

WOVON HÄNGT DIE ZAHL DER SPERMIEN IN DER SAMENBLASE DER AUF NATÜRLICHEM WEGE BEGATTETEN KÖNIGINNEN AB?

On what depends the number of sperms in the spermatheca of naturally mated queen honeybees? — De quoi dépend le nombre de spermatozoides dans un réceptacle séminal des reines d'abeille accouplées naturellement? — Di che il numero degli spermii nella spermateca delle regine d'ape accoppiate naturalmente dipende?

Von J. WOYKE

Anstalt für Bienenkunde, Landwirtschaftliche Hochschule, Warschau 25 — Ursynów, Polen.

I. EINLEITUNG

Jeder Imker wünscht sich Königinnen, die nicht nur positive Erbanlagen besitzen, sondern auch imstande sind, eine große Zahl befruchteter Eier zu legen. Das letztere ist von der Anzahl der Eischläuche in den Eierstöcken und von der Zahl der Spermien in der Samenblase abhängig. Die Ursachen für die verschiedene Zahl der Eischläuche in den Eierstöcken wurden schon vielfach untersucht. Weniger Aufmerksamkeit lenkte man darauf, wovon die Zahl der Spermien in der Samenblase abhängt.

Untersuchungen künstlich besamter Königinnen ergaben, daß eine größere Samenmenge zu einer größeren Anzahl von Spermien in der Samenblase führt. Diese Steigerung verläuft nicht proportional zur Samenmenge, und es ist nicht gleichgültig, ob das Sperma einmal oder mehrmals an verschiedenen Tagen injiziert wurde (WOYKE 1960, MACKENSEN 1964).

Gewöhnlich wird angenommen, daß auch bei der natürlichen Begattung die Anzahl der Spermien in der Samenblase der Königinnen von der Zahl der Kopulationen abhängt.

Wovon hängt aber die Zahl der Kopulationen ab? Nach ROBERTS (1944) waren die Hochzeitsflüge im Frühjahr länger als im Sommer, und er erklärt dies mit der geringeren Anzahl der Drohnen zu dieser Jahreszeit.

FEELY (1961, 1962) gibt an, daß Königinnen aus Italien und USA in der Samenblase mehr Spermien hatten als die aus Irland. Er erklärt dies mit den schlechteren klimatischen Wetterverhältnissen während der Hochzeitsflüge in Irland. TRYASKO (1951, 1956), TABER (1954) und WOYKE (1955, 1958, 1960) stellten jedoch fest, daß verschiedene Königinnen am gleichen Ort und am selben Tage sich mit einer sehr verschiedenen Anzahl Drohnen paarten. Hieraus ergibt sich, daß außer atmosphärischen Verhältnissen noch andere Gründe vorliegen.

WOYKE (1956) stellte fest, daß Königinnen mit mehr entwickelten Eiern in den Eierstöcken von ihren Hochzeitsflügen mit einer geringeren Menge Samen in den Eileitern zurückkehrten.

Es ist auch bekannt, daß viele Königinnen auf mehreren Hochzeitsflügen begattet werden (ROBERTS 1944, S. und F. RUTTNER 1953/54, ALBER, JORDAN, F. und H. RUTTNER 1955, TRYASKO 1956, WOYKE 1956, 1960).

WOYKE (1958, 1960, 1964) fand, daß solche Königinnen weitere Hochzeitsflüge unternahmen und sich nochmals paarten, bei denen vom vorhergehenden Hochzeitsflug zu wenig Samenfäden in die Samenblase eingedrungen waren.

Somit ergänzen Königinnen, die vom ersten Hochzeitsfluge wenig Samen mitbrachten, bei den nächsten Hochzeitsflügen ihre Samenmenge. Im Endergebnis haben sie zu Beginn der Eiablage mehr Samenfäden in ihrer Samenblase als Königinnen, die nur während eines Hochzeitsfluges, wenn auch mit vielen Drohnen, kopulierten.

Wovon hängt also letztlich die Zahl der Spermien in der Samenblase ab?

II. MATERIAL UND METHODEN

Königinnen (*Apis mellifica mellifica* L.) wurden im Verlauf von drei Jahren untersucht. Sie wurden zur Begattung in ZANDER-Begattungskästchen aufgestellt.

Vor dem Flugloch des Schutzkästchens war ein Kanal mit Absperrgitter angebracht. Dies erlaubte eine Kontrolle der Flüge und der Begattung der Königinnen.

Von 143 Königinnen wurden 17 gleich nach der Rückkehr vom zweiten Paarungsfluge getötet. Sie hatten in ihrer Samenblase nur Samenfäden vom ersten Begattungsflug. 126 Königinnen wurden nach Beginn der Eiablage getötet. Die Geschlechtsorgane der Königinnen wurden in physiologischer Lösung präpariert. Danach wurde aus einer Bürette ein Tropfen derartiger Lösung in ein Gefäß mit dunklem Boden gegeben. In diesen Tropfen wurde die Samenblase übertragen und gemessen, und zwar zuerst mit der äußeren trachealen Hülle, dann ohne sie. Hier werden nur die Meßergebnisse ohne Hülle angegeben.

Weil bei vielen Königinnen der Längs- und Querdurchmesser kaum verschieden war, wurde nur in einer Richtung gemessen, und zwar schräg zur Längsachse der Königin. Dies ergab einen mittleren Durchmesser der Samenblase. Nun wurde die Samenblase zerrissen und der herausfließende Samen gut durchmischt. Dazu gaben wir den Rest der Lösung bis zu 1 cmm. So ließen sich die Spermien gleichmäßiger mischen als in reinem Wasser. Schließlich fügten wir 9 cmm Wasser hinzu. Das Wasser tötete die Spermien ab; sie rollten sich zusammen und waren dadurch leichter zu zählen. Unter dem Mikroskop mit Phasenkontrasteinrichtung zählten wir nun die Samenfäden in 10 Quadraten des Fuchs-Rosenthal-Gitters, d. h. in 2 cmm Lösung.

Jeweils ein Eierstock von 85 untersuchten Königinnen wurde gefärbt und in Paraffin eingebettet. Danach zählten wir die Eischläuche bei drei verschiedenen Mikrotomschnitten und berechneten den Mittelwert.

III. ERGEBNISSE

1. Die Anzahl der Spermien und die Größe der Samenblase

Die Verteilung der Spermienzahlen in den Samenblasen von 126 nach Beginn der Eiablage getöteten Königinnen gibt die Tabelle 1 wieder.

