

Eignung des Merkmals Entwicklungsdauer der Brut bei der Zucht varroaresistenter Honigbienen

K. BIENEFELD¹ und F. ZAUTKE

Herrn Prof. Dr. Seeland zum 65. Geburtstag gewidmet

1 Einleitung

Die Honigbiene ist eine sehr wichtige Nutztierspezies in Deutschland. Allein durch den Honigverkauf werden bis zu 200 Millionen Euro erwirtschaftet. Der volkswirtschaftliche Wert der Bestäubungsleistung der Bienen an landwirtschaftlichen Kulturen wird auf 2,5 Milliarden Euro geschätzt. Noch wichtiger, da nicht durch Importe ersetzbar, ist der Einfluss der Bestäubung der Honigbiene auf die vielen entomophilen Wildpflanzen. Die Entwicklung der für die Allgemeinheit so wichtigen Tierart ist besorgniserregend. Der Besatz mit Bienenvölkern pro km² ist in den letzten 50 Jahren im Westen um 51% und in den neuen Ländern um 76% gesunken (BIENEFELD, 1996a). Ein wesentlicher Grund für den Rückgang der Imkerei ist die seit den siebziger Jahren in Deutschland vorkommende Varroamilbe (*Varroa destructor*, vormals *Varroa jacobsoni*). Bei dieser weltweit die Honigbienenbestände bedrohenden Krankheit dringen die fortpflanzungsbereiten Varroa-Weibchen kurz vor der Verdecklung (Verschluss der Brutzellen für die Puppenphase der Brut durch einen Wachsdeckel) in die Brutzellen des Wirtes ein. Etwa 60 Stunden nach der Verdecklung der Brutzelle wird das erste der durchschnittlich fünf erzeugten Eier abgelegt. Die Eiablage erfolgt im 30-Stunden-Rhythmus (REHM und RITTER, 1989). Die sich daraus entwickelnden weiblichen Nachkommen werden noch innerhalb der Brutzelle von ihrem männlichen Geschwister begattet (DONZE und GUERIN, 1994). Beim Schlupf der Bienen verlassen auch die Muttermilben und ihre Nachkommen die Brutzelle, um sich nach kurzer phoretischer Phase wieder zur Reproduktion in die Bienenbrut zu begeben. Beim Schlupf der Biene muss daher auch die Entwicklung der Milbennachkommen abgeschlossen sein, sonst haben die nicht vollständig entwickelten Nachkommen außerhalb der Brutzelle keine Überlebenschance. Je kürzer die verdeckelte Brutphase (nachfolgend Entwicklungszeit genannt) dauert, desto weniger Varroanachkommen schaffen es, ihre Entwicklung vollständig abzuschließen. Die Biene ist durch die Entnahme von Hämolymphe durch den Parasiten und durch die in Verbindung mit der Parasitierung stehenden viralen Infektionen sehr stark gehandicapt. Die parasitierten Bienen haben eine deutlich geringere Lebenserwartung und beteiligen sich nur eingeschränkt an den vielfältigen Arbeiten im Volk (SCHNEIDER und DRESCHER, 1987). Ohne eine medikamentöse Behandlung ist ein varroabefallenes Volk verloren. Problematisch ist aber, dass zunehmend Milben, welche gegen synthetische Akarizide resistent sind (MILANI, 1999) und Rückstände in Bienenprodukten auftreten (WALLNER, 1999). Die Selektion varroaresistenter Bienen erscheint zurzeit als eine sinnvolle Alternative, der Varroatose Herr zu werden und gleichzeitig die Gefahren der Resistenzentwicklung und Rückstandsbildung zu umgehen.

Der größere Reproduktionserfolg der Milbe in Drohnenzellen erklärt sich aus der ca. drei Tage längeren Entwicklungsdauer der Drohnenbrut. MORITZ (1985) untersuchte die Entwicklungsdauer bei den als deutlich widerstandsfähiger gegenüber Varroa ange-

¹ Länderinstitut für Bienenkunde, Friedrich-Engels-Str. 32, D-16540 Hohen Neuendorf, E-Mail: Kaspar.Bienefeld@rz.hu-berlin.de

