

Biometrische Unterscheidung zwischen *Apis mellifera carnica* Poll und allen anderen Rassen von *Apis mellifera* L

D Kauhausen-Keller

Bayerische Landesanstalt für Bienenzucht, Burgbergstrasse 70, D-8520 Erlangen, Deutschland

(Eingegangen 27 August 1990; angenommen 30 November 1990)

Zusammenfassung — Die geeignetsten Körpermerkmale für die Unterscheidung von *Apis mellifera carnica* von allen anderen Rassen von *Apis mellifera* L wurden bestimmt. Bei 9 Rassen genügt die Bestimmung eines einzigen Merkmals zur Unterscheidung, bei weiteren 8 Rassen müssen ein bzw zwei weitere Merkmale hinzugezogen werden, um eine 100%ige Trennung der jeweiligen Rassen von der Carnica zu erreichen. Bei 5 Rassen wird mit 3 Merkmalen noch eine ca 95%ige Trennung von der Rasse *A m carnica* erreicht und nur in 2 Fällen (*A m cecropia* und *A m macedonica*) gelang die Unterscheidung nur zu 90 bzw 85%. Die am besten geeigneten Merkmale sind zu 80% Merkmale des Vorderflügels (Flügelänge und -breite sowie Winkel des Flügelgeäders), zu 17% Pigmentierungsmerkmale und nur zu 3% andere Körpermerkmale.

***Apis mellifera carnica* / Rasse / Morphometrie / diskriminierende Merkmale**

EINLEITUNG

Die in Deutschland von der Mehrzahl der Imker gehaltene Bienenrasse, *Apis mellifera carnica* Pollmann, ist nicht die hier ursprünglich einheimische Biene. Sie wurde erst Ende des vorigen bzw Anfang dieses Jahrhunderts hauptsächlich aus Österreich und Jugoslawien eingeführt. Ihre Sanftmut und der ruhige Wabensitz sowie die zeitige Frühjahrsentwicklung bestachen gegenüber der endemischen Rasse, *Apis mellifera mellifera* L. Da auch die Hybriden zwischen den beiden Rassen weder in der Sanftmut, dem ruhigen Wabensitz noch in der Konstanz der Leistung

mit der reinen Rasse *Apis mellifera carnica* konkurrieren konnten, entschied man sich nach dem zweiten Weltkrieg für eine flächendeckende Einfuhr und totale Verdrängung der endemischen Rasse.

Die noch weitgehend fehlende Möglichkeit der Paarungskontrolle führte zur Entwicklung zweier Konzepte, die dieses Vorhaben entscheidend unterstützten:

1) Die Einrichtung der sogenannten Belegstellen. Dies sind geschützte Gebiete, in denen Drohnenvölker von ausgesuchter Abstammung und garantierter Rassenreinheit aufgestellt werden. Zu diesen Plätzen bringen die Züchter ihre Königinnen zur Begattung.

2) Die Kontrolle einiger rassenspezifischer Körpermerkmale.

Die ersten umfassenden Beschreibungen der morphometrischen Variabilität der Spezies *Apis mellifera* L gehen auf Alpatov (1929) und Goetze (1930) zurück. Sie ermittelten mehrere Merkmale, anhand derer die europäischen Bienenrassen (neben *A m carnica* und *A m mellifera* vor allem die italienische Biene, *Apis mellifera ligustica* Spinola und die kaukasische Biene, *Apis mellifera caucasica* Gorbachev) unterschieden werden können. Diese rassenspezifischen Merkmale werden bis zur heutigen Zeit bei allen Völkern, die zur Zucht verwendet werden sollen, kontrolliert (jeweils eine Stichprobe von 50 Bienen pro Volk) und nur solche Königinnen züchterisch verwertet, deren Nachkommen dem Carnica-Standard entsprechen (Ruttner, 1988b).

