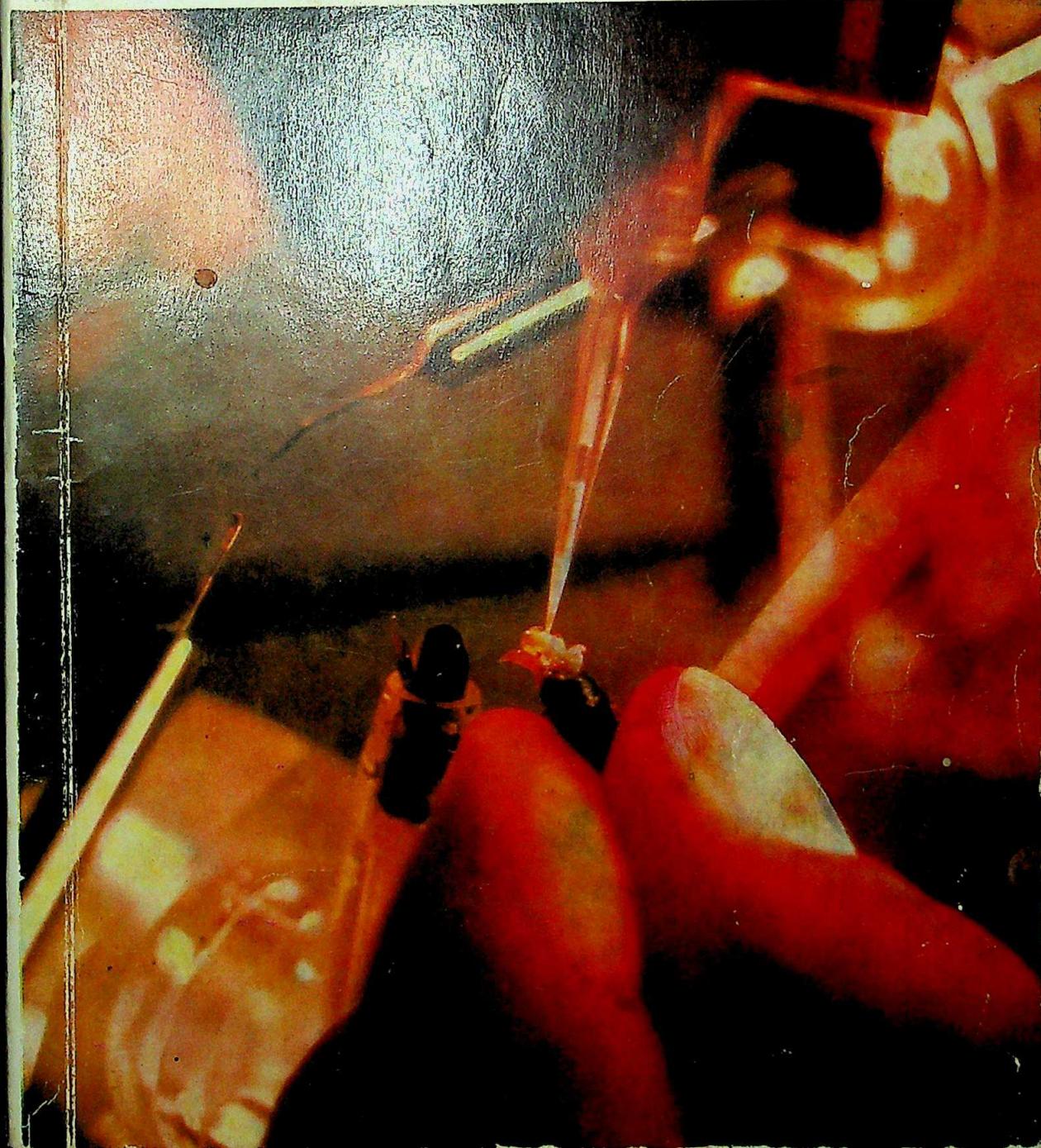


Prof. Dr. Dr. FRIEDRICH RUTTNER

Die Instrumentelle Besamung der Bienenkönigin



APIMONDIA
INTERNATIONALES INSTITUT FÜR BIENENTECHNOLOGIE
UND -WIRTSCHAFT

DIE INSTRUMENTELLE
BESAMUNG
DER BIENENKÖNIGIN

Zweite verbesserte Auflage, herausgegeben unter
Leitung von Prof. Dr. Dr. F. RUTTNER

1975

Autoren

W. Drescher — BR Deutschland
J. Fresnaye — Frankreich
O. Mackensen — USA
F. Ruttner — BR Deutschland
H. Schneider — BR Deutschland
Wiktorija W. Tryasko — UdSSR
J. Woyke — Polen

Übersetzung der 1. Ausgabe

O. Mackensen (Baton Rouge) Englisch
O. Van Laere (Wetteren) Französisch
J. Fresnaye (Montfavet) Französisch
Wiktorija W. Tryasko (Nowosibirsk) Russisch
F. Ruttner (Oberursel) Deutsch

V O R W O R T

Der Ständigen APIMONDIA-Kommission für Bienenbiologie wurde die Ehre zuteil, nach Genehmigung des neuen Statuts des Internationalen Verbandes der Bienenzüchtervereinigungen im Jahre 1965 das erste Internationale Symposium der APIMONDIA zu organisieren, um im engen Fachkreis aktuelle Fragen der Bienenzucht zu besprechen. Das große Verdienst des Präsidenten dieser Kommission, des bekannten Wissenschaftlers und Gelehrten der Bienenbiologie, Prof. Dr. Dr. F. RUTTNER, ist es, ein Thema gewählt zu haben, das ebenso interessant wie aktuell ist: die instrumentelle Besamung der Bienenkönigin, eine der neuen Technologien in der Bienenzucht.

Vom Standpunkt der Verbindung theoretischer Kenntnisse mit praktischen Bedürfnissen außergewöhnlich dringend und wichtig folgte auf die Diskussionen im Rahmen des Symposiums die Herausgabe dieses Buches. Es ist nicht die übliche Form einer Sammlung einzelner Arbeiten zu einem Thema, sondern eine konsequent aufgebaute praktische Anleitung. Wissenschaftler des Fachgebiets „Instrumentelle Besamung“ haben es unter der unmittelbaren Leitung des Kommissionspräsidenten Professor RUTTNER übernommen, Kapitel oder Paragraphen dieses Buches zu schreiben. Der Sorgfalt von Professor RUTTNER ist es zu verdanken, daß sich die Einzelbeiträge einwandfrei ergänzen, daß sich die Autoren in Einzelheiten einigten und daß auf diese Weise ein einheitliches Werk entstehen konnte, zum Nutzen des Forschers, des imkerlichen Fachmanns und Amateurs.

So sind wir heute, nach dem die erste Fassung (1969) dieses Buches in kurzer Zeit vergriffen war, in der angenehmen Lage, die zweite, überarbeitete Fassung herauszubringen, in die die neuesten Erkenntnisse des Fachgebiets aufgenommen wurden. Wieder im Zeichen der praxisnahen Forschung sind die Konstruktionseinzelheiten zu dem neuen Besamungsapparat hervorzuheben, der unter der Leitung des unermüdlichen Präsidenten der Kommission für Bienenbiologie gebaut wurde.

Ich danke dem ganzen Team der Autoren, ganz besonders Herrn Prof. Dr. Dr. F. RUTTNER für seine beispielhafte Arbeit zum Wohle der Weltbienenzucht. Die zweite Auflage des Buches erscheint in den fünf offiziellen Sprachen der APIMONDIA. Den Lesern wünsche ich viel Erfolg bei der Anwendung der neu gewonnenen Erkenntnisse.

Prof. Dr. Ing. V. HARNAJ
Präsident der APIMONDIA

Bukarest, im Juli 1975

VORWORT

Die letzten Jahre haben den Durchbruch der instrumentellen Besamung in die imkerliche Praxis gebracht. Neben der staatlichen Besamungsstation in Kirchhain sind in der Bundesrepublik Deutschland einige private Besamungslabors tätig, in denen mit Geschick und Einfallsreichtum ein wesentlicher Anteil an der Weiterentwicklung der Technik geleistet wird. Aber auch in den Nachbarländern — Dänemark, DDR, ČSSR, Polen und Frankreich — gewinnt die instrumentelle Besamung zunehmend an Bedeutung für die imkerliche Praxis.

Bei dieser Entwicklung ist es nicht verwunderlich, daß die deutsche Ausgabe dieser Anleitungen seit Jahren vergriffen ist. Für die jetzt vorliegende Neuauflage mußte die in deutsch-französischer Zusammenarbeit entstandene Standardisierung des Besamungsapparates abgewartet werden. Außerdem wurden alle neuen Erfahrungen verwertet, besonders hinsichtlich der Verwendung von Glasspitzen, der Lagerung des Samens, der Schaffung steriler Bedingungen für die Arbeit usw. Die Entwicklung ist auch heute noch nicht zum Stillstand gekommen. Es ist zu erwarten, daß dieser Leitfaden auch künftig seiner Rolle des Wegbereiters gerecht wird.

Neben der Erweiterung des Inhalts wurde auch der übernommene Text überarbeitet, die Zahl der Abbildungen wesentlich vermehrt und die drucktechnische Qualität dank der neuen APIMONDIA-Druckerei verbessert.

So hoffen wir einem doppelten Ziel zu dienen: Der Weiterentwicklung und Rationalisierung der Methoden der instrumentellen Besamung auf solider wissenschaftlicher Grundlage und der noch verstärkten Anwendung in der züchterischen Praxis.

