

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE
DES NATURKUNDEMUSEUMS GÖRLITZ

Band 58, Nummer 7

Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 58, 7: 1-8

Erschienen am 20. 12. 1984

Nachweis einer im Freiland aufgetretenen Bastardierung
von *Leptothorax nigriceps* Mayr und
Leptothorax unifasciatus (Latr.)
mittels einer multiplen Diskriminanzanalyse

Von BERNHARD SEIFERT

Mit 4 Tabellen

Einleitung

Bei Untersuchungen zur Siedlungsdichte von Ameisenpopulationen an einem 38° südexponierten Schieferfelshang bei Ebersbach/Kr. Görlitz stieß ich am 5. 7. 1981 auf ein zwischen zwei Schieferplatten angelegtes merkwürdiges *Leptothorax*-Nest. Die Königin dieser Kolonie zeigte eindeutige *Leptothorax-unifasciatus*-Merkmale. Ganz ungewöhnlich waren jedoch die Arbeiter und die 15 geflügelten Weibchen sowie das einzige vorgefundene Männchen. Die Arbeiter erschienen wie dunkle *unifasciatus* mit stärkerer Skulptur. Die Pigmentierung der Jungweibchen war sehr unterschiedlich. Neben Tieren, deren Pigmentierungstyp ganz stark dem von *L. nigriceps* bzw. *L. unifasciatus* ähnelte, waren auch intermediäre Exemplare vorhanden.

Die Baumschicht der Kontrollfläche bildeten kleine, krüppelig wachsende Eichen, deren Kronenschluß auf lediglich 40% geschätzt wurde, so daß stärker besonnte mit weniger besonnten Kleinflächen abwechselten. Auf 42 m² Fläche konnten hier die Nester von 12 Ameisenarten nachgewiesen werden. Darunter befanden sich zwei *Leptothorax*-Arten des Subgenus *Myrafant* Smith – *Leptothorax unifasciatus* (Latr.) und *Leptothorax nigriceps* Mayr, die Dichten von 100,1 bzw. 41,3 Nestern pro 100 m² aufwiesen. Sind diese Dichten an sich schon ausgesprochen hoch, so ergab sich durch die in ihrer Eignung als Nestanlageplatz sehr verschieden strukturierte Bodenoberfläche stellenweise ein noch erheblich engeres Zusammenleben beider Arten. *L. nigriceps* nistete ausschließlich zwischen Schieferplatten an den wärmsten Stellen, wo der Felsengrund unbedeckt an die Oberfläche trat. Ein ähnliches Verhalten zeigte *L. unifasciatus*, dessen Nester zu 88% zwischen Schieferplatten angelegt waren, wenn auch öfters an schattigeren Stellen. Der Anteil der favorisierten Nisthabitate betrug nur 30% der Gesamtfläche, so daß man an diesen Stellen im Mittel mit 2.6

L. unifasciatus- und 1.2 *L. nigriceps*-Nestern pro m² rechnen muß. Auf einem kleinen isolierten Felsstück von 0.22 m² Fläche wurden sogar drei Nester von *unifasciatus* und zwei von *nigriceps* festgestellt! Es erscheint plausibel, daß unter solchen Extrembedingungen recht heftige Wechselwirkungen zwischen den Nestern auftreten können und die Wahrscheinlichkeit, daß Geschlechtstiere dieser beiden ganz sicher verschiedenen Arten aufeinandertreffen, ist stark erhöht. Nach PLATEAUX (1978) erfolgt der Hochzeitsflug von *L. unifasciatus* in den frühen Morgenstunden und der von *nigriceps* etwas später, jedoch auch morgendlich. Es ist daher ohne weiteres denkbar, daß die letzten noch kopulationsbereiten *unifasciatus*-Weibchen auf die ersten ausfliegenden *L. nigriceps*-Männchen treffen.