Die heutige Situation der Carnica-Reinzucht ist ein wenig anders: viele Imker suchen nach einer noch besseren Biene sowohl in der Leistung als auch insbesondere in der Resistenz bzw Toleranz gegen die Varroatose. Es bleibt nicht aus, daß sie ihren Erfolg bei fremden Rassen suchen und bereit sind, die Bemühungen der Carnica-Reinzüchter der letzten Jahrzehnte außer acht zu lassen. Betrachtet man jedoch die Erfolge, die die Carnica-Reinzüchter mit ihren beiden oben beschriebenen Verfahren und der instrumentellen Besamung erzielt haben, so sollte es gerade mit unseren heutigen Kenntnissen über die Paarungsbiologie und die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Bienenrassen der ganzen Welt kein unlösbares Problem sein, Veränderungen unserer heimischen Biene durch Hybridisierung mit fremden Rassen zu erkennen und diese Hybriden von der Weiterzucht auszuschließen. Aus diesem Grunde wurden in der vorliegenden Untersuchung die Merkmale bestimmt, die die reine *A m carnica* von den anderen

Rassen von *Apis mellifera* am besten trennen.

MATERIAL UND METHODEN

Die Daten entstammen der von Ruttner begründeten Oberurseler Datenbank über die Biometrie der Honigbiene und umfassen insgesamt 852 Einzelproben mit je 15–20 Bienen aus einem Volk. Die Proben wurden in den autochthonen Gebieten der jeweiligen Rasse gesammelt und stellen soweit als möglich einen repräsentativen Durchschnitt der Rasse dar. In Tabelle I ist die Anzahl der jeweils vorhandenen Proben pro Rasse (N) angegeben. Insgesamt 24 Rassen von *Apis mellifera* L (Ruttner, 1988a) wurden mit der Rasse *A m carnica* Poll verglichen.

Die verwendeten Merkmale sind diejenigen, die sich aufgrund der Untersuchungen von Ruttner *et al* (1978) und Kauhausen (1987) als für die Biometrie der Honigbiene am besten geeignet gezeigt haben. Es wurden insgesamt 36 Merkmale zur Wahl gestellt: 15 Merkmale des Flügelgäders, 6 Farbmerkmale, 4 Beinmerkmale, 5 Größenmerkmale, 3 Merkmale der Behaarung und 3 Merkmale der Wachsspiegel (Ruttner, 1988a).

Die Ermittlung der für die Unterscheidung der Bienenrassen am besten geeigneten (sogenannten "diskriminierenden") Merkmale erfolgte durch einzelne, schrittweise Diskriminanzanalysen (aus dem Statistik-Programmpaket für Personalcomputer "NCSS"). Bei dem Verfahren der schrittweisen Diskriminanzanalyse werden aufgrund der Merkmalsvariabilität in den einzelnen Gruppen die Merkmale, die jeweils die besten gruppentrennenden Eigenschaften besitzen, extrahiert. Das erste einzubeziehende Merkmal ist dabei jenes, dessen Häufigkeitsverteilungen in den vorgegebenen Gruppen möglichst wenig überlappen. Aus den verbleibenden Merkmalen wird dann als nächstes das Merkmal ausgesucht, daß die Gruppentrennung durch das erste Merkmal am meisten verbessert usw. Durch diese sequentielle Auswahl des jeweils "nächstbesten" Merkmals soll ein möglichst geringer Satz an Merkmalen ermittelt werden, der eine zumindest ähnlich gute Diskriminierung erlaubt wie die gleichzeitige Einbeziehung aller Variablen (Schuchard-Ficher *et al*, 1980).

Tabelle I. Statistisch diskriminierende Körpermerkmale zwischen *A m carnica* und den anderen Rassen von *Apis mellifera* (von links nach rechts abnehmende Signifikanz).