F. RUTTNER

Präsident der Ständigen Kommission
für Bienenbiologie der APIMONDIA

Oberursel, im Juni 1975

VORWORT ZUR 1. AUFLAGE

Die instrumentelle Besamung der Bienenkönigin ist heute zu einer unentbehrlichen Routinetechnik in der Züchtungsarbeit und in der Vererbungsfor-schung an der Biene geworden. Vor einem Jahrzehnt noch auf einige wenig Institute beschränkt, hat diese Methode heute vielfach sogar Eingang in die unmittelbare Züchtungspraxis gefunden. Die zunehmende Einsicht in die Schwierigkeit und Unzuverlässigkeit einer Kontrolle der natürlichen Paarung trägt wesentlich zur Beschleunigung dieses Vorganges bei.

Als einzige umfassende Informationsquelle diente bisher die von den Begrün-dern der heutigen Besamungstechnik, O. Mackensen und Will. C. Roberts, verfasste Broschüre „A Manual for the Artificial Insemination of Queen Bees“, (1948). Da nicht im freien Buchhandel erhältlich und nur in englischer Sprache erschienen, war diese klassische Schrift nur einem beschränkten Kreis zugänglich. Überdies sind in den zwei Jahrzehnten seit ihrem Erscheinen doch eine ganze Reihe wert-voller Erfahrungen neu hinzugekommen. Der Bedarf nach einem in mehreren Sprachen gedruckten und dem heutigen Wissensstand entsprechenden Lehrbuch über die künstliche Besamung der Bienenkönigin wurde deshalb immer fühlbarer.

Der Beschluss zur Herausgabe dieses Buches wurde auf dem Internationalen Symposium über die künstliche Besamung der Bienenkönigin gefasst, das 1966 von der Apimondia, Ständige Kommission „Bienenbiologie“, in Zvikov, ČSSR veranstaltet worden war. Erfreulicherweise ist es gelungen, eine Reihe namhafter Fachleute aus acht verschiedenen Ländern zur Mitarbeit zu gewinnen. Besonderer Dank gebührt den Übersetzern, die — durchwegs selbst Spezialisten in diesem Fach — neben der sprachlichen Formulierung den Stoff auch durch Beiträge aus ihrer eigenen Erfahrung bereichert haben. Somit war jedes Kapitel noch vor dem Druck einer mehrfachen kritischen Prüfung unterworfen und man darf erwarten, dass überall der gegenwärtige Stand unseres Wissens berücksichtigt ist.

Die Texte sind bewusst so abgefasst, dass sie fast durchwegs ohne wissen-schaftliche Spezialkenntnisse, nur auf der Grundlage einer elementaren bienen-kundlichen Fachausbildung ohne weiteres verständlich sind. Alle Fachausdrücke — in einer internationalen Schrift nicht zu vermeiden — sind am Schluss übersetzt und erklärt. Bei einigem Geschick zu feinmechanischen Arbeiten sollte es auf Grund der Beschreibung und der technischen Zeichnungen ohne besondere Schwie-rigkeiten möglich sein, sich den Besamungsapparat selbst zu bauen.

Es ist zu hoffen, dass diese Veröffentlichung, entstanden in einer wahrhaft kollegialen internationalen Zusammenarbeit, einen Beitrag zur Entwicklung und verstärkten Anwendung der instrumentellen Besamung der Bienenkönigin leisten wird.

Oberursel, Mai 1969

F. RUTTNER

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
Kapitel 1: J. WOYKE, Geschichte der künstlichen Besamung der Bienenkönigin	7
Kapitel 2: F. RUTTNER und W. W. TRYASKO, Anatomie und Physiologie der Fortpflanzung	11
Kapitel 3: W. DRESCHER, Aufzucht und Haltung von Königinnen und Drohnen	25
Kapitel 4: F. RUTTNER, H. SCHNEIDER und J. FRESNAYE, Der Besamungsapparat	39
Kapitel 5: O. MACKENSEN und F. RUTTNER, Durchführung der Besamung	69
Kapitel 6: J. WOYKE und F. RUTTNER, Resultate	87
Kapitel 7: J. WOYKE, Genetische Aspekte der künstlichen Besamung	93
Kapitel 8: W. DRESCHER, Wirkungsvolle Inzuchtssysteme bei der Honigbiene	107
Verzeichnis der Fachausdrücke	112
Sachregister	114
Literatur	116

KAPITEL I

GESCHICHTE DER KUNSTLICHEN BESAMUNG DER BIENENKÖNIGIN

J. WOYKE

Die Veredelung der Honigbiene erfordert die Kontrolle der Eltern. Auf zwei Wegen hat man versucht, zu kontrollierten Paarungen zu gelangen:

1. Durch Entwicklung von Methoden zur Kontrolle der natürlichen Paarung.

2. Durch Bearbeitung der Methoden der künstlichen Besamung. Die letztere Methode wurde auf verschiedene Weise in Angriff genommen:

a. Direkte Einführung des Spermas vom Kopulationsorgan der Drohnen in die Geschlechtswege der Königin. Diese Methode nennt man die **Handbesamung**.

b. Injektion des Spermas in die Geschlechtswege der Königin mittels spezieller Instrumente. Das ist die sogenannte **instrumentelle Besamung**.

Die *Handbesamung* wurde schon durch *McLain* (1887) versucht. Er tropfte das Sperma in die geöffnete Scheide der Königin.

Später versuchte man, den Begattungsschlauch in die Stachelkammer der Königin einzuführen. *Shafer* (1917) und *Bishop* (1920) erzielten hier keinen Erfolg. Aber *Quinn* (1923) besamte unter Mithilfe von *Laidlaw* einige Königinnen. Weitere Versuche wurden durch *Malyshew* (1924), *Prell* (1927) und *Laidlaw* (1932) unternommen. Die breitesten Versuche über diese Methode wurden aber durch *Muzalewskij* und *Kozlow* (1933) durchgeführt.

Die Autoren gaben bekannt, dass sie den Prozentanteil der erfolgreich besamten Königinnen von 10 bis auf 50% erhöhen konnten, da sie nur solche Königinnen benutzten, die sich zur natürlichen Paarung vorbereiteten.

Die Königinnenhalter wurden verschiedentlich geändert:

Krasnoplejew (1950, 1951), *Smaragdowa* (1952), *Kurennoj* (1956), *Chawin* (1950); manchmal wurde auch der Apparat für instrumentelle Besamung benutzt (*Köhler* 1955).

Eine Kontrollstudie von *Tryasko* (1959) zu diesen modifizierten Methoden zeigte jedoch, dass in der Spermatheka (Samenblase) nur Spermaspuren von durchschnittlich 0,5% und höchstens von 2% der normalen Füllung festgestellt werden konnten. Normale Brut produzierten nur die Königinnen, die nachher ausflogen und sich frei paaren

konnten. Alle Königinnen, bei welchen das verhindert wurde, erzeugten nur Drohnenbrut.

Die *instrumentelle Besamung* wurde zuerst durch *F. Huber* (1788—1791) probiert. Er versuchte den Samen mittels eines Instrumentes, nämlich eines Pinselchens, in die Scheide der Königin einzuführen.

Andere Autoren versuchten den Samen mittels einer Spritze einzuführen, so *Wankler* im Jahre 1883 und *McLain* im Jahre 1886. Auch *Bishop* (1920) bemühte sich um diese Methode, hatte aber ebensowenig Erfolg wie seine Vorgänger.

Die moderne Technik der künstlichen Besamung begann mit der Arbeit von *Watson* (1927). Dieser benutzte eine Mikrospritze, die an einem Mikromanipulator befestigt war. Die Königin wurde mit mehreren Schlingen eines Seidenfadens an einem Holzblock befestigt. Die Stachelkammer wurde mit einer in der Hand gehaltenen Pinzette geöffnet (Abb. 1). Mit dieser Methode wurden die ersten Erfolge erzielt. *Nolan* (1937) stellte einen speziellen, aber einfachen Apparat her. Er benutzte einige davon zur gleichen Zeit, und inseminierte jede Königin während einer längeren Zeitspanne, um mehr Samenfäden in die Samenblase zu bringen. Im Jahre 1944 entdeckte *Laidlaw* die Rolle der Scheidenklappe; man muss den Samen hinter diese Klappe in den gemeinsamen Eileiter einspritzen. *Mackensen* und *Roberts* (1948) haben *Nolans* Apparat weiterentwickelt und bessere Ergebnisse erzielt als dies bisher möglich war.

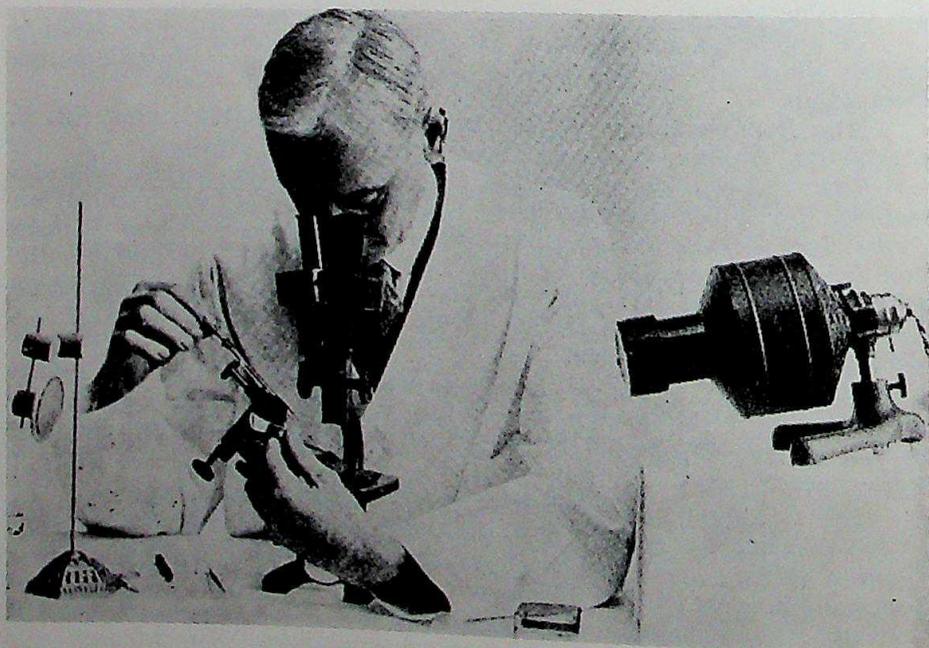


Abb. 1 — Dr. L. R. Watson bei der Durchführung einer instrumentellen Besamung (1927). Keine Narkose, die Königin ist an dem geneigten Holzklötz hinter der linken Hand des Operateurs befestigt. Öffnen der Stachelkammer freihändig mit einer Pinzette.