Die Königinnen hatten von 0,695 — 9,060 Mill. Spermien. Diese beiden Extremwerte weichen erheblich von den übrigen ab. Die nächstfolgenden auf beiden Seiten waren 1,015, 1,670 und 7,880 und 7,950 Mill. Die häufigste Klasse hatte 5—6 Millionen, und der Mittelwert betrug 4,728 Mill. Somit ist er etwas niedriger als der früher angegebene (5,340 Mill. WOYKE 1960, 1964).

Die Durchmesser der Samenblasen der 126 nach Beginn der Eiablage getöteten Königinnen betragen 0,95—1,30 mm, wiesen also Unterschiede bis zu 0,35 mm auf. Die häufigste Klasse der Königinnen hatte Samenblasen mit einem Durchmesser von 1,15 mm, und der Mittelwert für alle Königinnen betrug 1,14 mm.

Tabelle 1:**Verteilung der Spermienzahl in den Samenblasen der Königinnen nach Beginn der Eiablage.**

Spermienzahl in Mill.	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	Zusammen
Zahl der Königinnen	1	6	12	18	29	33	21	5	0	1	126

Tabelle 2:**Zahl der Spermien in den Samenblasen verschiedener Größe nach Beginn der Eiablage.**

Durchmesser der Samenblasen in mm	Volumen der Samenblase in cmm	Zahl der Königinnen	Mittelwert und mittlerer Fehler der Spermienzahl in Mill.	Mittlere Abweichung der Spermienzahl in Mill. *)
0,95	0,449	4	2,751 ± 0,639	1,277
1,00	0,524	13	3,286 ± 0,354	1,276
1,05	0,606	10	3,884 ± 0,330	1,043
1,10	0,697	25	4,223 ± 0,237	1,183
1,15	0,796	34	5,017 ± 0,215	1,253
1,20	0,905	24	5,766 ± 0,333	1,631
1,25	1,023	9	5,449 ± 0,297	0,892
1,30	1,151	7	5,660 ± 0,512	1,355
1,14	0,779	126	4,728 ± 0,136	1,527

*) Unter „mittlerer Abweichung“ wird die Streuung, d. h. die Wurzel aus der mittleren quadratischen Abweichung verstanden.

Die Berechnung des Volumens der Samenblasen ergab 0,449—1,151 cmm. So waren also die Samenblasen einiger Königinnen mehr als 2,5 mal größer als bei anderen. Der Unterschied in der Größe der Samenblasen ist damit sehr erheblich. Der Inhalt der Samenblasen der häufigsten Klasse betrug 0,796 cmm, und der Mittelwert für alle Königinnen 0,779 cmm. Das durchschnittliche Volumen der Samenblase kann man also mit 0,8 cmm annehmen.

Bei Gruppierung der Königinnen nach der Größe der Samenblase (Tabelle 2) ergab sich ein bei den einzelnen Klassen sehr verschiedener Mittelwert der Spermien von 2,751—5,766 Mill. Einige Klassen der Königinnen hatten somit durchschnittlich mehr als zweimal so viele Spermien wie andere. Die häufigste Klasse, mit einem Durchmesser der Samenblase von 1,15 mm und einem Volumen von 0,8 cmm, hatte im Mittel 5,017 Mill. Samenfäden.

Aus Tabelle 2 ersieht man, daß die Zahl der Spermien der Größe der Samenblase entspricht.

Wenn auch die mittlere Abweichung (siehe Tab. 2) vom Mittelwert der Spermienzahl bei den verschiedenen Klassen ähnlich ist, sind doch zwei Klassen besonders zu beachten, und zwar die mit dem Samenblasendurchmesser 1,20 mm mit der größten Abweichung und die mit dem Durchmesser 1,25 mm mit der kleinsten Abweichung. Davon wird noch später die Rede sein.

2. Korrelation und Regression zwischen Spermienzahl und Durchmesser der Samenblase

Die mittlere Zahl der Samenfäden wächst, wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, proportional der Größe des Samenblasendurchmessers. Nur bei den Königinnen mit den größten Samenblasen ist die Steigerung verhältnismäßig gering. Die stärkere mittlere Abweichung vom Mittelwert bei Königinnen mit dem Samenblasendurchmesser von 1,2 mm zeigt, daß ein so hoher Mittelwert der Spermienzahl (Abb. 1) wahrscheinlich zufällig ist. In einer anderen Königinnenpopulation wäre der Mittelwert wahrscheinlich niedriger und der Verlauf der Kurve ausgeglichener.

