Zeitschrift: Botanica Helvetica

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 94 (1984)

Heft: 1

Artikel: Morphometrische Studien an Valeriana officinalis s.l. II, Ordination durch Diskriminanzanalysen

Autor: Titz, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-65865

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

Botanica Helvetica 94/1, 1984

0253-1453/84/010067-14$1.50 + 0.20/0
© 1984 Birkhäuser Verlag, Basel

Morphometrische Studien an *Valeriana officinalis* s.l. II. Ordination durch Diskriminanzanalysen[1]

von **Walter Titz** †
Institut für Botanik der Universität Wien, Parkgasse 6, A–1030 Wien

Abstract

Titz W. 1983. Morphometrical studies of *Valeriana officinalis* s.l. II. Ordination using discriminant analysis. Bot. Hel. *94:* 67–80.

Discriminant analysis as an important multivariate technique for optimal separation of predefined groups has been applied to the polymorphic polyploid complex of *V. officinalis* s.l. The discriminating power of the involved characters is estimated using the standardized discriminant function coefficients. An excellent ordination of the main valerian types in Western Central Europe (*«exaltata», «collina», «procurrens»*, partially also *«versifolia»*) is achieved by the direct method of discriminant analysis. Populations of uncertain position (belonging to groups called *«pratensis», «vorarlbergensis»* and *«valligena»*) proved to be intermediate between two or three of these types when added during the classification phase.

Einleitung

Um die voneinander durch zahlreiche, überwiegend quantitative Merkmale unterschiedenen vielfältigen Sippen und Zwischenformen des äusserst polymorphen Polyploidkomplexes *Valeriana officinalis* s.l. (vgl. Vorošilov 1975, Titz und Titz 1980, 1981, 1982a, b; E. Titz 1984) zueinander umfassend in Beziehung setzen zu können, sind multivariate, alle Variablen simultan erfassende statistische und numerische Verfahren schlechthin unerlässlich. Diese Feststellung wird bereits in der vorangegangenen Publikation gemacht (Titz, Timischl und Titz 1983), wo auch die Auswahl der Merkmale sowie die Erfassung der Daten und ihre Aufbereitung für die multivariaten Verfahren im Detail behandelt werden. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Anwendung der Diskriminanzanalyse (Kanonischen Analyse, vgl. die Literatur[2]) als Ordinationsmethode auf charakteristische Vertreter der von Titz und Titz (1982a) unterschiedenen Grundtypen der *V. officinalis*-Gruppe und diverse fragliche Populationen bzw. Sippen (vgl. die vorläufigen Ergebnisse von Titz 1982, 1983b).

---

[1] Herrn Prof. Dr. Claude Favarger in Verehrung und Dankbarkeit zur Vollendung des 70. Lebensjahres gewidmet. – Zitat des ersten, grundlegenden Beitrags: Titz, Timischl und Titz 1983. Pl. Syst. Bvol. 141: 313–339.

[2] Fisher (1936); Seal (1964); Blackith and Reyment (1971); Sneath and Sokal (1973); Cacoullos (1973); Reyment (1973); Klecka (1975); Morrison (1976); Thorpe (1976, 1979, 1980); Huber (1980); Linder und Berchtold (1982); Titz (1982, 1983a); Flury und Riedwyl (1983) sowie zahlreiche weitere, in diesen Werken zitierte Literatur.

Material

Wie schon bei Titz, Timischl und Titz (1983) erwähnt, beruht die Studie auf der Untersuchung von 256 herbarisierten Pflanzen aus Mitteleuropa, die nach Titz und Titz (1980, 1981, 1982a) bestimmten morphologisch-zytologisch charakterisierten Typen zuzuordnen sind; Tab. 1 enthält detaillierte Angaben.

Tab. 1. Typenzugehörigkeit und Herkunft der analysierten Pflanzen

Typ	Ploidie-stufe	Symbol in den Diagrammen	Zahl der Individuen	Herkunft
«exaltata»	2x	3	21	Vorarlberg; Württemberg; Thurgau
«collina»	4x	1	40	Wien, Niederösterr., Oberösterr., Salzburg, N- und E-Tirol, Kärnten; Böhmen
«procurrens»	8x	2	27	Zürich; Württemberg; Vorarlberg
Übergangsformen				
«procurrens»– *«versifolia»*	8x	nicht dargestellt	9	Vorarlberg
«versifolia»	8x	# (Abb. 4) 4 (Abb. 5, 6)	13	Vorarlberg; Graubünden, Obwalden
«pratensis»	4x	# (Abb. 1)	39	Baden (Oberrhein)
«vorarlbergensis»	4x	# (Abb. 2) (Abb. 5) # (Abb. 3)	48 22	Vorarlberg Tirol, unteres Inntal
«valligena» (inkl. Übergangsformen)	4x	# (Abb. 6)	37	Tirol, oberes Inntal

Grossteils waren die Pflanzen am natürlichen Standort von uns selbst gesammelt worden, jetzt werden sie im Herbarium des Instituts für Botanik der Universität Wien (WU) aufbewahrt. Ausserdem wurden einige Belege aus den Herbarien STU, W und ZT in die Untersuchungen einbezogen.

Statistische Methodik

Die Erfassung und Definition der taxonomisch bedeutsamen Merkmale wird bei Titz, Timischl und Titz (1983) eingehend behandelt. Mittels der dort genannten Programme PROG1 und PROG2 erfolgte die Auswahl der 256 numerisch auszuwertenden Objekte, der Ersatz der fehlenden Merkmalswerte durch den *Median des Gesamtmaterials* (und nicht durch Gruppenmediane bzw. -mittelwerte wie bei Titz 1982, 1983a, b) und die Erzeugung modifizierter bzw. abgeleiteter Variablen (Verhältniszahlen). Die binären Merkmale wurden aus den Diskriminanzanalysen diesmal von vornherein ausgeschaltet, von den kontinuierlichen (in Anlehnung an die vorangegangene Publikation als CC- und CK-Merkmale bezeichnet), diskontinuierlichen (CD-) und polytom-ordinalen (CR-)Merkmalen wurden solche, die mit anderen hochkorreliert sind, ausgeschieden. In dieser Phase trug die Ermittlung der $\bar{B}$-Werte durch das Programm PROG4 (l.c.) wesentlich zur Reduktion der Redundanz in den Merkmalen und damit zur Vermeidung hoher gegensinniger Gewichtungsfaktoren für hochkorrelierte Merkmalspaare bei. In Tab. 2 sind die in die Diskriminanzanalysen einbezogenen Merkmale durch ihre Nummern nach Titz, Timischl und Titz (1983) bezeichnet.

