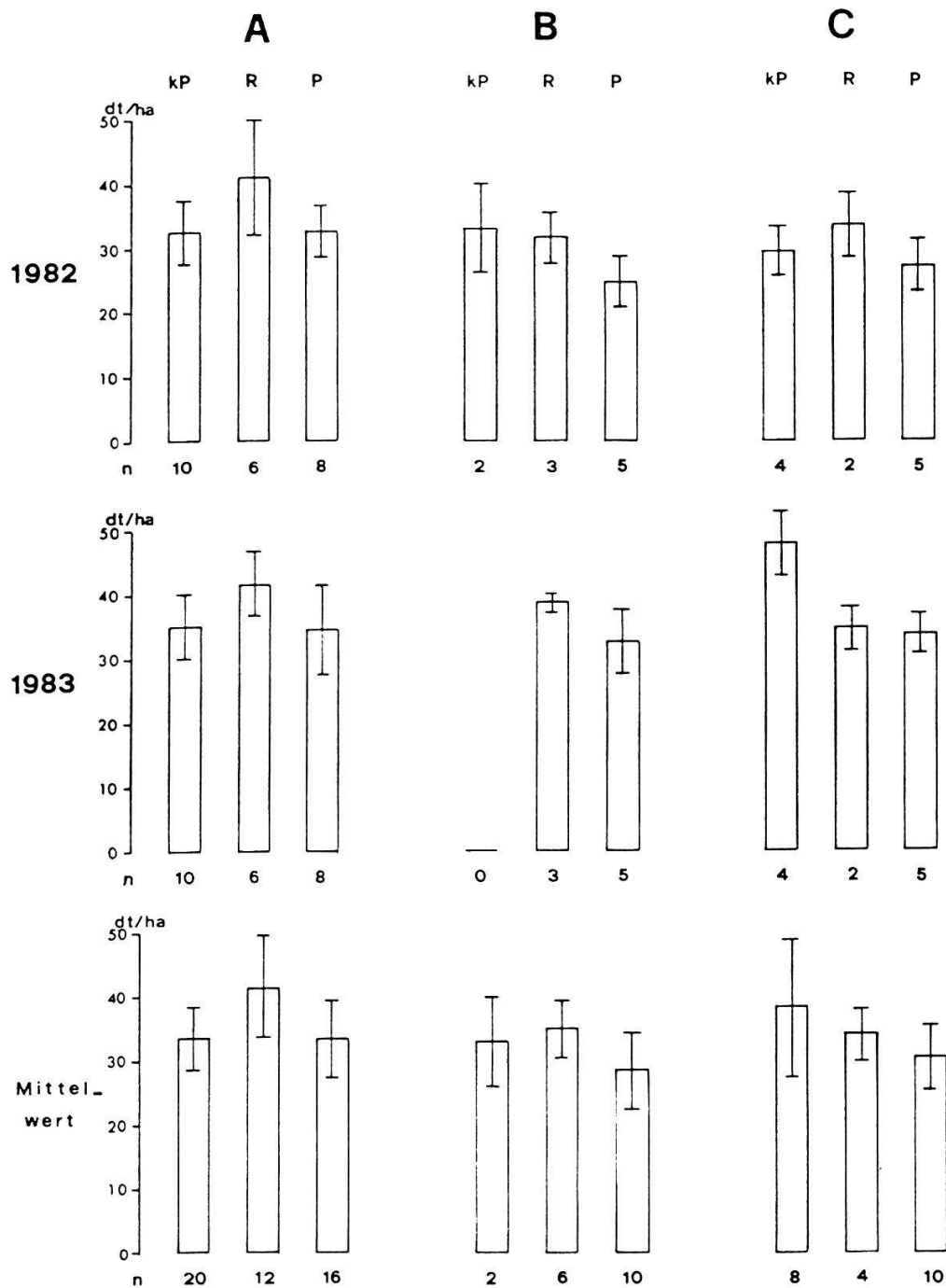


Abb. 17. Trockensubstanz der Heuernte vom Juli 1982, Juli 1983 und Mittelwert mit Standardabweichung in den drei Transekten A, B und C.