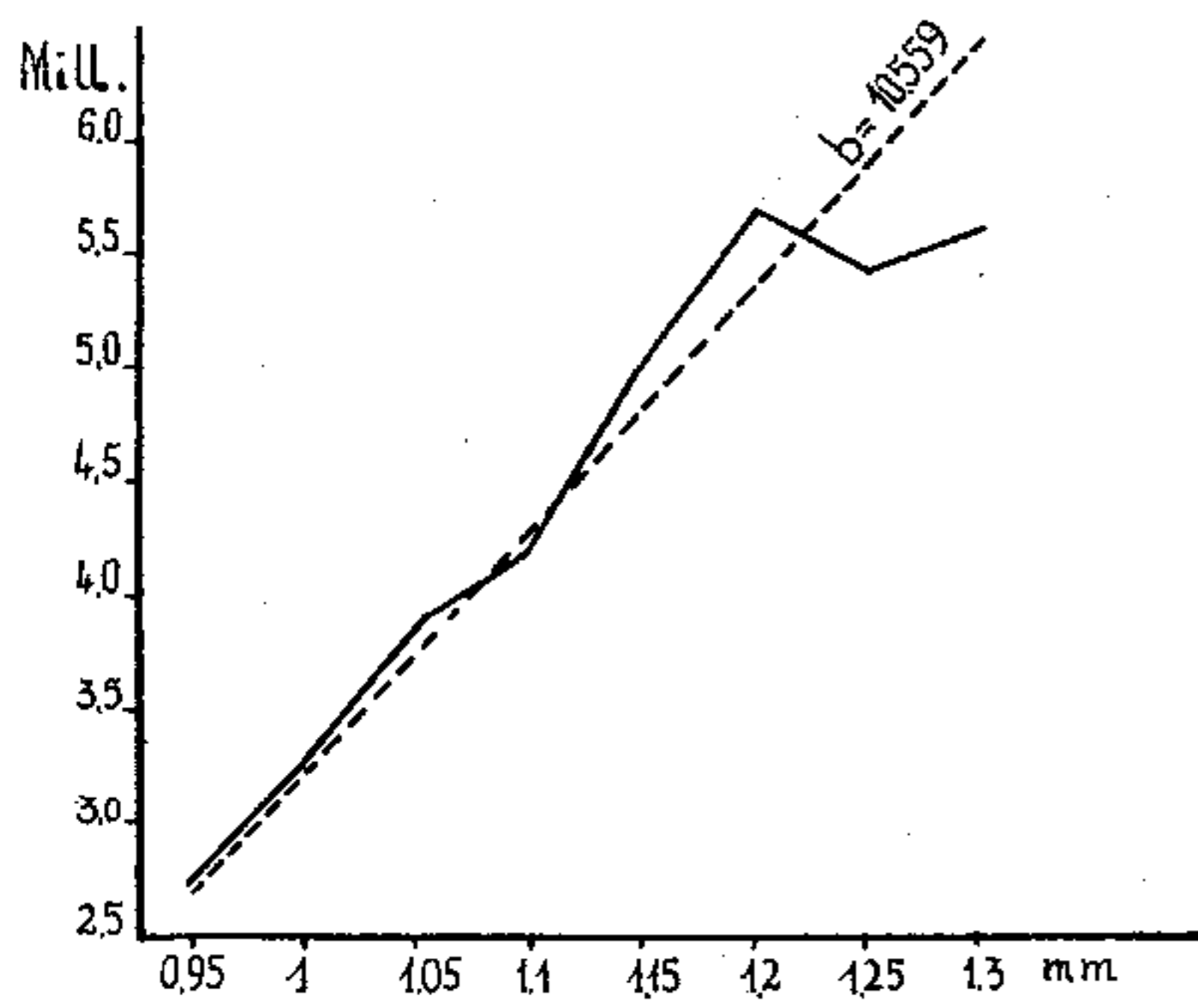


Abb. 1: Abhängigkeit der Spermienzahl vom Durchmesser der Samenblase. Abszisse: Durchmesser in mm. Ordinate: Spermienzahl in Millionen. Durchlaufende Linie = mittlere Spermienzahl, unterbrochene Linie = Regressionslinie.

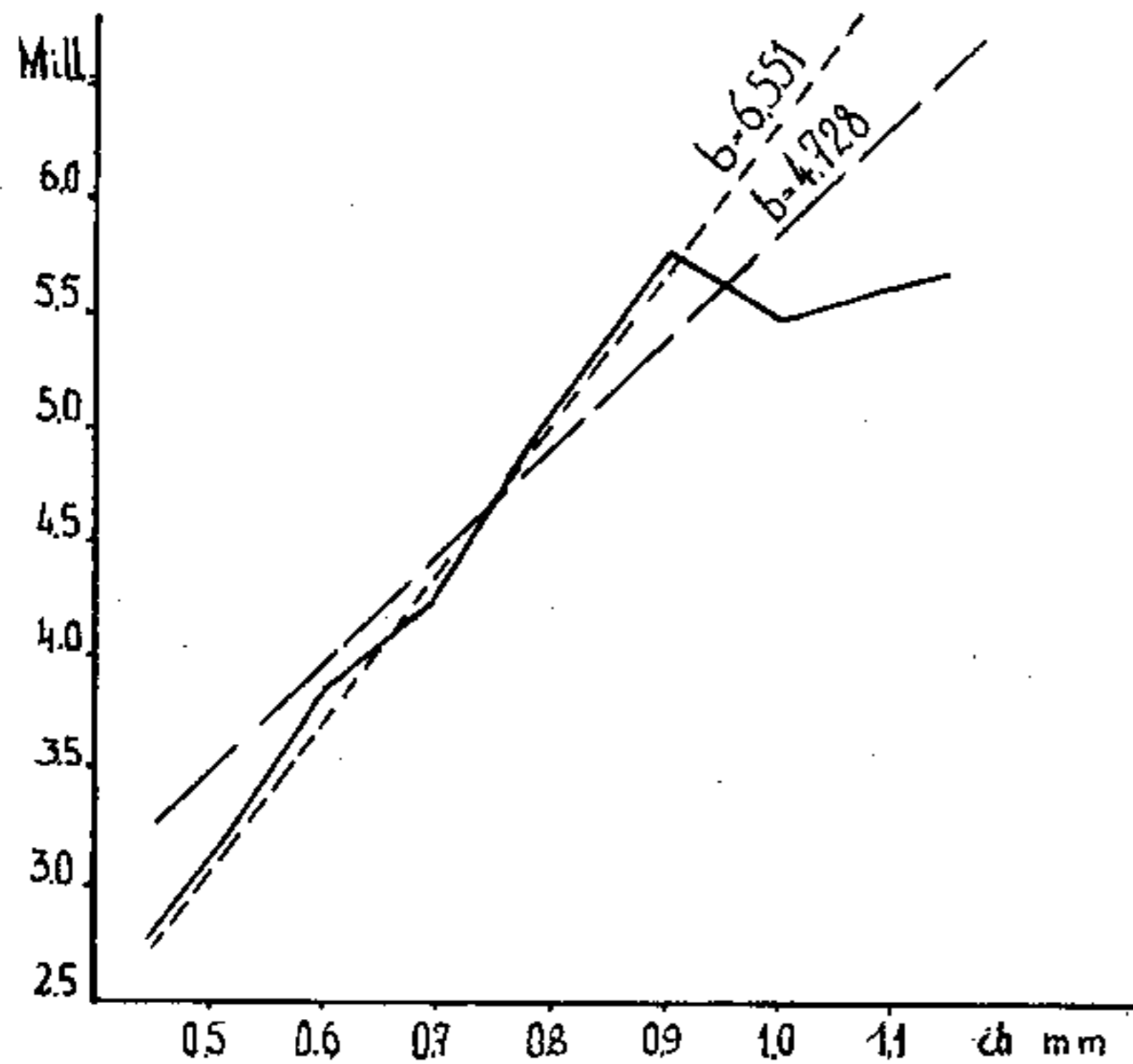


Abb. 2: Abhängigkeit der Spermienzahl vom Volumen der Samenblase. Abszisse: Volumen in cmm. Ordinate: Spermienzahl in Millionen. Durchlaufende Linie = mittlere Spermienzahl, unterbrochene Linien = Regressionslinien.

Der errechnete Korrelationskoeffizient für die Zahl der Spermien und die Durchmesser der Samenblasen beträgt 0,56.

