Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 54 (1988)

Artikel: Morphologische Untersuchungen an zwei Biscutella levigata-Populationen auf verschiedenen Gesteinsunterlagen = Morphological investigations in two populations of Biscutella levigata from different substrata

Autor: Gasser, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377740

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: 14.07.2025

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

Ber.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *54* (1988), 61-84

Morphologische Untersuchungen an zwei *Biscutella levigata*-Populationen auf verschiedenen Gesteinsunterlagen

Morphological investigations in two populations of *Biscutella levigata* from different substrata

Von

Max GASSER

1. EINLEITUNG

Der Differenzierungsgrad von verschiedenen Sippen einer Pflanzenart lässt sich mit Hilfe direkter und indirekter Methoden feststellen. Kreuzungsexperimente, reziproke Aussaat- und Vepflanzungsexperimente, sowie zytologische und demographische Untersuchungen beschreiben nicht nur Merkmale der betreffenden Populationen, sondern lassen direkte Rückschlüsse auf den Genaustausch zwischen den untersuchten Taxa zu. Leider sind die beschriebenen Methoden sehr arbeitsaufwendig, und die Resultate sind häufig nur bedingt auf

natürliche Pflanzenpopulationen anwendbar. Morphologische Untersuchungen sind ungleich einfacher durchzuführen, und können auch bei Herbarmaterial, das unter Umständen schon vor langer Zeit gesammelt wurde, angewendet werden. Solche Methoden werden klassischerweise bei taxonomischen Arbeiten gebraucht. Die Resultate lassen vielfach gute Rückschlüsse auf die verwandtschaftlichen Verhältnisse zu, liefern jedoch nur indirekte Angaben über einen möglichen oder tatsächlichen Genaustausch der in Betracht gezogenen Sippen.
Die vorliegende Publikation stellt einen weiteren Beitrag zum genetisch-ökologischen Differenzierungsmuster von *Biscutella levigata* s.str. dar. Vorhergehende Arbeiten (GASSER 1983, 1986) befassten sich mit dem demographischen sowie mit dem reproduktiven Verhalten von Populationen auf Dolomit und Serpentin in der alpinen Stufe bei Davos. Einige morphologische Daten wurden schon im Rahmen einer Voruntersuchung bei GASSER (1982) erhoben.
Die Artengruppe *B. levigata* s.l. ist äusserst vielgestaltig und lässt sich in verschiedene Kleinarten oder Subspezies aufteilen. In den ganzen Schweizer Alpen kommt nach MANTON (1934) nur die tetraploide Sippe *B. levigata* s.str. vor, während in den Gebieten Mitteleuropas, die in der letzten Eiszeit nicht vergletschert waren, diploide Sippen wachsen. In den Ostalpen sind diploide und tetraploide Sippen zu finden. Die ganze Artengruppe variiert morphologisch sehr stark, und die in der Literatur (HEGI 1986, HESS et al. 1970) beschriebenen Taxa lassen sich nicht in jedem Fall eindeutig mit den angegebenen morphologischen Merkmalen voneinander trennen.
Ziel dieser Untersuchung ist es, morphologische Merkmale von Populationen miteinander zu vergleichen, die grosse Variationsbreite statistisch zu analysieren, und mit dem schon bekannten Differenzierungsgrad der beiden Sippen in Beziehung zu setzen. Es geht aber nicht darum, morphologische Merkmale zu finden, und neue taxonomische Einheiten abzugrenzen.

Die vorliegende Arbeit wurde am Geobotanischen Institut ETH, Stiftung Rübel, ausgeführt. Folgende Personen trugen durch ihre hilfreiche Unterstützung an diese Veröffentlichung bei: Frau Prof. Dr. K. Urbanska, Herr Prof. Dr. E. Landolt, Herr Dr. M. Baltisberger, Herr H.-R. Binz sowie Herr Dr. M. Schütz. Diesen genannten Personen möchte ich herzlich danken, ebenso Herrn R. Graf für die photographischen Arbeiten und Frau E. Hsü für die Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODEN

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nördlich von Davos in der Bergkette, die das Landwassertal mit dem Prätigau verbindet. In der geologisch sehr heterogenen Umgebung von Davos liegt der Schwerpunkt des Vorkommens von *Biscutella levigata* in der alpinen Stufe auf Dolomit- und Serpentinböden; auf diesen beiden Substraten wurde die Untersuchung durchgeführt.
Die Untersuchungsflächen entsprechen genau denjenigen, die schon in früheren Arbeiten publiziert wurden (GASSER 1983 und 1986). Zwölf Flächen wurden auf Dolomitgestein (DOL 1 bis DOL 12) und elf auf Serpentingestein (SER 1 bis SER 11) ausgewählt. Die Dolomitflächen befinden sich am Südhang des Schiahorns (Schiawang) etwa 2.5 km nördlich von Davos-Platz auf einer Höhe von ca. 2300-2560 m. Sie weisen meist eine südliche Exposition auf und verteilen sich auf Rasen- bis Schuttstandorte. Die Serpentinflächen befinden sich am Südhang und einige auch am Osthang des Totalphorns etwa 4 km nördlich von Davos-Dorf sie liegen auf einer Höhe von ca. 2280-2510 m und sind südlich bis östlich exponiert (Tab. 1.). Die Entfernung der beiden Gebiete voneinander beträgt etwa 3 km. Es wurde speziell darauf geachtet, dass diese Flächen sich gleichmässig über Gebiete mit dichter, intermediärer und offener alpiner Vegetation verteilen. Auf Dolomit waren dies Rasen- bis Schuttstandorte, auf Serpentin hingegen einfach Flächen mit einer mehr oder weniger grossen Vegetationsbedeckung. Ferner wurden auch Flächen an der Grenze der Höhenverbreitung von *Biscutella levigata* in diesem Gebiet gewählt (Tab. 1). Eine Übersicht über die Höhenlage und den Typ der Untersuchungsflächen ist in Tab. 2 zu finden. Genauere Angaben zu den Untersuchungsflächen, insbesondere Vegetationsaufnahmen, sind in GASSER (1986) vorhanden.
Insgesamt wurden 487 reproduzierende Ramets untersucht, 252 von Dolomit und 235 von Serpentin. Den Begriff Ramet führte HARPER (1977) ein. Als reproduzierendes Ramet wird in dieser Arbeit ein Stengel mit Blüten- oder Fruchtstand mit der dazugehörenden Rosette bezeichnet. Falls mehrere Ramets miteinander durch die Wurzeln verbunden waren, wurden alle untersucht. Die verwendeten Merkmale mussten entweder einfach festzustellen oder innerhalb der Artengruppe *Biscutella levigata* s.l. diagnostisch wichtig sein (z.B. HESS et al. 1970).

Folgende Merkmale wurden erfasst:

a) Höhe der Pflanze: Gemessen vom Hypokotyl bis zum entferntesten Ende des Blüten- oder Fruchtstandes (cm).

b) Breite der Rosettenblätter: Das breiteste Blatt in der Rosette wurde an der weitesten Stelle gemessen. Die Blattzähne wurden jedoch nicht mitberücksichtigt (mm).

Tab. 1. Charakterisierung der Untersuchungsflächen
Characteristics of the local sectors

DOL = Dolomit, SER = Serpentin; - Fläche wird nicht überschüttet *(not covered by stones)* / nicht beweidet *(not grassed)* ; (+) selten überschüttet *(scarcely covered)* / selten beweidet *(scarcely grassed)* ; + mässig überschüttet *(moderately covered)* / mässig beweidet *(moderately grassed)* ; ++ ausgesprochene Schuttfläche *(scree slope)* / stark beweidet *(strongly grassed)*.