sehen, aber immerlich nicht geeigneten Kap-Honigbienen (*Apis mellifera capensis*). Mit nur 9,7 Tagen entwickelten sich Puppen der aus Südafrika stammenden Kap-Biene deutlich schneller als die der europäischen Rassen (12 Tage). MORITZ und MAUTZ (1990) zeigten bei *Capensis* auch ein geringeres Populationswachstum des Parasiten. Doch die von MORITZ (1985) in die Diskussion gebrachte Selektion auf eine züchterische Veränderung der Entwicklungsdauer ist nicht ganz unproblematisch. Bei *Drosophila* war eine Selektion auf eine kürzere Entwicklungsdauer mit einer reduzierten Lebenserwartung verbunden (LINTS und LINTZ, 1971). Auch bei der Honigbiene zeigen Arbeitsbienen mit kürzerer Entwicklungsdauer eine reduzierte Lebenserwartung (BIENEFELD und ZAUTKE, 2006). Aber selbst wenn es gelänge, Honigbienen zu züchten, die bei Erhalt der Leistungsfähigkeit eine deutlich reduzierte Entwicklungsdauer benötigten, ist kritisch zu hinterfragen, ob nicht die Parasitierung selbst die Entwicklungsdauer beeinflusst. Bienen, die aus parasitierten Brutzellen schlüpfen, zeigen auffällige Beeinträchtigungen. Möglicherweise führt die Parasitierung neben den deutlich sichtbaren Schäden auch zu einer langsameren Entwicklung. Ein möglicher Selektionserfolg bezüglich einer kürzeren Entwicklungsdauer des Wirts könnte damit über die Folgen der *Varroa*-Parasitierung aufgehoben werden.

2 Material und Methode

2.1 Versuche zur Abschätzung des Einflusses der Parasitierung auf die Entwicklungsdauer von Bienenbrut

520 Brutzellen von 24 Bienenvölkern (*Apis m. carnica*) unterschiedlicher Abstammung standen für die Untersuchung zur Verfügung. Der Verdeckungszeitpunkt der Brutzellen durch die Arbeitsbienen wurde über Kontrollen im Zweistundenrhythmus durch unterschiedlich farbige Markierung auf Folien festgehalten. Kurz nach der Verdeckung wurden die Brutzellen durch jeweils eine *Varroa*milbe infiziert. Hierbei wurden die Brutzellen durch einen kleinen Schnitt mit einer Rasierklinge geöffnet und das in der Regel fortpflanzungsbereite *Varroa*-Weibchen mit einem feinen Pinsel in die Zelle gegeben. Die Zellen wurden durch Zusammenpressen der Schnittflächen geschlossen, so dass die *Varroa*milbe die Brutzelle nicht verlassen konnte. Kontrollzellen wurden nur geöffnet, aber nicht infiziert. Etwa einen Tag vor dem Schlupf wurden die unter Beobachtung stehenden Brutzellen aus dem Zellverband der Wabe herauspräpariert und die Zelldeckel mit kleinen Drahtkäfigen versehen, die mit einem Infrarot Lichtschranken-Messsystem versehen waren (Abb. 1). Beim Schlupf der Arbeitsbienen wurde die Lichtschranke unterbrochen und der Zeitpunkt auf einen PC gespeichert (BIENEFELD, 1996b). Da wir an der Erfassung der Entwicklungsdauer der Bienenbrut in Abhängigkeit vom Reproduktionserfolg der Milben interessiert waren, die Drahtkäfige auf dem Zelldeckel aber für Milben passierbar waren, wurden die Zellen mit Käfigen in Rollrandgläser überführt (Abb. 2). Die Größe der Löcher in den Deckeln genügte der Sauerstoffversorgung, verhinderte aber ein Entweichen der Milben nach dem Schlupf der Biene. Der Schlupf der Bienen fand im Brutschrank bei 34,5 °C und ca. 65 % rel. Luftfeuchte statt. Diese Versuche wurden in einem identischen Versuchsansatz im Folgejahr mit anderen Völkern wiederholt.

Die Mortalitätsrate in den *varroa*infizierten Brutzellen war deutlich höher als in der nicht parasitierten Kontrolle. Um möglicherweise methodenbedingte Effekte zu umgehen, wurden in einem zweiten Versuch deutlich naturnähere Bedingungen geschaffen. Hierbei wurden aus vier verschiedenen Völkern altersgleiche Brutstücke entnommen, diese in einer Wabe zusammengesetzt und in ein stark parasitiertes Volk gegeben. Der Zeitpunkt der Verdeckung wurde wie im ersten Versuchsansatz erfasst. Nach Abschluss der Verdeckung wurde die Wabe in einen Brutschrank überführt. Vor dem erwarteten Schlupf der Brut wurde die äußere Tür des Brutschrankes geöffnet und durch eine gläserne Abdeckung das Schlupfverhalten und der Schlupfzeitpunkt der Brut mit einer In-