Die oben genannten Tatsachen lassen vermuten, daß es sich bei den Bewohnern des merkwürdigen Nestes um Bastarde handelt, die aus der Begattung der *L. unifasciatus*-Königin durch ein *L. nigriceps*-Männchen entstanden sind. In dieser Arbeit soll der Versuch unternommen werden, diese These mittels einer multiplen Diskriminanzanalyse morphometrischer Merkmale nachzuweisen.

Material, Methoden und Ergebnisse

Als Vergleichsobjekte dienten je 9 aus 18 verschiedenen Nestern von der Kontrollfläche entnommene, begattete Weibchen von *L. unifasciatus* und *L. nigriceps* sowie 13 der mutmaßlichen Bastardweibchen. In dieser Kaste sind ausgefärbte Tiere beider Arten sehr zuverlässig mittels Pigmentmerkmalen zu unterscheiden. So waren bei allen von mir bisher untersuchten Exemplaren aus dem Raum von Mitteleuropa die Femora bei den *nigriceps*-Weibchen stets deutlich angedunkelt, während alle *unifasciatus* niemals derartiges zeigten. Die sichere Unterscheidung beider Arten war auch bei der Ebersbacher Lokalpopulation kein Problem. In die Analyse wurden diese sehr brauchbaren Pigmentmerkmale jedoch zunächst nicht aufgenommen, da sie numerisch schwer faßbar sind und zum anderen nicht sicher ist, ob die jungen Bastardweibchen alle fertig auspigmentiert waren. Die Untersuchung beschränkte sich auf die Weibchen, da diese morphometrisch leichter trennbar sind als die Arbeiter.

Die Vermessung der Tiere erfolgte mit einem Stereomikroskop bei der in Abhängigkeit von der Länge der Meßstrecke höchstmöglichen Vergrößerung. Obwohl die Meßgenauigkeit einen Mikrometer nicht erreicht, wurden alle Maße in Mikrometern protokolliert, um Verrechnungsfehler, die aus gerundeten Werten entstehen könnten, zu minimieren. Es wurden insgesamt 10 Maße genommen, aus denen sich 4 brauchbare Unterscheidungsmerkmale für die mutmaßlichen Elternarten ableiten ließen.

TL – Thoraxlänge, gemessen in genau lateraler Justierung vom Hinterrand des Propodeallobus bis zum entferntesten Rand des Promesonotum. Dieses Maß stellt die längste in dieser Justierung durch den Thorax legbare Meßlinie dar, wobei der Halsschild wegen seiner teilweisen Verdeckung durch den Kopfhinterrand nicht berücksichtigt wird. Dieses meist einfacher handhabbare Meßverfahren (die Flügel stören nicht!) liefert im Durchschnitt bei *Leptothorax* etwa um 4% größere Werte als die herkömmliche Meßweise.

KB – Kopfbreite unmittelbar vor dem Augenvorderrand

TB – Thoraxbreite vor den Tegulae

SK – Skulpturwert des Mesonotum. Der mittlere Abstand zweier Längsskulpturleisten im hinteren Teil des Mesonotum

TH – Thoraxhöhe gemessen senkrecht zu der annähernd geraden oberen Profillinie des Thorax, die aus dem hinteren Teil des Mesonotum und aus dem Scutellum gebildet wird. Der Schnittpunkt mit dieser geraden Profillinie bildet den oberen Meßpunkt und der unterste Rand des Mesosternum den unteren Endpunkt der Meßlinie.

IP – Propodealdornindex, gemessen in genau seitlicher Justierung, was bei gleichlangen Dornen genau dann der Fall ist, wenn sich deren Spitzen decken. IP ist der Abstand von der Mitte des Stigmas bis zur Dornenspitze geteilt durch den kürzesten Abstand von der Mitte des Stigmas zum konkaven Abfall des Propodeum.

Die Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt, wobei nur die Merkmale dargestellt sind, die in die Diskriminanzanalyse eingingen.

