

Morphometrical control of pure race breeding in the honeybee (*Apis mellifera* L)

D Kauhausen-Keller, R Keller

Länderinstitut für Bienenkunde, Friedrich-Engels-Strasse 32, D-16540 Hohen Neuendorf, Germany

Summary — The comparative analysis of 112 honeybee samples from Brandenburg and seven samples of an *A m carnica*-breeding line from Hessen with the pure races *A m mellifera* and *A m carnica* revealed that the two German provenances are located in the proximity of the pure race *A m carnica*, but drift apart in the same direction. There are no signs of a still existing influence of *A m mellifera*-genes. The morphometrical control of pure race breeding turned out to be useful. The 'land bee' was at least in the studied places of Brandenburg and Hessen pushed away. For a total conformity with the pure race it would be necessary to control additional characteristics. The analysis of 6 samples of the time of Zander showed that this bee was really a hybrid between *A m carnica* and *A m mellifera*.

***A m mellifera* / *A m carnica* / genetic selection / morphometry / breeding scheme / Germany**

INTRODUCTION

As far back as the turn of the century honeybees in Germany were so much hybridized due to importations of honeybee queens of other races, that the autochthone bee race *Apis mellifera mellifera* was believed to be extinct. For this reason it was decided to improve these 'land bee' hybrids of several races (mainly *A m mellifera*, *A m carnica*, *A m ligustica* and *A m caucasica*) by pure breeding of the very successful geographic race *Apis mellifera carnica*. This was possible because this race was autochthone and thus pure-bred in Austria and Slovenia.

For pure race breeding, mating of honeybee queens took place in admitted 'mating yards' (where drone colonies of controlled descendants were placed) and pure matings were controlled by verification of morphological characteristics in the offspring. For this purpose four characteristics of the outer morphology of the honeybee were chosen: length of cover hair, width of the tomentum, color pattern and the cubital index (Goetze, 1938, 1940).

Apart from this, Ruttner recorded additional morphological characteristics of honeybees from all over the world and stored them in the morphological Databank in Oberursel (Ruttner, 1953; Ruttner *et al*, 1978). On the

basis of these data the 25 bee races of *Apis mellifera* L. known at present were characterized (Ruttner, 1988).

Multivariate statistical methods — like factor analysis and discriminant analysis — are very useful for the differentiation between races, particularly because a possibility of exact quantification is given by the rules of Huxley (1939). But also for the characterization of subpopulations within races these methods may be used to estimate similarities and/or dissimilarities (Kauhausen, 1987).

Now, after more than 40 years of breeding the effectivity of this morphometrical control in pure race breeding is questioned. Reinsch *et al* (1991) examined the controlled morphological characteristics of honeybees from Lower Saxonia and found, in comparison with the pure races *A m mellifera* and *A m carnica*, a sort of 'land bee', with a great proportion of *A m carnica* genes but also a remarkable genetic influence of *A m mellifera*. Moritz (1991) compared samples of Lower Bavaria with *A m carnica*-breeding lines of Kirchhain (Hessen) and *A m mellifera* bees of the region around Erlangen (Middle Frankonia) collected in the years 1911 and 1912. He examined not only the characteristics verified by the morphometric control but also other characteristics of wing venation and found conformity with *A m carnica* in the cubital index but differences in other characteristics in agreement with the old samples, believed to be of the race *A m mellifera* of Zander. Hähnle (1993) studied honey bees from breeders in Hessen (including the *A m carnica*-breeding lines of Kirchhain) and compared them to the pure race standards of *A m carnica* and *A m mellifera*. Also this study revealed conformity in the controlled characteristics but differences in other characteristics of the wing venation, which were not controlled. But there was no criterion to trace back this drift apart from *A m carnica* to the influence of *A m mellifera*.

This study examines the effect of morphometrical control in Brandenburg, where, different from breeding in Western Germany and due to the state allowance and central organisation of honeybee breeding for decades, a very effective control was possible. But not only the controlled characteristics were examined, but also characteristics of the hindwing, which was never of any interest in morphological control for pure race breeding.

MATERIALS AND METHODS

Morphometric characteristics

Alltogether 27 characteristics of the outer morphology were measured in each bee: four sections and 11 angles in wing venation of the forewing; eight sections and three angles on the hindwing and the length of cover hair on tergite 5. The length of the cover hair was measured in outline on a video screen. Compared with the traditional method with a microscope (40-fold), good accuracy has been achieved.

All characteristics of the wings were taken by mounting on slides and projecting on a video screen. Only the intersections on the wing venation were digitized and coordinates stored. The interesting distances and angles as well as the cubital index were calculated by a computer program (fig 1).