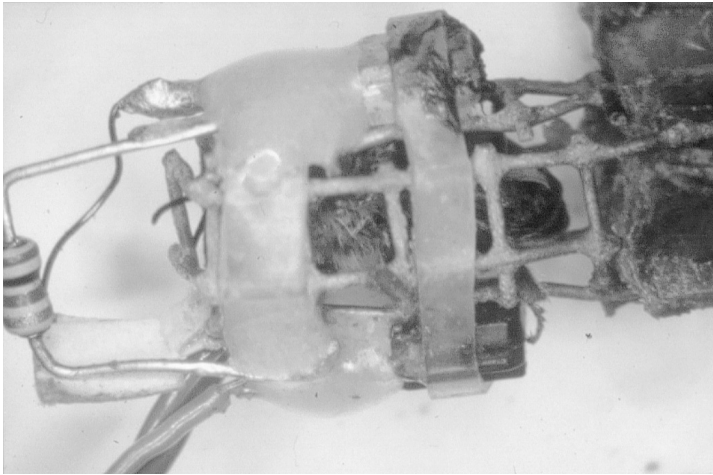


Abb. 1. Die vereinzelt Brutzellen wurden mit einem Käfig mit einem Infrarot Lichtschrankensystem (Sender Sharp GL 480, Empfänger Sharp IS 471F) versehen. Beim Schlupf der Biene wurde der Infrarot Strahl unterbrochen und diese Zeit auf einem PC gespeichert
Isolated brood cells were tagged by cages with an infra-red barrier system (transmitter Sharp Gl 480, receiver Sharp IS471F). When emerging, the bees interrupted the infra-red beam and the time of emerging was thereby measured and recorded on a personal computer

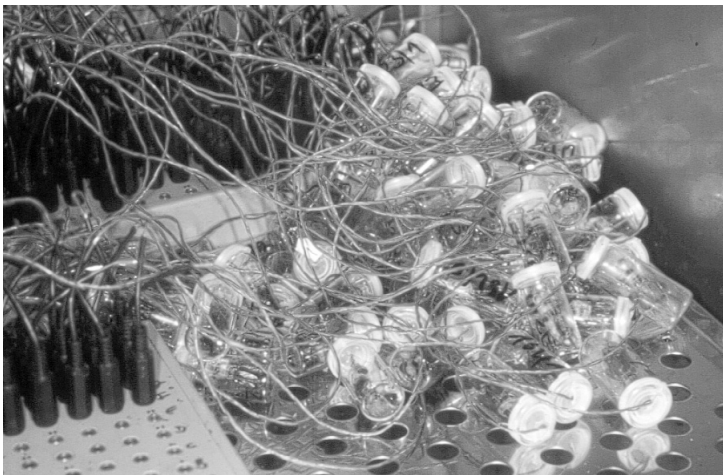


Abb. 2. Vor dem Schlupf der Bienen wurden die vereinzelt Brutzellen mit dem Infrarot Lichtschrankensystem in Rollrandgläser überführt, was auch eine Beurteilung der Reproduktion der Milben ermöglichte
Before bees emerging the isolated brood cells were transferred with the infra-red barrier system in sampling glass tubes. This enables also the monitoring of mite reproduction

frarot-Videokamera aufgenommen. Durch eine Zusatzheizung im Raum konnte die übliche Brutnesttemperatur von 34,5 °C im Brutschrank gehalten werden. Die Information, ob eine Zelle durch Milben natürlich infiziert wurde, konnte im Nachhinein eindeutig durch Inspektion der entsprechenden Zellen erfasst werden. Varroaparasitierte Zellen zeigten deutlich Ansammlungen des typischen weißen Milbenkots an den Zellenwän-

den. Bei dieser Methode konnte aber nur eindeutig zwischen nicht parasitierten und parasitierten Brutzellen (unabhängig von Reproduktionserfolg der Varroamilbe oder Mehrfachparasitierung) unterschieden werden. Insgesamt standen 335 Brutzellen für diese Untersuchung zur Verfügung.

2.2 Versuch: Zeitpunkt des Öffnens von parasitierter, nicht geschlüpfter Brut durch Bienen

Mit diesem Versuch sollte geklärt werden, zu welchem Zeitpunkt Zellen, deren Brut abgestorben bzw. nicht schlupffähig war, von Arbeitsbienen von außen geöffnet werden. Hierfür wurde auf einer Wabe eines varroaparasitierten Volkes der Zeitpunkt der Verdeckung der Brutzellen erfasst (Methode siehe 2.1). 300 Stunden nach Verdeckung der Zellen wurde die Brutwabe in den Brutschrank überführt. Bei einer normalen Dauer der verdeckelten Brutphase von $286 \pm 11,6$ Stunden war in solchen Zellen ein selbstständiger Schlupf der Brut unwahrscheinlich. Auf diese Wabe wurden nun ca. 500 Bienen aus dem Brutnestbereich des Volkes, aus dem die Wabe stammte, gesetzt und deren Verhalten gegenüber den nicht geschlüpften Zellen durch Infrarot-Videoaufnahmen beobachtet.