Die Stachelkammer wird mit zwei an einem Stativ befestigten Haken geöffnet. Die Scheidenklappe wird mit einer Sonde niedergedrückt, und die Spitze der Spritze wird in den gemeinsamen Eileiter der Königin eingeführt. *Laidlaw* (1948) stellte einen Apparat her, an dem alle Bewegungen der Haken und der Spritze mit Schrauben beherrscht werden.

Seit dem Jahre 1930 benutzte *Laidlaw* als Anästhetikum CO_2 , und *Mackensen* stellte 1947 fest, dass eine zweimalige Behandlung mit CO_2 die Königin zur Eiablage zwingt.

Sehr wichtig ist der Beitrag von *Mackensen* (1943), der einen neuen Typ der Spritze mit Membran konstruierte. In der letzten Zeit änderte *Vesely* (1960) die Form der Spritzenspitze, und *Ruttner* (1964) die Form des Königinnenhalters. Im „Standardmodell“ des Besamungsapparates sind eine Anzahl dieser Verbesserungen des Typs Mackensen-Roberts, die sich in der Praxis bewährt haben, vereinigt (*Ruttner, Schneider und Fresnaye* 1974).

Das Bienensperma kann in vitro bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt längere Zeit aufbewahrt werden (*Taber* und *Blum* 1960). *Taber* (1961) berichtete auch über den erfolgreichen Versand des Samens in verschiedene Länder. Wird der mit Streptomycin versetzte und in Glaskapillaren eingeschmolzene Samen bei einer Temperatur von 13—15°C gelagert, dann können damit auch noch nach 35 Wochen erfolgreiche Besamungen durchgeführt werden (*Poole* und *Taber* 1970).

Nach *Savada* und *Chang* (1964) ertragen die Spermatozoen auch tiefe Temperaturen, während *Lensky* und *Schindler* (1967) in Übereinstimmung mit *Taber* feststellten, dass sie bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt rasch zu Grunde gehen. Mit derselben Technik, die bei *Apis mellifica* Anwendung findet, können auch Königinnen von *Apis cerana* besamt werden (*Ruttner, Woyke* u. *Koeniger* 1972, *Woyke* 1973).

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE
DER FORTPFLANZUNG

F. RUTTNER und W. W. TRYASKO

A. DIE FORTPFLANZUNGSORGANE DER KÖNIGIN

1. Stachelkammer und Bursa copulatrix (Scheidenvorhof)

Die Organe in der Hinterleibsöffnung der Königin sind tief zwischen die beiden letzten Bauchschuppen eingesenkt. In der Mitte liegt der Stachelapparat, an seiner Oberseite in einer Tasche die Darmöffnung, an seiner Unterseite in einer wesentlich tieferen Tasche, der Stachelkammer, die Vaginalöffnung (Abb. 2). Beide Öffnungen können erst nach Auseinanderziehen der letzten Bauch- und Rückenschuppe der Königin sichtbar gemacht werden. Die Genitalöffnung ist aber auch dann noch durch die vorspringende Basis des Stachelapparates verdeckt. Sie wird erst zugänglich, wenn man den ganzen Stachelapparat in dorsaler Richtung verschiebt. Es bietet sich dann folgendes Bild (Abb. 3): Zwischen den Bögen der Stechborsten und der letzten Bauchschuppe ist die Stachelkammer weit geöffnet. Seitlich

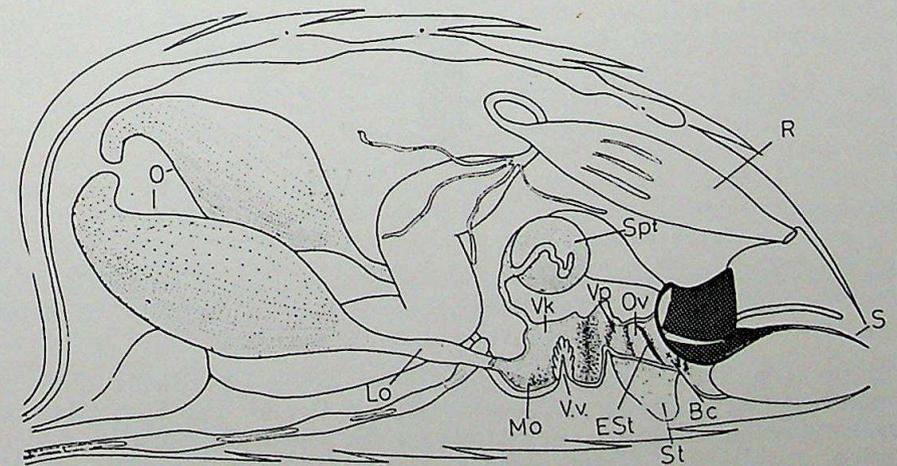


Abb. 2 - Hinterleib einer unbegatteten Königin

Bc - Scheidenvorhof; EST - Eingang zur Seitentasche; Lo - Lateraler Ovidukt (paariger Eileiter); Mo - Medianer Ovidukt (mittlerer Eileiter); O - Ovar (Eierstock); Ov - Scheidenöffnung; R - Kotblase; S - Stachel; St - Seitentasche; Spt - Spermatheka; Vc - Vaginalkammer; Vp - Vaginalpassage; V.v. - Valvula vaginalis (Scheidenklappe)

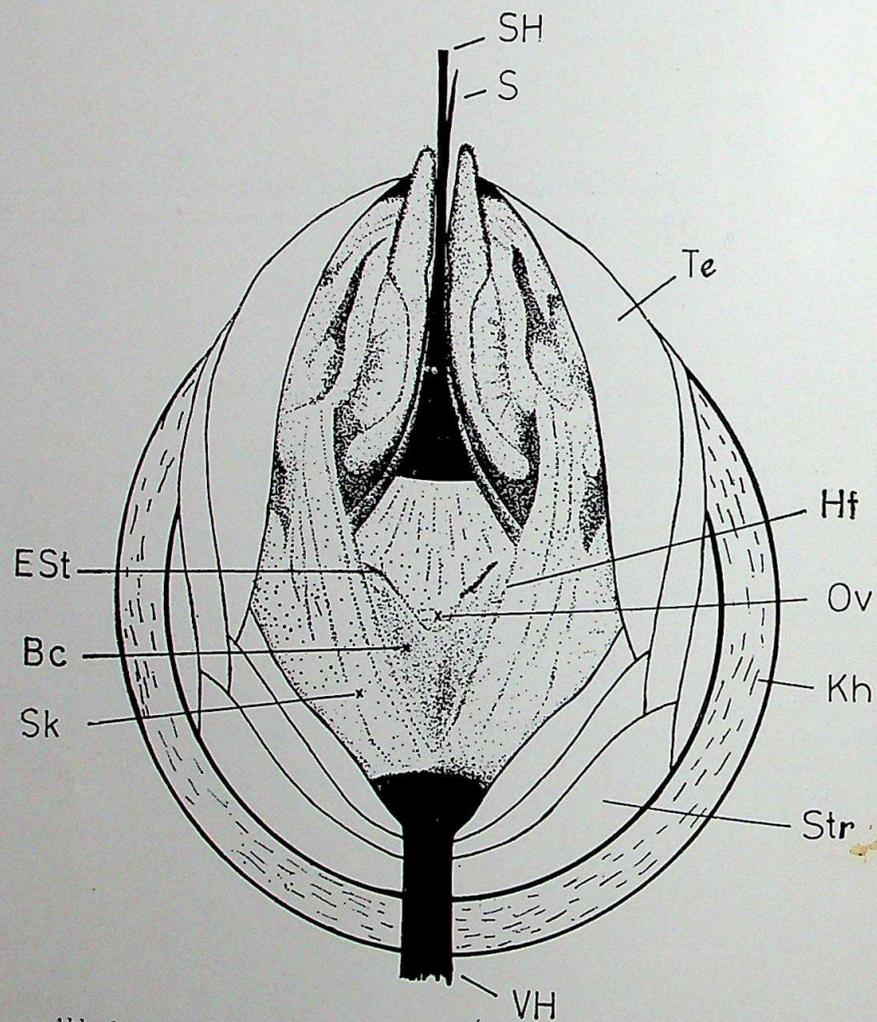


Abb. 3 — Stachelkammer einer Königin, vorbereitet zur Insemination
 Bc — Scheidenvorhof; Est — Eingang zu den Seitentaschen; Hf — Hautfalte; Kh — Königinnenhalter; Ov — Scheidenöffnung; darunter Scheidenklappe; S — Stachel; SH — Stachelhaken; SK — Stachelkammer; Str — Bauchschuppe; Te — Rückenschuppe; VH — Ventraler Haken

wird sie ausgekleidet durch weiche Häute, deren Oberfläche dicht mit kurzen braunen Chitindornen besetzt ist. Am Grunde der Stachelkammer verschwinden die Dornen — wenigstens für das freie Auge — und die häutige Auskleidung bietet deshalb einen glänzend weissen Anblick (Abb. 3, Hf).