Origin of bee samples

Twenty-three samples of *A m carnica*, 34 samples of *A m mellifera* and 112 samples from Brandenburg were compared. Each sample consisted of 15 worker bees.

The *A m carnica* and *A m mellifera* samples are part of the morphometric data bank and are conform to the standard of the races. The samples from Brandenburg were collected at the Länderinstitut für Bienenkunde in Hohen Neuendorf (Brandenburg) and sent in by bee breeders and beekeepers of the region (50% bee breeders/50% beekeepers).

Seven additional samples came from the *A m carnica* breeding line which is kept at the Hessische Landesanstalt für Tierzucht in Kirchhain (Hessen) by instrumental insemination and six old samples of the 'land bee' population of the time before the introduction of *A m carnica* in Germany from the Bayerische Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen (Bavaria) (the same samples were analyzed by Moritz (1991)).

Analysis

The compared samples were grouped by its origin, and the distance of the groups was tested by a multivariate discriminant analysis. The distance of the groups on the scatterplot is a direct reflection of the distance of the populations. Bearing in mind that the variability within groups is different, it is better to estimate the distances from confidence ellipses drawn in the scatterplots (Cornuet, 1982). The confidence level was in this case 95%, *ie* 95% of the population is located within the ellipse.

RESULTS

Discriminant analysis on *A m mellifera* (pure race), *A m carnica* (pure race), *A m carnica* (Brandenburg), *A m carnica* (Kirchhain) (176 samples, 27 characters: hair length, 5 characteristics of the forewing, 11 characteristics of the hindwing) (fig 2)

The comparison of the bees of Brandenburg and Hessen with the pure races *A m mellifera* and *A m carnica* shows three well separated groups: *A m mellifera*, *A m carnica* and one cluster with the *A m carnica* breeding lines of Brandenburg and Hessen. All three groups are well separated. The two breeding lines — although being apart from each other for a long time — deviate from the pure *A m carnica* in the same direction and not in the direction of *A m mellifera*.

Discriminant analysis on *A m mellifera* (pure race), *A m carnica* (pure race), *A m carnica* (Kirchhain), old landbee samples (69 samples, 16 characteristics (without hind wing)) (fig 3)

These multivariate statistical methods reveal that the old 'land bees' were really hybrids between *A m mellifera* and *A m carnica*. The ellipse of confidence overlaps not only the clusters of *A m mellifera* and *A m carnica* but has also a remarkable range, which indicates a great variability in the population.

DISCUSSION

The honeybees from Brandenburg show, although selected and non-selected colonies were included (exactly as the bees from Kirchhain), characteristics of a well bred line (small ellipses due to strong homogeneity or reduced variability). The selection of bee breeder has therefore influenced the whole population in Brandenburg.

The bees from Brandenburg are in most of the studied characteristics similar to *A m carnica* but they do not overlap. But the deviation can not be explained with the still existing genetic influence of *A m mellifera*. Since the breeding lines from Kirchhain, which were controlled by instrumental insemination, drift apart from the pure race standard in the same direction, a selection on the basis of the controlled characteristics is probable. Above all the length of cover hair, which causes sometimes trouble in the tests, was probably artificially influenced by selection.

Means of groups (table I) show that *A m mellifera* differs remarkably in nearly all characteristics from the pure race *A m carnica* and the *A m carnica*-breeding lines from Brandenburg and Hessen. Especially, like expected, in the cubital index and length of

cover hair, where the difference is more than 30%. Another remarkably different characteristic is section L5 on the hindwing, which in *A m mellifera* is significantly shorter.

The means of the old hybrid ('landbee') samples are intermediate between *A m carnica* and *A m mellifera*. The by Zander (in Erlangen (Bavaria) in 1911 and 1912) conserved bees were therefore hybrids of *A m carnica* and *A m mellifera*, which were not found in Brandenburg or Hessen at this time. The results from the study of Moritz (1991), who took these samples for *A m mellifera*, may now be interpreted differently: the

partly overlap of samples from Lower Bavaria with the cluster of the 'land bee' is not in any case due to the *A m mellifera* genes; it may also be an influence of *A m carnica* genes.

ACKNOWLEDGMENTS

For the disposal of samples we thank: Prof F Ruttner, Lunz/Austria, Dr V Maul, Kirchhain and Dr D Mautz, Erlangen. The study is part of a project on the morphometry of the honeybees of Eastern Germany. For collaboration we thank: Dipl Ing C Meinhardt, Dipl Chem W Striebe, Prof Dr G Pritsch and Dr K Bienenfeld.