2.3 Statistische Analyse

Bei der Analyse der möglichen Einflüsse auf die Entwicklungszeit wurde neben der Varroa-Parasitierung die Herkunft der Brut als fixer Effekt berücksichtigt. Im Versuch, der im Folgejahr wiederholt wurde, wurden der Jahreseinfluss und die Herkunft genestet innerhalb Jahr berücksichtigt. Die Auswertung der Häufigkeitsverteilungen erfolgte mit dem Chi²-Test. Bei beiden Berechnungen wurden Komponenten des SAS-Systems (2003, Release 9.1) verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Versuche zur Abschätzung des Einflusses der Parasitierung auf die Entwicklungszeit von Bienenbrut

Aus den insgesamt 520 untersuchten Brutzellen schlüpften 368 (70,8%) Bienen. Parasitierte Brut zeigte eine hochsignifikant ($\text{Chi}^2 = 24,5$, $p < 0,0001$) höhere Mortalitätsrate (37,1%) als nicht parasitierte (16,8%). Die Ergebnisse waren in beiden Versuchsjahren gleichgerichtet (parasitierte Brut: 40,1% und 29,7%; nicht parasitierte Brut: 21,9% und 4,9%). In den nicht geschlüpften Brutzellen befanden sich hochsignifikant (Kruskal Wallis-Test, $\text{Chi}^2 = 52,9$, $p < 0,0001$) mehr vollkommen oder fast vollständig ausgebildete Varroa-Weibchen ($2,8 \pm 3,1$) als in der Gruppe, deren Brut schlüpfte ($1,1 \pm 1,3$). Aufgrund der hohen Mortalität der parasitierten Brut war es nicht möglich, die parasitierte Gruppe nach unterschiedlichem Reproduktionsniveau der Milbe stärker zu differenzieren. Folgende Gruppeneinteilung wurde gewählt: Keine Milbe (Kontrolle, K0), nur eine Milbe ohne Reproduktion (R0), Muttermilbe mit maximal einem adulten Nachkommen (R1), Muttermilben mit mehr als einem adulten Nachkommen (R2). Untersuchungsjahr ($p < 0,0001$), Herkunft der Brut ($p < 0,001$) und der oben definierte Parasitierungsstatus der Brut ($p < 0,003$) beeinflussten hochsignifikant die Entwicklungszeit der Bienen. Im Mittelwertvergleich nach Tukey zeigten sich nur die Unterschiede zwischen R2 und allen anderen Stufen des Faktors als signifikant (Tab. 1). Die sogar etwas kürzeren Entwicklungszeiten in den parasitierten Zellen ohne (R0) oder mit geringerer Milbenreproduktion (R1) waren gegenüber der Kontrolle nicht signifikant.

Fasst man die unterschiedlich stark parasitierten Zellen (R0+R1+R2) zu einer Gruppe zusammen, so entwickelte sich die parasitierte Brut ($284,4 \pm 0,89$) sogar ge-

Tab. 1. LS-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) der Entwicklungszeiten (Zeitdauer vom Verdeckeln der Brut bis zum Schlupf der Biene) von Brut aus nicht parasitierten und parasitierten Zellen unterschiedlichem Reproduktionsstatus der Milbe
LS-means (LSM) and standard errors (SE) of the postcapping stage of non parasitized brood and parasitized brood of different status of mite's reproduction

Reproduktionsstatus der Milbe	Entwicklungsdauer in Stunden		
	n	LSM	SE
Kontrolle K0 (Zellen ohne Varroaparasitierung)	169	286,5	0,96
R0 (Milben ohne Reproduktion)	90	283,4	1,27
R1 (Milben mit max. einem Nachkommen)	52	283,0	1,61
R2 (Milben mit mehr als einem Nachkommen)	18	292,7	2,67

ringförmig (aber nicht signifikant) schneller als die nicht parasitierte Kontrolle ($286,5 \pm 0,94$).

Aus den 335 nach natürlicher Parasitierung unter Beobachtung stehenden Brutzellen schlüpfen 278 (83,0%) Bienen. Von den 57 nicht geschlüpfen Brutzellen stellten sich in der nachfolgenden Kontrolle 48 (84,2%) als parasitiert heraus. Von diesen 48 Brutzellen enthielten 3 (6,3%) nur mumifizierte Puppen, in den übrigen 45 Brutzellen befanden sich Puppen mit deutlich sichtbaren Missbildungen. Bei diesen Puppen waren keine Verwesungserscheinungen festzustellen, so dass diese also zum Teil bei Versuchsende noch lebten. Dies war zum Zeitpunkt der Auswertung nicht mehr feststellbar, da die Wabe nach dem Versuch zunächst eingefroren wurde. Bei den neun nicht geschlüpfen Brutzellen ohne Parasitierung enthielten sieben (77,8%) mumifizierte Puppen, zwei Brutzellen enthielten Puppen, die vermutlich kurz vor dem Schlupf abgestorben waren. Missbildungen waren an diesen Puppen nicht festzustellen. Zwischen den 4 Herkünften zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Mortalitätsrate ($\chi^2 = 3,47$, $p < 0,32$). Die durchschnittliche Entwicklungszeit der parasitierten Brut war signifikant ($F = 9,49$, $p < 0,002$) länger als die der nicht parasitierten Brut (Tab. 2). Auch in diesem Versuch beeinflusste die Bienenherkunft die Entwicklungszeit signifikant ($F = 15,9$, $p < 0,0001$).