Fig. 17. Yield of dry matter in July 1982, July 1983, and mean with standard deviation in the three transects A, B, and C.

kP = keine Piste - no ski run, P = Piste - ski run,
 R = Randbereich - border area,
 n = Anzahl Messungen - number of measurements

die mehr in einer Mulde liegen, weisen einen sehr hohen Ertrag auf. Jedoch allein auf diesen Flächen wurde im Jahr 1983 kein höherer Ertrag gemessen.

Die Ertragseinbussen auf der Piste in den einzelnen Transekten werden in Tab. 14 dargestellt. Der durchschnittliche Ertragsausfall der drei Transekte betrug im Jahr 1982 17.2%, im Jahr 1983 19.0% und in den zwei Jahren zusammen 17.8%. Diese Ertragsausfälle sind mit 95% Sicherheit signifikant. Die Wachstumsverhältnisse im Jahr 1983 begünstigten insbesondere die Pflanzen auf den Pistenflächen in den Transekten A und B. Hier nahm der Unterschied im Ertrag zwischen Piste und neben der Piste ab. Dagegen waren im Transekt C die mittleren Erträge und die mittlere Vegetationshöhe (vgl. Kap. 3.2.6.) der Flächen neben der Piste viel grösser als jene im Pistenbereich.

3.6. NAEHRSTOFFANALYSEN

In Tab. 15 und Abb. 18 sind die chemischen Analysen der Grasproben von einigermaßen ähnlichen Vegetationen aufgezeichnet. Acht Flächen lagen im Pistenbereich, vier neben der Piste oder im wenig befahrenen Rand. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen eine sehr grosse Variation, besonders auch innerhalb der beiden Gruppen. Ein Unterschied zwischen den Flächen auf der Piste und denen neben der Piste konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei den Rohfasern gilt ein Gehalt von 20-22% als optimal. Der extrem hohe Wert in der Aufnahme A_{18} wird durch eine grosse Menge an Deschampsia caespitosa bewirkt.

Tab. 15. Qualitätsbestimmungen der Grasproben des Transektes A im Pistenbereich (n=8) und neben der Piste mit dem Randbereich (n=4) im Jahr 1983.
 Table 15. Analyses of nutritive values of transect A on the ski run (n=8) and outside the ski run with the border area (n=4) in 1983.

Flächen- nummer	neben Piste A9	Randbereich					Piste							
		A11	A12	A13	Mittel	A14	A15	A16	A18	A19	A20	A21	A22	Mittel
Rohprotein g/kg Ts	153	133	134	137	139	132	146	150	151	142	139	136	155	144
Rohfasern g/kg Ts	216	216	192	212	209	211	166	180	298	192	188	235	176	206
NEL MJ/kg TS	6.37	6.23	6.29	6.34	6.31	6.32	6.34	6.32	5.80	6.38	6.39	6.18	6.47	6.28
P g/kg TS	3.4	2.8	3.1	3.2	3.1	3.4	3.5	3.0	2.7	2.9	3.0	2.8	3.0	3.0
K g/kg TS	22.0	20.8	25.2	23.7	23.0	19.5	26.0	30.3	21.4	24.6	20.9	20.1	20.7	22.9
Mg g/kg TS	3.1	3.3	3.8	3.4	3.4	3.9	4.5	3.3	2.9	3.3	3.8	3.2	4.2	3.6
Ca g/kg TS	12.1	13.2	15.3	12.0	13.2	15.0	19.9	16.8	12.0	13.7	15.5	11.2	17.0	15.1
Ca/P	3.6	4.7	4.9	3.8	4.3	4.4	5.7	5.6	4.4	4.7	5.2	4.0	5.7	5.0