Deutsche Version

Morphometrische Kontrolle der Rassereinzucht bei der Honigbiene (*Apis mellifera* L)

Zusammenfassung — Die vergleichende Analyse von 112 Bienenproben aus Brandenburg und 7 Proben aus hessischen *A m carnica*-Zuchtlinien mit den reinen Rassestandards von *A m mellifera* und *A m carnica* ergaben, daß die beiden deutschen Herkünfte zwar in der Nähe des *A m carnica*-Standards angesiedelt sind, jedoch in gleicher Richtung von diesem abweichen und keinen Einfluß noch vorhandener *A m mellifera*-Gene erkennen lassen. Die morphometrische Kontrolle der Rassereinzucht hat sich somit als praktikabel erwiesen. Die 'Landbiene' wurde zumindest in den untersuchten Teilen Brandenburgs und Hessens erfolgreich verdrängt. Eine totale Übereinstimmung mit dem reinen Rassestandard würde jedoch die Kontrolle weiterer Merkmale erfordern. Die Analyse von 6 Bienenproben aus der Zeit Zanders ergab, daß es sich hierbei um Hybriden zwischen *A m carnica* und *A m mellifera* handelte.

***A m mellifera* / *A m carnica* / Rassereinzucht / Morphometrie / Deutschland**

EINLEITUNG

Schon um die Jahrhundertwende war die Honigbiene in Deutschland durch Einfuhr fremdrassiger Bienenköniginnen so stark hybridisiert, daß die autochthone geographische Rasse *Apis mellifera mellifera* hier als ausgestorben galt. Man bemühte sich daher die 'Landbiene', die ein Hybrid aus mehreren geographischen Rassen (vor allem *A m mellifera*, *A m carnica*, *A m ligustica* und *A m caucasica*) war, durch Zuchtarbeit auf der Basis der sich gut in Deutschland bewährenden Rasse *A m carnica* zu verbessern. Dies war unter anderem deswegen möglich, weil diese Rasse in Österreich und Slovenien heimisch war und dort rein gehalten wurde.

Zur Durchführung der Rassereinzucht mußte die Paarung der Königinnen auf anerkannten Reinzuchtbelegstellen erfolgen und danach die reine Anpaarung durch morphometrische Kontrolle der Nachkommen verifiziert werden. Dazu wurden vier für die Rassendifferenzierung geeignete Körpermerkmale ausgesucht: Haarlänge, Filzbindenbreite, Panzerzeichen (Färbungsmuster) und der Cubital-Index (Goetze, 1938, 1940).

Darüber hinaus wurden von Ruttner weitere Merkmale der äußeren Morphologie an den Honigbienen der ganzen Welt erfaßt und in der Oberurseler morphometrischen Datenbank gespeichert (Ruttner, 1953; Ruttner *et al*, 1978). Basierend auf diesem Datenmaterial konnten die zur Zeit bekannten 25 geographischen Bienenrassen von *Apis mellifera* L definiert und charakterisiert werden (Ruttner, 1988).

Multivariate statistische Methoden wie die Faktorenanalyse und die Diskriminanzanalyse haben sich für die Rassendifferenzierung bewährt, zumal diese durch die Regel von Huxley (1939) exakt quantifiziert werden können. Aber auch zur Charakterisierung von Subpopulationen innerhalb einer

Rasse lassen sich mit diesen Verfahren Ähnlichkeiten und/oder Distanzen zwischen den Populationen abschätzen (Kauhausen, 1987).

Jetzt, nach mehr als 40 Jahren Zuchtarbeit stellte sich die Frage nach der Effektivität der morphometrischen Kontrolle in der Rassereinzucht. Reinsch *et al* (1991) untersuchten anhand der morphometrisch kontrollierten Merkmale niedersächsische Bienen und fanden im Vergleich mit den reinen Rassen *A m mellifera* und *A m carnica* eine Art 'Landbiene' mit hohem *A m carnica*-Anteil aber auch noch deutlichem *A m mellifera*-Einfluß. Moritz (1991) verglich Proben aus Niederbayern mit *A m carnica*-Zuchtlinien aus Kirchhain und *A m mellifera*-Proben aus dem Raum Erlangen zur Zeit Zanders. Er untersuchte jedoch nicht nur die zur morphometrischen Kontrolle überwachten Merkmale, sondern darüber hinaus auch andere Merkmale des Flügels und fand Übereinstimmung mit dem *A m carnica*-Zuchtmaterial beim Cubital-Index aber Abweichung bei den nicht kontrollierten Merkmalen in Richtung der Zander-Proben. Hähnle (1993) untersuchte hessische Bienen von Züchtern (einschließlich des über Besamung geführten *A m carnica*-Zuchtmaterials aus Kirchhain) im Vergleich zu den reinen Rassestandards von *A m carnica* und *A m mellifera*. Auch in dieser Untersuchung ergaben sich Übereinstimmungen mit *A m carnica* bei den kontrollierten Merkmalen und Abweichungen in den Merkmalen des Flügelgeäders, die nicht kontrolliert wurden. Allerdings wichen die untersuchten Proben nicht in Richtung *A m mellifera* ab, so daß keinerlei Hinweise auf noch vorhandenen *A m mellifera*-Einfluß gegeben ist.