Zwei deutliche Hautfalten ziehen von der Aussenseite des Stachelapparates über den Grund der Stachelkammer gegen die Mitte der Bauchschuppe. Es entsteht dadurch ein Dreieck, dessen Basis durch den

Stachelapparat, deren Seiten durch die beiden Falten begrenzt werden. Dieses Dreieck teilt von der vorderen Stachelkammer einen inneren Abschnitt ab, der als Bursa copulatrix (Bc, Scheidenvorhof) bezeichnet wird.

In die Bursa copulatrix münden drei Öffnungen: In der Mitte die Vagina, seitlich, als längliche Schlitz unter den Falten, die beiden Seitentaschen. Diese Taschen umgreifen als weite Säcke von beiden Seiten die Scheide (Abb. 2, 3). Sie haben für die Besamung keine Bedeutung, man muss aber von ihrer Existenz wissen, um sie nicht mit der Vagina zu verwechseln.

2. Scheide

Die dehnbare Wand der Vagina besitzt viele Falten und Ausbuchtungen, sodass ihre Gestalt je nach dem Dehnungszustand des Hinterleibes stark wechselt. Ihre Verbindung mit der Stachelkammer, die Scheidenöffnung, ist ein querer Spalt, der in Ruhestellung verschlossen und von aussen nur als faltiger Wulst in der Mitte des Scheidenvorhofs erkennbar ist. Der Durchmesser der Scheidenöffnung beträgt 0,65—0,88 mm (Laidlaw 1944).

An die Scheidenöffnung schliesst ein kurzer, enger Abschnitt, die Vaginalpassage. Anschliessend zeigt die Vagina eine sackartige Erweiterung (Vaginalkammer), in die von ventral ein fingerförmiger, gerippter Lappen, die Valvula vaginalis (Scheidenklappe) hineinragt. Bei geöffnetem Scheideneingang kann man die Spitze der Valvula meist von aussen sehen (bei der Italiener-Biene besser als bei den dunklen Rassen). Mit kräftigen Muskeln versehen, kann die Scheidenklappe aktiv aufgerichtet oder nach rückwärts umgeklappt werden und damit den Zugang zum Eileiter (bzw. von innen gesehen, den Ausgang vom Eileiter zur Vagina) entweder verschliessen oder freigeben. Mit zunehmendem Alter degeneriert die Valvula, sodass ihre Hauptfunktion wahrscheinlich zur Paarungszeit erfüllt wird (Fyg 1966).

In die Kuppe der Vaginalkammer mündet der Ductus spermaticus, der Verbindungsgang zur Samenblase (Spermatheka). Von hier an führt die vordere Wand der Scheidenkammer steil nach unten, um dann wieder nach vorne abzuknicken. Die Geschlechtswege der Königin bilden also keinen geradlinigen Kanal, sondern sie sind bajonettförmig umgeknickt:

Die beiden horizontalen Strecken entsprechen der Vagina und dem medianen Eileiter, die senkrechte dem Abschnitt zwischen der Vorderwand der Scheidenkammer und der Scheidenklappe (dieser Abschnitt wird vielfach schon zum Eileiter gerechnet: Laidlaw 1944).

3. Die Eileiter

Diese Organe sind bei der Bienenkönigin in der Form eines Y angeordnet: Der mediane Eileiter gabelt sich in die beiden seitlichen Eileiter, welche an ihren Vorderenden die Verbindung zu den Eierstockbecken herstellen. Histologisch sind diese Abschnitte grundverschieden gebaut.

a) Der mediane Ovidukt

Das dehnbare, im wesentlichen muskelfreie Rohr der Vagina verengt sich im medianen Ovidukt zu einer schmalen Passage mit T-förmigem Querschnitt, das in sehr kräftige Muskulatur eingebettet und durch diese mit der letzten Bauchschuppe fest verbunden ist. Der Querschnitt des medianen Eileiters, der an seiner vorderen Öffnung 0,33 mm misst (Laidlaw 1944), ist daher kaum erweiterbar. Da der Durchmesser des Eies 0,39—0,42 mm beträgt, muss es beim Passieren des medianen Ovidukts in der Längsrichtung verformt werden.

b) Die lateralen Ovidukte

Die beiden seitlichen Eileiter haben demgegenüber in ihrer dünnen Wand nur ein sehr lockeres Netz einschichtiger Muskelbündel. Sie bilden zarte Säcke mit zahlreichen Falten in der Längsrichtung, sodass eine starke Vergrößerung des Volumens ermöglicht wird. Bei der jungen Königin, mit ihren noch kleinen Eierstöcken, sind sie stark in die Länge gezogen. Nach Beginn der Eiablage werden sie durch die vergrößerten Ovarien zusammengestaucht.

4. Samenblase (Spermatheka)

Der Vorratsbehälter für die Aufbewahrung des Samens, die kugelförmige Spermatheka, liegt über dem mittleren Eileiter, bzw. der Scheide, und vor dem Stachelapparat. Ihr Durchmesser beträgt 1,2—1,3 mm, ihr Inhalt etwa 1 μ l (\approx mm³). Beim Präparieren fällt sie durch ihre silbrig glänzende, genetzte Oberfläche auf. Das ist der Überzug aus einem feinschichtigen Netz von Luftsclhäuchen (Tracheen), der für die Sauerstoffversorgung der Spermien in der Blase sorgt. Zieht man die Hülle ab, dann kommt darunter die feste, aber durchsichtige Samenblasenwand zum Vorschein. Bei unbegatteten Königinnen ist der Inhalt eine glasklare Flüssigkeit. Bei besamten Königinnen sieht man durch die Wand die Bündel der Samenfäden, die der Blase ein marmoriertes Aussehen geben (Abb. 4). Man kann daraus über den Füllungsgrad der Samenblase schliessen (vgl. Kap. 6).

Die Verbindung zum Eileiter stellt der gebogene Samenblasengang (Ductus spermaticus) dar (Abb. 2). An der Stelle seiner Krümmung ist er von kräftigen Muskelbündeln umgeben. Nach der Besamung kann man rhythmische Muskelkontraktionen beobachten.

Als „Samenpumpe“ hilft diese Muskulatur bei der Beförderung des Samens in die Samenblase, vermutlich spielt sie auch bei der Abgabe des Samens eine Rolle.

Kurz vor der Mündung des Ganges in die Spermatheka öffnen sich in ihm zwei Drüsenschläuche, die sich wie eine Perücke an die Samenblase anlegen: Spermathekadrüse. Ihr Sekret ist unentbehrlich als „Aktivator“ für die Einwanderung der Samenfäden und als Nährlösung während deren jahrelangen Lagerung.

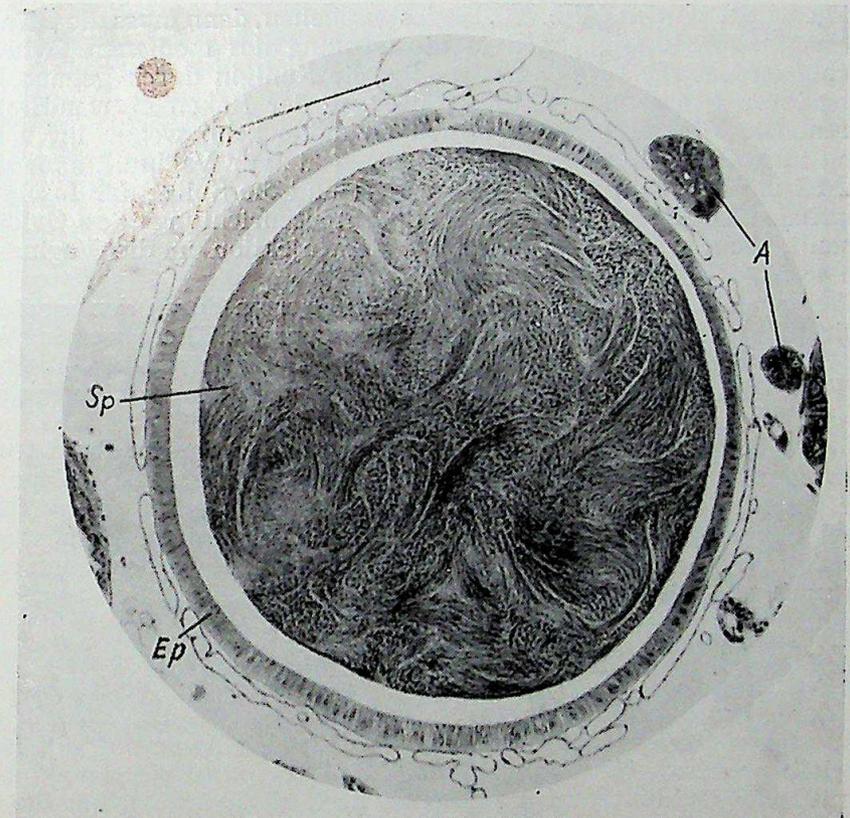


Abb. 4 — Querschnitt durch die Samenblase (Spermatheka) einer Bienenkönigin

A — Drüse, Ep — Wand der Samenblase, bestehend aus hohen Zellen.
Sp — Samenfäden, in verschlungenen Bündeln dicht gelagert, Tr — Aussenhülle aus Luftsclhäuchen (Tracheen)

5. Füllung der Spermatheka

Bei der natürlichen Copula wird das Sperma unter aktiver Mitwirkung der Königin (Öffnung der Bursa copulatrix, Senkung der Scheidenklappe) direkt aus dem Endophallus durch die Vagina in die Ovidukte gebracht. Der Endabschnitt des Endophallus mit den Chitinplatten wird dabei in die Bursa copulatrix, nicht aber in die Vagina eingeführt.