	N	1. Merkmal	2. Merkmal	3. Merkmal	% richtige Klassifizierung
<i>A m adami</i>	24	Winkel E9	Aderlänge B	Farbe Labrum	98,1
<i>A m adansonii</i>	94	Flügelänge			100
<i>A m anatoliaca</i>	50	Winkel E9	Winkel J16	Winkel A4	98,5
<i>A m armeniaca</i>	6	Farbe Scut	Winkel N23		100
<i>A m capensis</i>	12	Farbe 4T	Winkel N23		100
<i>A m caucasica</i>	27	Winkel A4			100
<i>A m cecropia</i>	23	Aderlänge B	Winkel N23	Farbe Scut	90,3
<i>A m cypria</i>	8	Farbe 3T	Winkel B4	Winkel N23	100
<i>A m iberica</i>	31	Winkel E9			100
<i>A m intermissa</i>	35	Winkel G18			100
<i>A m lamarckii</i>	17	Flügelänge	Winkel G18		100
<i>A m ligustica</i>	32	Farbe 3T	Farbe 4T	Winkel K19	94,6
<i>A m litorea</i>	15	Länge 4T			100
<i>A m macedonica</i>	33	Winkel E9	Winkel G18	Winkel L13	84,1
<i>A m major</i>	6	Winkel G18	Winkel L13	Winkel J10	100
<i>A m meda</i>	103	Farbe 3T	Winkel J10	Winkel E9	97,8
<i>A m mellifera</i>	39	Winkel E9	Aderlänge B		100
<i>A m monticola</i>	18	Winkel E9	Winkel N23		100
<i>A m sahariensis</i>	13	Winkel G18			100
<i>A m scutellata</i>	66	Flügelänge	Winkel E9		100
<i>A m sicula</i>	28	Winkel G18	Winkel L13	Winkel J10	98,1
<i>A m syriaca</i>	21	Flügelbreite			100
<i>A m unicolor</i>	11	Länge Tarsus			100
<i>A m yemenitica</i>	60	Flügelänge			100

ERGEBNISSE

Die Unterscheidungsmerkmale zwischen der Rasse *A m carnica* und den 24 anderen Rassen (in alphabetischer Reihenfolge) sind in Tabelle I aufgelistet. Die in einer Zeile genannten Merkmale sind dabei von abnehmender Bedeutung für die Unterscheidung der Rassen, dh das erste Merkmal hat die besten Differenzierungseigenschaften, das zweite die nächstbesten, usw. Die letzte Spalte gibt den Prozentsatz an richtigen Klassifizierungen an, der mit den jeweils angegebenen Merkmalen erreicht wird. Ein für die Praxis ideales Ergebnis sähe so aus, daß sich die beiden

Rassen wie bei einem Bestimmungsschlüssel in einem einzigen Merkmal so stark unterscheiden, daß allein durch dieses Merkmal die Rasse von *A m carnica* differenziert werden kann. Dies gelingt immerhin in 9 Fällen.

Andererseits können einige Rassen, die der Rasse *A m carnica* sehr ähnlich sind, auch mit drei Merkmalen nicht zu 95% richtig klassifiziert werden. Hierher gehören die Rassen *Apis mellifera cecropia*, *Apis mellifera macedonica* und *Apis mellifera ligustica*.

Bei der Betrachtung der einzelnen Merkmale, die für die Unterscheidung der Rassen wichtig sind, fällt auf, daß 38 mal

von insgesamt 48 Merkmalsextraktionen Flügelmerkmale genannt sind, 8 mal spielt die Pigmentierung eine wichtige Rolle und nur 2 mal waren Größenmerkmale wichtiger als andere Merkmale (*Apis mellifera litorea* und *A m unicolor*). Auch die Flügelmerkmale waren nicht alle von gleicher Bedeutung: Neben der Flügellänge und der Flügelbreite wurden von den insgesamt 11 Winkeln des Flügelgeäders (Abb 1) nur 9 ausgewählt, von den beiden Aderlängen des Cubital-Index nur die Aderlänge B. Die Flügellänge ist vor allem für die Unterscheidung von *A m carnica* von den afrikanischen Rassen (*A m adansonii*, *A m lamarckii*, *A m scutellata*, *A m yemenitica*) von großer Bedeutung. Sie liegt bei den afrikanischen Rassen im allgemeinen unter 9 mm, bei *A m carnica* über 9 mm. Hybriden zwischen *A m carnica* und den afrikanischen Rassen würden daher einen Nebengipfel in der Verteilungskurve der Flügellänge bei den Werten um oder unter 9 mm erwarten lassen. Bei der ostafrikanischen Küstenbiene, *A m litorea*, zeigte sich eine deutlich reduzierte Körperlänge (Länge Tergit 4), die diese Rasse ohne Ausnahme von *A m carnica* trennt.