Der Regressionskoeffizient für diese zwei Größen ist 10,539 Mill./1 mm.

Die Regressionslinie charakterisiert ziemlich gut die Versuchsergebnisse. Man kann danach annehmen, daß die Vergrößerung des Samenblasendurchmessers um 0,1 mm zur Erhöhung der Spermienzahl um 1,054 Mill. führt.

3. Korrelation und Regression zwischen Spermienzahl und Volumen der Samenblase

Aus Tab. 2 und Abb. 2 sieht man ferner, daß die Spermienzahl in der Samenblase auch mit der Vergrößerung des Volumens der Blase wächst. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Spermienzahl und dem Volumen der Samenblase beträgt 0,526 und ist wider Erwarten etwas niedriger als der Korrelationskoeffizient zwischen Spermienzahl und Samenblasendurchmesser (0,560).

Der errechnete Regressionskoeffizient für alle Königinnen beträgt 4,728 Mill./1 cmm. Dies beweist, daß eine Vergrößerung der Samenblase um 0,1 cmm zu einer Erhöhung der Spermienzahl um 473 000 führt. Aus Abb. 2 sieht man, daß die Regressionslinie bei einem Koeffizienten von $b = 4,728$ stärker von der Kurve der Mittelwerte der Spermienzahlen bei den verschiedenen Klassen abweicht, als dies bei der Abhängigkeit vom Samenblasendurchmesser der Fall war.

Wenn man die Regressionslinie verlängern würde, so zeigte sich, daß Samenblasen von 0,0 cmm nach den Berechnungen 1,84 Mill. Spermien enthalten müßten, was selbstverständlich unmöglich ist. So ist der berechnete Regressionskoeffizient nur ein im Bereich von 0,45—1,15 cmm der Samenblase gültiger Mittelwert.

Es besteht also bei der Vergrößerung des Volumens der Samenblase in den aufeinanderfolgenden Klassen eine andere Proportion als bei der Vergrößerung des Durchmessers.

Wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist, hat das Verhältnis der mittleren Spermienzahl zum Volumen der Samenblase mehr den Charakter einer Parabel. Jedoch zeigt Abb. 2, daß das Verhältnis bei vielen aufeinanderfolgenden Gruppen geradlinig verläuft. Läßt man die zwei letzten Klassen von 16 Königinnen mit den größten Samenblasen unberücksichtigt, so wächst der berechnete Korrelationskoeffizient auf 0,56. Der Regressionskoeffizient beträgt dann 6,551 Mill./cmm, und wie aus Abb. 2 hervorgeht, stimmt er viel besser mit der Kurve des Mittelwerts der Spermienzahl in den Volumengrenzen von 0,449—0,905 cmm überein (was den Durchmessergrößen von 0,95 bis 1,20 mm entspricht). Die statistischen Berechnungen ergeben, daß man bei diesem Regressionskoeffizienten Spermien erst bei Königinnen finden würde, die einen Samenblaseninhalte von 0,035 cmm haben (was einem Durchmesser von 0,45 mm entspricht). Das ist ganz logisch.

Nach allem erscheint in den Grenzen von 0,45—0,91 cmm (Durchmesser 0,95—1,20 mm) die Annahme zutreffender, daß bei einer Vergrößerung des Samenblasenvolumens um 0,1 cmm die Zahl der Samenfäden um 655 000 zunimmt.

Tabelle 3: Konzentration der Samenfäden in den Samenblasen verschiedener Größe nach Beginn der Eiablage.

Durchmesser der Samenblase in mm	Zahl der Königinnen	Mittlere Spermienzahl in Mill.	Volumen der Samenblase in cmm	Mittlere Konzentration Mill./cmm
0,95	4	2,751	0,449	6,127
1,00	13	3,286	0,524	6,271
1,05	10	3,884	0,606	6,408
1,10	25	4,223	0,697	6,058
1,15	34	5,017	0,796	6,304
1,20	24	5,766	0,905	6,371
1,25	9	5,449	1,023	5,326
1,30	7	5,660	1,151	4,917
1,14	126	4,728	0,779	6,121

4. Mittlere Konzentration der Spermien in den Samenblasen verschiedener Größe

Die mittlere Spermakonzentration in den Samenblasen verschiedener Größe ist in Tabelle 3 dargestellt. Daraus geht hervor, daß die mittlere Zahl der Spermien zu Beginn der Eiablage bei der Mehrzahl der Königinnenklassen sehr ähnlich ist.

Eine niedrigere Konzentration hatten nur die zwei letzten Klassen mit den größten Samenblasen. Bei den sechs ersten Klassen, die einen Durchmesser der Samenblase von 0,95 bis 1,20 mm aufweisen, verdoppelt sich das Volumen. Trotzdem ist die Spermienkonzentration bei diesen Klassen nur wenig verschieden. Auch ohne Berechnungen sieht man, daß die Unterschiede in der Konzentration verschiedener Klassen nicht statistisch gesichert sind. Die mittlere Konzentration der Samenfäden aller Königinnen beträgt 6,121 Mill./cmm (berechnet als „gewogenes“ Mittel der Konzentrationen der einzelnen Klassen). Für Königinnen mit einem Samenblasendurchmesser von 0,95—1,20 mm beträgt sie 6,268 Mill./cmm.

Dies beweist, daß die mittlere Spermakonzentration unabhängig von der Größe der Samenblase bei der Mehrheit der natürlich begatteten Königinnen bei Beginn der Eiablage ähnlich ist. Die Spermakonzentration ist hier niedriger als im Ejakulat des Drohnen (7,478 Mill./cmm WOYKE 1960, 7,64 Mill. cmm MACKENSEN 1964). Bedingt ist dies durch die schon vorher in der Samenblase befindliche Flüssigkeit.