Bei der instrumentellen Besamung muss die Füllung der Ovidukte mit Sperma durch Einführung der Besamungskanüle bis in die enge Öffnung des medianen Ovidukts erfolgen. Denn da die aktive Mithilfe der Königin fehlt, bilden die Scheidenklappe und der gewundene faltige Kanal der Scheide selbst ein unüberwindbares Hindernis für eine Füllung mit Sperma, wenn dies weiter aussen deponiert wurde.

Genaue Vorstellungen vom anatomischen Bau der Geschlechtswege der Königin sind die Voraussetzung für das Gelingen der Insemination. Zunächst muss die Scheidenklappe durch Einführung einer Sonde nach

unten gedrückt werden (Abb. 54). Ist das geschehen, dann muss die Öffnung der Inseminationskanüle genau in die Öffnung des medianen Ovidukts gebracht werden. Dazu ist es notwendig, die Königin durch genaue Einstellung ihrer Achse und richtiges Einsetzen der Haken einwandfrei zu justieren. Die Wandung des medianen Ovidukts kann wegen ihrer Einbettung in kräftige Muskelbündel im Gegensatz zur Vagina kaum nachgeben. Ist die Königin nicht richtig justiert und die Spitze der Inseminationsspritze nicht genau zentral in der Achsenrichtung des Ovidukts eingestellt, dann wird das Sperma bei der Injektion in die Vagina zurück nach aussen quellen.

Bei gelungener Insemination wird das Sperma durch den medianen Ovidukt hindurch in die lateralen Ovidukte gepresst. Diese weiten dehnbaren Säcke können grosse Mengen Sperma — etwa bis $20 \mu\text{l}$ — aufnehmen. Fast immer sind beide Seiten gefüllt, jedoch sehr oft verschieden stark.

Die Eileiter sind kein geeignetes Depot für den Samen. Einmal muss die Passage frei sein für die nach der Besamung einsetzende Ablage von Eiern, zum anderen erhält der Samen hier nicht die für seinen Stoffwechsel nötige Nahrungszufuhr. Kann der aufgenommene Samen nicht innerhalb von 24 — 48 Std. aus den Eileitern entfernt werden, dann stirbt er ab und verstopft als bräunlicher Klumpen die Geschlechtswege der Königin.

Die Überführung des Samens in die Samenblase geht ohne unser Zutun vor sich. Er erfolgt in gleicher Weise nach der natürlichen wie nach der künstlichen Besamung. Zunächst besorgt die Königin den Transport des Samens selbst, in dem sie nach der Besamung mit ihrem Hinterleib pressende Bewegungen ausführt. Dabei wird der Samen durch den mittleren Ovidukt und die Scheide nach rückwärts in die Stachelkammer gepresst, von wo er als vertrocknete, braune „Stiftchen“ nach aussen tritt. Bei diesem Pressvorgang passiert der Samen die Öffnung des Samenblasenganges, und nur vorübergehend gestoppt durch die Scheidenklappe, wandert ein Teil von ihm in die Samenblase. Da der Gang jedoch sehr eng ist (0,01—0,025 mm) kommen bestenfalls 10% des aufgenommenen Samens in die Spermatheka, alles übrige geht verloren. Hohe Temperatur (34° wie im Brutnest) fördert diesen Vorgang (Foti 1973, Woyke 1973); im übrigen waren aber alle Bemühungen, den Anteil der gespeicherten Spermien zu erhöhen, bisher erfolglos.

Der Vorgang der Einwanderung der Spermien in die Samenblase konnte in den letzten Jahren durch die Arbeiten von G. Koeniger (1970), F. Ruttner und G. Koeniger (1971) und B. Gessner und F. Ruttner (1975) weitgehend aufgeklärt werden. Die Spermien wandern, aktiviert durch das Sekret der Samenblasendrüse, durch schlängelnde Bewegung teils selbst durch den Gang, teils werden sie durch die pressenden Bewegungen der Königin und die Tätigkeit der „Samenpumpe“ im Samenblasengang in die Spermatheka befördert.

Die kugelförmige Samenblase fasst bei einem Durchmesser von knapp 1 mm bei maximaler Füllung 5—7 Millionen Samenfäden. Sie ist ein kleines Wunder der Natur. Die winzigen Samenzellen warten hier 3, 4 oder sogar 5 Jahre auf ihre Bestimmung. Sobald es an der Reihe ist, wird ein

kleines Paket von etwa 8—12 Spermien nach Öffnung des Verschlusses der Samenpumpen mit einem Tropfen des Drüsensekrets in den mittleren Eileiter gestoppt, genau auf die Eingangspforte eines abzulegenden Eies.

Die erstaunliche Leistung der Lagerung körperfremder Zellen über Jahre hinweg hat verschiedene Bedingungen zur Voraussetzung:

1. Keimfreie Übertragung direkt aus den Geschlechtswegen der Drohnen in die der Königin (bzw., bei der instrumentellen Besamung, unter Zwischenschalten einer keimfreien Kanüle).

2. Versorgung mit Sauerstoff durch die Luftschläuche der Samenblase.

3. Versorgung mit Nahrungstoffen durch das Sekret der Drüse (vielleicht auch aus dem Blut der Königin, durch die Wandzellen der Samenblase).

B. DIE FORTPFLANZUNGSORGANE DES DROHNEN

1. Das Kopulationsorgan

Während die Männchen der Insekten allgemein einen harten äusseren Penis (Ectophallus) besitzen, ist dieses Organ bei den Männchen der Honigbiene weitgehend rückgebildet; es sind von ihm nur zwei Paare zarter Chitinplatten übriggeblieben, die der Körperwand glatt anliegen und an der Unterseite den Abschluss des Hinterleibes bilden (Parameral- und Aedeagalplatte = Deckschuppe und Deckplatte, Abb. 6, P, Ae).

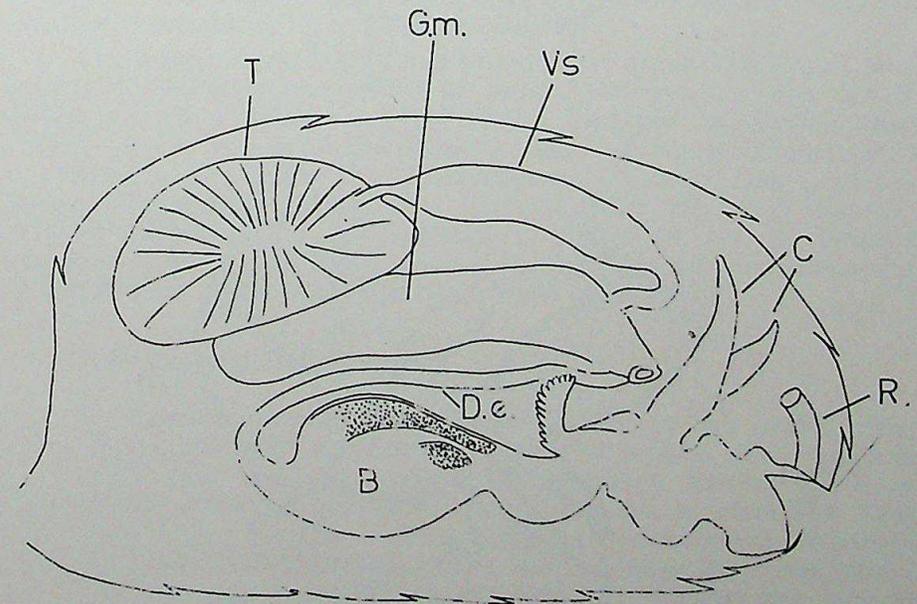


Abb. 5 — Fortpflanzungsorgan eines frischgeschlüpften Drohnen
B — Bulbus des Begattungsschlauches; C — Hörnchen; D.e. — Spritzkanal (Ductus ejaculatorius); G.m. — Schleimdrüse; R — Kotblase; T — Hoden (Testis); Vs — Samenbläschen