Die vorliegende Untersuchung analysiert die Ergebnisse der morphometrischen Kontrolle in Brandenburg, wo — anders als im Westen — durch jahrzehntelange zentrale Organisation und staatliche Förderung eine sehr effektive Zuchtarbeit möglich war. Es

werden dabei nicht nur die kontrollierten Merkmale verglichen, sondern auch Merkmale des kleinen Flügels, der bei der morphometrischen Kontrolle zur Rassereinzucht keinerlei Beachtung fand.

MATERIAL UND METHODE

Morphologische Merkmale

An jeder Biene wurden insgesamt 27 Merkmale gemessen: 4 Strecken und 11 Winkel des Flügelgeäders auf dem Vorderflügel, 8 Strecken und 3 Winkel auf dem Hinterflügel und die Haarlänge auf dem 5. Tergit.

Die Haarlänge wurde mit einer Videokamera im Schattenriß gemessen. Bei vergleichenden Messungen derselben Bienen mit der herkömmlichen Messung unter dem Binokular (bei 40-facher Vergrößerung) wurde gute Übereinstimmung erzielt.

Alle Merkmale der Flügel wurden durch Auflegen derselben auf Diaglaser und Projektion auf dem Bildschirm mit Hilfe einer Video-Kamera bestimmt. Dazu wurden die Kreuzungspunkte im Flügelgeäder mit der Maus angeklickt (Abb 1) und die Koordinaten gespeichert. Die entsprechenden Strecken und Winkel sowie der Cubital-Index wurden durch ein Computerprogramm berechnet.

Herkunft der Bienenproben

Es wurden 23 Proben der Rasse *Apis mellifera carnica*, 34 Proben der Rasse *Apis mellifera mellifera* und 112 Proben aus Brandenburg verglichen. Jede Probe bestand aus 15 Arbeitsbienen.

Die *A m carnica* und die *A m mellifera*-Proben stammen aus der Oberurseler Datenbank und entsprechen dem Rassestandard. Die Proben aus Brandenburg wurden am Länderinstitut für Bienenkunde in Hohen Neuendorf gesammelt und vermessen, die Proben stammen etwa je zur Hälfte von Züchtern und Bienenhaltern.

Sieben weitere Vergleichsproben stammen aus den durch instrumentelle Besamung reingehaltenen *A m carnica*-Zuchtlinien der Hessischen Landesanstalt in Kirchhain und 6 Proben aus

dem Fundus an alten Bienen der 'Landrasse' von Zander aus der Bayerischen Landesanstalt in Erlangen (die gleichen Proben wurden auch von Moritz 1991 verwendet).

Analysemethoden

Da die zu vergleichenden Proben schon durch ihre Herkunft gruppiert waren, wurde mit einer Diskriminanzanalyse getestet, wie gut die Gruppen voneinander getrennt sind. Aus dem Abstand der Gruppen im Streuungsdiagramm kann direkt die Distanz zwischen den Populationen abgelesen werden. Da davon auszugehen ist, daß die Variabilität innerhalb der Populationen verschieden groß ist, verbessert man die Einschätzung der Trennbarkeit der Gruppen, indem in das Streuungsdiagramm die Konfidenzellipsen nach Cornuet (1982) eingetragen werden. Das Konfidenzintervall war hier 95%, dh nach den multivariaten Berechnungen liegen 95% der Population in der jeweiligen Konfidenzellipse.

ERGEBNISSE

Diskriminanzanalyse über A m mellifera (Rassestandard), A m carnica (Rassestandard), A m carnica (Brandenburg), A m carnica (Kirchhain) (176 Proben, 27 Merkmale: Haarlänge, 15 Merkmale des Vorderflügels, 11 Merkmale des Hinterflügels) (Abb 2)

Der Vergleich der Proben aus Brandenburg und Kirchhain mit den Rassestandards von *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera mellifera* ergab drei voneinander getrennte Gruppen: *A m mellifera*, *A m carnica* und einen Cluster mit den *A m carnica*-Linien aus Brandenburg und aus Hessen. Alle drei Gruppen lassen sich gut voneinander trennen. Die *A m carnica*-Linien in Kirchhain und in Brandenburg, obwohl immer getrennt gehalten, weichen überraschenderweise in derselben Richtung von *A m carnica* ab, und zwar nicht in Richtung auf *A m mellifera*.