Fläche Nr.	Höhe m ü.M.	Exposition	Neigung %	Deckung %	Überschüttung	Beweidung	Typ
DOL 1	2350	S	35	95	(+)	++	Rasen (A)
DOL 2	2340	S	75	70	(+)	+	Rasen (A)
DOL 3	2430	S	40	80	(+)	+	Rasen (A)
DOL 4	2330	S	35	70	+	+	intermediär (B)
DOL 5	2340	S	50	60	+	+	intermediär (B)
DOL 6	2300	S	50	50	(+)	+	intermediär (B)
DOL 7	2440	S	50	60	+	+	intermediär (B)
DOL 8	2360	S	60	40	++	+	Schutt (C)
DOL 9	2320	E	60	30	++	(+)	Schutt (C)
DOL 10	2460	S	50	20	++	+	Schutt (C)
DOL 11	2560	S	55	20	+	+	höchste (D)
DOL 12	2540	S	60	70	(+)	++	höchste (D)
SER 1	2290	S	30	60	-	+	dichte Veg. (A)
SER 2	2300	S	35	60	(+)	+	dichte Veg. (A)
SER 3	2400	ESE	25	70	-	(+)	dichte Veg. (A)
SER 4	2280	S	45	25	(+)	+	intermediär (B)
SER 5	2270	S	50	35	(+)	+	intermediär (B)
SER 6	2280	E	30	20	(+)	+	intermediär (B)
SER 7	2430	SSE	30	30	+	(+)	intermediär (B)
SER 8	2280	SW	50	20	++	(+)	lockere Veg. (C)
SER 9	2280	SE	40	15	(+)	+	lockere Veg. (C)
SER 10	2380	S	50	10	+	(+)	lockere Veg. (C)
SER 11	2510	S	70	5	++	-	höchste (D)

c) Anzahl Zähne pro Rosettenblatt: Dieses Merkmal wurde am Blatt mit den meisten Zähnen festgestellt.

d) Anzahl Stengelblätter: Anzahl der Blätter oberhalb der Rosette inklusive Tragblätter im Blütenstand, die länger als 2 mm sind.

Tab. 2. Übersicht über Höhenlage und Typ der Untersuchungsflächen
Altitude and type of the local sectors
• = Anzahl Flächen / *Number of local sectors*

Dolomit				Serpentin			
Höhe m.ü.M.	Rasen	inter-mediär	Schutt	Höhe m.ü.M.	dichte Veg.	inter-mediär	lockere Veg.
≈ 2550		•	•	≈ 2500			•
≈ 2450	•	•	•	≈ 2400	•	•	•
≈ 2350	••	•••	••	≈ 2300	••	•••	••

Tab. 3. Klasseneinteilung beim Merkmal Verhältnis kurze zu lange Haare.
Categories in character ratio short vs. long hairs of leaf margin.

Klasse	kurze Haare			lange Haare
K 2	>	2	:	1
K 1	≤	2	:	1
M	≈	1	:	1
L 1	≥	1	:	2
L 2	<	1	:	2

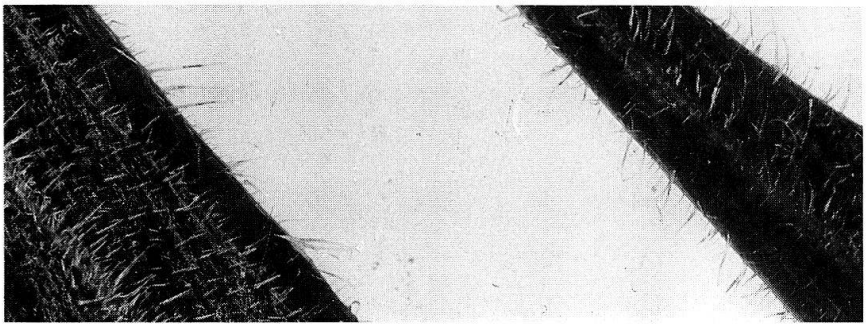

Fig. 1. Behaarung des Blattrandes; Klasse K2
Pilosity of leaf margin; category K2

Tab. 4. Untersuchte Ramets und Früchte pro Fläche
Analyzed ramets and fruits per local sector
N = Anzahl Ramets *(number of ramets)* ; F = Anzahl gemessene Früchte *(number of meas-ured fruits)* ; G = Anzahl gemessene Griffel *(number of measured styles).*

Dolomit	N	F	G	Serpentin	N	F	G
DOL 1	29	0	8	SER 1	27	1	13
DOL 2	17	17	17	SER 2	14	11	14
DOL 3	16	14	16	SER 3	21	12	21
DOL 4	31	7	22	SER 4	14	0	12
DOL 5	25	1	16	SER 5	14	0	13
DOL 6	25	19	24	SER 6	40	0	25
DOL 7	11	8	10	SER 7	20	6	14
DOL 8	33	1	17	SER 8	30	28	30
DOL 9	15	8	15	SER 9	25	4	18
DOL 10	10	9	10	SER 10	26	22	26
DOL 11	18	7	17	SER 11	4	4	4
DOL 12	22	3	13				

e) Anzahl Tragblätter im Blütenstand, die länger als 2 mm sind.
f) Anzahl Äste im Blütenstand, die Blüten oder Früchte tragen.
g) Verhältnis kurzer zu langen Haaren am Blattrand: Das Verhältnis von Haaren unter 0.5 mm Länge zu Haaren über 0.5 mm wurde an mehreren Stellen an Blatträndern in der Grundrosette geschätzt. Jedes Ramet wurden in eine Klasse eingeteilt (siehe Tab. 3).
h) Schötchenhöhe (mm): Dieses Merkmal konnte nicht bei allen Ramets gemessen werden, (siehe Tab. 4.). Aus diesem Grunde wurden je 150 Früchte von Dolomit (Flächen DOL 3, 5, 6, 7, 8, 10) und Serpentin (Flächen SER 1, 3, 4, 5, 7, 10), die für Aussaatversuche gesammelt wurden, ausgemessen.
i) Griffellänge (mm): Dieses Merkmal konnte nicht bei allen Ramets gemessen werden (siehe Tab. 4.). Die Griffellänge wurde auch an den zusätzlich gesammelten Früchten ausgemessen.
j) Samengrösse: Die für Aussaatversuche vorbereiteten Samen wurden gewogen (immer 50 oder 100 Samen zusammen), ausserdem wurde die Samenlänge und Samenbreite bei den zusätzlich gesammelten Früchten bestimmt.
k) Verhältnismerkmale:
   - Höhe der Pflanze / Breite der Grundblätter.
   - Anzahl Zähne pro Grundblatt / Breite der Grundblätter.
   - Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Äste im Blütenstand.
   - Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Stengelblätter.
   - Schötchenhöhe / Griffellänge. (Dieses Merkmal konnte nicht für alle Ramets berechnet werden, siehe Tab. 4.)

- Samenlänge / Samenbreite. (Dieses Merkmal konnte nur für die zusätzlich gemessenen Samen brechnet werden).

Pro Fläche wurden zwischen 10 und 40 Ramets untersucht, mit Ausnahme der Fläche SER 11, wo nur 4 Ramets zur Verfügung standen (siehe Tab. 4.).

3. ERGEBNISSE

a) Höhe der Pflanzen

Die Höhe der einzelnen Pflanzen variiert sehr stark. Das kleinste Exemplar misst 3 cm, während das grösste 31 cm hoch ist. Der Mittelwert aller Pflanzen von beiden Substraten beträgt 16.7 cm mit einer Standardabweichung von 4.2 cm. Auf Dolomit beträgt der Mittelwert 17.2 cm, die Standardabweichung 4.7 cm, auf Serpentin 16.3 cm und 3.5 cm. Auf Dolomit sind die Pflanzen durchschnittlich etwas grösser als auf Serpentin (statistisch gesichert auf 1%-Niveau mit t-Test). Die Standardabweichung ist jedoch deutlich verschieden auf den beiden Substraten, da sowohl die höchsten wie auch die niedrigsten Pflanzen auf Dolomit wachsen.