Tab. 2. Einbezogene Merkmale

C-Nummer (nach Titz, Timischl und Titz 1983)	ftl. Nummer	Kurzbezeichnung (exakte Definition s. Titz, Timischl und Titz 1983)
CC1	2	Gesamthöhe
CD2	8	Vegetative Knotenzahl
CD3	34	Maximale Fiederzahl
CD5	56	Maximale Zahnzahl/Endfiederhälfte
CD7	57	Maximale Zahnzahl/Seitenfiederhälfte
CC8	68	Maximale Haarlänge/Blattoberseite
CC9	23	Blatt mit der Merkmalsausprägung CC8 (gemessen)
CC10	69	Maximale Haarlänge/Blattunterseite
CC12	35	Zahl der herablaufenden Fiedern
CD13	37	Zahl der gestielten Fiedern
CD14	6	Blütenstandsknotenzahl
CK15	3	Blütenstandslänge
CC16	74	Corollenlänge
CC17	75	Fruchtlänge
CC18	72	Haarlänge auf den Früchten
CR19	54	Zahnlänge/Endfiedern
CR20	55	Zahnlänge/Seitenfiedern
CR21	48	Ein- oder beidseitige Zähnung/Seitenfiedern
CR22	71	Fruchtbehaarung
CR23	73	Fruchtbehaarungsdichte
CR24	70	Behaarungsdichte/Blattunterseite
CD27	62	Internodium mit dichtester Behaarung
CD28	64	Internodium mit längsten Haaren
CC29	66	Maximale Haarlänge/Stengel
CD31	10	Stellung des Längsten Blattes am Stengel (Knoten)
CD32	12	Blatt (Stengelknoten) mit dem längsten Blattstiel CC57
CD33	15	Blatt (Stengelknoten) mit der maximalen Fiederzahl CD3
CD34	17	Blatt (Stengelknoten) mit der maximalen Zahnzahl/ Endfieder CD5
CD35	21	Blatt (Stengelknoten) mit der maximalen Zahnzahl/ Seitenfieder CD7
CD36	25	Blatt (Stengelknoten) mit der Merkmalsausprägung CC8 (gezählt)
CD37	29	Blatt (Stengelknoten) mit der Merkmalsausprägung CC10
CC54	40	Breiten-Längenindex der Endfieder
CC55	43	Breiten-Längenindex der Seitenfieder
CC57	33	Längster Blattstiel (relative Länge)

Ebenso wie die oben erwähnten Programme wurden auch die Diskriminanzanalysen an der CDC CYBER 170/720 des interfakultären EDV-Zentrums der Universität Wien gerechnet. Es kam dabei die direkte Methode der Diskriminanzanalyse (simultane Einbeziehung aller auszuwertenden Merkmale) aus dem Programmsystem SPSS, Version 8.0 zur Anwendung (Nie et al. 1975, Beutel et al. 1980).

Als formale Voraussetzungen für das multivariate statistische Verfahren der Diskriminanzanalyse gelten multivariate Normalverteilung und Gleichheit der Innergruppen-Kovarianzmatrizen. Die erstere trifft im vorliegenden Fall sicherlich nicht voll zu (vor allem die zahlreichen diskreten CD- und ordinalen CR-Merkmale weichen naturgemäss schon von der univariaten Normalverteilung ab). Auf Grund der bisherigen Erfahrungen (vgl. Sneath and Sokal 1973, p. 127; Thorpe 1976, p. 440; Flury und Riedwyl 1983, p. 88, 91) ist die Diskriminanzanalyse gegen gewisse Abwei-

chungen vom Modell der Normalverteilung ebenso robust wie gegen Abweichungen von der Gleichverteilung in den Innergruppen-Kovarianzmatrizen (vgl. auch die Diskussion dieses Problems bei Blackith and Reyment 1971, p. 50 und bei Reyment 1973). Auf die Frage der Übereinstimmung mit den zugrundeliegenden Verteilungsmodellen wird im Zusammenhang mit der Verwendung der Diskriminanzanalyse als Methode der Zuordnung (vgl. Linder und Berchtold 1982) von Objekten zu den verschiedenen Gruppen (Sippen), also der Klassifikation im Sinne von Klecka (1975) oder Flury und Riedwyl (1983) bzw. der Identifikation im Sinne von Opitz (1980) oder Titz (1982) eingegangen werden müssen (Titz, in Vorbereitung, vgl. Flury und Riedwyl 1983).

Die Diskriminanzanalyse im weiteren Sinne (sowohl für den Zweigruppenfall mit nur einer Diskriminanzfunktion als auch für den Mehrgruppenfall mit mehreren Funktionen = Kanonische Analyse) dient in ihrer Anwendung auf die systematische Biologie, für die sie ja primär geschaffen wurde (vgl. Fisher 1936, Reyment 1973, Titz 1983a), von der Gesamtheit der erfassten Variablen ausgehend *(multivariater Ansatz)* einer Reihe verschiedener Zwecke:

1. der optimalen *Unterscheidung* (= Trennung) vorgegebener Gruppen;
2. der Herausarbeitung der die *diskriminierenden Variablen* (z. B. über die Gewichtungsfaktoren, vgl. Klecka 1975) bedingenden Unterscheidungsmerkmale;
3. dem Erkennen wechselseitiger Beziehungen zwischen den Gruppen (*Ordination,* s. unten, Repräsentation im Sinne von Opitz (1980) und
4. der *Zuordnung* weiterer Objekte zu diesen Gruppen (Klassifikation, Identifikation im Sinne der oben genannten Autoren).

In der vorliegenden Studie stand die *Ordination* im Vordergrund des Interesses. Darunter ist die Zusammenfassung eines möglichst grossen Anteils der Information über mehrere Gruppen (Sippen) in wenige Dimensionen zu verstehen (Thorpe 1980, p. 8; Titz 1982). Diese Dimensionen lassen sich graphisch als Achsen von Koordinatensystemen darstellen, die Position der analysierten Objekte in derart erstellten Streudiagrammen bringt ihre Beziehungen bzw. Ähnlichkeiten anschaulich zum Ausdruck (vgl. Opitz 1980).

Das mathematische Prinzip der Diskriminanzanalyse besteht in der Bestimmung linearer Funktionen, welche die Unterschiede zwischen den im *Voraus* fixierten Gruppen (Sippen) bezüglich der ausgewerteten Merkmale wie folgt maximieren. Die Merkmalswerte jedes Objekts werden jeweils mit einem merkmalsspezifischen, durch Lösung eines linearen Gleichungssystems (s. unten) mit mehreren Unbekannten (Eigenwertproblem) errechneten Gewichtungsfaktor multipliziert und sodann aufsummiert; die so erzeugte Linearkombination der Merkmalswerte stellt den Wert der Diskriminanzfunktion (die Diskriminanzvariable) des jeweiligen Objekts dar (vgl. Klecka 1975; Opitz 1980; Linder und Berchtold 1982; Titz 1982, 1983a). Im Zweigruppenfall gibt es nur eine Diskriminanzfunktion, im Mehrgruppenfall hingegen existieren für das mit dem *Diskriminanzkriterium* (Maximierung der Zwischengruppenvarianz gegenüber der Innergruppenvarianz bezüglich der durch die Diskriminanzvariable zu ersetzenden Gesamtheit der Merkmale) verknüpfte Eigenwertproblem mehrere Lösungen (jeweils um eine weniger als Gruppen), daher ebensoviele Diskriminanzfunktionen und Gewichtungsfaktoren für jedes Merkmal. Aus diesen Gewichtungsfaktoren (standardized discriminant function coefficients im SPSS, s. Klecka 1975) lassen sich Hinweise auf die *Bedeutung* der einzelnen Merkmale für die jeweilige Diskriminanzfunktion und damit auch für die Unterscheidung der Sippen schlechthin ableiten.

Ergebnisse und Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurde von den durch Titz und Titz (1982a) für das westliche Mitteleuropa unterschiedenen morphologischen Grundtypen der *Valeriana officinalis* s. l. ausgegangen. In die *erste Serie* von Diskriminanzanalysen sind die diese Grundtypen in charakteristischer morphologischer Ausprägung verwirklichenden gleichnamigen Typen *«exaltata», «collina»* und *«procurrens»* die vorgegebenen Bezugsgruppen (Beschreibungen s. Titz und Titz 1980, 1981, 1982a, b; E. Titz 1984). Für die Diskrimination von drei Gruppen gibt es bloss zwei Diskriminanzfunktionen, daher ist eine zweidimensionale Darstellung ohne Informationsverlust möglich (Abb. 1–4). Die

erste Diskriminanzfunktion mit einem Eigenwert von 21,69 als Mass für das maximierte Verhältnis von Zwischengruppen- zu Innergruppenvarianz beschreibt 79,8% der Gesamtvariation, die zweite mit einem Eigenwert von 5,49 nur 20,2%.