Diskriminanzanalyse *A m mellifera* (Rassestandard), *A m carnica* (Rassestandard), *A m carnica* (Kirchhain), Zander-Proben (69 Proben, 16 Merkmale (ohne Hinterflügel) (Abb 3)

Mit diesem multivariaten Verfahren wurden die Proben der 'Landbiene' eindeutig als Hybrid zwischen *A m carnica* und *A m mellifera* identifiziert. Die Konfidenzellipse überlappt nicht nur die Punktwolken von *A m mellifera* und *A m carnica*, sondern sie fällt auch durch ihre besondere Größe auf, die auf starke Inhomogenität der Proben hinweist.

DISKUSSION

Die brandenburgischen Bienen zeigen, obwohl gezüchtete und nicht gezüchtete Völker berücksichtigt wurden, genau wie die Bienen aus Kirchhain, Kennzeichen einer durchgezüchteten Linie (kleine Ellipsen durch starke Homogenität bzw reduzierte Variabilität innerhalb der Population). Die Selektion durch die Züchter hat also die gesamte Bienenpopulation in Brandenburg nachhaltig beeinflusst.

Die brandenburgische Biene liegt in den meisten untersuchten Körpermerkmalen zwar in der Nähe des *A m carnica*-Standards, stimmt jedoch nicht mit ihm überein. Die Abweichung kann aber nicht mit noch vorhandenem *A m mellifera*-Einfluß erklärt werden. Da die durch instrumentelle Besamung gehaltenen Kirchhainer Linien in ähnlicher Weise vom Rassestandard abdriften, ist eine Selektion auf der Basis der Kontrollmerkmale anzunehmen. Vor allem die Haarlänge, die oft bei der Merkmalskörnung Probleme bereitete, wurde vermutlich durch Selektion künstlich beeinflusst.

Die Merkmalsmittelwerte der einzelnen Gruppen (Tabelle I) zeigen, daß sich *A m mellifera* fast in allen Merkmalen vom *A m carnica*-Rassestandard sowie vom bran-

denburgischen und vom hessischen Zuchtmaterial unterscheidet. Ganz besonders, wie zu erwarten, im Cubitalindex und in der Haarlänge, wo die Abweichung > 30% ist. Ein weiteres auffällig abweichendes Merkmal ist die Strecke L5 auf dem Hinterflügel, die bei *A m mellifera* signifikant kleiner ist.

Die Merkmalsmittelwerte der Zander-Proben sind intermediär zwischen *A m carnica* und *A m mellifera*. Die in den Jahren 1911 und 1912 in Erlangen durch Zander konservierten Proben waren also Hybriden zwischen *A m carnica* und *A m mellifera*, wie wir sie heute in Brandenburg und Hessen nicht mehr nachweisen konnten. Die Ergebnisse von Moritz (1991), der diese Zander-Proben für reine *A m mellifera* hielt, können daher nun auch anders interpretiert werden: die teilweise Übereinstimmungen der niederbayerischen Proben mit der 'Landbiene' muß nicht auf den *A m mellifera*-Anteil bezogen werden, sondern könnte auch im *A m carnica*-Anteil liegen.

DANKSAGUNG

Für die Bereitstellung von Proben danken wir vor allem Herrn Prof F Ruttner, Lunz/Österreich, Herrn Dr V Maul, Kirchhain und Dr D Mautz, Erlangen. Die Arbeit wurde im Rahmen eines Projektes über die Morphometrie der Bienen in den neuen Bundesländern durchgeführt. Für ihre Mitarbeit danken wir besonders Frau Dipl Ing C Meinhardt und Herrn Dipl Chem W Striebe sowie Herrn Prof Dr G Pritsch und Dr K Bienefeld (Hohen Neuendorf).