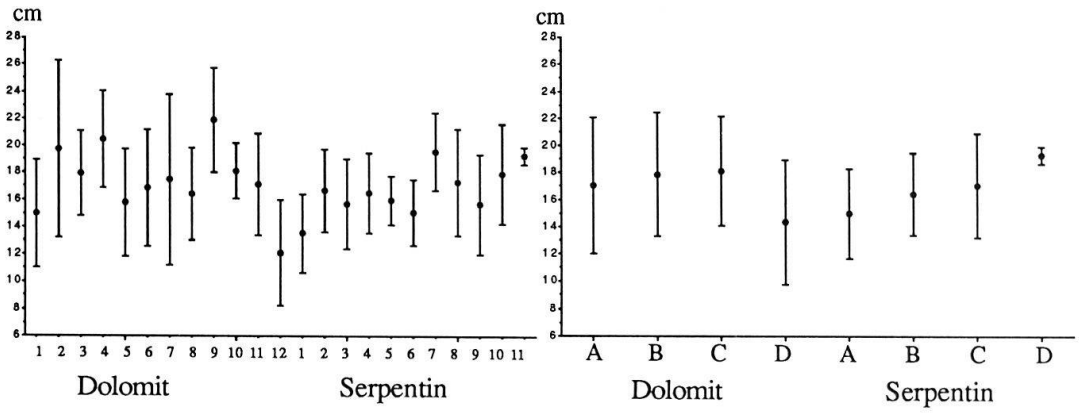

Fig. 2. Höhe der Pflanzen: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Height of plants: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

Von insgesamt 17 Pflanzen, die kleiner als 10 cm sind, stammen 12 von Dolomit und 5 von Serpentin. 6 Pflanzen, alle aus Dolomitflächen, sind sogar kleiner als 8 cm. 8 der kleinsten Dolomitpflanzen wurden in den Flächen DOL 1 und DOL 12 gesammelt. Beide Flächen werden relativ stark beweidet. In der gut zugänglichen Fläche DOL 1 finden sich häufig Schafe oder Kälber ein, während die Fläche DOL 12 ein beliebter Aufenthaltsort für Steinböcke ist. Generell gesehen ist das Dolomitgebiet (Schiawang) viel stärker beweidet als das Serpentingebiet (Totalphorn).
In den einzelnen Untersuchungsflächen variieren die Mittelwerte und Standardabweichungen ebenfalls sehr stark. Die Werte sind in Fig. 2. dargestellt. In der Fläche DOL 12 (stark beweidet) beträgt die mittlere Grösse 12 cm, während sie in der Fläche DOL 9 (für Tiere schlecht zugängliche Schuttfläche) 21.5 cm beträgt; die Überschneidung bei der Standardabweichung ist jedoch sehr gross. Die Unterschiede in der Höhe der Pflanzen von Fläche zu Fläche sind auf Dolomit deutlich grösser als auf Serpentin.
Betrachtet man die einzelnen Standortstypen, so sind die Mittelwerte und Standardabweichungen viel einheitlicher (Fig. 2.). Mit einer Varianzanalyse geprüft sind die Unterschiede trotzdem hoch gesichert ($P < 0.1$ %) verschieden. Die Dolomitwerte sind mit Ausnahme der höchsten Standorte durchwegs grösser als die Mittelwerte der Pflanzen von Serpentinstandorten. Der höchste Serpentinstandort kann nur bedingt berücksichtigt werden, weil die Resultate nur aus einer Fläche mit insgesammt 4 untersuchten Pflanzen stammen.

b) Breite der Rosettenblätter

Die mittlere Breite der Rosettenblätter von allen untersuchten Pflanzen beträgt 5.9 mm mit einer Standardabweichung von 1.8 mm. Die entsprechenden Werte für die Dolomitpflanzen betragen 6.1 mm mit 1.8 mm Standardabweichung und für Serpentinpflanzen 5.7 mm resp. 1.7 mm. Die Breite der Rosettenblätter der Dolomit- und Serpentinpflanzen ist statistisch gesichert verschieden (1%-Niveau) trotz der grossen Überschneidung der Standardabweichung. Die schmälsten Blätter sind nur 2-2.5 mm breit (1 Pflanze von Dolomit und 4 Pflanzen von Serpentin), das breiteste Blatt misst 16 mm (Fläche DOL 4).
Die mittlere Blattbreite variiert auf den einzelnen Flächen beträchtlich (von 4 bis 6.5 mm) mit grossen Standardabweichungen (Fig. 3.). Ein eindeutiger Unterschied zwischen den Werten von Dolomit- und von Serpentinflächen lässt sich nicht erkennen.
Betrachtet man die Standorte auf Dolomit und auf Serpentin so sind alle mittleren Blattbreiten mit den dazugehörigen Standardabweichungen auffallend ähn-

lich (Fig. 3.). Trotzdem ergibt die Varianzanalyse statistisch gesicherte Unterschiede auf dem 5%-Niveau.

c) Anzahl Zähne pro Rosettenblatt

Alle untersuchten Pflanzen von beiden Substraten haben durchschnittlich knapp 3 Zähne pro Blatt mit einer Standardabweichung von 2.1. Auf Dolomit besitzen die Pflanzen im Mittel 2.5 Zähne pro Blatt (Standardabweichung 1.8) auf Serpentin 3.4 (Standardabweichung 2.7). 39 Dolomit- und 34 Serpentinpflanzen besitzen gar keine Zähne; mehr als 8 Zähne pro Blatt haben 2 der untersuchten Dolomit- und 13 der untersuchten Serpentinpflanzen. Der Unterschied zwischen den beiden Substraten ist statistisch hoch gesichert ($P < 0.1$ %).

Die mittlere Anzahl der Zähne pro Blatt variiert von Fläche zu Fläche stark (Fig. 4.). Auf Serpentin sind eher hohe Werte anzutreffen mit Ausnahme der Fläche SER 2. Besonders hohe Werte haben die beiden Flächen SER 6 und SER 7.

Betrachtet man die einzelnen Standorte, so zeichnen sich die intermediären Standorte auf Serpentin durch besonders hohe Durchschnittswerte aus

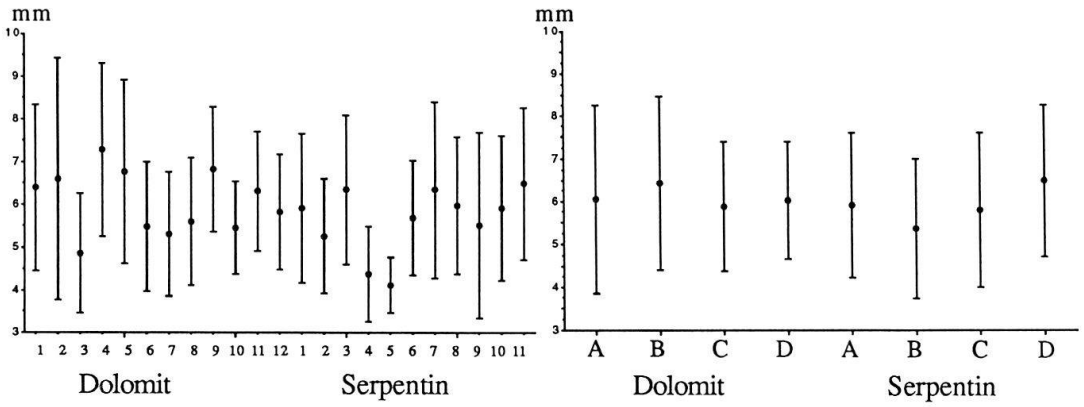

Fig. 3. Breite der Rosettenblätter: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Broadth of rosette leaves: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

(Fig. 4.). Die Unterschiede sind statistisch hoch gesichert verschieden (P < 0.1 %).

d) Anzahl Stengelblätter

Die meisten der untersuchten Pflanzen haben 2 oder 3 Stengelblätter. Auf Dolomit haben die meisten Ramets 2 etwas seltener 3 Stengelblätter, auf Serpentin ist die Situation umgekehrt. 6 Ramets haben keine Stengelblätter, davon stammen 2 von Dolomit und 4 von Serpentin, während 2 Dolomitpflanzen 7 Stengelblätter besitzen. Der Mittelwert beträgt für beide Substrate zusammen sowie für jedes einzelne Substrat 2.9 mit einer Standardabweichung von 1.2. Mit einem t-Test kann kein statistischer Unterschied zwischen Dolomit- und Serpentinpflanzen festgestellt werden.

Bei Betrachtung der einzelnen Untersuchungsflächen lassen sich Schwankungen erkennen, aber deutliche Tendenzen können wegen der grossen Überschneidung der Standardabweichungen nicht festgestellt werden (Fig. 5.).

Für die Standortstypen auf Dolomit und Serpentin ergibt sich ein relativ einheitliches Bild (Fig. 5.). Eine Varianzanalyse ergibt aber immerhin auf dem 5%-Niveau gesicherte Unterschiede.