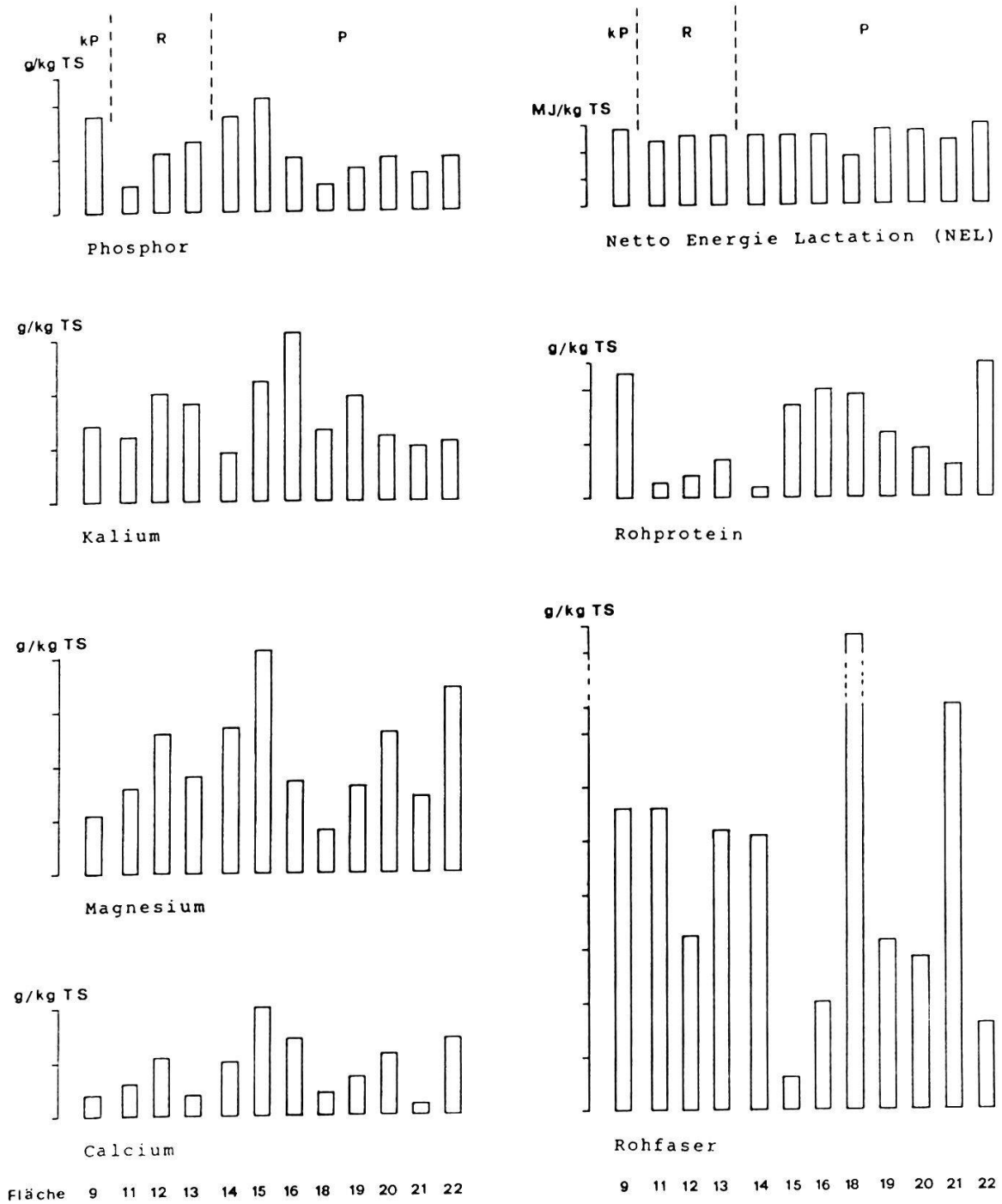


Abb. 18. Nährstoffwerte der Grasproben des Transektes A, neben der Piste mit dem Randbereich (n=4) und auf der Piste (n=8) im Jahr 1983.

Fig. 18. Nutritive values of grass samples of transect A, outside the ski run with the border area (n=4) and on the ski run (n=8) in 1983.

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