Résumé — Contrôle morphométrique de la sélection en race pure chez l'abeille (*Apis mellifera* L). Depuis le début du siècle les éleveurs de reines d'abeilles d'Allemagne importent des reines de l'étranger. La race autochtone *A m mellifera* a été remplacée par une hybride vigoureuse et à faible rendement. Il a donc été décidé de mettre en place un programme de sélec-

tion en race pure basée sur la race *A m carnica*. Pour réussir cette substitution, il fallait 2 conditions : i) une fécondation contrôlée dans des ruchers de fécondation, où l'on plaçait des colonies de mâles de descendance contrôlée ; et ii) une vérification des caractères de la descendance. Pour estimer le succès de ces méthodes qui nécessitent beaucoup de temps et de matériel vivant, plusieurs études ont été faites sur l'état morphométrique des abeilles en Allemagne (Reinsch *et al*, 1991 ; Moritz, 1991 ; Hähle, 1993). Elles montrent que les abeilles allemandes ressemblent à *A m carnica* mais ne lui sont pas semblables. Notre étude examine les résultats du contrôle morphologique dans le Brandebourg où un travail de sélection très efficace a pu être réalisé. Des échantillons de 15 ouvrières ont été prélevés dans 112 colonies du Brandebourg et comparés avec 57 échantillons d'abeilles de race pure *carnica* et *mellifera* et 7 échantillons d'une lignée de sélection de *carnica* provenant de Kirchhain (Hesse) et 6 échantillons anciens de la population de l'«abeille locale» de Bavière du temps de Zander (1911–1912). Vingt-six caractères de l'aile antérieure et de l'aile postérieure (fig 1) ainsi que la longueur de la pilosité ont été mesurés à partir d'une image agrandie 30 fois sur un écran vidéo. Les moyennes de chaque caractère ont été soumises à une analyse discriminante multivariée. La comparaison des races pures *carnica* et *mellifera* avec les

abeilles du Brandebourg et de Hesse (fig 2) montre une séparation nette entre les races pures et les échantillons allemands. En outre les échantillons allemands (quoique étant bien séparés) se séparent de *carnica* dans la même direction. L'analyse discriminante des races pures, de la lignée de Kirchhain et des échantillons bavarois anciens montre que ces derniers étaient bien des hybrides entre *carnica* et *mellifera* (fig 3). La substitution en Allemagne de l'abeille hybride par l'abeille carnolienne a été couronnée de succès. Aucune abeille semblable aux hybrides présentes en Allemagne avant ce programme de remplacement n'a été trouvée dans les localités étudiées de Hesse et du Brandebourg. Dans ces 2 régions on a trouvé à la place la lignée de sélection semblable à *carnica*. Les raisons pour lesquelles on n'a pas atteint la race pure *carnica* peuvent être les suivantes : i) le contrôle de 4 caractères est insuffisant pour les conserver tous, ii) une forte variabilité dans la descendance incite l'éleveur à sélectionner dans la direction opposée (cela semble vrai pour la longueur des poils), iii) autre race a exercé une influence génétique considérable (non testée ici) et iv) les 2 lignées de sélection provenaient d'une même sous-population d'Autriche.

***A mellifera carnica* / sélection en race pure / morphométrie / plan de sélection / Allemagne**

Table I. Means of characters for groups (in units of 0.01 mm).

Tabelle I. Mittelwerte der Merkmale für jede einzelne Gruppe (angegeben in 0,01 mm). 1= Flügellänge; 2 = Flügelbreite; 3, 4 = Aderlänge 'a' und 'b'; 5 = Cubitalindex; 6–16 und 26–28 = Winkel des Vorderflügels; 17 = Haarlänge; 18–25 = Strecken auf 'dem Hinterflügel, 26-28 = Winkel auf dem Hinterflügel.

		A m mellifera	A m carnica	Kirchhain	Brandenb	Zander
1	Length forewing	670.2	674.0	677.8	669.7	664.1
2	Width forewing	310.1	322.5	328.0	325.3	314.5
3	Length 'a'	49.0	56.8	63.0	58.7	50.9
4	Length 'b'	27.5	21.3	22.9	22.9	28.4
5	Cubital index	1.8	2.7	2.8	2.6	1.8
6	Angle A4	31.9	28.3	29.7	30.0	31.1
7	Angle B4	104.2	111.8	109.1	109.7	106.7
8	Angle D7	105.1	99.0	97.5	98.1	102.6
9	Angle E9	17.9	22.7	24.0	22.2	19.5
10	Angle G18	98.6	92.4	92.0	92.1	96.1
11	Angle J10	47.9	52.7	53.4	51.7	49.5
12	Angle J16	96.4	95.9	92.9	91.9	96.1
13	Angle K19	80.9	79.0	78.0	79.5	80.0
14	Angle L13	14.7	12.3	13.7	15.2	15.6
15	Angle N23	92.9	93.9	93.0	92.3	94.8
16	Angle O26	37.9	37.8	35.2	35.9	38.5
17	Length hair	39.0	26.4	22.0	22.8	—
18	Length L1	108.7	109.2	112.6	112.0	—
19	Length L2	31.4	34.0	36.7	35.8	—
20	Length L3	145.6	145.2	148.8	144.4	—
21	Length L4	121.4	121.8	119.4	119.7	—
22	Length L5	5.4	9.5	9.7	8.9	—
23	Length L6	156.9	161.8	167.9	162.5	—
24	Length L7	153.4	162.1	172.6	168.6	—
25	Length L8	438.5	443.0	442.1	436.3	—
26	Angle 1 W1	145.2	140.7	142.7	142.6	—
27	Angle 2 W2	66.5	70.7	71.9	71.2	—
28	Angle 3 W3	24.3	26.2	27.6	27.5	—