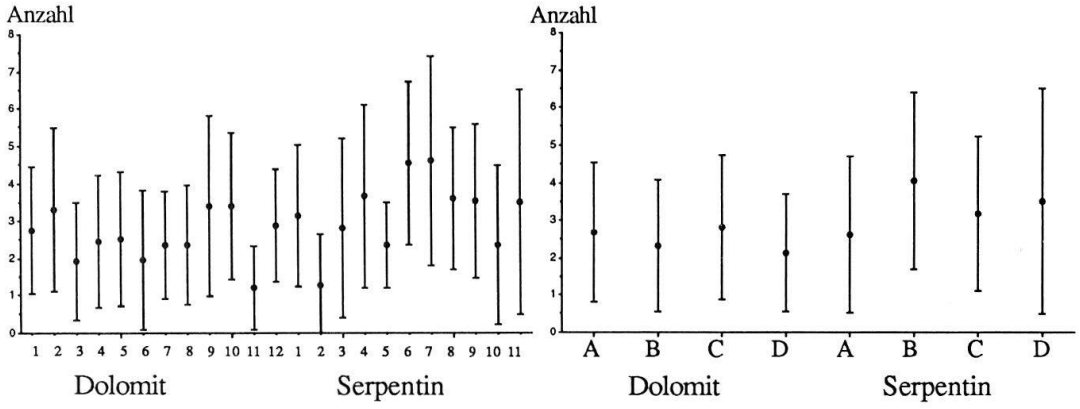

Fig. 4. Anzahl Zähne pro Rosettenblatt: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Number of teeth per rosette leave: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

e) Anzahl Tragblätter im Blütenstand

Die Anzahl der Tragblätter ist stark abhängig von der Anzahl der Seitenäste im Blütenstand (Merkmal f).

Im Mittel haben alle Pflanzen von beiden Substraten 1.76 Tragblätter mit einer Standardabweichung von 1.20 (Dolomit: 1.64, resp. 1.13; Serpentin: 1.91, resp. 1.25). 41 Pflanzen von Dolomit und 26 Pflanzen von Serpentin haben gar keine Tragblätter oder nur solche, die kleiner sind als 2 mm. 2 Serpentinpflanzen haben 6 Tragblätter, 5 Tragblätter haben 5 Serpentin- und 2 Dolomitpflanzen. Trotz der grossen Überschneidung der Standardabweichungen haben die Serpentinpflanzen statistisch gesichert ($P < 1$ %) eine durchschnittlich höhere Anzahl Tragblätter.

Die Korrelation der beiden Merkmale Tragblätter im Blütenstand und Äste im Blütenstand aller untersuchten Ramets beträgt 0.76; (Dolomitpflanzen: 0.72, Serpentinpflanzen 0.85.

Bei Betrachtung der einzelnen Flächen ergibt sich ebenfalls eine grosse Überschneidung der Standardabweichungen. Unter den Dolomitflächen fällt die ausgesprochene Schuttfläche DOL 9 mit einem hohen Mittelwert aus dem Rahmen.

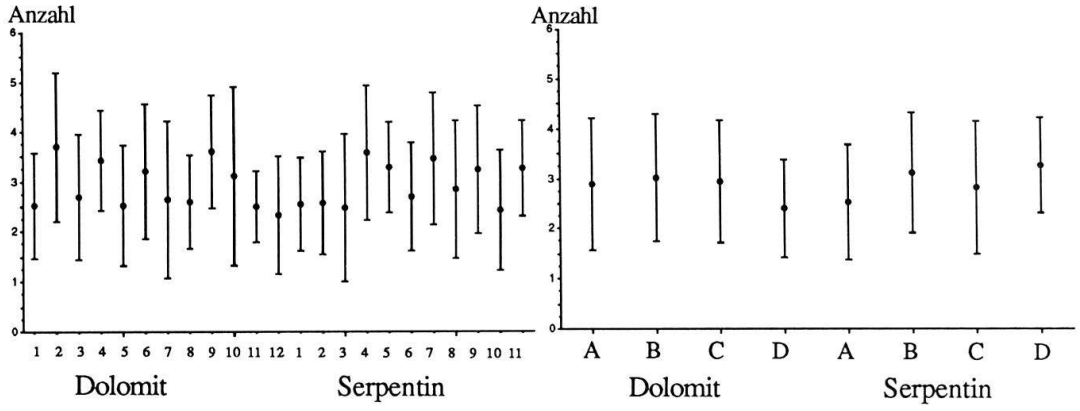

Fig. 5. Anzahl Stengelblätter: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).

Number of leaves per stem: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

Die anderen Flächen liegen alle mehr oder weniger im gleichen Bereich (Fig. 6.).
Die einzelnen Standortstypen ergeben ebenfalls ein relativ einheitliches Bild (Fig. 6.). Die einzige Ausnahme ist der höchste Standort auf Dolomit mit nur 4 berücksichtigten Pflanzen. Eine Varianzanalyse ergibt dennoch statistisch gesicherte Unterschiede der Mittelwerte ($P < 1$ %).

f) Anzahl Äste im Blütenstand
Die Anzahl der Blütenstandäste ist korreliert mit der Anzahl der Tragblätter im Blütenstand (Merkmal e, siehe vorhergehender Abschnitt).
Die mittlere Anzahl der Äste aller untersuchten Ramets beträgt 3.5, mit einer Standardabweichung von 1.4. Für die Dolomitpflanzen beläuft sich der Mittelwert auf 3.6, mit einer Standardabweichung von 1.4, für die Serpentinpflanzen 3.4, resp. 1.3. 15 Dolomit- und 16 Serpentinpflanzen besitzen nur 1 Ast im Blütenstand; 1 Pflanze aus der Fläche DOL 9 hat 8 Äste, während 7 Äste bei insgesammt 6 Dolomit- und 5 Serpentinpflanzen zu finden sind. Obwohl die Unterschiede klein sind, ergibt ein t-Test statistisch gesicherte Unterschiede auf dem 5 % -Niveau.

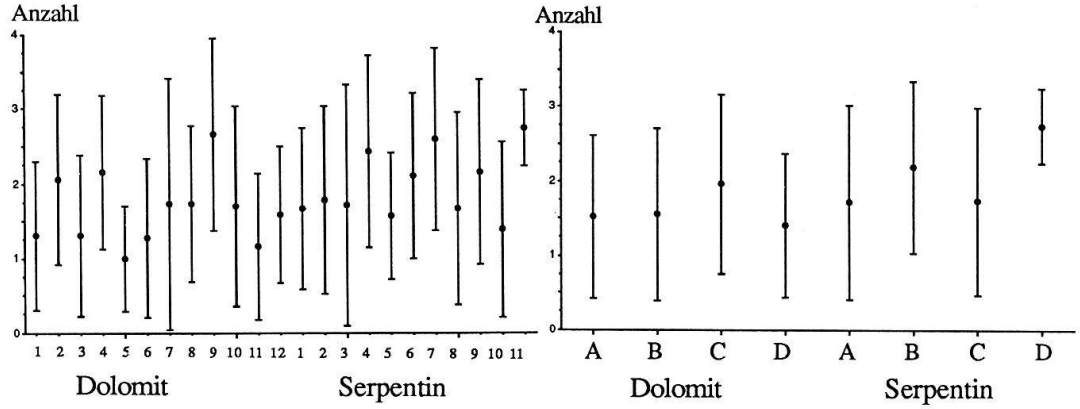

Fig. 6. Anzahl Tragblätter im Blütenstand: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standorts-typen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Number of bracts per inflorescence: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

Bei Berücksichtigung der einzelnen Flächen fällt die extreme Schuttfläche DOL 9 mit einem hohen Wert aus dem Rahmen (Fig. 7.). Sie ist die am wenigsten stark beweidete Dolomitfläche. Alle anderen Flächen liegen etwa im gleichen Bereich. Auf der Fläche SER 11 besitzen alle Ramets die gleiche Anzahl Äste.
Für die einzelnen Standortstypen ergibt sich ein sehr gleichmässiges Bild (Fig. 7.). Ein statistisch gesicherter Unterschied kann nicht nachgewiesen werden.

g) Verhältnis kurzer zu langen Haaren am Blattrand
Die meisten Ramets von beiden Substraten gehören zum Behaarungstyp K2, sie haben viel mehr kurze als lange Haare am Blattrand. Den Klassen K1, M und L1 gehören je etwa die gleiche Anzahl Pflanzen an. Deutlich weniger Pflanzen haben viel mehr lange als kurze Haare und werden der Klasse L2 zugeteilt (siehe Fig. 9.). Die meisten Dolomitpflanzen haben gleich viele oder mehr lange als kurze Haare, während die meisten Serpentinpflanzen viel mehr kurze als lange Haare am Blattrand haben (Fig. 9.). Die Unterschiede zwischen den beiden Substraten sind statistisch hoch signifikant ($P < 0.1$ %).