Importe aus anderen Ländern in die Bundesrepublik könnten also durch Messungen einiger Flügelmerkmale (Abb 1) und Beurteilung der Pigmentierung des 3. und 4. Tergits und des Scutellums weitgehend unter Kontrolle gehalten werden. Tabelle II gibt die entsprechenden Werte dieser Merkmale für *A m carnica* mit ihren unteren und oberen Grenzen sowie dem jeweiligen Mittelwert an. Ein Vergleich dieser Werte mit gemessenen Merkmalswerten von einer zu identifizierenden Probe sollte eine Hybridisierung mit jeder anderen Rasse erkennen lassen. Da anzunehmen ist, daß eine zu identifizierende Probe, bei der die Einkreuzung einer fremden Rasse vermutet wird, auch noch einen hohen Prozentsatz an Reinpaarung mit *A*

m carnica-Drohnen enthält, sollte hier eine Mindestprobengröße von 50 Bienen pro Volk untersucht werden.

DISKUSSION

Die Unterscheidung fremder Rassen von *A m carnica* verläuft in 17 von 24 Fällen problemlos durch die Bestimmung von 1–3 Körpermerkmalen. Schwierigkeiten treten nur bei der Diskriminierung von nahe verwandten Rassen auf. Eine wesentliche Ursache hierfür kann die Herkunft der Stichproben sein. Die 80 Proben von *A m carnica* aus der Oberurseler Datenbank decken das gesamte Verbreitungsgebiet von *A m carnica* ab, beinhalten also auch Proben aus den Grenzgebieten zu *A m macedonica* und *A m cecropia*, wo Hybridisierungen

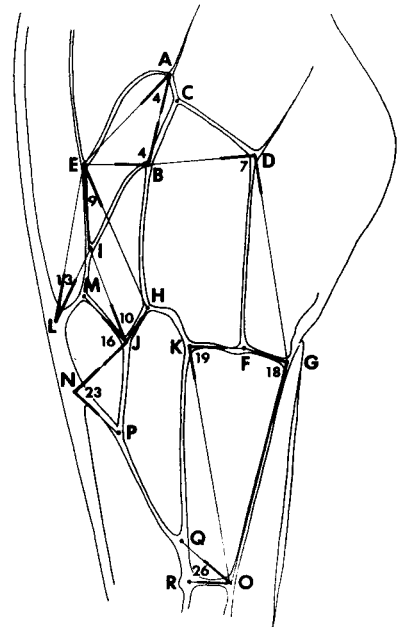


Fig 1. Winkel des Flügelgeäders (aus Ruttner et al, 1978).

Tabelle II. Merkmalswerte von *A m carnica* für die wichtigsten "rassendiskriminierenden" Merkmale (Winkel in Grad, Längenmaße in mm, Farben in Klassen 0–9).

Merkmal	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard-Abweichung
Winkel A4	29,04	26,8	30,8	0,97
Winkel B4	111,96	106,3	117,7	2,61
Winkel E9	23,27	20,8	25,3	0,85
Winkel G18	92,17	88,7	95,5	1,49
Winkel J10	53,26	48,9	57,2	1,75
Winkel J16	95,49	90,8	99,6	1,90
Winkel K19	78,89	75,2	83,7	1,63
Winkel L13	13,41	11,4	15,5	0,94
Winkel N23	94,42	91,1	98,2	1,53
Aderlänge "b"	0,19	0,16	0,21	0,01
Flügelänge	9,29	9,02	9,69	0,14
Flügelbreite	3,20	3,07	3,42	0,06
Länge Metatarsus	2,11	2,01	2,23	0,04
Länge 4. Tergit	2,22	2,12	2,31	0,04
Farbe 3. Tergit	2,77	0,5	7,9	1,12
Farbe 4. Tergit	1,13	0	3,3	0,63
Farbe 1 Scutellum	0,75	0	6	1,10
Farbe 2 Scutellum	0,95	0	4,6	0,93
Farbe 2 Labrum	2,76	0,5	5	0,89

immer wieder vorkommen. Verständlicherweise lassen sich daher diese Rassen von dem verwendeten Material schlechter trennen, als wenn zum Beispiel nur österreichische *A m carnica* mit *A m cecropia* und mit *A m macedonica* verglichen würden. Eigene Untersuchungen (Kauhhausen, 1987) haben gezeigt, daß *A m crecropia* eine getrennte Rasse bildet, während man *A m macedonica* auch noch als lokalen Typ von *A m carnica* auffassen könnte, der erst noch auf dem Weg zur Bildung einer eigenen Rasse ist. Der hier gefundene Unterschied in der Trennschärfe bestätigt diese früheren Ergebnisse.