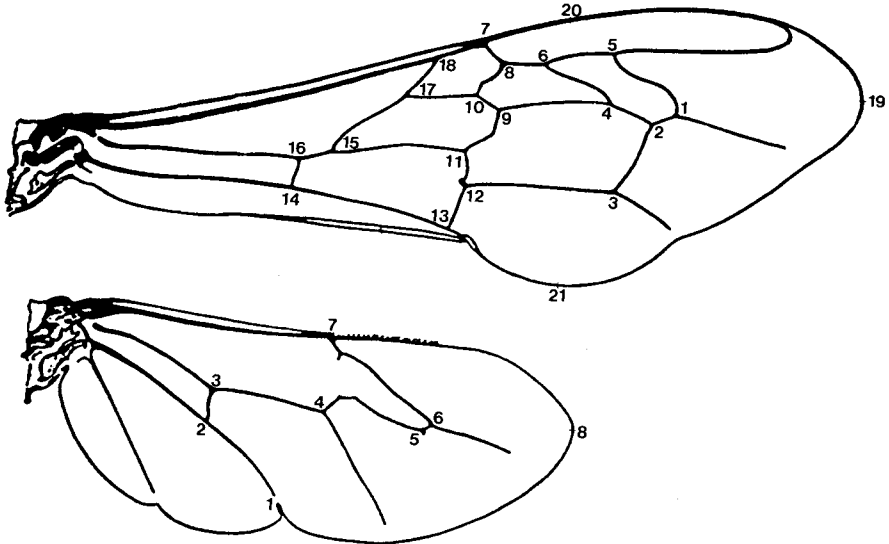


Fig 1. Characteristics of the wings. **A.** Forewing (length: 16–19; width: 20–21; distance 'a': 2–4; distance 'b': 1–2; angles: A4: 4–1–5; B4: 1–4–5; D7: 4–3–13; E9: 6–5–9; G18: 12–13–14; J10: 9–10–6; J16: 8–10–18; K19: 12–11–14; L13: 6–7–5; N23: 17–18–10; O26: 16–14–15). **B.** Hind wing (distances: L1: 1–2; L2: 2–3; L3: 3–4; L4: 4–5; L5: 5–6; L6: 6–7; L7: 1–7; L8: 2–8; angles: W1: 1–2–3; W2: 2–3–4; W3: 4–6–7).

Abb 1. Merkmale der Flügel. **A.** Vorderflügel (Länge: 16–19; Breite: 20–21; Strecke 'a': 2–4; Strecke 'b': 1–2; Winkel: A4: 4–1–5; B4: 1–4–5; D7: 4–3–13; E9: 6–5–9; G18: 12–13–14; J10: 9–10–6; J16: 8–10–18; K19: 12–11–14; L13: 6–7–5; N23: 17–18–10; O26: 16–14–15). **B.** Hinterflügel (Längen: L1: 1–2; L2: 2–3; L3: 3–4; L4: 4–5; L5: 5–6; L6: 6–7; L7: 1–7; L8: 2–8, Winkel: W1: 1–2–3; W2: 2–3–4; W3: 4–6–7).