Tabelle 4: Mittlere Spermienzahlen in den Samenblasen der Königinnen

Durchmesser der Samenblase in mm	Königinnen, die sich ein 2. Mal paarten: Zahl der Samenfäden in der Samenblase vom 1. Hocheitsflug		Königinnen, die weitere Ausflüge ohne Erfolg un- ternahmen: Zahl der Sa- menfäden in der Samen- blase vom 1. Hocheitsflug		Königinnen, die nach dem 1. Paarungsflug nicht wie- der ausflogen: Zahl der Samenfäden in der Samenblase		Königinnen, begattet auf zwei Hocheitsflügen		Königinnen, begattet auf drei Hocheitsflügen		Gesamtzahl der Königinnen
	Zahl der Königinnen	Spermien in Mill.	Zahl der Königinnen	Spermien in Mill.	Zahl der Königinnen	Spermien in Mill.	Zahl der Königinnen	Spermien in Mill.	Zahl der Königinnen	Spermien in Mill.	
0,95	—	—	1	3,050	3	2,652	—	—	—	—	4
1,00	1	1,350	1	3,330	8	2,785	4	4,276	—	—	14
1,05	2	2,885	5	3,520	2	4,300	3	4,211	—	—	12
1,10	4	4,005	5	4,130	13	3,873	6	4,814	1	5,690	29
1,15	2	3,933	9	4,994	19	4,886	6	5,470	—	—	36
1,20	2	4,928	8	4,996	10	5,798	6	6,779	—	—	26
1,25	3	3,747	3	4,993	5	5,792	1	5,100	—	—	12
1,30	3	4,563	2	4,042	3	5,941	2	6,855	—	—	10
1,14	17	3,870	34	4,481	63	4,552	28	5,390	1	5,690	143

Tabelle 5: Mittlere Konzentrationen der Spermien in den Samenblasen der Königinnen

Durchmesser der Samenblase in mm	Königinnen, die sich ein 2. Mal paarten: Zahl der Spermien in der Samenblase vom 1. Hocheitsflug		Königinnen, die weitere Ausflüge ohne Erfolg un- ternahmen: Zahl der Spermien in der Samen- blase vom 1. Hocheitsflug		Königinnen, die nach dem 1. Paarungsflug nicht wie- der ausflogen: Zahl der Spermien in der Samenblase		Königinnen, begattet auf zwei Hocheitsflügen		Königinnen, begattet auf drei Hocheitsflügen		Gesamtzahl der Königinnen
	Zahl der Königinnen	Spermien i. Mill.je mm ³	Zahl der Königinnen	Spermien i. Mill.je mm ³	Zahl der Königinnen	Spermien i. Mill.je mm ³	Zahl der Königinnen	Spermien i. Mill.je mm ³	Zahl der Königinnen	Spermien i. Mill.je mm ³	
0,95	—	—	1	6,793	3	5,906	—	—	—	—	4
1,00	1	2,576	1	6,355	8	5,316	4	8,161	—	—	14
1,05	2	4,761	5	5,809	2	7,096	3	6,950	—	—	12
1,10	4	5,746	5	5,925	13	5,556	6	6,907	1	8,164	29
1,15	2	4,941	9	6,274	19	6,139	6	6,872	—	—	36
1,20	2	5,445	8	5,488	10	6,407	6	7,491	—	—	26
1,25	3	3,663	3	4,881	5	5,662	1	4,985	—	—	12
1,30	3	3,964	2	3,512	3	5,162	2	5,956	—	—	10
1,14	17	4,631	34	5,701	63	5,892	28	7,072	1	8,164	143

5. Das Verhalten der Königinnen, abhängig von Zahl und Konzentration der Spermien in der Samenblase

Die Gruppierung der Königinnen nach ihrem Verhalten bestätigt eine frühere Schlußfolgerung des Verfassers (WOYKE 1964). Die wenigsten Samenfäden nach dem ersten Paarungsflug hatten die Königinnen in der Samenblase, die sich später ein zweites Mal paarten. Mehr Sperma enthielten diejenigen, welche nicht wieder ausflogen oder zwar weitere Ausflüge unternahmen, aber sich kein zweites Mal paarten und am meisten jene, welche auf zwei oder drei Paarungsflügen begattet wurden.

Bei Aufteilung der fünf sich verschieden verhaltenden Gruppen nach der Größe der Samenblase (Tabelle 4) erkennt man, daß bei allen Gruppen die Samenblase um so mehr Samenfäden enthält, je größer sie ist. Dies erklärt die verschiedene Zahl der Spermien bei sich gleich verhaltenden Königinnen in den einzelnen Gruppen. Es erklärt auch, warum sich einige Königinnen wieder begatteten, obwohl sie vom ersten Paarungsflug mehr Samenfäden hatten als diejenigen, welche sich kein zweites Mal paarten, und sogar mehr als auf zwei Hochzeitsflügen begattete Königinnen. Die Königinnen mit der größeren Spermienzahl hatten größere Samenblasen.

Dies zeigt, daß das Verhalten der Königinnen nicht allein von der absoluten Zahl der Samenfäden in der Samenblase abhängt.

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich ist, betrug die mittlere Konzentration des vom ersten Paarungsflug stammenden Samens in der Samenblase von Königinnen, die sich das zweite Mal paarten, 4,631 Mill. Spermien in 1 cmm, bei Königinnen, die nur während eines Hochzeitsfluges besamt wurden und dennoch wieder ausflogen, 5,701 Mill./cmm, und bei nicht weiter ausfliegenden Königinnen 5,892 Mill./cmm. Königinnen, die auf 2 und 3 Hochzeitsflügen begattet wurden, hatten 7,072 und 8,164 Mill./cmm Sperma in ihrer Samenblase. Die Unterschiede der mittleren Konzentration der verschiedenen Gruppen sind größer als dies bei dem absoluten Wert der mittleren Spermienzahl der Fall war. Die Konzentration charakterisiert also das Verhalten der Königinnen besser. Aus Tabelle 5 ist ferner zu ersehen, daß Königinnen mit einer größeren Samenblase und mit höherer Spermienzahl trotzdem oft eine geringere Konzentration der Samenfäden als andere Königinnen aufwiesen. Damit wird verständlich, warum Königinnen, die nach dem ersten Begattungsflug verhältnismäßig viel Samenfäden in der Samenblase hatten, sich dennoch ein zweites Mal paarten.

So also erklärt die Konzentration des Spermas in der Samenblase das Verhalten der Königinnen. Dieses hängt nicht nur von der absoluten Zahl der Samenfäden in der Samenblase, sondern mehr noch vom Grad ihrer Füllung ab.

6. Die Ursachen der unterschiedlichen Spermienzahl in der Samenblase in verschiedenen Jahren begatteter Königinnen

Die letzte Schlußfolgerung erklärt auch die schwer verständlichen Unterschiede in der Spermienzahl von Königinnen, die in verschiedenen Jahren begattet wurden.