Tab. 2. LS-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (SE) der Entwicklungsdauer (Zeitdauer vom Verdeckeln der Brut bis zum Schlupf der Biene) von natürlich varroaparasitierter und nicht varroaparasitierter Brut
LS-means (LSM) and standard errors (SE) of the postcapping stage of non parasitized brood and naturally parasitized brood

Zelltyp	n	LSM	SE
Nicht Varroaparasitiert	125	283,4	0,50
Varroaparasitiert	153	285,5	0,47

3.2 Versuch: Zeitpunkt des Öffnens von parasitierter, nicht geschlüpfter Brut durch Bienen

59 der 63 untersuchten Brutzellen waren varroaparasitiert (Tab. 3). Fünf Zellen waren nach Abbruch des Versuchs immer noch verschlossen, zwei Bienen schlüpfen nach 301 bzw. 343 Stunden nach Verdeckung noch selbstständig. Die anderen Zellen wurden durch die Bienen des Volkes geöffnet. Von den insgesamt 56 von außen geöffneten Zellen konnten vier Bienen (7,1%) die Zelle nach Öffnung des Wachsdeckels selbstständig verlassen, die restlichen Bienen (92,1%) schlüpfen nicht. Verschiedentlich waren Varroamilben zu erkennen, die aus den geöffneten Brutzellen stammten. Bei der Inspektion

Tab. 3. Durchschnittliche Zeitdauer vom Verdeckeln bis zum Öffnen von Brutzellen, deren Brut nicht selbständig geschlüpft ist
Average time between capping and uncapping of brood cells, which were not able to emerge without help

Öffnungstyp	Dauer der verdeckelten Brutphase		
	n	x	SD
Schlupf ohne Hilfe	2	322,0	29,7
Schlupf mit Hilfe durch andere Bienen	4	340,1	2,3
Zelle geöffnet durch andere Bienen, aber kein Schlupf	52	310,9	13,5
Zelle nicht geöffnet	5	-	-

der Zellen zeigten sich meist lebende, voll ausgebildete Milben. Eine quantitative Auswertung der Anzahl lebender Milben erfolgte nicht, da die Milben, die die geöffneten Zellen selbstständig verließen, keiner Brutzelle zugeordnet werden konnten.

4 Diskussion

In beiden Versuchen, in denen unterschiedliche Bienen-Herkünfte verwendet wurden, zeigten sich signifikante Unterschiede in der Dauer der verdeckelten Brutphase. MORITZ (1985); BÜCHLER und DRESCHER (1990), HARBO und HARRIS (1999) und LE CONTE et al. (1994) berichten von mittleren bis hohen h^2 -Werten zwischen 0,23–0,8 für dieses Merkmal. Die hohe Erblichkeit erlaubt trotz der übereinstimmend festgestellten geringen phänotypischen Streuung des Merkmals einen Selektionserfolg von mindestens 1 % pro Jahr. Die hier vorgestellten Ergebnisse lassen Zweifel aufkommen, ob ein solcher Selektionserfolg erstrebenswert ist. SCHNEIDER und DRESCHER (1987) stellten bei varroaparasitierter Brut ein geringeres Schlupfgewicht, eine kürzere Lebensdauer und eine verringerte Entwicklung der Hypopharynxdrüsen der geschlüpften Arbeitsbienen fest. Es galt die Vermutung zu überprüfen, ob die Parasitierung durch *Varroa* nicht auch die für die Fitness des Parasiten wichtige Dauer der verdeckelten Brutphase des Wirts beeinflusst. Beim ersten Versuch, in dem der Schlupfzeitpunkt unter sehr artifiziiellen Versuchsbedingungen erfasst wurde (Abb. 2), dauerte nur die Entwicklung der Bienen der Versuchsgruppe R2 (Brutzellen mit einer stärkeren Varroabelastung) signifikant länger. In der Untersuchung von SCHNEIDER und DRESCHER (1987) stellte sich aber auch bei geringerem Parasitierungsgrad eine Beeinträchtigung der geschlüpften Bienen heraus. Angesichts der hohen Mortalitätsrate der parasitierten Brut von fast 40% sind die Ergebnisse im ersten Versuch kritisch zu hinterfragen. Es ist nicht auszuschließen, dass es durch die Doppelbelastung der parasitierten Zellen (Herauspräparation der Zellen und Varroabefall) zu einer nicht repräsentativen Stichprobe (nur besonders vitale Bienen schlüpften) bei den parasitierten Zellen kam. Darüber hinaus war der Varroabefall in den Zellen, aus denen keine Arbeitsbienen schlüpften, fast dreimal so hoch wie in den Brutzellen, aus denen die Bienen schlüpften. Von der abgestorbenen Brut standen dann natürlich auch keine Entwicklungsdaten zur Verfügung. Wäre diese Brut unter mehr natürlichen Bedingungen geschlüpft, so hätte sich möglicherweise der Einfluss der Parasitierung auf die Entwicklungszeit deutlich anders dargestellt.