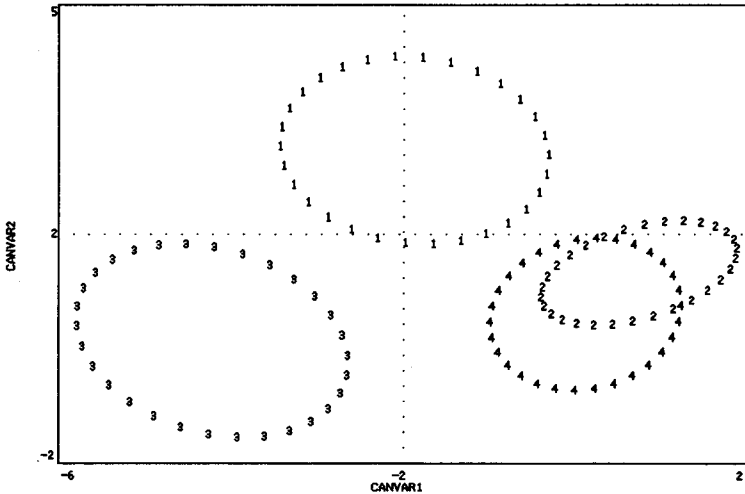


Fig 2. Discriminant-analysis with groups: 1. *A m carnica*; 2. Carnica-breeding line from Kirchhain (Hessen). 3. *A m mellifera*: 4 honey bee samples from Brandenburg (N = 176, P = 27, confidence level: 95%).

Abb 2. Diskriminanz-Analyse mit den Gruppen: 1. *A m carnica*; 2. Carnica-Zuchtlinie aus Kirchhain (Hessen); 3. *A m mellifera*: 4. Brandenburgische Biene (N = 176, P = 27, Konfidenzniveau: 95%).

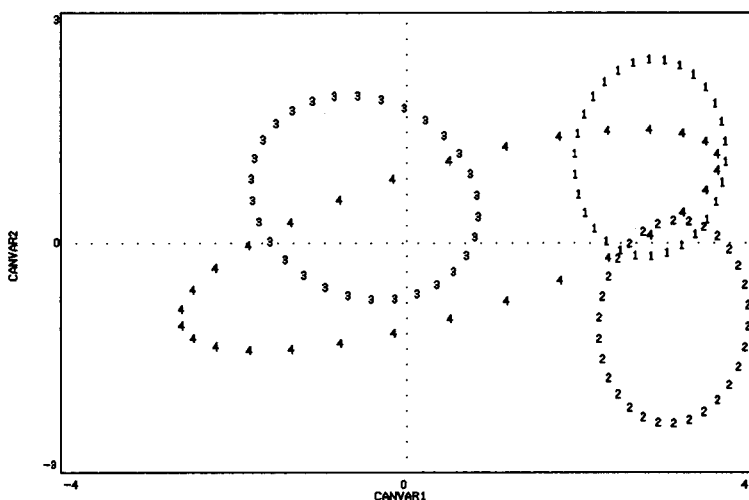


Fig 3. Discriminant-analysis with groups: 1. *A m carnica*; 2. *Carnica*-breeding line from Kirchhain (Hessen); 3. *A m mellifera*; 4. samples of the old 'land bee' ($N = 69$, $P = 15$, confidence level: 95%).
Abb 3. Diskriminanz-Analyse mit den Gruppen: 1. *A m carnica*; 2. *Carnica*-Zuchtlinie aus Kirchhain (Hessen); 3. *A m mellifera*; 4. Zander-Proben der alten 'Landbiene' ($N = 69$, $P = 15$, Konfidenzniveau: 95%).

REFERENCES

- Cornuet JM (1982) Représentation graphique de populations multinormales par des ellipses de confiance. *Apidologie* 13, 15-20
- Goetze GKL (1938) Die Statistik als Hilfsmittel zur Zuchtbeurteilung und Zuchtauslese. *Dtsch Imkerführer* 12, 131-135
- Goetze GKL (1940) *Imkerliche Züchtungspraxis*. Landbuchverlag, Hannover
- Hähnle A (1993) Biometrie hessischer Honigbienen. Diplomarbeit JW Goethe Universität Frankfurt/Main
- Huxley JS (1939) *The New Systematics*. Carendon, Oxford
- Kauhausen D (1987) Über den Einsatz multivariater statistischer Methoden zur infraspezifischen Taxonomie der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). Inaugural-Dissertation, JW Goethe-Universität Frankfurt/Main
- Moritz RFA (1991) The limitations of biometric control on pure race breeding in *Apis mellifera*. *J Apic Res* 30, 54-59
- Reinsch N, Schuster H, Bienefeld K, Pirchner F (1991) Morphologischer Vergleich von Völkern der "Landbiene" in Niedersachsen mit typischer *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera mellifera*. *Apidologie* 22, 75-80
- Ruttner F (1953) Über die Vererbung einiger Rassemerkmale bei der Honigbiene (*Apis mellifera*). *Österr Zool ZIV*, 183-190
- Ruttner F (1988) *Biogeography and Taxonomy of the Honeybee*. Springer-Verlag, Berlin
- Ruttner F, Tassencourt L, Louveaux J (1978) Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. I. Material and methods. *Apidologie* 9, 363-381