WOYKE (1964) gab an, daß 30 auf zwei Paarungsflügen begattete Königinnen im Mittel 3,431 Mill. Samenfäden vom ersten Begattungsflug in der Samenblase hatten. Aber im Jahre 1957 begattete Königinnen hatten eindeutig mehr als in anderen Jahren. So fanden sich bei 12 Königinnen im Jahre 1957 nach dem ersten Begattungsflug in der Samenblase durchschnittlich 4,432 Mill. Samenfäden, bei 5 Königinnen im Jahre 1958 im Mittel dagegen nur 3,277 Mill. Das Volumen der Samenblase betrug aber bei den ersten 0,920 cmm, bei den letzten nur 0,661 cmm. Die Königinnen 1957 hatten also deshalb mehr Samenfäden, weil sie eine größere Samenblase besaßen. Somit lassen sich die verschiedenen Resultate der Begattung gut mit der Größe der Samenblase erklären.

Die mittlere Spermakonzentration bei den Königinnen mit mehr Samenfäden betrug 4,432 Mill./cmm, bei denen mit weniger Samenfäden 4,958 Mill./cmm. Der Füllungsgrad der Samenblase war bei den 1957 begatteten Königinnen also sogar niedriger als bei den anderen mit weniger Samenfäden.

So gibt also auch hier die Konzentration der Spermien viel genauer den Grad der Füllung der Samenblase an und erklärt das davon abhängige Verhalten der Königinnen besser als ihre absolute Zahl.

7. Ist eine größere Samenblase die Ursache weiterer Begattungen?

Ich bemühte mich festzustellen, ob die Ursache weiterer Begattungen eine größere Samenblase ist, weil sie der Grund für eine unvollkommene Füllung des ersten Begattungsfluges sein könnte.

Tabelle 6:

Auf 2 und 3 Hochzeitsflügen begattete Königinnen in Klassen nach Samenblasengröße

Durchmesser der Samenblase mm	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	Zusammen
Gesamtzahl der Königinnen	4	14	12	29	36	26	12	10	143
Zahl der zwei- und dreimal begatteten Königinnen	0	5	5	11	8	8	4	5	46
%-Satz der zwei- und dreimal begatteten Königinnen	0	36	42	37	25	32	30	50	32

Der Anteil der zwei- oder dreimal begatteten Königinnen an Klassen mit Samenblasen verschiedener Größe ist in Tabelle 6 angegeben. Nur in den zwei extremen Fällen erkennt man eine Abhängigkeit der Zahl der Begattungen von der Größe der Samenblase: Die Königinnen mit den kleinsten Samenblasen paarten sich nur einmal, die mit den größten Samenblasen dagegen in einem hohen Prozentsatz ein zweites Mal. Bei allen anderen Königinnen ist aber nicht ersichtlich, daß sich in den Klassen mit größeren Samenblasen mehr zweimal begattete befänden als in Klassen mit kleineren Samenblasen. Das mittlere Samenblasenvolumen der während eines Fluges begatteten Königinnen betrug 0,780 cmm und das der auf zwei Flügen begatteten — 0,799 cmm. Also waren die Samenblasen fast gleich groß. Folglich wird die teilweise Füllung der Samenblase nach dem ersten Begattungsflug von Königinnen, die sich später ein zweites Mal paaren nicht deutlich durch ihr größeres Volumen verursacht.

8. Die Größe der Samenblase und die Zahl der Eischläuche im Eierstock

Die von 85 Königinnen untersuchten Eierstöcke hatten 111 bis 180, im Mittel 144 Eischläuche in einem Ovar. Diese Zahlen sind niedrig, wahrscheinlich auch wegen der benutzten Methode. Nach ECKERT (1934) findet man in Mikrotomschnitten weniger Eischläuche als bei direktem Zählen. Für vergleichende Untersuchungen sind aber die vorliegenden Zahlen wertvoll. Bei Aufteilung der Königinnen in Klassen je nach dem Durchmesser der Samenblase wird deutlich (Tabelle 7), daß sich mit der Zunahme der Größe der Samenblase die mittlere Zahl der Eischläuche von 133 (mit Samenblasendurchmesser 0,95 mm) auf 153 (mit Samenblasendurchmesser 1,30 mm) erhöht.

Zugleich sind aber der mittlere Fehler und die Streuung im Vergleich mit der Erhöhung der Zahl der Eischläuche verhältnismäßig groß. Dies besagt, daß viele Königinnen aus

Tabelle 7: Durchmesser der Samenblase und Zahl der Eischläuche in einem Eierstock

Durchmesser der Samenblase in mm	Zahl der Königinnen	Zahl der Eischläuche	
		Mittelwert und mittlerer Fehler	Mittlere Abweichung
0,95	5	133 ± 7,30	16,32
1,00	8	137 ± 4,62	13,07
1,05	7	142 ± 6,31	16,70
1,10	19	143 ± 2,78	12,13
1,15	16	145 ± 4,80	19,18
1,20	13	145 ± 2,72	9,82
1,25	11	148 ± 3,74	12,40
1,30	6	153 ± 3,21	7,87
1,14	85	144 ± 1,53	14,53

den Klassen mit kleineren Samenblasen mehr Eischläuche haben können als solche mit größeren Samenblasen.

Der berechnete Korrelationskoeffizient zwischen der Größe des Durchmessers der Samenblase und der Zahl der Eischläuche im Eierstock beträgt 0,3. Er ist also verhältnismäßig klein. Aus den Berechnungen geht jedoch hervor, daß er statistisch gesichert von Null verschieden ist. Es leuchtet ein, daß Königinnen mit größeren Eierstöcken durchschnittlich auch größere Samenblasen besitzen.

Der Regressionskoeffizient zwischen der Zahl der Eischläuche und dem Samenblasendurchmesser beträgt 45 Stück je mm. Dies besagt, daß in den Grenzen des Samenblasendurchmessers von 0,95 bis 1,30 mm eine Vergrößerung um 0,1 mm mit einer Erhöhung der Zahl der Eischläuche in einem Eierstock um durchschnittlich 4,5 verbunden ist, also um 9 Eischläuche in beiden Eierstöcken.

Damit besitzen Königinnen mit einer größeren Zahl von Eischläuchen durchschnittlich auch größere Samenblasen, in denen sich normalerweise eine größere Zahl Samenfäden befindet. Dies bedeutet, daß Königinnen, die mehr Eier legen können, gewöhnlich auch imstande sind, diese größere Zahl von Eiern zu befruchten.