Im zweiten Versuch dauerte die Entwicklung der parasitierten Brut zwei Stunden länger. Der Unterschied war zwar hochsignifikant, aber in dieser Größenordnung ergibt sich für den Parasiten kein deutlicher Einfluss auf den Reproduktionserfolg. Es ist aber zu berücksichtigen, dass im zweiten Versuch – im Gegensatz zum ersten Versuchsansatz – nicht zwischen unterschiedlichem Varroabesatz unterschieden werden konnte. Zellen mit Milben ohne und mit sehr geringer Reproduktion zeigten im ersten Versuch keinen Einfluss auf die Entwicklungszeit der befallenen Bienenbrut. Inwieweit der Mittelwert

im zweiten Versuch durch Beobachtungen mit geringem Varroabesatz beeinflusst wurde, kann mit dieser Versuchsanstellung nicht beantwortet werden.

Die geringe Schlupfrate im ersten Versuch war offensichtlich nicht nur durch die Versuchsmethodik beeinflusst. Auch im zweiten Versuch, der bis auf den Schlupf im Brutschrank unter natürlichen Bedingungen durchgeführt wurde, schlüpften 17% der Zellen nicht. Fast alle diese Zellen waren varrooparasitiert. Dass der Anteil nicht schlüpfender Brut bei Varroabefall so groß ist, war bisher nicht bekannt. Bei steigendem Varroabefall der Völker und einem daraus resultierenden höheren Anteil an Mehrfachparasitierung pro Zelle (und damit einer höheren Chance einer viralen Infektion) können noch deutlich höhere Anteile nicht schlüpfender Brut erwartet werden. Varroamilben sind nicht in der Lage, den Wachsdeckel der Brutzellen zu öffnen. Der Parasit braucht einen Wirt, der ihm beim Verlassen der Brutzelle hilft. Die Ergebnisse des dritten Versuchs belegen, dass diese Hilfe bei stark befallenen Brutzellen nicht von den parasitierten Arbeitsbienen selber kommt. Diese sind zum Öffnen des Wachsdeckels nicht imstande. Die Zellen wurden in unserem Versuch durchschnittlich 310 Stunden nach der Verdeckung (fast 24 Stunden länger als normal) durch Bienen von außen geöffnet. Selbst in den Fällen, in denen die befallene Biene in der Brutzelle schon tot war, konnten lebende Milben beobachtet werden. Dies bedeutet: der Tod des Wirtes bzw. seine Unfähigkeit, die Brutzelle selbstständig zu verlassen, ist für den Parasiten keineswegs kontraproduktiv, sondern bietet im Gegenteil die Chance, seinen Reproduktionserfolg zu erhöhen. Ob die im Durchschnitt fast 24-stündige Verlängerung der verdeckelten Brutphase durch Selektion auf eine schnellere Entwicklungszeit kompensiert werden kann, darf bezweifelt werden. Wenn man noch berücksichtigt, dass durch Selektion nicht eine Kompensation der parasitierungsbedingten Verlängerung, sondern eine Verkürzung um mindestens einen Tag gegenüber dem Standard notwendig ist und dass der Parasit vermutlich auf einen durch dieses Selektionsziel bezüglich seiner Vitalität gehandicapten Wirt (BIENEFELD und ZAUTKE, 2006) trifft, so sind Überlegungen zu alternativen Selektionsmerkmalen angebracht. Das Hygieneverhalten gegenüber parasitierter Brut, das auch beim Ursprungswirt (östliche Honigbiene, *Apis cerana*) der Varroamilbe eine wichtige Rolle spielt (PENG et al., 1987), bietet sich als aussichtsreiche Alternative an und wird zurzeit an verschiedenen Stellen intensiv bearbeitet (SPIVAK, 1996; HARBO und HARRIS, 2005; THAKUR et al., 1997). Die Ergebnisse dieser Studie und die Beurteilung der Entwicklungszeit als Selektionsziel bei der Honigbiene stehen im Gegensatz zu der Einschätzung von MORITZ (1985) und Moritz und Mautz (1990), die in der kurzen Entwicklungszeit der Bienenrasse *A. m. capensis* den entscheidenden Faktor für die höhere Widerstandsfähigkeit dieser Rasse vermuten. Bei Aufzuchtversuchen von Brut von *A. m. capensis* in Capensis-Völkern und Völkern europäischer Rassen stellte BEEKMANN et al. (2000) fest, dass sich die extrem kurze Entwicklungszeit bei der Capensis-Brut nur zeigte, wenn diese in Völkern der europäischen Rassen aufgezogen wurden. Bei den Diskussionen um das Selektionsmerkmal „Entwicklungszeit“ auslösenden Untersuchungen von MORITZ (1985) wurde die Capensis-Brut in Völkern einer europäischen Rasse aufgezogen. Die Ergebnisse von BEEKMANN et al. (2000) berücksichtigend, ist zu schlussfolgern, dass auch bei *A. m. capensis* nicht die Entwicklungszeit für die größere Widerstandsfähigkeit gegen Varroa verantwortlich sein dürfte.