Tab. 1	Variationsbreite	Mittelwert	Standardabw.	n
TL <i>nigriceps</i>	1199–1384	1322.6	60.7	9
<i>unifasciatus</i>	1282–1392	1360.4	35.1	9
<i>nigr. x uni.</i>	1298–1370	1331.5	21.6	13
IP <i>nigriceps</i>	1.22–1.57	1.397	0.142	9
<i>unifasciatus</i>	1.09–1.37	1.267	0.100	9
<i>nigr. x uni.</i>	1.16–1.38	1.256	0.063	13
SK <i>nigriceps</i>	18.5–22.2	20.27	1.35	9
<i>unifasciatus</i>	15.6–18.4	17.06	1.04	9
<i>nigr. x uni.</i>	16.0–21.7	18.50	1.79	13
TH <i>nigriceps</i>	0.492–0.519	0.506	0.0087	9
TL <i>unifasciatus</i>	0.512–0.552	0.538	0.0120	9
<i>nigr. x uni.</i>	0.496–0.550	0.515	0.0150	13
KB <i>nigriceps</i>	0.430–0.456	0.442	0.0088	9
TL <i>unifasciatus</i>	0.403–0.434	0.421	0.0098	9
<i>nigr. x uni.</i>	0.405–0.440	0.426	0.0098	13

Die Standardabweichungen aller fünf ausgewählten Merkmale erwiesen sich bei Vergleich der Elternarten als gleich in einem F-Test für $p < 0.10$. Der t-Test zeigte, daß TH/TL (6.11, 0.001), SK (5.33, 0.001), KB/TL (4.50, 0.001) und IP (2.12, 0.05) signifikant verschieden sind (erste Zahl t-Wert, zweite Zahl Signifikanzniveau). Dagegen sind für TL keine signifikanten Unterschiede nachweisbar (1.52, n. s.). Gleiche Signifikanzen ergab auch der parameterfreie MANN-WHITNEY-Test. Bemerkenswert ist, daß die Variabilität der Bastarde genau bei den Merkmalen am größten ist, bei denen sich die Elternarten am stärksten unterscheiden. Das wurde getestet, indem die Standardabweichung der Bastarde durch die mittlere Standardabweichung der Elternarten dividiert wurde und dann der lineare Korrelationskoeffizient dieses Quotienten gegen die t-Werte berechnet wurde. Der Korrelationskoeffizient war signifikant (0.9782, $p < 0.01$).

Erläuterung der Diskriminanzanalyse und Diskussion der Resultate

Aus den in Tab. 1 gegebenen Variationsbreiten wird man unschwer erkennen können, daß *L. nigriceps* und *unifasciatus* nach diesen morphologischen Einzelmerkmalen in einigen Fällen nicht sicher unterscheidbar sind. Das gilt auch für die „guten“ Merkmale SK und TH/TL, denn es muß erwartet werden, daß die Variationsbreite wegen des geringen Stichprobenumfangs nicht ausreichend an-

gezeigt wird. Erfahrungen aus Untersuchungen an Weibchen beider Arten aus anderen Herkunftsgebieten belegen diese Vermutung. Noch viel komplizierter stellt sich die Situation bei den Bastarden dar, deren Variationsbreite für jedes Merkmal weit in den Bereich beider Elternarten hineingeht.

Um diese unübersichtliche Situation einfach und objektiv darzustellen und eine stärkere Trennung zu erreichen, wurde eine Methode entwickelt, die eine aus mehreren Merkmalen ermittelte Diskriminante berechnet. Der Grundgedanke der Methode wurde bereits von WELCH (1939) in ähnlicher Weise vorgebracht. Im Verfahren wird durch den Vergleich der Verteilungsdichten zweier Stichproben eine Wertung der Trennwirksamkeit der Merkmale vorgenommen, denn wenig brauchbare Merkmale, deren Verteilungsdichten sich in weiten Bereichen überlappen, liefern (indirekt proportional der Überlappung) durchschnittlich niedrige Beiträge zum Betrag der Diskriminante und dagegen stark verschiedene Merkmale hohe Beiträge. Eine subjektive Unterscheidung von Merkmalen in geeignete und ungeeignete ist also nicht erforderlich – es sei denn, man meint zur Vermeidung überflüssigen Rechenaufwandes auf Merkmale mit unerheblichen Trennbeiträgen verzichten zu können. Dazu kann man einen vom Stichprobenumfang unabhängigen Unterschiedskoeffizienten K_i berechnen mit