Die standardisierten Gewichtungsfaktoren (standardized discriminant function coefficients), mit denen die einbezogenen Einzelmerkmale in die beiden Diskriminanzfunktionen eingehen, sind in Tab. 3 zusammengestellt, sie drücken den relativen Beitrag eines jeden Einzelmerkmals zu den beiden Funktionen aus und ermöglichen deren Interpretation (Klecka 1975). Für Funktion 1 erscheinen die Merkmale
CD2 = ftl. Nr. 8 (Knotenzahl des gestreckten Stengels),
CD7 = ftl. Nr. 57 (maximale Zahnzahl auf der geförderten Seitenfiederhälfte),
CD14 = ftl. Nr. 6 (Blütenstandsknotenzahl) und
CR22 = ftl. Nr. 71 (Fruchtbehaarung)
besonders bedeutsam, die ersten zwei tragen zum Wert der Diskriminanzfunktion positiv, die letzten beiden negativ bei (zu beachten ist, dass gewisse Merkmale, insbesondere die binären, aus der Analyse ausgeschlossen geblieben sind, daher hier nicht auftreten können).

Tab. 3. Standardisierte Gewichtungsfaktoren der einbezogenen C-Merkmale für die zwei Diskriminanzfunktionen der ersten Analyseserie

	FUNC 1	FUNC 2
C1	.31349	-.08643
C2	.57011	-.14326
C3	-.35505	-.39255
C5	-.03585	.03674
C7	.64418	.00251
C8	.12432	.13869
C9	.46195	-.23852
C10	.08025	.55497
C12	-.08323	-.29737
C13	.22772	.34640
C14	-.62709	-.67079
C15	-.08394	.15616
C16	.03876	-.27347
C17	-.12209	.56258
C18	-.00571	-.00628
C19	.14480	-.22358
C20	-.00195	-.26992
C21	.33427	.33576
C22	-.67141	-.07495
C23	-.14109	.22315
C24	.13307	-.15185
C27	.16293	-.09447
C28	-.16369	-.01768
C29	-.22844	.73845
C31	-.43382	.33114
C32	.41125	-.09426
C33	.03701	.37220
C34	-.37739	.02911
C35	.33667	-.32368
C36	-.19419	.08828
C37	-.24851	-.12398
C54	-.15132	-.27686
C55	-.04993	-.02865
C57	.16891	-.29615

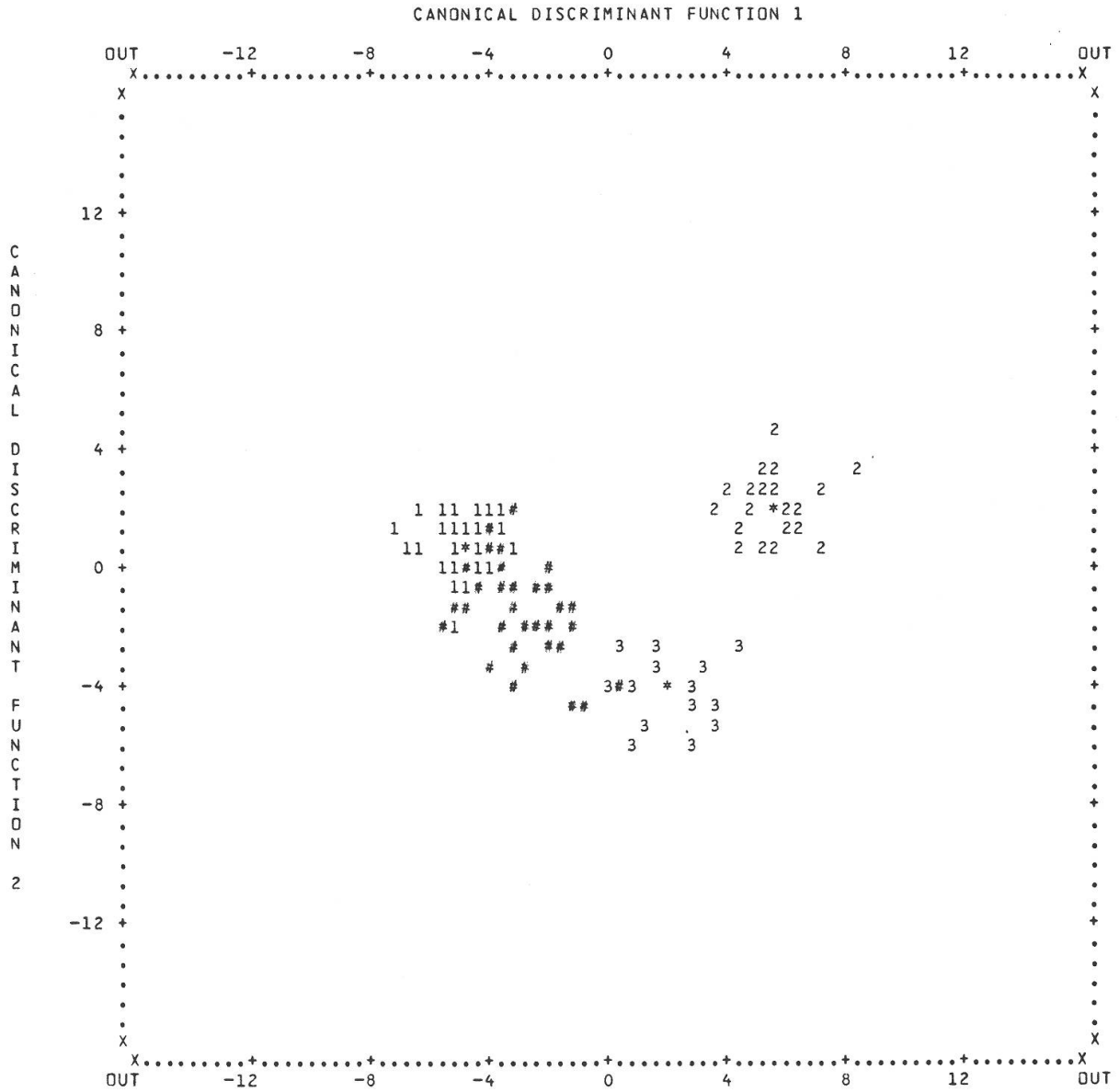

Abb. 1. Streudiagramm bezüglich der beiden Diskriminanzfunktionen. Bezugsgruppen der Analysephase: Vertreter der Typen *«exaltata»* (3), *«collina»* (1) und *«procurrens»* (2). In der Klassifikationsphase zugeordnet: Populationen von *«pratensis»* (#). * = Gruppenzentroid.

Auf Funktion 2 wirken sich insbesondere die folgenden Merkmale stark aus, das zweite negativ, die übrigen positiv:
CC10 = ftl. Nr. 69 (maximale Haarlänge an der Stengelblattunterseite),
CD14 = ftl. Nr. 6 (Blütenstandsknotenzahl),
CC17 = ftl. Nr. 75 (Fruchtlänge) und
CC29 = ftl. Nr. 66 (maximale Stengelhaarlänge).