Zusammenfassung

Die ektoparasitische Milbe *Varroa destructor* bedroht weltweit die Honigbienenbestände. Die Reproduktion der Milbe erfolgt ausschließlich innerhalb der verdeckelten Brut des Wirtes. Innerhalb dieser etwa 12 Tage dauernden Brutphase müssen sich aus den im Abstand von 30 Stunden abgelegten Eiern des Parasiten adulte Nachkommen entwickeln. Nachkommen, die ihre Entwicklung bis zum Schlupf der Biene nicht abgeschlossen

sen haben, überleben nicht. Honigbienen mit einer kürzeren Entwicklungszeit sollten den Reproduktionserfolg der Varroa-Weibchen senken, so dass eine Selektion in Richtung kürzerer Entwicklungszeit (innerhalb der verdeckelten Brutphase) vorgeschlagen wurde. In dieser Untersuchung wurde überprüft, ob nicht durch die Varroaparasitierung – neben den deutlich sichtbaren Schäden der Bienen – dann auch die Entwicklungszeit der befallenen Brut verlängert wird. Um dies zu untersuchen, wurden der Zeitpunkt der Verdecklung der Brutzellen mit zwei Methoden (Schlupfkäfige mit Infrarotschranken bzw. Videobeobachtungen) und des Schlupfes der entweder parasitierten oder nicht parasitierten Brut erfasst.

In die Brutzellen eingedrungene Varroamilben ohne Reproduktion oder mit geringer scheinbar die Entwicklungszeit der Bienen nicht zu beeinflussen. Eine höhere Reproduktion der Milbe und/oder Mehrfachparasitierung führt zu einer signifikanten Verlängerung der Entwicklungszeit, sehr oft aber auch zu Bienen, die sich nicht selbstständig aus den Zellen befreien können. Diese Zellen werden dann von den im Brutnest befindlichen Bienen von außen – mit einem Zeitverzug von fast 24 Stunden gegenüber der normalen Entwicklungszeit – geöffnet. Eine Selektion auf eine kürzere Entwicklungszeit wird damit durch die Auswirkung der Parasitierung selbst mehr als aufgehoben. Darüber hinaus schafft eine erfolgreiche Selektion bei diesem Merkmal Arbeitsbienen mit eingeschränkter Vitalität, die möglicherweise auf die Parasitierung noch stärker reagieren. Nach den vorgelegten Ergebnissen erscheint die Berücksichtigung des Merkmals „Verkürzung der Entwicklungszeit“ bei der Varroaresistenzzüchtung wenig Erfolg versprechend.

Schlüsselwörter: Honigbiene, Varroaresistenz, Entwicklungszeit, Varroa destructor

Literatur

- BEEKMANN, M., CALIS, J.N.M. and BOOT, J.M. (2000): Parasitic honeybees get royal treatment. *Nature* **404**, 723.
- BIENEFELD, K. (1996a): Die Bedeutung der Bienehaltung in Deutschland. *Dt. Bienen-J.* **4**, 206-210.
- BIENEFELD, K. (1996b): Factors affecting duration of the postcapping period in the brood of the honeybee (*Apis mellifera carnica*). *J. Apic. Res.* **35**, 11-17.
- BIENEFELD, K., und ZAUTKE, F. (2006): Je kürzer, desto resistenter? *Dt. Bienen-J.* **14**, 162-163.
- BÜCHLER, R. and DRESCHER, W. (1990): Variance and heritability of the capped developmental stage in European *Apis mellifera* L. and its correlation with increased Varroa jacobsoni Oud. infestation. *J. Apic. Res.* **29**, 172-176.
- DONZE, G. and GUERIN, P.M. (1994): Behavioral attributes and parental care of Varroa mites parasitizing honeybee brood. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **34**, 305-319.
- HARBO, J.R. and HARRIS, J.W. (1999): Heritability in honey bees (Hymenoptera: Apidae) of characteristics associated with resistance to Varroa jacobsoni (Mesostigmata: Varroidae). *J. Econ. Entomol.* **92**, 261-265.
- HARBO, J.R. and HARRIS, J.W. (2005): Suppressed mite reproduction explained by behaviour of adult bees. *J. Apic. Res.* **44**, 21-23.
- LE CONTE, Y., BRUCHOU, C., BENTHROUD, A.K., GAUTHIER, C. and COURNUET, J.M. (1994): Heritability of queen brood post-capping stage duration in *Apis mellifera mellifera* L. *Apidologie* **25**, 513-519.
- LINTS, F.A. and LINTS, C.V. (1971): Relationship between growth and ageing in *Drosophila melanogaster*. *Nature* **229**, 86-88.
- MILANI, N. (1999): The resistance of Varroa jacobsoni to acaracides. *Apidologie* **30**, 229-234.