$$K_i = \frac{1}{2} \left[\frac{f_i^N(\bar{x}_i^U)}{f_i^U(\bar{x}_i^N)} + \frac{f_i^U(\bar{x}_i^N)}{f_i^N(\bar{x}_i^U)} \right]$$

wobei f_i^N und f_i^U die Funktionswerte der Verteilungsdichten (oder die Wahrscheinlichkeiten von Intervallen) und \bar{x}_i^N und \bar{x}_i^U die Mittelwerte des i -ten Merkmales für die Arten N und U darstellen. Merkmale mit K-Werten unter 2.0 sind wenig geeignet.

Das Prinzip der Analyse beruht auf dem Vergleich der Verteilungsdichten $f_i^N(x_i)$ u. $f_i^U(x_i)$, deren Parameter entweder durch ein geeignetes statistisches Schätzverfahren (z. B. Normalverteilung, Poissonverteilung, Binomialverteilung) dargestellt werden oder, falls diese Möglichkeit nicht anwendbar erscheint, durch eine empirische, gegebenenfalls geglättete Verteilungsdichte beschrieben werden. Für das Resultat ist es dabei unerheblich, ob ein Vergleich von Funktionswerten oder von Wahrscheinlichkeiten erfolgt. Im vorliegenden Fall würden die Verteilungsdichten der verwendeten Merkmale mit Normalverteilungen beschrieben. Erfahrungen mit *Leptothorax*-Weibchen aus anderen Meßserien mit größerem Stichprobenumfang belegen, daß die in dieser Studie verwendeten Merkmale mit Normalverteilungen gut darstellbar sind (unveröffentlichte Protokolle). Das ist für die Art der Merkmale auch nicht anders zu erwarten. Für die hier vorliegenden Stichproben durchgeführte χ^2 -Tests zeigten für alle Merkmale, daß eine Anpassung an eine Normalverteilung mit $p \geq 0.5$ stets weit besser gelingt als mit Poisson- oder Binomialverteilungen. Die Annahme, daß die Stichproben normalverteilten Grundgesamtheiten entnommen wurden, sollte deshalb akzeptiert werden, auch wenn der Stichprobenumfang für eine sinnvolle Durchführung von Anpassungstests als zu klein erscheint.

Bei der Analyse werden für n Merkmale Paarvergleiche durchgeführt. Für jedes beliebige Einzelmerkmal X beider Arten mit den Einzelwerten x_i und für jedes Merkmal i werden die betreffenden Funktionswerte der Verteilungsdichten von $L. nigriceps$ $f_i^N(x_i)$ und $L. unifasciatus$ $f_i^U(x_i)$ berechnet und in die Formel

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_i^N(x_i) - f_i^U(x_i)}{f_i^N(x_i) + f_i^U(x_i)}$$

eingesetzt. Die Diskriminante D kann nach dieser Formel nur Werte zwischen $+1.0$ und -1.0 annehmen. Der Diskriminanzwert $+1$ würde für unseren Paarvergleich einen extrem ausgeprägten $L. nigriceps$ -Typ und -1 einen extremen $L. unifasciatus$ -Typ bedeuten.

Für alle in den Stichproben enthaltenen Tiere wurde die Diskriminante errechnet. Tab. 2 zeigt die D -Werte für alle drei Vergleichsgruppen.