Die relative geringe Unterscheidungssicherheit zwischen *A m carnica* und *A m ligustica* im vorliegenden Fall geht ebenfalls darauf zurück, daß das Carnica-Datenmaterial aus der Oberurseler Datenbank auch die Grenzgebiete der beiden

Rassen aus dem Nordosten von Italien umfaßt, wo eine mehr oder weniger starke Hybridisierung festgestellt wurde (Valli *et al*, 1984). Außerdem enthält das Datenmaterial Proben der sogenannten "Banater Biene", die wie *A m ligustica* gelbe Ringe aufweist, ansonsten aber *A m carnica* ähnlicher ist.

Die in der Bundesrepublik von Reinzüchtern gehaltene *A m carnica* ist bereits durch jahrzehntelange Zuchtauslese auf einheitlich dunkle Pigmentierung der Rückenschuppen so durchgezüchtet, daß meist keine Zweifel in der Unterscheidung von *A m ligustica* und *A m carnica* auftreten.

Für eine genauere Untersuchung der am besten unterscheidenden (statistisch diskriminierenden) Merkmale zwischen den *A m carnica*-Bienen in Deutschland und evtl importierten Bienen aus dem Aus-

land wäre es daher besser, entsprechende Daten der hiesigen Population zu erheben und diese mit den anderen Rassen zu vergleichen.

Natürlich kann sich aus der Untersuchung von morphologischen Merkmalen, die reine Rassen mit Sicherheit voneinander trennen, noch nicht ableiten lassen, daß auch deren Hybriden aufgrund ihrer Merkmalsausprägung eindeutig nachzuweisen seien. Die Erfahrungen mit den Kreuzungen der europäischen Rassen haben jedoch gezeigt, daß sich Einkreuzungen in vielen Merkmalen (auch des Verhaltens) schon dem Imker bei seiner Arbeit bemerkbar machen und sich in der Verschiebung der Häufigkeitsverteilungen eines oder weniger morphologischer Merkmale erkennen läßt. Einzelne Individuen können durch Heterosis-Effekte durchaus den Merkmalswert des Carnica-Elternteils erreichen, jedoch werden einige der Hybriden auch dem anderen Elternteil mehr gleich. Bei der Untersuchung mehrerer Merkmale wird die Wahrscheinlichkeit, daß die Hybriden in allen diesen Merkmalen dem Carnica-Elternteil entsprechen, immer geringer.

Die in der Bundesrepublik in den letzten Jahrzehnten bei der Merkmalskörnung gemachten Erfahrungen und die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weisen eher darauf hin, daß man bei der Bestimmung morphologischer Daten leicht in Grenzbereiche kommt, wo die natürliche Population der "reinen" Rasse nicht so einheitlich ist (wie zB eine durch Selektion noch "reiner" gewordene Zuchtlinie), so daß man Gefahr läuft, "reine" *A m carnica*-Bienen als Hybriden anzusehen und von der Zucht auszuschließen.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich noch einmal herzlich bei Prof Dr F Ruttner für

die zur Verfügungstellung seiner Daten bedanken.