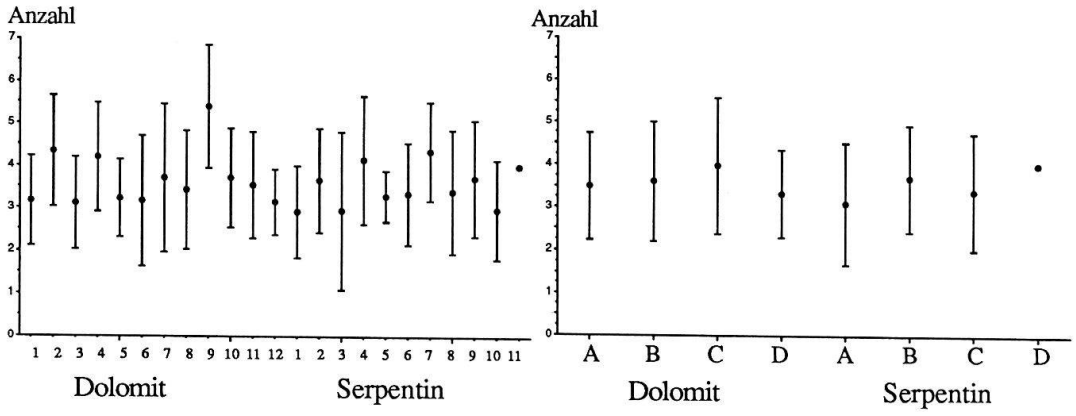

Fig. 7. Anzahl Äste im Blütenstand: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Number of branches per inflorescence: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

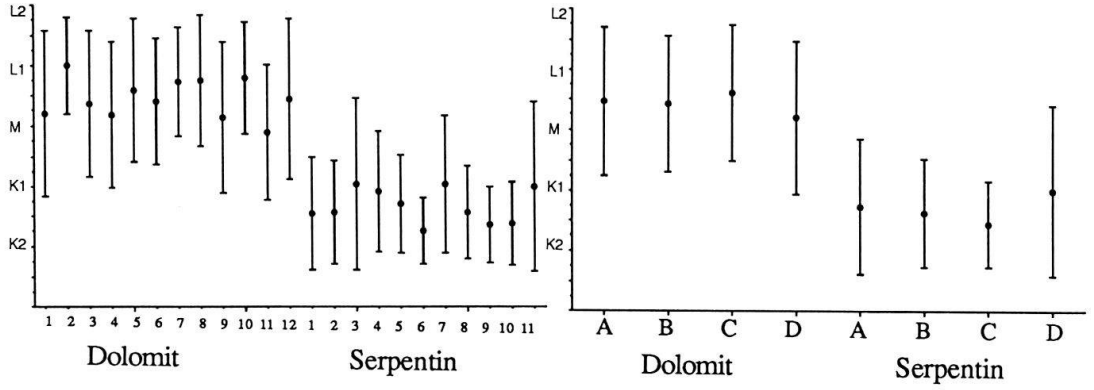

Fig. 8. Verhältnis kurze zu lange Haare am Blattrand: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Ratio of short vs long hair of leaf margin: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

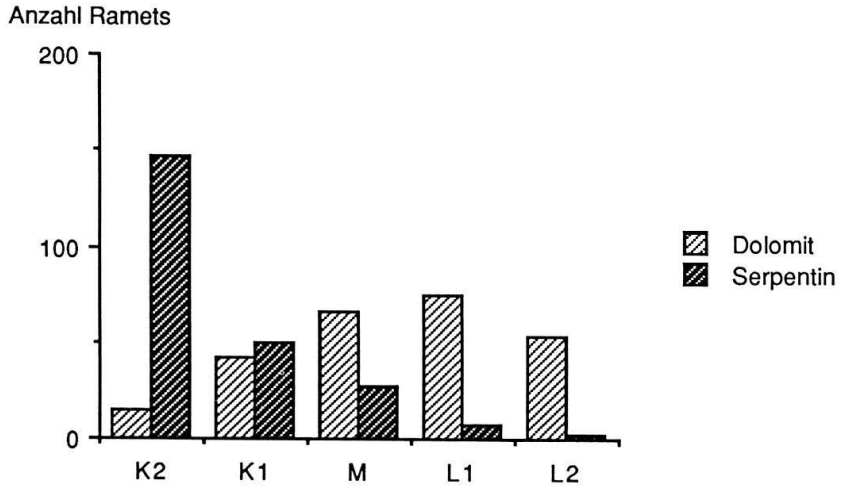

Fig. 9. Verhältnis kurze zu lange Haare am Blattrand: Histogramm der Ramets von Dolomit und Serpentin.
Ratio of short vs long hair of leaf margin: Histogram of ramets of dolomite and serpentine.

Die Resultate der einzelnen Untersuchungsflächen und der Standortstypen wurde ebenfalls als Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Diese Darstellungsart gibt einen guten Überblick welche Behaarungstypen dominieren. Ein deutlicher Unterschied ergibt sich zwischen Dolomit- und Serpentinpflanzen mit einem Überschneidungsbereich in den Klassen K1 und M. Innerhalb des gleichen Substrates liegen alle Werte im Bereich der gleichen Klassen.
Der Standortstyp innerhalb eines Substrates hat jedoch keinen Einfluss auf die Art der Behaarung.

h) Schötchenhöhe
Dieses Merkmal konnte nicht bei allen Ramets gemessen werden (siehe Tab. 4.). Aus diesem Grunde wurden zusätzliche Früchte ausgemessen, deren Werte in der nachfolgenden Aufzählung in Klammern angegeben sind. Die mittlere Schötchenhöhe für alle Pflanzen von beiden Substraten beträgt 6.1 mm (6.2 mm) mit einer Standardabweichung von 0.7 mm (0.7 mm). Für die Dolomitpflanzen sind Werte von 6.3 mm (6.5 mm) mit einer Standardabweichung von 0.7 mm (0.7 mm) und für Serpentinpflanzen 5.8 mm (6.0 mm) mit einer Standardabweichung von 0.6 mm (0.6 mm) gemessen worden. Die Schötchen

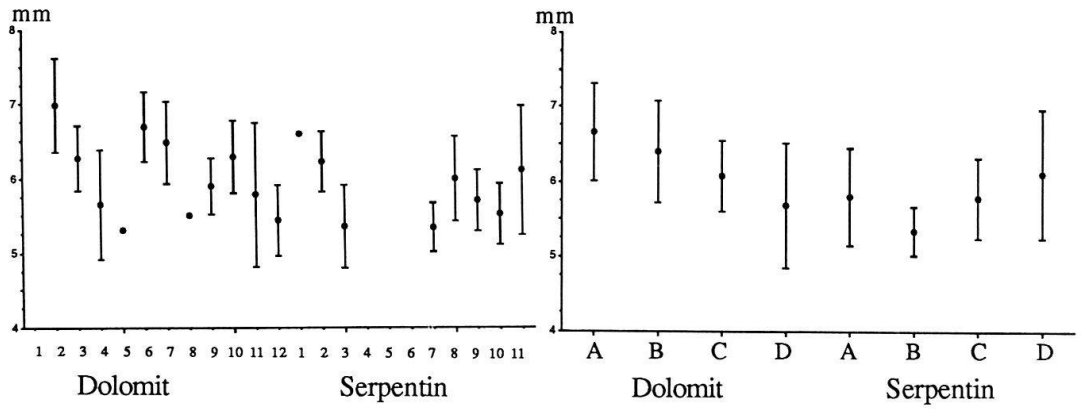

Fig. 10. Schötchenhöhe: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Height of silicula : Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

der Dolomitpflanzen sind statistisch signifikant grösser als diejenigen der Serpentinpflanzen (P < 0.1 %).
In den einzelnen Untersuchungsflächen ergeben die mittleren Werte der Schötchenhöhe mit den Standardabweichungen ein vielfältiges Bild. Zwischen den Flächen auf gleichem Substrat sind die Unterschiede deutlich grösser als zwischen Dolomit und Serpentin. Es ist hier jedoch zu berücksichtigen, dass z.T. nur wenige oder gar keine reife Früchte zur Verfügung standen.
Für die einzelnen Standortstypen ergeben sich ebenfalls deutlich grössere Unterschiede von Standort zu Standort als zwischen den beiden Substraten. Eine Varianzanalyse ergibt statistisch hoch signifikante Unterschiede zwischen den Standortstypen (P < 0.1 %).

i) Griffellänge
Dieses Merkmal konnte nicht bei allen Ramets gemessen werden (siehe Tab. 4.). Aus diesem Grunde wurden noch zusätzliche Früchte ausgewertet; die Werte aus dieser Messung sind in der nachfolgenden Aufzählung in Klammern angegeben. Die mittlere Griffellänge für alle Pflanzen von beiden Substraten beträgt 3.2 mm mit einer Standardabweichung von 0.65 mm (3.3 mm und 0.49 mm).