Die beiden aus diesen und den jeweils 30 übrigen, minder gewichteten Variablen gebildeten Diskriminanzfunktionen liefern die Abb. 1–4 zugrundeliegende Ordination der den drei Arzneibaldrian-Typen *«exaltata»* (3), *«collina»* (1) und *«procurrens»* (2)

zugezählten Individuen. In jedem dieser vier Diagramme sind Pflanzen eines weiteren, in seiner Stellung fraglichen Typs durch Kreuze (#) dargestellt. Obzwar diese Individuen nicht in die Analysephase, d.h. in die Berechnung der Gewichtungsfaktoren der Merkmale einbezogen wurden, erfolgte für sie auf Grund der Gruppierung *«exaltata»*-*«collina»*-*«procurrens»* eine Errechnung von Diskriminanzfunktionswerten und eine Eintragung = Ordination im Diagramm. Da die vorliegende Diskriminanzanalyse die Varianz rechnerisch zur Gänze erfasst, liefert das Diagramm eine optimale Ordination dieser Pflanzen bezüglich der maximal getrennt dargestellten charakteristischen Arzneibaldrian-Typen und der auf diese Darstellung hin gewichteten einbezogenen Merkmale. Die Beziehungen der fraglichen Pflanzen zu den vorgegebenen Gruppen kommen auf diese Art graphisch sehr gut zum Ausdruck, auf eine rechnerische Zuordnung

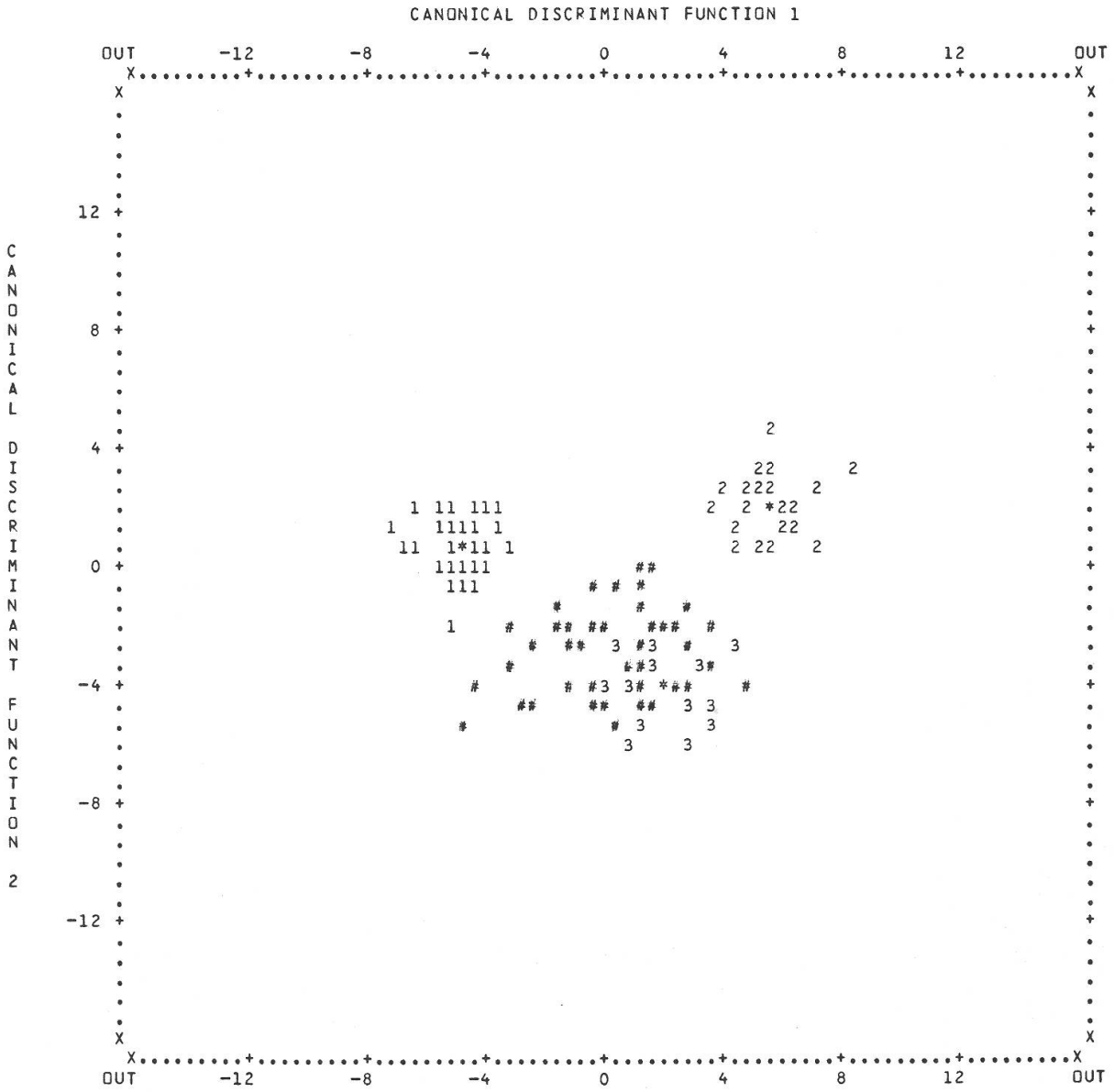

Abb. 2. Streudiagramm wie Abb. 1. In der Klassifikationsphase zugeordnet: Populationen von *«vorarlbergensis»* aus Vorarlberg (#).