Tab. 2	Intervall	Mittelwert	Standardabw.	n
<i>L. unifasciatus</i>	[- 0.7279, - 0.2361]	- 0.5290	0.1384	9
<i>L. nigr. x unif.</i>	[- 0.5397, + 0.3745]	- 0.1415	0.2288	13
<i>L. nigriceps</i>	[+ 0.1850, + 0.9239]	+ 0.5116	0.2346	9

Die Standardabweichungen der Diskriminanten erwiesen sich in einem F-Test als gleich für $p < 0.10$. Für beide Elternarten ergab der t-Test einen t-Wert von 11.46, was weit höher ist als der t-Wert für das beste Einzelmerkmal (6.11) und vielfach geringere Irrtumswahrscheinlichkeiten bedeutet. Diese Resultate und das im Anhang genannte Beispiel belegen die hohe Trennschärfe des Verfahrens. Die Diskriminanten der Bastarde liegen zwischen denen der Elternarten, in der Tendenz jedoch mehr in Richtung auf $L. unifasciatus$. Der MANN-WHITNEY-Test und der t-Test zeigen eine hochsignifikante ($p < 0.001$) Verschiedenheit der Mittelwerte der Bastarde zu beiden Elternarten. Das Muttertier der Bastarde hatte einen D -Wert von -0.6016 und war damit auch morphometrisch ein typischer $L. unifasciatus$.

Wenn man als sechstes Differenzierungsmerkmal noch die numerisch schwer beschreibbaren aber subjektiv sehr auffälligen Pigmentierungsunterschiede des Körpers und der Beine hinzufügt und die Bastarde in vier Pigmentierungstypen -1 , -0.5 , $+0.5$ und $+1$ einteilt (alle Typen waren bei den Bastarden vorhanden und die Elternarten hatten entweder $+1$ oder -1), dann erhält man die in Tab. 3 gezeigten Diskriminanten. Sie bedeuten eine beinahe perfekte Trennung aller drei Gruppen.

Tab. 3	Intervall	Mittelwert	Standardabw.	n
<i>L. unifasciatus</i>	[- 0.7732, - 0.3651]	- 0.6075	0.1117	9
<i>L. nigr. x unif.</i>	[- 0.3987, + 0.2560]	- 0.0882	0.1858	13
<i>L. nigriceps</i>	[+ 0.3208, + 0.9366]	+ 0.5939	0.1941	9

Die hier dargestellten Untersuchungsergebnisse an phänotypischen Merkmalen zeigen deutlich den intermediären Charakter der Bastarde. Da aus der Situation am Fundort ohnehin nur mit *nigriceps* als Vaterart gerechnet werden muß, erscheinen Zweifel am Vorliegen einer interspezifischen Kreuzung nicht angebracht. Bastardierungen zwischen guten Arten des Tribus Leptothoracini

sind im Labor schon mehrfach erreicht worden (z. B. BUSCHINGER 1972, PLATEAUX 1981). Der hier beschriebene Fall ist meines Wissens der erste Nachweis einer Bastardierung zwischen zwei guten *Leptothorax*-Arten unter Freilandbedingungen. Sehr bemerkenswert ist dabei die aus der Produktion von Geschlechtstieren zu schließende hohe Lebensfähigkeit der Bastardkolonie, was bei *Leptothorax*-Arten keineswegs normal ist (siehe auch PLATEAUX 1981).

Das einzige im Bastardnest vorgefundene Männchen zeigte eine für *L. nigriceps* typische Pigmentverteilung am Fühler – d. h. Scapus, erstes Geißelglied und die vier Endglieder waren schwärzlich pigmentiert. Das deutet sehr stark darauf hin, daß sich dieses Männchen aus einem von einem Bastardarbeiter abgelegten Ei entwickelt hat, denn wenn es aus einem Ei der *unitasciatus*-Mutter entstanden wäre, dürfte dieses charakteristische Pigmentmerkmal, das nach meinen Erfahrungen bei *L. unitasciatus*-Männchen niemals vorkommt, nicht ausgeprägt sein. Morphometrische Vergleiche wurden mit diesem Männchen nicht vorgenommen, da wenig geeignetes Vergleichsmaterial der Elternarten vorhanden war.