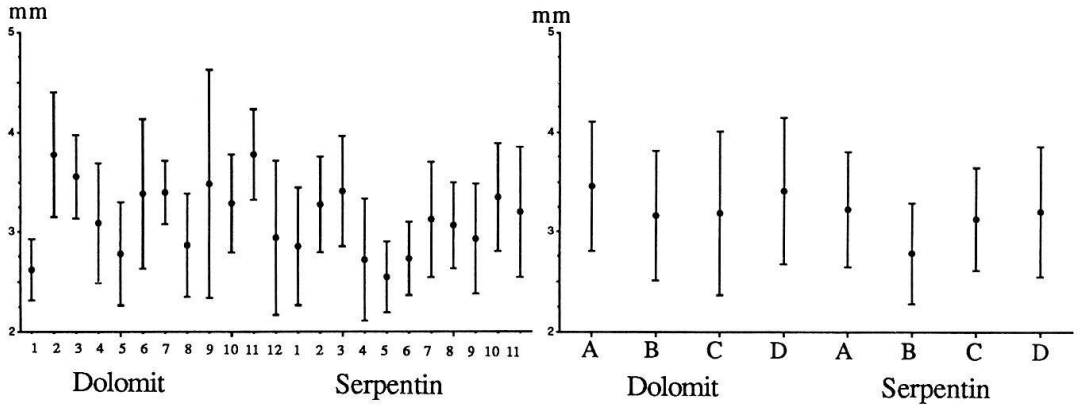

Fig. 11. Griffellänge: Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Length of style: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

Tab. 5. Mittleres Gewicht der Samen: 1980 und 1982 auf verschiedenen Flächen gesammelt.
Mean weight of seeds; harvested in 1980 and 1982 on different sites.

Dolomit			Serpentin	
DOL 6	3.10 mg	Ernte 1980 (je 200 Samen)	SER 4 5	1.73 mg
DOL 6	2.8 mg	Ernte 1982 (je 50 Samen)	SER 4 5	1.70 mg
DOL 3 7 10	2.4 mg	Ernte 1982 (je 50 Samen)	SER 3 7 10	1.90 mg
DOL 5 8	2.3 mg	Ernte 1982 (je 50 Samen)	SER 1	2.20 mg

Tab. 6. Länge und Breite der zusätzlich gesammelten Samen.
Length and broadth of seed.
μ = Mittelwert / mean; σ = Standardabweichung / standard deviation

		Samenlänge (mm)	Samenbreite (mm)
alle	μ	3.06	2.45
	σ	0.39	0.29
Dolomit	μ	3.22	2.56
	σ	0.41	0.28
Serpentin	μ	2.91	2.35
	σ	0.30	0.26

Die Dolomitpflanzen haben im Mittel eine Griffellänge von 3.3 mm (3.5 mm) mit 0.70 mm (0.48 mm) Standardabweichung; für die Serpentinpflanzen 3.0 mm (3.2 mm) mit 0.56 mm (0.46 mm) Standardabweichung. Die Griffel der Dolomitpflanzen sind statistisch hoch signifikant länger als diejenigen der Serpentinpflanzen ($P < 0.1$ %).
Die mittleren Längen der Griffel sind in den einzelnen Untersuchungsflächen sehr variabel. Die Unterschiede zwischen den Flächen sind verglichen mit den Unterschieden zwischen den beiden Substraten sind deutlich grösser (Fig. 11.).
Von Standort zu Standort sind die Unterschiede ebenfalls deutlich grösser als zwischen den Substraten (Fig. 11.). Eine Varianzanalyse ergibt hoch signifikante Unterschiede ($P < 0.1$ %).

Tab. 7. Mittelwert (μ) und Standardabweichung (σ) der Verhältnismerkmale.
Mean (μ) and standard deviation (σ) of ratio characters.

1) Höhe der Pflanze / Breite der Grundblätter - *height of plants / broadth of rosette leaves*
2) Anzahl Zähne pro Grundblatt / Breite der Grundblätter - *number of teeth per rosettes leaf / broadth of rosette leaves*
3) Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Äste im Blütenstand - *number of bracts per inflorescence / number of branches per inflorescence*
4) Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Stengelblätter - *number of bracts per inflorescence / number leaves per stem*
5)Schötchenhöhe / Griffellänge - *height of silicula / length of style*
6)Samenlänge / Samenbreite - *length of seed / broadth of seed*

		1)	2)	3)	4)	5)	6)
alle	μ	3.04	0.51	0.46	0.59	1.81	1.25
	σ	1.07	0.39	0.25	0.32	0.38	0.09
Dolomit	μ	2.98	0.42	0.41	0.54	1.81	1.26
	σ	1.09	0.30	0.24	0.31	0.36	0.08
Serpentin	μ	3.10	0.61	0.51	0.65	1.81	1.24
	σ	1.04	0.44	0.24	0.31	0.39	0.09

j) Samengrösse

Das Gewicht der Samen ist auf Dolomit meist deutlich grösser als auf Serpentin. Es treten aber von Untersuchungsfläche zu Untersuchungsfläche und von Jahr zu Jahr grosse Unterschiede auf (Tab. 5.).

Die mittlere Samenlänge und Samenbreite ist auf Dolomit ebenfalls deutlich grösser als auf Serpentin (Tab. 6.). Trotz der hohen Standardabweichungen sind die Unterschiede statistisch gesichert ($P < 0.1$ %). Der Quotient Samenlänge zu Samenbreite ist für beide Herkünfte praktisch gleich gross, ein statistischer Unterschied kann nicht nachgewiesen werden.

k) Verhältnismerkmale

Die 4 berechneten Merkmale (Höhe der Pflanze / Breite der Rosettenblätter, Anzahl Zähne pro Grundblatt / Breite der Grundblätter, Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Äste im Blütenstand und Anzahl Tragblätter im Blütenstand / Anzahl Stengelblätter) ergeben ebenfalls sehr unterschiedliche Werte auf Dolomit und Serpentin. Die Standardabweichungen sind immer sehr hoch und übertreffen die Unterschiede zwischen den Substraten bei weitem (Tab. 7.). Mit einem t-Test sind jedoch alle Unterschiede mit einer Ausnahme hoch gesichert

(jeweils immer $P < 0.1$ %). Nur das Merkmal Höhe der Pflanze / Breite der Rosettenblätter ist statistisch nicht gesichert.
Bei den einzelnen Untersuchungsflächen und bei den Standortstypen sind die Unterschiede von Fläche zu Fläche resp. von Standort zu Standort ebenfalls beträchtlich, und auch die Standardabweichungen sind immer hoch.
Bei den Verhältnismerkmalen die die Früchte und Samen betreffen (Schötchenhöhe / Griffellänge, Samenlänge / Samenbreite) sind die Mittelwerte praktisch gleich gross (Tab. 7.). Auch statistisch lässt sich trotz der grossen Datenmenge kein Unterschied belegen.
Für die einzelnen Untersuchungsflächen und die Standortstypen ergeben sich beim Merkmal Schötchenhöhe / Griffellänge relativ grosse Unterschiede von Fläche zu Fläche und von Standort zu Standort (Fig. 12.). Aus dieser Tatsache lässt sich schliessen, dass Mittelwerte des Quotienten auf den beiden Substraten Dolomit und Serpentin nur zufälligerweise identisch sind. Für das Verhältnis Samenlänge / Samenbreite stehen leider nur reduzierte Daten aus Einzelflächen zur Verfügung. Die Mittelwerte von 3 verschiedenen Samenproben von Dolomit bewegen sich innerhalb 1.24 und 1.28 mit einer Standardabweichung von ca. 0.9, für die entsprechenden Proben von Serpentin bleibt der Wert innerhalb