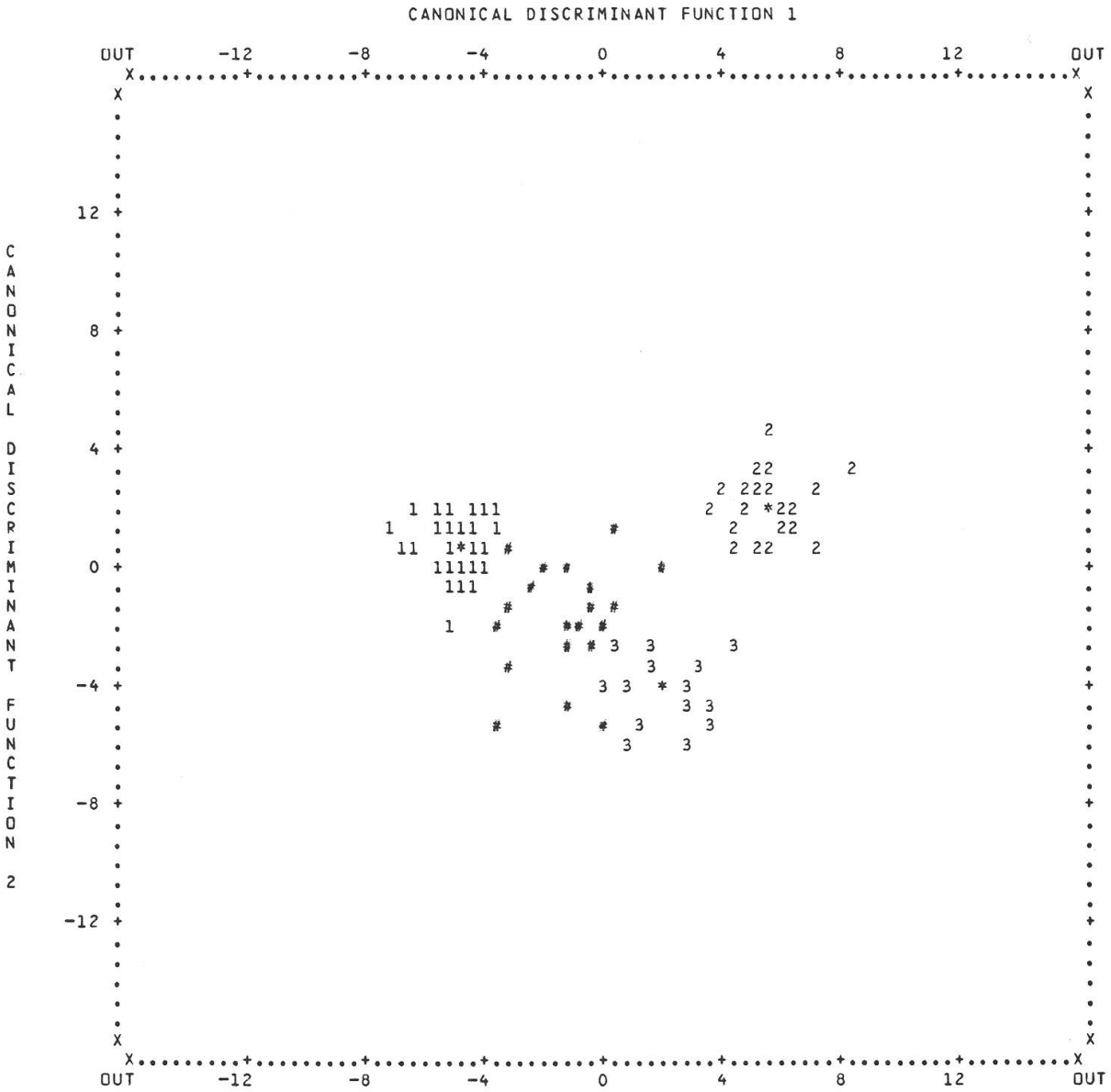

Abb. 3. Streudiagramm wie Abb. 1. In der Klassifikationsphase zugeordnet: Populationen von *«vorarlbergensis»* aus dem unteren Inntal (Tirol) (#).

(Klassifikation, Identifikation) wurde in dieser Phase der Untersuchungen vorerst verzichtet (vgl. oben).

Die Ordination von als ***«pratensis»*** bezeichneten Pflanzen (Abb. 1) aus dem Oberrheingebiet (es handelt sich um bei Titz und Titz, 1981, auf p. 172 mit [3] bezeichnete Herkünfte) ergibt sehr enge Beziehungen und fliessende Übergänge zu *«collina»* mit einem Gesamttrend in Richtung auf *«exaltata»,* womit diesbezügliche Vermutungen von Titz und Titz (1981, 1982a) und E. Titz (1984) bekräftigt werden.

Wesentlich stärker manifestieren sich die Unterschiede zwischen ***«vorarlbergensis»*** und *«collina»* (Abb. 2). Die im Diagramm zwischen diesen beiden auftretende Zäsur geht freilich auf die bewusste Auswahl morphologisch auffällig von *«collina»* abweichender tetraploider Pflanzen aus Vorarlberg zurück, deren Zuordnung zu einem der klassischen Typen *«exaltata»* (diploid), *«collina»* (tetraploid) oder *«procurrens»* (okto-

ploid) bisher unmöglich erschien, und die von Titz und Titz (1981, 1982a, b) deswegen als eigener, in sich freilich uneinheitlicher, abweichender Typ beschrieben wurden. Die Ordination im vorliegenden Diagramm zeigt sowohl eine weitgehende Füllung des Übergangsbereichs zwischen *«collina»* und *«exaltata»* als auch eine teilweise Deckung mit *«exaltata»* (der auffälligste Unterschied zu dieser Sippe, die zumindest fakultative Ausläuferbildung, ist als binäres Merkmal in dieser Darstellung nicht enthalten!) und bestätigt somit zweifelsfrei die äusserst engen Beziehungen zu diesem letzteren diploiden Typ.

Die in Abb. 3 dargestellten tetraploiden Pflanzen aus dem unteren Inntal decken ebenso wie jene aus Vorarlberg (Abb. 2) den Übergangsbereich zwischen *«collina»* und *«exaltata»* breit ab, überschneiden sich aber nicht mit *«exaltata»*. Dieser Befund deu-

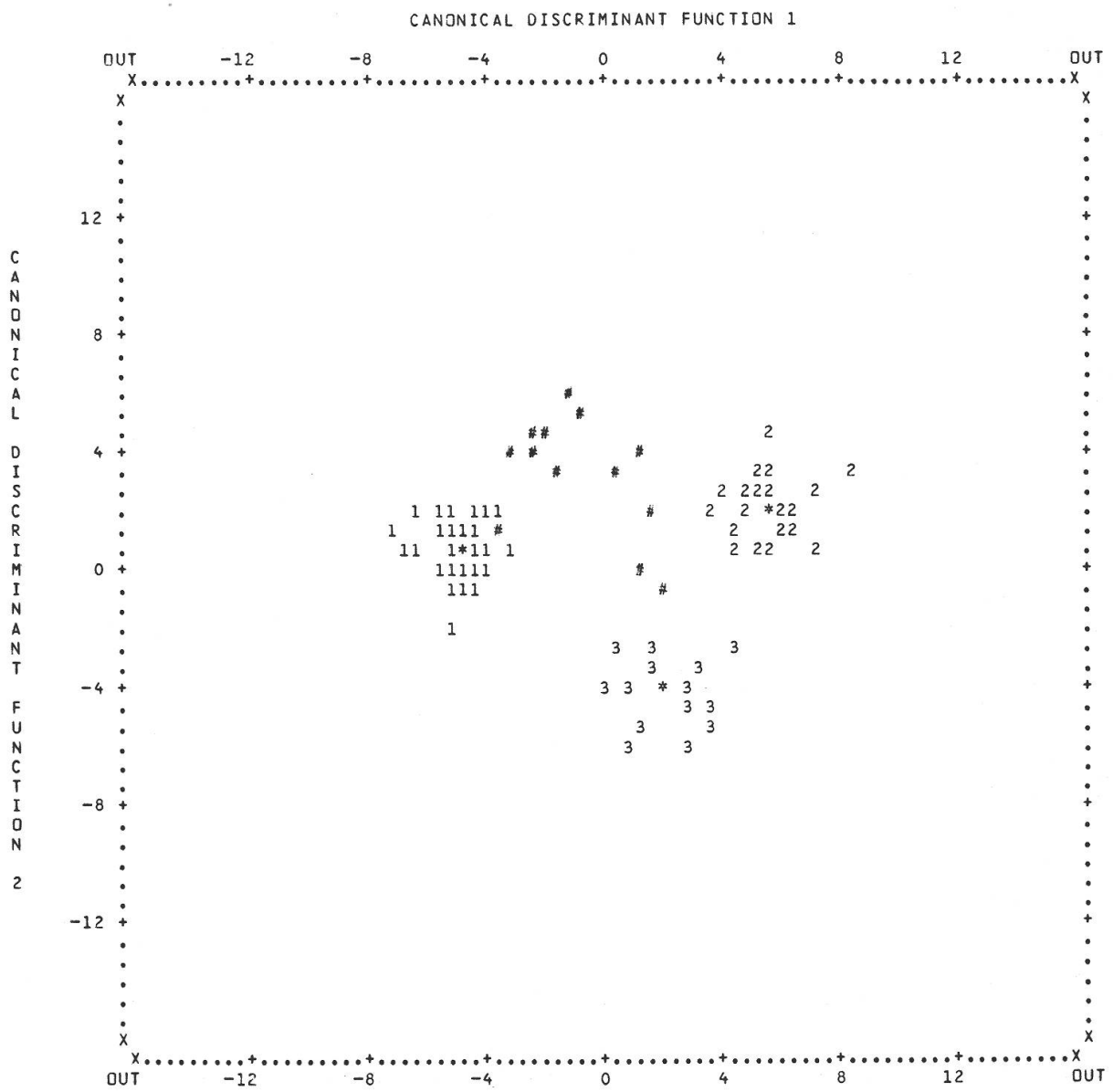

Abb. 4. Streudiagramm wie Abb. 1. In der Klassifikationsphase zugeordnet: Vertreter von *«versifolia»* (#).