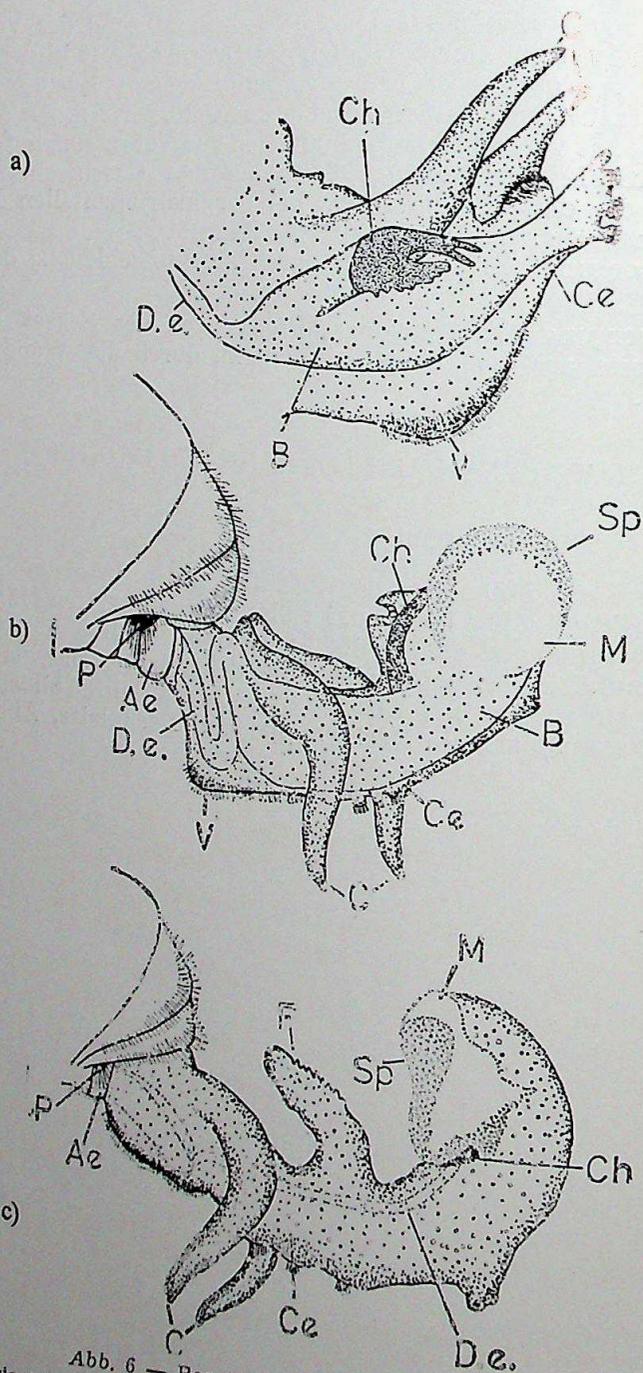


Abb. 6 — Begattungsschlauch, evertiert bei
 a) bis zum Hals, bei b) zu drei Viertel, mit Ejakulation, bei c) vollständig.
 Ae, P — Reste des äusseren Penis; B — Zwiebel (Bulbus); C — Hörnchen; Ce — Hals;
 Ch — Chitinplatten der Zwiebel; D.e. — Spritzkanal; F — Federanhang; M — Schleim;
 Sp — Sperma; V — Vestibulum

Mit der Samenübertragung haben bei der Biene diese Platten unmittelbar nichts mehr zu tun.

Diese Funktion hat zur Gänze der in das Innere des Hinterleibes verlagerte und stark vergrösserte Endophallus (Begattungsschlauch) übernommen. Der Endophallus ist ein weicher, häutiger Sack mit mehreren Fortsetzungen und Haarfeldern. Er ist, fast so lang wie der ganze Hinterleib des Drohnen, nach Art eines Handschuhfingers in das Innere des Abdomens eingestülpt (Abb. 5). An seiner Spitze ist er erweitert und mit kommaförmigen Chitinplatten versehen (Bulbus, Zwiebelstück). Die Verbindung zu den Hoden und Schleimdrüsen stellt der lange Ductus ejaculatorius (Spritzkanal) her. Wegen ihrer Länge sind die Fortpflanzungsorgane des Drohnen S-förmig zusammengefaltet: Den unteren Schenkel des S bildet der Begattungsschlauch, den mittleren der Spritzkanal und den oberen die paarigen Hoden und Schleimdrüsen.

Am besten ist die Form des Begattungsschlaches im komplett umgestülpten Zustand zu sehen, wie er durch Druck auf den Thorax eines reifen Drohnen leicht erzielt werden kann (Abb. 6 c). Am breitesten ist die Basis des Schlauches (Vestibulum), von der die beiden Hörnchen entspringen.

Der folgende Abschnitt des Endophallus ist schlank und leicht nach oben gekrümmt: Cervix (Halsteil).

Das nach oben und vorne gekrümmte Ende des Begattungsschlaches wird durch den umgestülpten Bulbus gebildet. Die ebenfalls umgestülpten Chitinplatten liegen auf seiner Oberseite, mit ihren Spitzen nach vorne weisend. Lage und Bezeichnung der verschiedenen Haarfelder ist aus Abb. 6 ersichtlich.

Der ausgestülpte Begattungsschlauch ist durchsichtig und prall mit Luft bzw. Haemolymphe gefüllt. In seinem Innern sieht man den gleichmässig dünnen Spritzkanal (Abb. 6). Im Verlaufe des Umstülpungsvorganges wird er aus der Leibeshöhle in den Begattungsschlauch gezogen; er mündet an der Spitze des Schlauches nach aussen. Hier liegt also die äussere Geschlechtsöffnung des Drohnen, aus der sich Samen und Schleim entleeren. Da der Spritzkanal kürzer ist als der Begattungsschlauch, werden auch Schleimdrüsen und Hoden aus dem Leibesinneren in den breiten Anfangsteil des Schlauches gezogen.

2. Hoden und Schleimdrüsen

Die Spermatozoen (Samenfäden) entstehen in den ovalen cremefarbenen Hoden, die weit vorne im Abdomen beiderseits des Darmes liegen. Es handelt sich um sehr weiche, schwammige Körper von 5—6 mm Länge (beim frischgeschlüpften Drohn), die aus je etwa 200 Testiolen (Samenkanälchen) bestehen (Abb. 5). Hier entwickeln sich während der Puppenzeit aus den Spermatogonien die Samenzellen (Spermatocyten), die Vorstufen der Samenfäden. Der Ausführungsgang aus dem Hoden wird als Vas deferens (Samenleiter) bezeichnet. In seinem mittleren Abschnitt ist der Samenleiter flaschenförmig zur Vesicula seminalis (Samenbläschen) erweitert.

Weiter unten mündet der Samenleiter nach einer S-förmigen Krümmung in den unteren Abschnitt der glänzend weissen, prallen Schleimdrüse (Glandula mucosa). Rechte und linke Schleimdrüse sind fest miteinander verbunden, sodass ein U-förmiger Körper entsteht, der den grössten und auffälligsten Teil des gesamten Geschlechtsapparates der Drohnen bildet.

Die Wand von Samenleiter und Schleimdrüse besteht aus sehr kräftiger, in zwei oder drei Schichten gelagerter Muskulatur. Innen gegen den Hohlraum zu, ist die Wand überall von einer Schicht hoher Epithelzellen mit Drüsenfunktion ausgekleidet. In den Samenbläschen liefern diese Zellen eine Nähr- und Suspensionsflüssigkeit für die Samenfäden, in den Schleimdrüsen den Schleim.

Der gemeinsame Gang von Schleimdrüse und Samenleiter geht in das gegabelte Ende des Spritzkanals über, durch den Sperma und Schleim in den Bulbus des Begattungsschlauches gelangen können. Das Ende des Spritzkanals ist durch eine zarte Chitinmembran verschlossen, die erst im Augenblick der Ejakulation zerreisst.

3. Der Reifungsprozess bei den Drohnen

Die frisch geschlüpften Drohnen sind noch keineswegs sexuell reif. Aus den unreifen Samenzellen (Spermatocyten) sind bei ihnen zwar schon fertig ausgebildete Samenfäden (Spermatozoen, Spermien) geworden, aber ihre Abwanderung aus den Hoden in die Samenbläschen hat eben erst begonnen (Bishop, 1920); nach Kurennoj (1953) und Mindt (1961) setzt die Auswanderung der Samenfäden jedoch erst zwei bis drei Tage nach dem Schlüpfen ein. Auch die Schleimbildung beginnt erst nach dem Schlüpfen. Aus diesem Grunde kann ein junger Stockdrohn durch geeignete Massnahmen zwar oft zum Ausstülpen des Begattungsschlauches, aber nicht zur Ejakulation gebracht werden.

Am 8. Lebenstag der Drohnen sind die Samenbläschen schon prall mit Spermatozoen gefüllt, die entleerten Testes aber sind auf etwa ein Viertel ihrer ursprünglichen Grösse geschrumpft. In den Samenbläschen machen die Spermatozoen einen zweiten, physiologischen Reifungsprozess durch. Die Spermien heften sich mit ihren Köpfen an den Drüsenzellen der Wand fest und verharren einige Tage in einem Ruhestand. Während dieser Zeit entleeren die Drüsenzellen ihren Inhalt zwischen die Spermien in das Innere der Vesicula seminalis. Auf diese Weise wird das Samenbläschen aus einer Drüse mit dicker Wand zu einem dünnwandigen Sack, der prall mit Sperma (Samenflüssigkeit) gefüllt ist. Mit dem Fortschreiten der Reifung nimmt die Beweglichkeit der einzelnen Samenfäden zu.

Ein ganz ähnlicher Vorgang spielt sich zur selben Zeit in den Schleimdrüsen ab. Hier setzte die Schleimabsonderung aus den Drüsenzellen kurz vor dem Schlüpfen ein, an der Spitze der Drüse beginnend und zur Basis fortschreitend. Die Drüsenzellen lösen sich praktisch völlig auf, sodass die Schleimdrüsen etwa von dem 5. Lebenstag an, wo

sie mit 5,5 mm Länge ihre volle Grösse erreicht haben, zur Gänze mit flüssigem Schleim gefüllt sind.

Dieses im Inneren der Fortpflanzungsorgane sich abspielenden Reifungsprozesse kommen in dem wechselnden Ergebnis der künstlich ausgelösten Ausstülpung bei jungen Drohnen zum Ausdruck: Um den 5.—6. Lebenstag wird aus dem umgestülpten Begattungsschlauch ausschliesslich Schleim ausgepresst; dieser Schleim ist sehr flüssig und inhomogen, d.h. man findet weisse Schleimschollen in einer wässrigen Flüssigkeit. Zwischen 8.—10. Lebenstag kann man unreifes Sperma von weisslicher Farbe gewinnen, das gewöhnlich mehr oder minder stark mit dem ebenfalls noch stark flüssigen Schleim gemischt ist. Dieses Sperma koaguliert deshalb rasch, es ist für die Besamung schlecht geeignet. Reifes Sperma — von cremegelber Farbe und nicht vermischt mit Mucus — kann durch künstlich ausgelöste Eversion erst von mindestens 12 Tage alten Drohnen gewonnen werden.