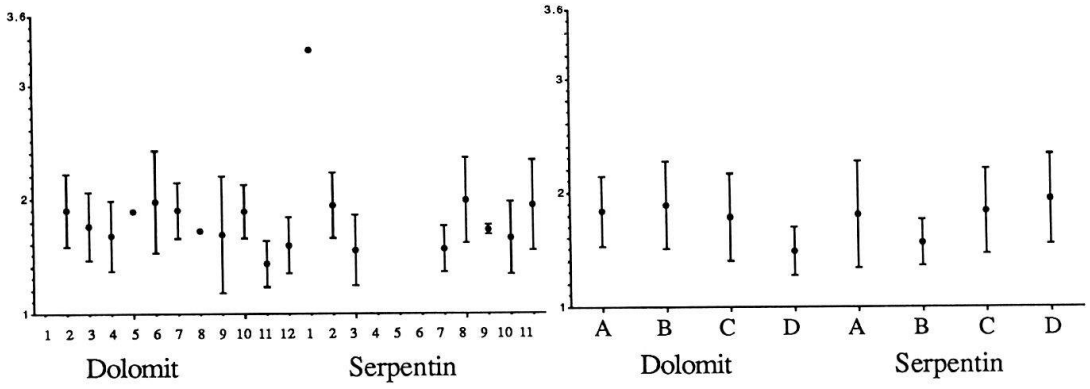

Fig. 12. Schötchenhöhe / Griffellänge : Mittelwert und Standardabweichung der verschiedenen Flächen auf Dolomit und Serpentin (links) und der verschiedenen Standortstypen auf Dolomit und Serpentin (rechts).
Hei*ght of silicula / length of style: Mean and standard deviation of various sites on dolomite and serpentine (left) and of various types of habitat on dolomite and serpentine (right).*

A = Rasen / dichte Vegetation - *grassland / dense vegetation*
B = intermediär - *intermediate*
C = Schutt / lockere Vegetation - *scree slope / sparse vegetation*
D = höchste Flächen - *highest sites*

von 1.23 und 1.26 mit der gleichen Standardabweichung. Die Form der Früchte ist also immer gleich.

4. DISKUSSION

Die beiden untersuchten Sippen von *Biscutella levigata* sind einander morphologisch äusserst ähnlich. Die Unterschiede zwischen den Pflanzen der verschiedenen Untersuchungsflächen oder zwischen den verschiedenen Standortstypen (Rasen, Schutt usw.) auf dem gleichen Substrat sind fast immer deutlich grösser als die Unterschiede zwischen den beiden Sippen auf Dolomit und Serpentin.
Hingegen sind die Mittelwerte der Sippen statistisch meistens hoch bis sehr hoch gesichert verschieden (Ausnahmen: Anzahl Stengelblätter, sowie die beiden Verhältnismerkmale Schötchenhöhe / Griffellänge und Samenlänge / Samenbreite). Die hier verwendeten statistischen Tests (t-Test und Vaianzanalyse) sagen jedoch nur aus, dass die betrachteten Merkmale unterschiedliche Mittelwerte haben, jedoch nichts darüber, wie gross diese Unterschiede sind, und insbesondere wie gross die jeweiligen Überschneidungen sind.
Die Ergebnisse lassen eindeutig den Schluss zu, dass die beiden Sippen morphologisch mit statistischen Methoden voneinander getrennt werden können, aber die Überschneidungen sind so gross, dass nicht von den Merkmalen her auf die Sippenzugehörigkeit geschlossen werden kann. Als bestes Merkmal hat sich die Behaarung des Blattrandes erwiesen. Dolomitpflanzen haben im Durchschnitt etwas mehr lange als kurze Haare, während die Serpentinpflanzen häufiger mehr kurze als lange Haare besitzen. Nach BRESINSKY und GRAU (1970) und HESS et al. (1970) hat die tetraploide Sippe von *Biscutella levigata*, die hier untersucht wurde, gleich viel oder mehr lange als kurze Haare an den Blättern, die Dolomit-Population würde diesen Angaben etwa entsprechen. Die Serpentinpflanzen entsprechen beim Merkmal der Behaarung gewissen diploiden Sippen, die nördlich der Alpen vorkommen (z.B. *B. levigata* ssp. *kerneri* Mach. und *B. varia* Dum.). Eine funktionale Anpassung an das eine oder andere Substrat lassen sich beim Merkmal der Behaarung nicht nachweisen.
Die Grösse der Pflanzen ergibt auf Dolomit ein viel differenzierteres Bild als auf Serpentin. Die grössten und die kleinsten gemessenen Ramets werden auf Dolomit gefunden, ebenfalls liegen die Untersuchungsflächen mit den grössten und den kleinsten Durchschnittswerten auf Dolomit. Die kleinsten Ramets kommen in sehr stark beweideten Flächen vor, während die grössten Ramets auf schwer zu-

gänglichen Schuttflächen wachsen. Auf Serpentin findet sich keine solche Differenzierung; alle Flächen werden nur wenig beweidet.
Auf Dolomit hat *Biscutella levigata* grössere Samen als auf Serpentin. Es bestehen aber beträchtliche Unterschiede sowohl von Untersuchungsfläche zu Untersuchungsfläche wie auch von Erntejahr zu Erntejahr. Es ist zu vermuten, dass das Habitat, die jeweiligen spezifischen Schutzstellen (safe sites, URBANSKA im Druck.), grossen Einfluss auf die Samengrösse hat. Auf Dolomit herrscht mit Ausnahme der extremen Schuttstandorte eine relativ grosse Konkurrenz durch andere Pflanzen. Keimlinge, die im Dolomitrasen dank grosser Reserven rasch aufkommen können, haben die besseren Überlebenschancen; auf lockerem Dolomitschutt ist die Fähigkeit rasch ein dichtes Wurzelwerk zu bilden sehr wichtig. Auf Serpentin hingegen ist die Vegetationsdichte in den Rasen viel geringer als auf Dolomit, und Standorte mit lockerem Schutt werden nur äusserst spärlich von *B. levigata* und wenigen anderen Arten besiedelt (GASSER 1986).
Biscutella levigata zeigt in seiner Morphologie ein ähnliches Muster wie im demographischen Verhalten (GASSER 1983, 1986). Während auf dem Substrat Serpentin das demographische Verhalten immer ähnlich war (die einzelnen Standortstypen spielten keine Rolle), wurde auf Dolomit eine weitergehende Differenzierung festgestellt. Das demographische Verhalten der Art ist auf Rasen, Schutt, den intermediären Standorten und in den höchsten Vorkommen auf Dolomit deutlich voneinander verschieden. Es ist vergleichbar mit den Merkmalen der Pflanzengrösse und Samengrösse. VICKERY (1984) betont, dass die Sippen eines Komplexes je nach Untersuchungsmethode unterschiedlich bewertet werden können. In der Gattung *Mimulus*, Sektion *Erythranta*, ergeben sich je nach Untersuchungsart (Numerische Taxonomie, Chemotaxonomie, Allozyme, DNA-Hybridisation und F1-Fertilität) eine bis vier voneinader verschiedene Sippen. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Ähnlichkeit von *Biscutella levigata* in Morphologie und im demographischen Verhalten erstaunlich.
Der tetraploide *Ranunculus montanus* s.str., der in der alpinen Stufe bei Davos auf basenreichen wie mässig basenarmen Standorten vorkommt, ist morphologisch sehr vielgestaltig, während die nahe verwandte diploide Art *Ranunculus grenierianus*, die nur basenarme Standorte besiedelt, viel einheitlicher ist (DICKENMANN 1982).
ANTONOVICS (1971) fand bei *Anthoxanthum odoratum* auf Minenböden deutlich erhöhte Toleranz gegenüber Schwermetallen, an den Pflanzen der anschliessenden nicht kontaminierten Weiden waren keine Toleranzen festzustellen. Die Gräser waren in der Weide, im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit, deutlich grösser als in der Mine; andere morphologische Merkmale konnten