tet auf eine ähnliche Genese der offensichtlich jungen Populationen des inneralpinen Unterinntals wie in Vorarlberg hin, freilich anscheinend unter geringerer Beteiligung von «exaltata»; es erscheint aber durchaus gerechtfertigt, auch diese Tiroler Populationen in den Typ *«vorarlbergensis»* einzubeziehen (vgl. Abb. 5; Titz und Titz 1981, 1982a)

Die von Titz und Titz (1980, 1982a) bemerkte auffallende Mittelstellung des Typs ***«versifolia»*** zwischen *«collina»* und *«procurrens»* wird in Abb. 4 sehr gut widergespiegelt. Anders als die bisher behandelten Zwischentypen ist *«versifolia»* eine schon länger eingesessene, in sich gefestigtere, an Primärstandorten wachsende Sippe der westlichen Alpen (Titz und Titz 1980). Dies rechtfertigt es, sie ebenso wie *«exaltata», «collina»* und *«procurrens»* als vorgegebene Bezugsgruppe in eine Diskriminanzanalyse einzubeziehen (Abb. 5, 6).

Dies ist in der *zweiten Analysenserie* geschehen. Die hiedurch auf vier angewachsene Gruppenzahl hat drei Diskriminanzfunktionen und ebensoviele Gewichtsfaktoren für jedes Merkmal zur Folge. In einem ebenen Koordinatensystem sind nur zwei Funktionen darstellbar. Da die erste mit einem Eigenwert 17,69 immerhin 70,32% und die

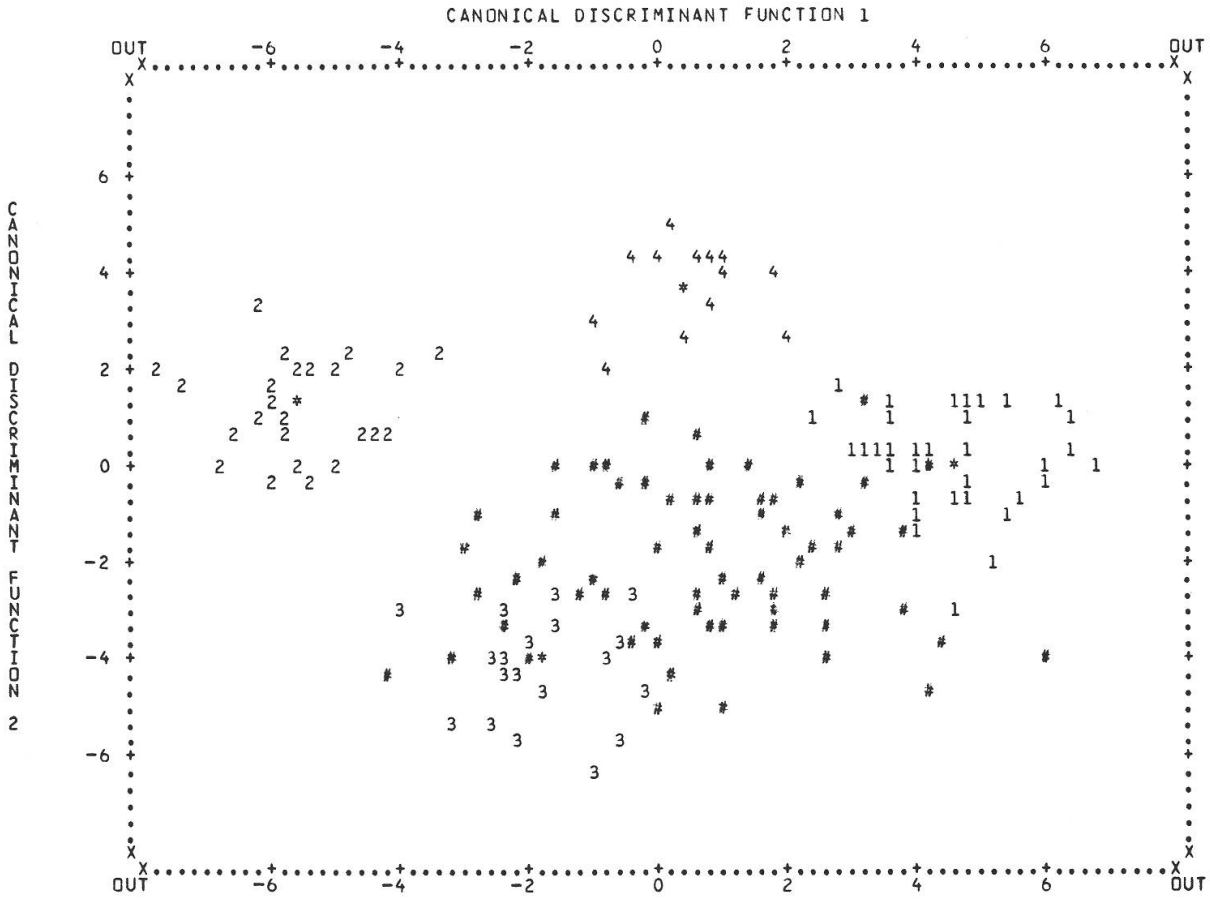

Abb. 5. Streudiagramm bezüglich der ersten beiden Diskriminanzfunktionen. Bezugsgruppen der Analysephase: Vertreter der Typen *«exaltata»* (3), *«collina»* (1), *«procurrens»* (2) und *«versifolia»* (4). In der Klassifikationsphase zugeordnet: Populationen von *«vorarlbergensis»* (#) aus Vorarlberg und dem Tiroler Unterinntal. * = Gruppenzentroid. Achse der zweiten Diskriminanzfunktion gestaucht.

zweite mit dem Eigenwert von 5,98 weitere 23,77% der Variation erfasst, verbleiben für die dritte bloss 5,91% an Varianz (Eigenwert 1,49), sie kann daher ohne grösseren Informationsverlust ausser Betracht bleiben. Da die hinzugekommene Gruppe *«versifolia»* (4) als Zwischentyp keine eigenständigen Merkmalskombinationen aufweist, ähneln die ersten beiden Diskriminanzfunktionen den zwei Funktionen der ersten Analysenserie beträchtlich (Tab. 4). In der ersten Funktion fallen die gleichen Variablen –

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
C1	-.13325	.15197	-.06103
C2	-.45019	-.08723	.11257
C3	.34611	-.50373	.35577
C5	.08065	.05122	-.14179
C7	-.52944	.09933	.01130
C8	-.05668	.14565	-.32926
C9	-.37075	-.24367	.24132
C10	-.25682	.42151	.23327
C12	.26229	-.25158	.10559
C13	-.21481	.24240	.27954
C14	.56930	-.40568	-.32229
C15	.03927	.01697	-.03887
C16	.01725	.01743	-.16504
C17	-.02553	.47014	.29316
C18	-.04370	.21940	-.68985
C19	-.19418	-.07930	-.40433
C20	.10997	-.36180	.09379
C21	-.23302	.42075	.12595
C22	.49440	-.20420	.08335
C23	.39089	.37395	.03956
C24	.04428	-.03774	.25774
C27	-.22432	.04210	-.14483
C28	.14678	-.16981	.38276
C29	.21018	.60571	.02744
C31	.53442	.33142	.15690
C32	-.38736	-.08572	-.22273
C33	-.19023	.14757	.28130
C34	.44058	.05949	-.05816
C35	-.50363	-.40276	-.31840
C36	.12936	.06655	-.13882
C37	.16107	-.20119	-.17537
C54	.21929	-.28051	.02084
C55	-.06435	-.14223	-.24153
C57	-.13389	-.25469	-.05203