IV. DISKUSSION

Wenn auch bisher die Korrelation und Regression zwischen der Zahl der Eischläuche und der Größe der Samenblase nicht berechnet worden ist, so muß man doch nach den Veröffentlichungen von ZANDER und BECKER (1925), KOMAROW (1935) ECKERT (1937), GONTARSKI (1941) und VAGT (1955) eine nur schwache Korrelation annehmen. Nichtsdestoweniger ist bei allen Autoren zu ersehen, daß sich mit der Größen- und Formveränderung der Samenblase in weiten Grenzen auch die Zahl der Eischläuche verändert. Nach GONTARSKI (1941) und VAGT (1955) reagiert die Samenblase als erstes Organ und am empfindlichsten mit einer Größen- und Formveränderung auf Änderungen der Aufzuchtbedingungen. Zieht man außerdem das Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen in Betracht, daß die Anzahl der Spermien in der Samenblase bei natürlich gepaarten Königinnen von der Größe der Samenblase abhängt, so erklären sich viele unterschiedliche Ergebnisse der Samenversorgung.

So kann man wohl annehmen, daß die durch FEELY (1961, 1962) untersuchten Königinnen aus Italien und USA nicht nur wegen besserer meteorologischer Besamungsbedingungen mehr Samenfäden hatten als die aus Irland. Wahrscheinlich waren die südlichen Königinnen besser entwickelt und hatten größere Samenblasen.

Man kann auch annehmen, daß bei künstlicher Besamung von derselben Samenmenge mehr Spermien in eine größere Samenblase eindringen. Für diese Annahme spricht die Tatsache, daß WOYKE (1960) mehr Samenfäden in der Samenblase künstlich besamter Königinnen erhielt als MACKENSEN (1964). Alle Königinnen waren von gleicher Rasse und wurden in den USA mit einer von MACKENSEN hergestellten Spritze besamt. Der einzige Unterschied bestand darin, daß WOYKE die Königinnen in sehr starken Völkern auf Florida aufzog, MACKENSEN dagegen in schwächeren Ablegern in Baton Rouge in Louisiana. Die Ursachen für die unterschiedlichen Samenzahlen können freilich in diesem Falle auch andere sein. Jedenfalls sind MACKENSENS Resultate an einer großen Zahl von Königinnen gewonnen und deshalb gut gesichert.

V. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den geschilderten Untersuchungen geht hervor, daß das Verhalten der Königinnen während der Paarungszeit in hohem Maße von der Konzentration der Spermien in der Samenblase abhängt. Dies führt zu einer ähnlichen mittleren Füllung der Samenblasen verschiedener Größe. Im Endergebnis hängt die absolute Spermienzahl weitgehend von der Größe der Samenblase ab.

Weil die Aufzuchtbedingungen einen starken Einfluß auf die Größe der Samenblase ausüben, beeinflussen sie damit auch die endgültige Spermienzahl in der Samenblase.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Hochzeitsflüge von Königinnen wurden beobachtet. 143 Königinnen wurden gleich nach Rückkehr vom zweiten Begattungsflug oder nach Beginn der Eiablage getötet. Der Durchmesser der Samenblase ohne äußere tracheale Hülle betrug 0,95 bis 1,30 mm, durchschnittlich 1,14 mm. Das Volumen betrug 0,45 bis 1,15 cmm, durchschnittlich 0,8 cmm. Eine Korrelation wurde festgestellt zwischen der Größe der Samenblase und der darin enthaltenen Anzahl der Spermien. Die Vergrößerung des Durchmessers um je 0,1 mm ist mit einer Erhöhung der Spermienzahl in der Samenblase um durchschnittlich 1 Mill. verbunden. Die Vergrößerung des Volumens um 0,1 cmm ergibt eine Erhöhung der Spermienzahl um 473 000 bis 655 000.

Die mittlere Konzentration der Samenfäden in Samenblasen verschiedener Größe ist zu Beginn der Eiablage ähnlich und beträgt 6,1 bis 6,3 Mill. in 1 cmm. In allen Gruppen, die sich während der Paarungszeit verschieden verhielten, hatten Königinnen mit größeren Samenblasen mehr Samenfäden.

Die Konzentration der Samenfäden in der Samenblase zusammen mit der absoluten Spermienzahl erklärt gut das Verhalten der Königinnen während der Paarungsperiode. Königinnen, die sich ein zweites Mal paarten, hatten nach dem ersten Hochzeitsflug eine mittlere Konzentration von 4,631 Mill. Samenfäden/cmm. Königinnen, die nach der ersten Begattung zwar erneut ausflogen, sich aber kein zweites Mal paarten, hatten 5,701 Mill./cmm und solche, die überhaupt nicht mehr ausflogen, 5,892 Mill./cmm. Die während eines zweiten und dritten Fluges begatteten Königinnen schließlich hatten entsprechend 7,072 und 8,164 Mill./cmm.

Die Ursache für die nicht vollkommene Füllung der Samenblase beim ersten Paarungsflug ist nicht ihre Größe.

Es besteht eine schwache Korrelation zwischen der Größe der Samenblase und der Zahl der Eischläuche in den Eierstöcken.

So hängt also die endgültige Spermienzahl in der Samenblase zu Beginn der Eiablage in hohem Maße von der Größe der Samenblase ab und wird unter anderem von den Aufzuchtbedingungen beeinflusst.

SUMMARY

The flights of queens were observed.

143 queens were killed immediately after they had returned from a second successful mating flight or after they had begun laying.

The diameter of the spermatheca deprived of the tracheal overcover ranged from 0,95—1,30 mm, aver. 1,14 mm. The volume ranged 0,45—1,15 cu. mm, aver. 0,8 cu. mm.

There exists a correlation between the size of the spermatheca and the number of sperms in it at the beginning of laying. An 0,1 mm increase of the diameter of the spermatheca is correlated with an increase of 1 million sperms. An increase of 0,1 cu. mm of its volumen leads to an increase of 473—655 thousand sperms in it.

The mean concentration of sperms at the beginning of laying is 6,1—6,3 million/cu. mm and is similar in spermathecae of different size.

It was stated that the greater spermathecae contained more sperms than the smaller ones in each group of queens behaving differently during the mating period.

The concentration of sperms in the spermatheca, in addition to its absolute number there, explains well the behaviour of queens during the mating period. The average concentration from the first mating flight in the spermatheca of queens mating on a second flight was 4,631 million/cu. mm, for queens not mating again it was 5,701 million/cu. mm, for those not even flying again 5,892 million/cu. mm and for queens mating on two and three flights 7,072 and 8,164 million/cu. mm respectively.

The greater spermatheca is not the cause of its incomplete filling during the first successful mating flight.

There exists a slight correlation between the size of the spermatheca and the number of ovarioles in the ovary.