4. Sperma

Das Sperma besteht also aus zwei, ihrer Herkunft nach verschiedenen Anteilen:

1. Spermatozoen aus den Testes. Es sind 250 μm (1/4 mm) lange Fäden, die im lebenden Zustand schlängelnde Bewegungen zeigen. Tote Spermatozoen ringeln sich meist zusammen. Die Köpfe, die den Zellkern enthalten, sind sehr klein.

2. Spermaflüssigkeit aus den Samenbläschen und dem Bulbus des Endophallus.

Das Sperma ist durch eine gelbliche Farbe und durch seine Struktur — die Spermatozoen liegen zu Bündeln geordnet — leicht von dem schneeweissen homogenen Mucus zu unterscheiden. Je höher sein Gehalt an Spermatozoen, desto kräftiger die Färbung und desto höher die Viskosität. Der flüssige Anteil und die festen Körper im Ejakulat stehen volumensmässig im Verhältnis von 1:1 bis 1:2, je nach Jahreszeit (Novak et al., 1960). Drohnensperma reagiert neutral (pH 6,8—7,0) und mischt sich leicht mit jedem wässrigen Medium. Während die meisten Verdünnungsmittel die Lebensdauer der Spermien herabsetzen (Bishop 1920, Jaycox 1960, Taber 1961), wird ihre Beweglichkeit durch die Vesical- und Bulbussekrete und durch das leicht alkalische Sekret der Spermathekaldrüsen (Flanders 1939), aber vorübergehend auch durch jede andere Verdünnung gesteigert (Lensky und Schindler 1967). Wasser tötet ebenso wie Bienenblut die Spermien rasch ab.

Gewöhnlich wird empfohlen, als Verdünnungsmittel (z.B. beim Füllen der Spritze oder beim Aufziehen des „Verschlussstropfens“ in die Spitze, um das Austrocknen zu verhindern, vgl. S. 71) physiologische Kochsalzlösung (0,9% NaCl) zu verwenden. Diese Lösung ist unbrauchbar, sie tötet in ganz kurzer Zeit alle Samenfäden ab. Dasselbe geschieht in allen Lösungen, die neutral oder sauer reagieren.

Sehr gut überleben die Spermatozoen in der physiologischen Salzlösung nach Hyes :

Natriumchlorid	9,0 g
Calciumchlorid	0,2 g
Kaliumchlorid	0,2 g
Natriumhydrocarbonat	0,1 g

gelöst in 1 000 ml destilliertem Wasser.

Man füllt einen Teil dieser Lösung in ein kleines Fläschchen ab und gibt einige Tropfen Natron- oder Kalilauge dazu, bis ein pH von etwa 8,5 erreicht ist (bestimmt mit LYPHAN-Indikatorpapier für den Bereich pH 7,5—8,7). In einer gut verschlossenen Flasche lässt sich der pH durch mehrere Tage auf etwa demselben Niveau halten.

Einen konstanten pH-Wert erzielt man bei Verwendung eines Puffers. Ein Glycin-Puffer, in dem die Spermien mehrere Tage lang gut überleben, wird nach folgendem einfachen Rezept hergestellt :

Glycin (=Glykokoll)	0,75 g
Natriumchlorid	0,58 g
Destilliertes Wasser	100,0 ml

Um ein bestimmtes pH einzustellen, mischt man diese Lösung mit einer bestimmten Menge 0,1 n Natronlauge (1/10 normale Natronlauge = 4,0 g NaOH auf 1 000 ml Wasser; auch als fertige Lösung im Fachhandel erhältlich).

Glycinpuffer mit pH 8,6 :	Glycin-Lösung	94,2 ml
	0,1 n NaOH	5,8 ml

Am besten hat sich bei uns in umfangreichen Versuchen ein Zitratverdünner bewährt, der unter der Bezeichnung „Kiew“ oder „Varohm“ für die Konservierung von Ebersperma Verwendung findet :

Trinatriumcitrat-2-Hydrat	2,43 g
Natriumbicarbonat	0,21 g
Kaliumchlorid	0,04 g
Sulfanilamid	0,30 g
D-Glukose	0,30 g
Destilliertes Wasser	100,00 ml

Da sich die Lösung beim Kochen verfärbt, wird sie zur Sterilisierung nur auf etwa 90° erhitzt.

Mit dieser Verdünnung konnten wir Bienensperma selbst unter dem Deckglas bei Luftabschluss und Zimmertemperatur über vier Wochen lang aktiv erhalten.

Unter dem Deckglas, geschützt vor Austrocknung, bleibt unverdünntes Sperma bei Raumtemperatur 2—3 Tage am Leben. Durch Austrocknung werden die Spermatozoen innerhalb weniger Minuten getötet (Jaycox 1960). Auch Abkühlung wird von ihnen nicht gut vertragen im Gegensatz z.B. zu Rindersperma (Taber 1960). Die Entfernung der Flüssigkeit aus dem Sperma durch Zentrifugierung bei 20.000 rpm durch 20 Minuten hingegen schadet den Spermien nicht; sie konnten zur artifiziellen Insemination verwendet werden (Novak et al. 1960).

1 μ l (1 mm³) Sperma enthält nach Mackensen, Tryasko und Woyke 7,5—9,4 Millionen Spermatozoen. Die Spermamenge eines Drohnen beträgt

im Durchschnitt 1,7 μ l, aber meist gelingt es nicht, mehr als 1 bis höchstens 1,5 μ l Sperma in die Besamungsspritze aufzuziehen (Woyke 1960).

Keine Bedenken bestehen, aufgezogenen Samen in der Spritze mehrere Stunden lang oder bis zum nächsten Tag aufzubewahren — etwa dann, wenn man von der Besamungsarbeit plötzlich abberufen wird. In diesem Fall zieht man das Sperma etwas zurück, so dass in der Spritze eine kleine Luftblase entsteht, und saugt einen Tropfen Verdünnungsflüssigkeit nach.

5. Eversion und Ejakulation

a. Die Ausstülpung des Begattungsschlauches (Eversion)

Die Eversion wird eingeleitet durch die gleichzeitige Kontraktion der gesamten, sehr kräftig entwickelten Muskulatur des Abdomens. Unter dem Druck der Haemolymphe und der aus den Trachealsäcken herausströmenden Luft wölbt sich die ventrale Abdominalwand vor und richten sich Deckplatten und Deckschuppen auf, die Öffnung zum Endophallus dadurch erweiternd. Dann wird der Begattungsschlauch herausgepresst, an der Basis beginnend: Erst erscheinen das breite Vestibulum, die Behaarung nach aussen gerichtet, und die Hörnchen mit ihrem gelben klebrigen Überzug. Mit oder vor der Eversion des engen Halsteils ist die erste Phase abgeschlossen und es tritt regelmässig eine kurze Pause ein; es ist dies das Stadium, das gewöhnlich bei Chloroform- oder Äthernarkose der Drohnen erreicht wird (Abb. 6a).

In das Vestibulum ist aus dem Abdomen der Bulbus (Zwiebel) mit den Chitinspangen eingetreten, zunächst noch frei von Sperma und Schleim. Um diesen dicken Pfropf durch den engen Hals zu pressen, muss der Druck im Begattungsschlauch noch weiter ansteigen. Schliesslich passiert der Bulbus mit einem Ruck diese Engstelle und es erscheinen die Spitzen der Chitinplatten am derzeit äussersten Punkt des evertierten Endophallus. Diese steifen Spangen drücken die Falten des weiten Bulbus-sackes zur Seite und machen damit den Ausgang aus dem Lumen frei: Jetzt können Sperma und Schleim, die inzwischen in den Bulbushohlraum gepresst worden waren, nach aussen ejakuliert werden (Abb. 6b). In diesem Stadium der Eversion erfolgt bei der natürlichen Paarung die Übertragung des Spermas in die Königin (Tryasko 1957, Woyke und Ruttner 1958).

Unter den üblichen experimentellen Bedingungen — Auslösung der Eversion durch Druck auf das Abdomen — läuft die Eversion dann meist rasch bis zum Ende ab, d.h. es werden auch Bulbus und Chitinplatten vollständig evertiert und nach aussen gestülpt (Abb. 6c). Schliesslich kann die Bulbuswand unter deutlich hörbarem Knall zerplatzen. In der Endphase werden infolge des Zuges des Spritzkanals Schleimdrüsen und Samenbläschen aus dem Hinterleib heraus und in den Hohlraum des Vestibulum gezogen.

b. Ejakulation

Die Entleerung aus den Genitalwegen erfolgt in der Weise, dass sich, am oberen Ende beginnend, die Muskulatur der Wand von Samenbläschen und Schleimdrüse kontrahiert und der Inhalt unter erheblichem Druck

ausgepresst wird. Beim reifen Drohn kann dieser Vorgang durch leichten Druck auf den Hinterleib — ja oft schon durch blosser Berührung — ausgelöst werden.