Tab. 4. Standardisierte Gewichtungsfaktoren der einbezogenen C-Merkmale für die drei Diskriminanzfunktionen der zweiten Analyseserie

bloss mit umgekehrten Vorzeichen (daher ist auch die Anordnung der Sippen im Diagramm seitenverkehrt) – wie dort auf; dazu kommen bloss noch zwei höher als vorher gewichtete Variable, nämlich CD31 = ftl. Nr. 10 und CD35 = ftl. Nr. 21 (das ist die Stellung des Blattpaares mit der grössten Gesamtlänge bzw. jenes mit der maximalen Zahnzahl der Seitenfiedern am Stengel). Auch in der zweiten Funktion kommen zu den stärker gewichteten Variablen zwei weitere bedeutende hinzu, nämlich CD3 = ftl. Nr. 34 (die maximale Fiederzahl) und wie in der Funktion 1 CD35 = ftl. Nr. 21 (s. oben), beide mit negativen Vorzeichen. Auf die Funktion 3 übt das Merkmal CC18 = ftl. Nr. 72 (die maximale Haarlänge auf den Früchten) den grössten Einfluss aus, sie bleibt aber bei der Ordination ausser Betracht.

Wegen der nur geringfügig variierten Gewichtung der Merkmale hat sich auch die relative Position der vier Bezugssippen in den Abb. 5 und 6 gegenüber dem Diagramm Abb. 4 (wo *«versifolia»* bloss in der Klassifikationsphase zugeordnet worden war) kaum verändert, bloss Maßstab und Seitenorientierung sind anders. Im neuen Bezugssystem werden nochmals die dem Typ ***«vorarlbergensis»*** zugeordneten Pflanzen darge-

stellt (in Abb. 5 sind nunmehr die Populationen aus Vorarlberg und dem Unterinntal vereinigt), das schon an Hand der Abbildungen 2 und 3 kommentierte Bild wiederholt sich dabei im wesentlichen.

Zur Interpretation der von Titz und Titz (1981, 1982a) provisorisch *«valligena»* genannten Pflanzen aus dem oberen Tiroler Inntal war die Hinzuziehung von *«versifolia»* als Bezugspunkt unerlässlich. In Abb. 6 überdecken sie den gesamten zentralen Zwischenraum zwischen *«collina»*, *«versifolia»* und *«exaltata»*, sie unterscheiden sich von den als *«vorarlbergensis»* bezeichneten Pflanzen unmittelbar benachbarter Standorte, zu denen sie fliessende Übergänge zeigen, insgesamt gesehen durch starke Anklänge an *«versifolia»*, z. B. also durch grössere Haarlängen an Blättern und Stengeln, die sie in der Richtung der Diskriminanzfunktion 2 an *«versifolia»* heranschieben.

Analog wie in den schon geschilderten Fällen finden auch hier die geäusserten Vermutungen über eine Beeinflussung durch andere Sippen (hier *«versifolia»*, s. Titz und Titz 1981, 1982a) über die Diskriminanzanalyse eine nicht nur elegante, sondern vor allem wesentlich aussagekräftigere Untermauerung als durch die herkömmlichen Methoden (vgl. auch die bei Titz 1982, 1983b dargestellten Diagramme). Die grosse Aussagekraft beruht vor allem auf der Möglichkeit, alle wesentlichen Merkmale in ihrer (auf die Sippendifferenzierung bezogen) *korrekten* Gewichtung simultan einbeziehen zu können.

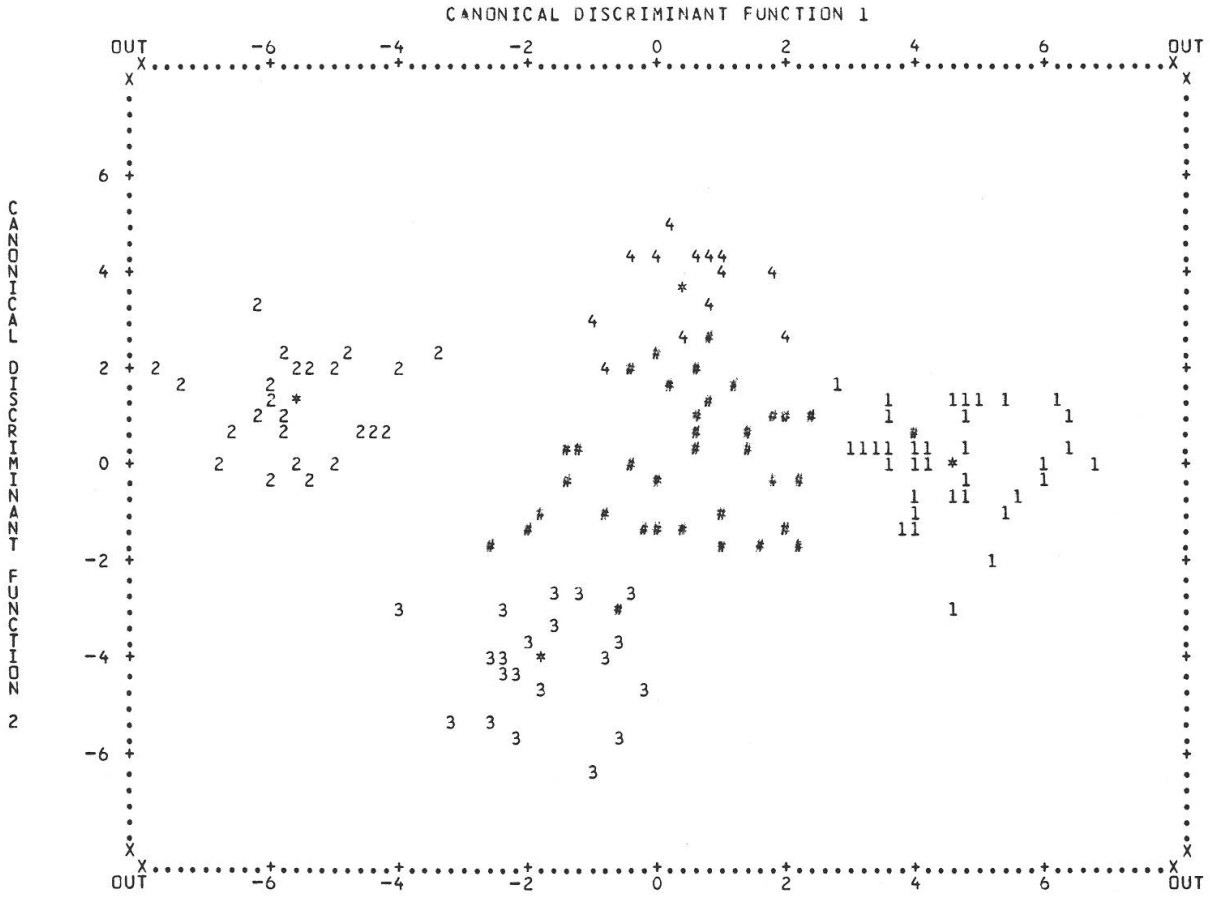

Abb. 6. Streudiagramm wie Abb. 5. In der Klassifikationsphase zugeordnet: Populationen von *«valligena»* aus dem Tiroler Oberinntal (#).