Anhang

Beim Vergleich des hier vorgestellten Verfahrens mit einer Methode, bei der eine lineare Diskriminanzfunktion berechnet wird, zeigte es eine bemerkenswert hohe Trennschärfe. Für das bei WEBER (1980) dargestellte Rechenbeispiel ergaben sich die in Tab. 4 dargestellten Diskriminanten bzw. mittels der linearen Diskriminanzfunktion berechneten Rechenmaßwerte K_1 und K_2 für die zu unterscheidenden Gruppen 1 und 2.

Tab. 4	Intervall	Mittelwert	Standardabw.	n
D_1	[– 0.012, 0.953]	0.5048	0.2013	25
D_2	[– 0.816, – 0.012]	– 0.5107	0.2074	33
K_1	[83.6, 117.1]	101.8	11.0	25
K_2	[113.9, 178.5]	143.8	13.4	33

Der t-Test ergab für die Differenz der Mittelwert von D_1 und D_2 einen Testwert von 18.7 und für K_1 und K_2 einen solchen von 12.74, was sogar für eine höhere Trennschärfe der hier vorgestellten Methode spricht. Es wurde bei diesem Beispiel mit den ohne viel Aufwand aufstellbaren empirischen Verteilungsdichten der Merkmale gearbeitet. Der mathematische Aufwand war dabei geringer als bei der Berechnung der K-Werte über eine lineare Diskriminanzfunktion. Die Methode ist deshalb auch für Bearbeiter zumutbar, die lediglich über relativ einfache Taschenrechner verfügen.

Zusammenfassung

Es wird eine mathematisch einfache multiple Diskriminanzanalyse vorgestellt, deren hohe Trennschärfe an der sicheren Unterscheidung von Königinnen zweier *Leptothorax*-Arten mittels fünf Merkmalen sowie an einem Literaturbeispiel erprobt wurde. Der aus der artlichen Zusammensetzung einer *Leptothorax*-Population einer Kontrollfläche bei Görlitz und aus der Zusammensetzung der Herkunftskolonie geschlossene Bastardcharakter (*Leptothorax nigriceps* x *L. unifasciatus*) von 13 geflügelten Königinnen wird durch die Analyse aufgezeigt. Der geschilderte Fall ist wahrscheinlich die erste für das Freiland nachgewiesene Bastardierung zwischen zwei klar verschiedenen *Leptothorax*-Arten.

Abstract

A mathematically simple multiple discriminant test is introduced which high discriminating power is proved by the good separation of the queens of two *Leptothorax* species and by application on an example given in the literature. The hybrid nature (*Leptothorax nigriceps* x *L. unifasciatus*) of 13 alate queens which was concluded from the species composition of the *Leptothorax* population on a test plot near Görlitz/GDR and from the individual composition of the origin colony is shown by this analysis. The described case is perhaps the first evidence for occurrence of hybridisation between good *Leptothorax* species under natural conditions.

Literatur

- BUSCHINGER, A. (1972): Kreuzung zweier sozialparasitischer Ameisenarten *Dorymyrmex pacis* Kutter und *Leptothorax kutteri* Buschinger. — Zool. Anz. Leipzig 189: 169–179.
- MÜLLER, H., P. NEUMANN u. R. STORM (1973): Tafeln der mathematischen Statistik. — Fachbuchverlag Leipzig 1973.
- PLATEAUX, L. (1978): L'essaimage de quelques fourmis *Leptothorax*. — Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris, 20: 129–164.
- (1981): Desequilibre des societies de fourmis *Leptothorax*. — Section Francaise IUSSI, Bulletin interieur, Toulouse Sept. 1981: 108–111.
- WEBER, E. (1980): Grundriß der biologischen Statistik. — Jena 1980: 441–445.
- WELCH, B. L. (1939): Note on discriminant functions. — Biometrika 31: 218–220.

Bernhard Seifert

Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz

– Forschungsstelle –

DDR - 8900 Görlitz

PSF 425