eindeutig verschieden oder auch gleich sein. Der Schwermetallgehalt der Mine führt also nicht nur zu physiologischen Anpassungen, auch das Aussehen der Pflanzen ändert sich stark. Bei *Biscutella levigata* waren aber keine verminderten Grössen hervorgerufen durch den Serpentin des Totalphorns festzustellen. BRADSHAW (1960) fand bei verschiedenen *Agrostis tenuis*-Populationen keine Parallelen zwischen morphologischen Merkmalen und physiologischen Anpassungen sowohl an beweideten und nicht beweideten Standorten wie auch an die Standorte in Bleiminen, an der Küste oder im offenen Eichenwald.
Trotz den nachgewiesenen deutlichen Anpassungen an das jeweilige Substrat, in Aussaatversuchen waren nach 3 Jahren praktisch alle Jungpflanzen auf dem fremden Substrat abgestorben (GASSER 1986), können die beiden untersuchten Sippen nur mit statistischen Methoden morphologisch voneinander unterschieden werden. Die kleinen, wenn auch hoch gesicherten Unterschiede in praktisch allen untersuchten Merkmalen, sprechen deutlich für einen voneinander unabhängigen Genpool der beiden Sippen. Ein kleiner Genfluss ist zwar theoretisch möglich; frühere Untersuchungen zeigten eine volle Kompatibilität bei Kreuzbestäubungen, und auch die Vitalität der daraus hervorgegangenen Keimlinge und Jungpflanzen ist nicht vermindert. Jedoch ist der tatsächliche Genfluss stark eingeschränkt.
Alle Serpentingebiete der Schweiz waren während der letzten Eiszeit vergletschert. Eine nacheiszeitliche Einwanderung von Serpentinsippen war unmöglich, da diese Biotope geographisch zu isoliert sind. Die beiden edaphischen Rassen oder Ökotypen (im Sinne TURESSON's 1922) von *Biscutella levigata* s.str. in Davos haben sich also innerhalb der letzen 10000 Jahre differenziert. Obwohl die beiden Sipen auch nach morphologischen Gesichtspunkten getrennt werden können, sind die Unterschiede im demographischen Verhalten viel deutlicher ausgebildet, und es werden sogar noch feinere Verteilungen wiedergegeben. Nach der Einteilung von GRANT (1981) können die beiden untersuchten Populationen als Anfangsstadien bei der geographischen Artbildung bezeichnet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Biscutella levigata L. s.str. besiedelt in der alpinen Stufe von Davos die beiden Substrate Dolomit und Serpentin. An 487 Pflanzen von 12 Subpopulationen auf Dolomit und 11 Subpopulationen auf Serpentin, ausgewählt aus verschiedenen Habitattypen, wurden 10 verschiedene Merkmale und 6 daraus abgeleitete Verhältnismerkmale untersucht. *B. levigata* erwies sich als morphologisch sehr variabel; sowohl auf dem Niveau der Subpopulationen, wie auch auf dem Niveau der Habitattypen und der beiden Substrate, waren die Standardabweichungen viel grösser als die Differenzen der Mittelwerte. Nur bei der Anzahl der Stengelblätter konnte statistisch kein Unterschied zwischen den beiden Sippen nachgewiesen werden. Ebenfalls die Verhältnismerkmale Höhe / Breite der Rosettenblätter, Schötchenhöhe / Griffellänge und Samenlänge / Samenbreite erwiesen sich als statistisch nicht unterscheidbar. Bei praktisch allen übrigen Merkmalen waren die Unterschiede hoch bis sehr hoch gesichert.
Während auf Serpentin keine deutlichen Unterschiede in der Grösse der Pflanzen festzustellen waren, zeigte dieses Merkmal auf Dolomit eine deutliche Anpassung an die Stärke der Beweidung. Dieses Anpassungsmuster gleicht dem bereits früher (GASSER 1983, 1986) untersuchten demographischen Verhalten von *B. levigata*, wo ebenfalls auf Dolomit eine weitergehende Differenzierung aus anderen Gründen festgestellt wurde, während sich auf Serpentin alle Subpopulationen ähnlich verhielten.
Die beiden edaphischen Rassen von *Biscutella levigata* s.str. im Gebiet Davos können also auch nach morphologischen Gesichtspunkten erkannt werden.

SUMMARY

Biscutella levigata L. s.str. can be found on the substrata of dolomite and of serpentine in the alpine vegetation level of Davos. Earlier investigations demonstrated a significant differentiation between two edaphic races, one taxon on dolomite, one taxon on serpentine. This investigation consists of the assessment of morphological features: 10 different kinds of measurable features (such as height of plant, number of leaves per stem, etc.) and 6 proportional values which were derived from the measurable features. A total of 487 plants were examined. They were considered representative of 12 different subpopulations of the taxon on dolomite and of 11 different subpopulations of the taxon on serpentine, whereas the subpopulations were chosen from different types of habitat.
First the mean and standard deviation of the measurable features of every subpopulation, of every type of habitat and of the two taxa were erudicated. It could be shown that there is mostly a statistically highly significant difference between these entities in respect to the measured features, except for the following: a) the two taxa could not be statistically differentiated from each other with regard to the number of leaves per stem, b) the differences between the proportional values height of plant / broadth of rosette leave, height of silicula / length of style and length of seed / broadth of seed, were statistically irrelevant for the two taxa.
However, the morphological variability of *Biscutella levigata* is striking. It needs to be said that the standard deviation within an entity was much greater than the differences between the means of the investigated ecological entities (subpopulations, types of habitat, taxa).

Significant variations of the height of plant were observed between the different subpopulations on dolomite, not however among the subpopulations on serpentine: plants on grassed sites changed their height in proportion according to the frequency of grassing, an observation which is best explained by adaptation. A similar pattern within the demographic behaviour was already observed in earlier investigations (GASSER 1983, 1986) in respect to other factors among the two taxa on dolomite and on serpentine.
In summary, this investigation shows that the two edaphic races of *Biscutella levigata* s.str. at Davos which are well defined by their edaphic characteristics (dolomite - serpentine) can also be recognised by means of morphological features.

LITERATUR

ANTONOVICS J., 1971: The effects of a heterogeneous environment on the genetics of natural populations.Amer.Sci. *59*, 593-599.
BRADSHAW A.D., 1960: Population differentiation in *Agrostis tenius* Sibth. 3. Populations in varied environments. New Phytol. *59*, 92-103.
DICKENMANN R., 1982: Genetisch-ökologische Untersuchungen an *Ranunculus montanus* Willd. s.l. aus der alpinen Stufe von Davos (Graubünden). Veröff Geobot.Inst.ETH,Stiftung Rübel, Zürich *78*, 89 S.
BRESINSKY A. und J. GRAU, 1970: Zur Chorologie und Systematik von *Biscutella* im Bayerischen Alpenvorland. Ber.Bayer.Bot.Ges. *42*, 101 - 108.
GASSER M., 1981: Differenzierungsmuster von Pflanzenarten, die auf verschiedenen Gesteinsunterlagen wachsen. Diplomarbeit. Geobot.Inst ETH,Stiftung Rübel, Zürich, 143 S. (Polykopie).
GASSER M., 1983: Zum demographischen Verhalten von *Biscutella levigata* L. Ber.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *50*, 67-85.
GASSER M., 1986: Genetic-ecological investigations in *Biscutella levigata* L. Veröff.Geobot. Inst.ETH,Stiftung Rübel *86*, 86 S.
GRANT V., 1981: Plant speciation. (2nd ed.). Columbia Univ. Press. New York. 563 S.
HARPER J.L. 1977: Population biology of plants. Academic Press, London. 892 S.
HEGI G., 1986: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. IV, Teil 1, (3. Aufl.) Parey, Berlin /Hamburg. 595 S.
HESS H.E., E. LANDOLT, R. HIRZEL, 1970: Flora der Schweiz und angrenzende Gebiete. Bd. 2. Birkhäuser Basel. 956 S.
MANTON I., 1934: The problem of *Biscutella laevigata* L. Zeitschr. Indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre, Berlin *67*, 41 - 57.
TURESSON G., 1922: The plant species in relation to habitat and climate. Hereditas *3*, 211-350.
URBANSKA K. (im Druck): Probleme des biologischen Erosionsschutzes. Z.Vegetationst. *12*.
VICKERY R.K., 1984: Biosystematics 1983. In: GRANT W.F. (ed.), Plant biosystematics. Acad.Press, Toronto. 1-24.

Adresse des Autors: Dr. Max Gasser
Geobotanisches Institut ETH
Zürichbergstr. 38
CH-8044 Zürich