- MORITZ, R. F. A. (1985): Heritability of the postcapping stage in *Apis mellifera* and its relation to varroa resistance. *J. Hered.* **78**, 267-270.
- MORITZ, R. F. A. and MAUTZ, D. (1990): Development of *Varroa jacobsoni* in colonies of *Apis mellifera capensis* and *Apis mellifera carnica*. *Apidologie* **21**, 53-58.
- PENG, Y. S., FANG, Y., XU, S., GE, L. and NASR, M.E. (1987): Response of foster Asian honey bee (*Apis cerana* Fabr.) colonies to the brood of European honeybee (*Apis mellifera* L.) infested with parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *J. Invert. Pathol.*, **49**, 259-264.
- REHM, S.M. and RITTER, W. (1989): Sequence of the sexes in the offspring of *Varroa jacobsoni* and the resulting consequences for the calculation of the developmental period. *Apidologie* **20**, 339-343.
- SAS INSTITUTE (2003): SAS for Windows. Release 9.1 SAS Institute, Cary, NC.
- SCHNEIDER, P. und DRESCHER, W. (1987): Einfluss der Parasitierung durch die Milbe *Varroa jacobsoni* Oud. auf das Schlupfgewicht, die Gewichtsentwicklung, die Entwicklung der Hypopharynxdrüsen und die Lebensdauer von *Apis mellifera* L. *Apidologie* **18**, 101-110.
- SPIVAK, M. (1996): Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* **27**, 245-260.
- THAKUR, R. K., BIENEFELD, K. and KELLER, R. (1997): *Varroa* defense behavior in *A. mellifera carnica*. *Am. Bee J.* **137**, 143-148.
- WALLNER, K. (1999): Varroacides and their residues in bee products. *Apidologie* **30**, 235-248.

Danksagung

L. Heese, D. Schöntag und F. Winkler (Institut für Informatik, Signalverarbeitung und Mustererkennung der Humboldt Universität zu Berlin) sei für die Herstellung der Schlupfkäfige gedankt. Die Untersuchung wurde durch die Länder Brandenburg, Berlin, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen finanziert.

Suitability of the trait postcapping stage of brood for selecting varroa-resistant honey bees

by K. BIENEFELD and F. ZAUTKE

The ectoparasitic mite *Varroa destructor* poses the most serious threat to the bee keeping industry. *Varroa destructor* females reproduce only in the capped brood under substantial time constraints. Within the 12 days postcapping stage of the host, offspring of the mite have to complete their development completely; otherwise they do not survive outside the brood cell. Clearly, the faster the development of bees, the fewer offspring mites are produced. Consequently selection for a shorter post capping stage of bee brood was suggested as a suitable goal for breeding resistant honeybees. *Varroa*-infested brood is strongly handicapped and not able after emerging to participate in colony duties. The objective of the current study was to investigate, whether also the postcapping stage is affected by *Varroa* infestation. To study this, time of cells capping was monitored at 2-h interval and emerging of honeybee workers was observed by an infra-red barrier system and (in the second experiment) by video observations. The post capping stage of *Varroa* artificially infested brood and non infested brood were compared. *Varroa* mite without or less reproduction didn't influence post capping stage significantly. Normal reproduction of mites or multiple infes-

tations lengthen post capping stage significantly and result partly in bees unable to emerge alone. These cells are uncapped by bees from the outside of the cell on average 24 h after normal emerging. This extra time can be used by mites' offspring to complete their development. In addition selection towards shorter post capping stage results in worker bees with reduced vitality, which are likely to be even more affected by *Varroa* parasitism. Consequently, selection for a shorter post capping stage of honeybee brood doesn't seem a suitable trait to breed honeybees resistant to *Varroa destructor*.

Keywords: Honeybee, varroa-resistance, postcapping stage, *Varroa destructor*