Weitere Untersuchungen sollen die dargestellte Methode sowohl auf andere Merkmale als auch auf zusätzliches Pflanzenmaterial ausdehnen; auch eine Ausweitung in Richtung auf die rechnerische Zuordnung (Klassifikation, Identifikation) von Pflanzenindividuen und Populationen sowie die automatische Herausarbeitung der bedeutsamen diskriminierenden Merkmale ist im Gange.

Eine Interpretation der aufgedeckten Beziehungen zwischen den Sippen in Richtung auf Hybridisation oder Introgression (vgl. Namkoong 1966, Adams 1982) kann nur auf breiter statistischer und vor allem biologischer Basis erfolgen und bleibt in diesem Rahmen vorerst ausgeklammert.

Für die Ausleihe bzw. Überlassung von Herbarmaterial sei den Herren Dr. O. Sebald (Stuttgart-Ludwigsburg, STU), Dr. A. Polatschek (Wien, W) und Dr. D. Ernet (Graz, GJO), sowie der Direktion des Herbariums ZT (ETH Zürich) herzlich gedankt.

Ohne die umfassende Mitwirkung meiner Frau, Dr. E. Titz, wäre diese Untersuchung ebenso undenkbar gewesen wie ohne die Programme und die mathematische Beratung, die Herr Doz. Dr. W. Timischl beitrug (s. den vorangegangenen, grundlegenden Beitrag Titz, Timischl und Titz 1983), wofür auch hier von Herzen gedankt sei. Frau Mag. G. Tureček verdanken wir die Rohdaten von *«collina»*-Pflanzen, Frau Dipl.-Ing. C. König vielfältige Hilfe bei der Auswertung der Ergebnisse und dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich (Projekt Nr. P4609) finanzielle Unterstützung der Untersuchungen.

Zusammenfassung

Die Diskriminanzanalyse, ein wichtiges multivariates Verfahren zur optimalen Trennung vorgegebener Gruppen, wurde mit ausgezeichnetem Erfolg auf die Erfassung bedeutsamer Unterscheidungsmerkmale und als Ordinationsmethode für die charakteristischen Arzneibaldrian-Typen des westlichen Mitteleuropa, sowie auf die Frage der Zuordnung und der Beziehungen fraglicher Populationen zu diesen Typen angewandt.

Résumé

L'analyse discriminante est une puissante technique multivariable portant sur la meilleure séparation possible de taxons définis antérieurement, la recherche de leurs caractères distinctifs, l'évaluation de leur position taxonomique respective et la classification de taxons additionnels. Les facteurs de pondération permettent de désigner les caractères à haut pouvoir discriminant entre les différents types du complexe polymorphe de *Valeriana officinalis* s.l., qui sont caractérisés par leur nombre chromosomique, leurs caractères morphologiques et leur répartition (Titz et Titz 1980, 1981, 1982a). Une excellente hiérarchisation des *types principaux* de *Valeriana officinalis* s.l. en Europe centrale de l'Ouest *(«exaltata», «collina», «procurrens»,* partiellement aussi *«versifolia»)* est achevée par la méthode directe de l'analyse discriminante. Des populations problématiques, appartenant aux groupes appelés *«pratensis», «vorarlbergensis»* et *«valligena»,* sont reconnues comme intermédiaires aux taxons précédents.

Literatur

Adams R.P. 1982. A comparison of multivariate methods for the detection of hybridization. Taxon 31; 646–661.
Beutel P., Küffner H. und Schubö W. 1980. SPSS 8. 3. Aufl. G. Fischer, Stuttgart.
Blackith R.E. and Reyment R.A. 1971. Multivariate morphometrics. Academic Press, New York.
Cacoullos T. (ed.) 1973. Discriminant analysis and applications. Academic Press, New York.
Fisher R.A. 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. Ann. Eugenics 7: 179–188.
Flury B. und Riedwyl H. 1983. Angewandte multivariate Statistik. G. Fischer, Stuttgart.
Huber H. 1980. Über den Gebrauch mathematisch-statistischer Methoden in der Taxonomie. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 89: 227–250.
Klecka W.R. 1975. Discriminant analysis. In: Nie N.H. et al., SPSS, 2nd ed.: 434–467.
Linder A. und Berchtold W. 1982. Statistische Methoden III. Multivariate Verfahren. Birkhäuser, Basel.
Morrison D.F. 1976. Multivariate statistical methods. 2nd ed. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
Namkoong G. 1966. Statistical analysis of introgression. Biometrics 22: 488–502.
Nie N.H., Hull C.H., Jenkins J.G., Steinbrenner K. and Bent D.H. 1975. SPSS. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
Opitz O. 1980. Numerische Taxonomie. G. Fischer, Stuttgart.
Reyment R.A. 1973. The discriminant function in systematic biology. In: Cacoullos T. (ed.). Discriminant analysis and applications: 311–337.
Seal H.L. 1964. Multivariate statistical analysis for biologists. Methuen & Co, Ltd., London.
Sneath P.H.A. and Sokal R.R. (1973). Numerical taxonomy. W.H. Freeman, San Francisco.
Thorpe R.S. 1976. Biometric analysis of geographic variation and racial affinities. Biol. Rev. 51: 407–452.
– 1979. Multivariate analysis of the population systematic of the ringed snake, *Natrix natrix* (L.) Proc. Roy. Soc. Edinburgh 78B: 1–62.
– 1980. A comparative study of ordination techniques in numerical taxonomy in relation to racial variation in the ringed snake *Natrix natrix* (L.). Biol. J. Linn. Soc. 13: 7–40.
Titz E. 1984. Die Arzneibaldriane Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung Bayerns. Ber. Bayer. Bot. Ges. 55 (im Druck).
Titz W. 1982. Über die Anwendbarkeit biomathematischer und biostatistischer Methoden in der Systematik (mit besonderer Berücksichtigung multivariater Verfahren). Ber. Deutsch. Bot. Ges. 95: 149–154.
Titz W. 1983a. Vergleich von *Arabis hirsuta* s.str. und *A. sagittata* × *ciliata* (Cruciferae) mittels der Diskriminanzanalyse. Phyton (Austria) 23: 43–48.
– 1983b. Multivariate analysis of the polyploid complex *Valeriana officinalis*. In: Felsenstein J. (ed.). Numerical Taxonomy. Proc. NATO ASI Ser. G. 1: 557–561. Springer, Berlin.
Titz W. und Titz E. 1980. *«Valeriana versifolia»* und andere oktoploide Arznei-Baldriane in den Schweizer Alpen und angrenzenden Regionen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 89: 251–277.
Titz E. und Titz W. 1981. Die diploiden und tetraploiden Arznei-Baldriane der Schweiz und angrenzender Regionen (Valerianaceae). Botanica Helvetica 91: 169–188.
Titz W. und Titz E. 1982a. Analyse der Formenmannigfaltigkeit der *Valeriana officinalis*-Gruppe im zentralen und südlichen Europa. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 95: 155–164.
– 1982b. Die Arzneibaldriane Vorarlbergs und Liechtensteins. Jahrb. Vorarlberger Landesmuseumsvereins 1980/81: 203–213.
Titz W., Timischl W. und Titz E. 1983. Morphometrische Studien an *Valeriana officinalis* s.l. Auswahl, Analyse und Aufbereitung der Merkmale. Pl. Syst. Evol 141: 313–339.
Vorošilov V.N. 1975. Officinal'nye vidy valeriany v SSSR (Offizinelle Arten des Baldrians in der UdSSR). Bjull. Glavn. Bot. Sada, Sistematika i Floristika 98: 35–44