Summary — Discrimination of *Apis mellifera carnica* Poll from the other races of *Apis mellifera* L. A study of the best discriminating characters for the differentiation between *A m carnica* and the other races of *A m mellifera* L was carried out to protect the home-bred race against the influence of imported honeybees in Germany. The investigation comprised 36 characters of the external morphology of worker bees. The best discriminating characters were extracted by stepwise discriminant analysis comparing *A m carnica* with 24 different races each. The study showed (table I) that 9 of the races need only the determination of a single character to differentiate between them and *A m carnica*, another 8 races need 2 or 3 characters for 100% correct classification, 3 races could only be classified to 95% certainty with 3 variables and 2 races, *Am cecropia* and *A m macedonica* could only be classified with 90% and 85% certainty respectively. Only 19 out of the 36 measured characters were really needed (table II). The best discriminating characters were 80% characters of the forewing (length and width of the wing, 9 angles of wing venation, distance b on cubital vein), 17% were pigmentation differences and only 3% other morphometric characters. For the discrimination of African honeybee races from *A m carnica* the length of the forewing is important. In African races it is generally < 0.9 cm, whereas *A m carnica* has a forewing length of generally > 0.9 cm. Hybrids between these races with *A m carnica* should therefore show a reduction in forewing size and a supplementary peak in the frequency distribution of the length of the wing. This phenomenon should be a useful indication in detecting influences of African races.

***Apis mellifera carnica* / taxonomy / race / morphometrics / discriminating character**

Résumé — Discrimination biométrique d'*Apis mellifera carnica* Poll parmi les autres races d'*Apis mellifera* L. Les caractères les plus efficaces pour différencier *A m carnica* des autres races d'*A mellifera* ont été recherchés dans le but de protéger la race locale contre l'influence d'abeilles importées. L'étude a porté sur 36 caractères de la morphologie externe des ouvrières. Les caractères les plus discriminatifs ont été déterminés par l'analyse discriminante pas à pas en comparant *A m carnica* avec chacune des 24 autres races.

Pour 9 races, un seul caractère suffit à les discriminer entre elles et par rapport à *A m carnica*; pour 8 autres races il faut 2 ou 3 caractères pour les classer correctement à 100%; 3 races n'ont pu être classées qu'à 95% de certitude avec 3 caractères et 2 races, *A m cecropia* et *A m macedonica* n'ont pu être classées qu'à 90% et 85% de certitude, respectivement (tableau I).

Seuls 19 des 36 caractères mesurés étaient réellement nécessaires (tableau II). Les caractères de l'aile antérieure (longueur et largeur de l'aile, 9 angles de véneration alaire, distance b de la veine cubitale) représentent 80% des caractères les plus discriminatifs, les différences de pigmentation : 17% et les autres caractères morphologiques : seulement 3%.

Pour discriminer *A m carnica* des races africaines, la longueur de l'aile antérieure est importante. Chez les races africaines elle est généralement inférieure à 0,9 cm, alors qu'elle est supérieure à 0,9 cm chez *A m carnica*. Les hybrides de ces races

avec *Am carnica* devraient donc avoir une aile antérieure de dimension plus réduite que leur parent *carnica* et présenter un pic supplémentaire dans la distribution de la fréquence de ce caractère. Ceci pourrait être une indication utile pour détecter des influences africaines.

***Apis mellifera carnica* / systématique / race / morphométrie / caractère discriminatif**

LITERATUR

- Alpatov WW (1929) Biometrical studies on variation and races of the honeybee *Apis mellifera* L. *Rev Biol* 4, 1-57
- Goetze G (1930) Variabilitäts- und Züchtungsstudien an der Honigbiene mit besonderer Berücksichtigung der Langrüblichkeit. *Arch Bienenkd* 11, 135-274
- Kauhausen D (1987) Über den Einsatz multivariater statistischer Methoden zur infraspezifischen Taxonomie der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). Inaugural-Dissertation, JW Goethe Universität, Frankfurt
- Ruttner F (1988a) *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer, Berlin
- Ruttner F (1988b) *Zuchttechnik und Zuchtauslese bei der Honigbiene*. 6. Auflage. Ehrenwirth, München
- Ruttner F, Tassencourt L, Louveaux J (1978) Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. 1. Material and methods. *Apidologie* 9, 363-381
- Schuchard-Fischer C, Backhaus K, Humme U, Lohrberg W, Plinke W, Schreiner W (1980) *Multivariate Analysemethoden*. Springer, Berlin
- Valli M, Leporati M, Cavicchi S (1984) Morphometric analysis of bee populations in Italy: northern part and Tyrrhenian coast. *Abstr Int Congr Entomol* 17, 508