Thus the final number of sperms in queens starting to lay, depends in a very high degree on the size of the spermatheca and is influenced by the rearing conditions.

RÉSUMÉ

On a observé les vols nuptiaux des reines d'abeilles. 143 reines ont été tuées aussitôt après leur retour du deuxième vol nuptial, ou bien après avoir commencé la ponte. Le diamètre d'un réceptacle séminal sans un revêtement de trachée extérieure mesurait 0,95—1,30 mm; en moyenne 1,14 mm. La capacité s'élevait à 0,45—1,15 mm³; en moyenne 0,8 mm³.

On a constaté la corrélation entre la grandeur d'un réceptacle séminal et le nombre de spermatozoïdes y conclus. L'augmentation du diamètre de 0,1 mm est liée avec l'accroissement du nombre des spermatozoïdes en moyenne de 1 million. L'augmentation de la capacité d'un 0,1 mm³ aboutit à s'accroître le nombre de spermatozoïdes de 473 000 — 655 000.

Une concentration moyenne de spermatozoïdes dans les réceptacles séminaux d'un volume différent est pareille au moment du commencement de la ponte et s'élève à 6,1—6,3 millions dans 1 mm³.

Dans chaque groupe se comportant différemment pendant la période de noces, les reines avec les plus grands réceptacles avaient plus de spermatozoïdes.

Outre le nombre absolu des spermatozoïdes leur concentration dans un réceptacle, explique bien le comportement des reines pendant la période de noces.

Les reines inséminées pour la seconde fois avaient après le premier vol nuptial une concentration moyenne de 4,631 millions dans 1 mm³.

Les reines s'envolant pour la seconde fois, mais non-inséminées pour la seconde fois, avaient la concentration 5,701 millions/mm³; et les reines ne s'envolant plus en avaient 5,892 millions/mm³; enfin les reines inséminées pendant la deuxième et troisième vol respectivement 7,072 et 8,164 millions/mm³. La cause du remplissage incomplet d'un réceptacle séminal pendant le premier vol nuptial ne résulte pas de sa capacité. Il existe une faible corrélation entre le volume du réceptacle séminal et le nombre de tubes ovariens dans un ovaire.

Ainsi le nombre final de spermatozoïdes dans le réceptacle séminal au moment du commencement de la ponte dépend au plus grand degré de la capacité du réceptacle séminal, ce qui, à son tour, dépend entre autres des conditions de l'élevage de reines.

LITERATUR

- ALBER, M., JORDAN, R., RUTTNER, H.: Von der Paarung der Honigbiene. — Z. Bienenforsch. 3, 1, S. 1—28, (1955)
- ECKERT, I. E.: Studies in the number of ovarioles in queen honeybees in relation to body size. — J. econ. Ent. 27, 3, S. 629—635, (1934)
- FEELY, L.: Paarungsfrequenz als begrenzender Faktor der Fruchtbarkeit bei den Bienenköniginnen in Irland. — XVIII. Intern. Bienenz. Kongr. Madrid, S. 57—58, (1961)
- Queen fertility investigation. Reas. Rep. 1961, Horticult. and Forestry Div. — An Foras Talúntais (Irland): S. 90—94 (1961).
- Queen mating. — Reas. Rep. 1962, Horticult. and Forestry Div. An Foras Talúntais (Irland): S. 119, (1962).
- GONTARSKI, H.: Zwischenformen von Königinnen und Arbeiterinnen im Staate der Honigbiene (*Apis mellifica*). — Z. wiss. Zool. 154, S. 345—346. (1941).
- KOMAROV, P. M.: Übergangsformen bei weiblichen Honigbienen. — Arch. Bienenk. 16, 4, 5, S. 152—166. (1935)

- MACKENSEN, O.: Relation of semen volume to success in artificial insemination of queen honeybee. — J. econ. Ent. 57, 9; S. 581—583. (1964)
- PEER, D. F.: Multiple mating of queen honeybees. — J. econ. Ent. 49, 6; S. 741—743. (1956)
- ROBERTS, W. C.: Multiple mating of queen bees proved by progeny and flight tests. — Glean. Bee Cult. 72, 6; S. 255—259, 303. (1944)
- RUTTNER, S. u. RUTTNER, F.: Über die Paarung der Bienenkönigin. — Ost. Imker 3, 12; S. 206—211; 4, 1, S. 3—6, 2, S. 27—30. (1953/54)
- TABER, S., III: The frequency of multiple mating of queen honeybees. — J. econ. Ent. 47, 6, S. 995—998. (1954)
- TRJASKO, W. W.: Priznaki osiemnoscności pszczelinych matok. (Die Zeichen der Besamung der Bienenkönigin) — Ptschelowodstwo 28, 11, S. 25—31. (1951)
- Powtórnoje i mnogokratnoje spariwanje matok. (Wiederholte und mehrfache Paarung der Königinnen) — Ptschelowodstwo 33, 1, S. 43—50. (1956)
- VAGT, W.: Morphologische Untersuchungen an Nachschaffungsköniginnen von *Apis mellifica*, die aus verschieden alten Larven gezüchtet wurden. — Z. Bienenforsch. 3, 4, S. 73—80. (1955)
- WOYKE, J.: Multiple mating of the honeybee queen (*Apis mellifica* L.) in one nuptial flight. — Bull. Acad. polon. Sci. Cs. II, 3, 5, S. 175—180. (1955)
- Anatomico-physiological changes in queen bees returning from mating flights, and the process of multiple mating. — Bull. Acad. polon. Sci. Cl. II, 4, 3, S. 81—87. (1955)
- Die Ursachen mehrmaliger Hochzeitsflüge der Königinnen. — Pszczeln. Zesz. Nauk. 2, 3, S. 149—151. (1958)
- Naturalne i sztuczne unasienianie matek pszczelich. (Natürliche and künstliche Besamung der Bienenköniginnen). — Psczel. Zesz. Nauk. 4, 3, 4, S. 183—275. (1960). Zusammenfassung auch in Bee World 43, 1, S. 23—35. (1962)
- Causes of repeated mating flights by queen honeybees. — J. apic. Res. 3, 1, S. 17—23. (1964)
- ZANDER, E. und BECKER, F.: Die Ausbildung des Geschlechtes bei der Honigbiene II. — Erl. Jahrb. 3, 2, S. 161—246. (1925)

Anschrift des Verfassers: Doz. Dr. J. Woyke, Anstalt für Bienenkunde, Landwirtschaftliche Hochschule, Warschau 25 — Ursynów, Polen.