Die Ejakulation beginnt am **intakten** Drohn immer erst nach Kontraktion der Bauchmuskulatur. Es ist an diesen Tieren fast unmöglich, rein mechanisch, ohne Kontraktion der Bauchmuskulatur, eine geregelte Ejakulation des Spermas zu erzielen. Die Massnahmen bei der Vorbereitung der Drohnen zur Spermagewinnung sollen deshalb nicht darauf angelegt sein, Sperma auszupressen, sondern durch geeignete Reize die Bauchmuskulatur zur Kontraktion zu bringen — deutlich fühlbar am Hartwerden des zwischen den Fingern gehaltenen Abdomens. Nur der daraufhin einsetzende, reflektorisch ablaufende Ejakulationsvorgang kann annähernd das gesamte Sperma des Drohnen, ohne Beimengung von Schleim, liefern.

Bei der Ejakulation wird unter normalen Bedingungen regelmässig zuerst reines Sperma und erst nachher, ganz getrennt, Schleim entleert. Der Mechanismus dieses sinnvoll geregelten Ablaufes wird aus dem anatomischen Bau der Organe verständlich (*Bishop* 1920, *Ruttner* 1961).

Durch den langen und engen Ductus ejaculatorius (Spritzkanal) gelangen Sperma und Mucus in den weiten Bulbussack. Durch die durchscheinende Wand von Vestibulum und Bulbus ist dies im halbevertierten Penis der Drohnen zu sehen. Ist der Bulbus bei diesen Drohnen leer, dann sind sie nicht reif oder schlecht gepflegt und es ist kaum möglich, von ihnen Sperma zu gewinnen. Innen im Bulbus befindet sich ebenfalls Drüsengewebe, dessen Sekret sich mit dem Sperma mischt und das die Beweglichkeit der Spermatozoen erhöht.

Es ist ein bekannter Trick bei der Gewinnung von Sperma von nicht sehr gut gepflegten oder von schon etwas apathischen Drohnen nach teilweisem Auspressen des Begattungsschlauches mit dem Pressen innezuhalten und einige Augenblicke zu warten. Gewöhnlich sieht man dann sehr gut, wie das Sperma in den Bulbushohlraum ejakuliert wird. Presst man weiter, dann wird man mit ziemlicher Sicherheit eine ganze Menge Sperma erhalten.

Sobald die Chitinplatten des Bulbus die Enge des Halsteils passiert haben, werden Sperma und Schleim durch die jetzt entstehende Öffnung aus dem Bulbushohlraum nach aussen gepresst. Es entsteht an der Spitze des ausgestülpten Begattungsschlauches ein kugelförmiger Tropfen von weissem Schleim, der an seiner Oberfläche von einer dünnen Schicht von cremefarbenen Sperma überzogen ist. Wird die Eversion frühzeitig gestoppt, dann wird manchmal an der Spitze des Endophallus nur Sperma, aber kein Schleim austreten. In diesem Falle ist die Aufnahme des Sperma in die Besamungskanüle überaus bequem, aber meist wird nicht die volle Menge ejakuliert, sodass die Ausbeute nicht optimal ist.

Bei sehr reifen Drohnen oder starkem anhaltenden Druck auf das Abdomen wird auch der Bulbus umgestülpt. Das Ejakulat befindet sich in der Höhlung der löffelförmig gebogenen Chitinplatten, an der Oberseite des Endophallus (Abb. 6 c). Da bei zu heftiger Eversion das Sperma ganz oder teilweise verloren gehen kann, ist es zweckmässiger, den Vorgang der Eversion durch vorsichtige Manipulation der Drohnen schon vor der Umstülpung des Bulbus zum Stillstand zu bringen.

AUFZUCHT UND HALTUNG VON KÖNIGINNEN UND DROHNEN

W. DRESCHER

A. AUFZUCHT UND HALTUNG DER KÖNIGINNEN

Aufzucht der Königinnen. Es wird vorausgesetzt, dass an den Stellen, an denen die instrumentelle Besamung (I.B.) durchgeführt wird, eine leistungsfähige Methode der systematischen Königinnenvermehrung bekannt ist und praktiziert wird.

Für die I.B. ist besonderer Wert auf grosse und vitale Königinnen zu legen. Sie erleichtern den Vorgang der Besamung. Nur vitale Königinnen rechtfertigen den Arbeitsaufwand der an ihnen praktizierten I.B. Eine Voraussetzung für grosse Königinnen sind entweder künstliche Weiselnapfchen von 9 mm Durchmesser anstelle der von Zander eingeführten mit 7,8 mm (*Weiss* 1967). Weiselzellen von geschlüpften Königinnen — ausser Nachschaffungs-Königinnen — können durch Einkürzung auf ca. 1 cm und Reinigung nach dem Einweichen in kaltem Wasser wieder verwendet werden (*Ruttner* 1965). Auf das Übertragen von jungen Larven — möglichst nicht älter als 1 Tag — in die Weiselnapfchen ist zu achten. *Woyke* (1967, 1971) untersuchte Königinnen, die aus Eiern und 1, 2, 3 und 4 Tage alten Larven gezogen wurden. Körpergewicht, Spermatheka, Anzahl Ovariolen und die Anzahl der Spermien in der Spermatheka der später natürlich begatteten oder instrumentell besamten Königinnen war grösser bei den aus Eiern oder 1-tägigen Larven gezogenen Königinnen.

Böger (persönl. Mitteilung) stellte bei Königinnen ähnlichen Genoms und gleicher Besamung in Ablegern unterschiedlich intensive Attraktivität auf Arbeiterinnen fest, wenn die Königinnen aus unterschiedlich alten Larven aufgezogen worden waren. Aus jungen Larven hervorgegangene Königinnen wirkten attraktiver auf ihre Arbeiterinnen als die aus Nachbarablegern, welche Königinnen aus älteren Larven besassen.

Zur Erzeugung grosser Königinnen wird häufig die Methode des doppelten Umlarvens angewandt. Die Übertragung von Eiern in Weiselzellen (Methode n. *Örösi-Pál* 1960, 1964) ist arbeitsaufwendiger und risikoreicher, ergibt aber Königinnen mit einer höheren Anzahl Ovariolen. Die überlegene Leistung dieser Königinnen ist noch nicht erwiesen (*Böttcher*, *Weiss* und *Hirschfelder* 1964, 1965, 1966).

Wichtig für die Qualität der erzeugten Königinnen ist die Anzahl der offenen Weiselzellen, die das Pflegevolk gleichzeitig zu versorgen hat. 30 offene Zellen pro Volk sollen möglichst nicht überschritten werden.

Schlüpfen und Markieren der Königin: Die verdeckelten Zellen können einzeln weisellosen Ablegern zugehängt werden. Die Jungkönigin schlüpft dort, das Risiko der Einweiselung entfällt. Das Verfahren ist zunächst arbeitssparend. Nachteile dieser Methode sind: 1) Die Jungkönigin wird erst beim Herausfangen für die I.B. auf ihre Qualität kontrolliert. 2) Das Herausfangen der ungezeichneten Königin vor der I.B. kann bei unruhigen Ablegern zeitraubend sein. 3) Auf den Brutwaben des Ablegers kann aus einer übersehenen, verdeckelten Zelle eine nicht erwünschte Jungkönigin geschlüpft sein. Die Bienen haben die Zelle mit der erwünschten Königinnenpuppe vernichtet. Die verkehrte Königin wird besamt, ohne dass der Irrtum festgestellt wird.

Die Schwächen des vorgenannten Verfahrens werden vermieden, wenn man die verdeckelten Weiselzellen ca. 2 Tage vor dem Schlüpfen in einen Brutschrank bringt. Einige Stunden nach dem Schlüpfen werden die Königinnen markiert. Farbige (weiss, rot, blau, gelb, grün) kalottenförmige Kunststoffplättchen mit Zahlenaufdruck von 1—99 haben sich gut bewährt. Das Beschneiden eines Vorderflügels — im gleichen Sommer möglichst bei allen Königinnen die gleiche Seite, im folgenden Jahr die andere Seite — ist empfehlenswert. Bei Verlust der Markierung zeigt der beschnittene Flügel an, dass es sich nicht um eine Nachschaffungskönigin handelt.

Das Beschneiden sollte nicht früher als 4—6 Stunden nach dem Schlüpfen durchgeführt werden. Vorher sind die Flügel zu weich. Der Schnitt soll distal von der 2. Cubitalzelle liegen.

Haltung der Königinnen nach dem Schlüpfen: Das Einweiseln wird nach den verschiedensten Methoden vorgenommen und soll hier nicht näher erörtert werden. Sehr gut bewährt hat sich die Verwendung eines Aufsteckkäfigs aus Drahtgitter, mit dem die Jungkönigin auf einer bienenfrei gemachten Wabe auf einem Bereich schlüpfender Brut gekäfigt wird. Nach einigen Tagen entfernt man den Käfig. Königin und inzwischen in ihrer Umgebung geschlüpfte Bienen mischen sich mit den anderen Arbeiterinnen des Ablegers.

Die Haltung der Königinnen in kleinen Käfigen mit wenigen Bienen ausserhalb des Volkes im Brutschrank bei ca 25°C (Abb. 7) ist durch das Füttern, Tränken, Auswechseln der Bienen sehr arbeitsaufwendig und sollte nur bei akutem temporären Bienenmangel praktiziert werden. Zusatz von Nosemaciden zum Futter und häufiger Austausch der Arbeiterinnen ist unbedingt erforderlich zur Vermeidung einer Nosemainfektion.

Die Überwinterung in solch kleinen Einheiten (Foti et al. 1962) hat sich bisher auf Grund des Arbeitsaufwandes und Risikos nicht allgemein durchgesetzt.

Bei günstigen klimatischen und trachtmässigen Verhältnissen ist eine Aufbewahrung von Jungköniginnen und I.B.-Königinnen in speziellen weisellosen Pflegevölkern — queen banks — möglich (Seal 1961, Laidlaw 1954).

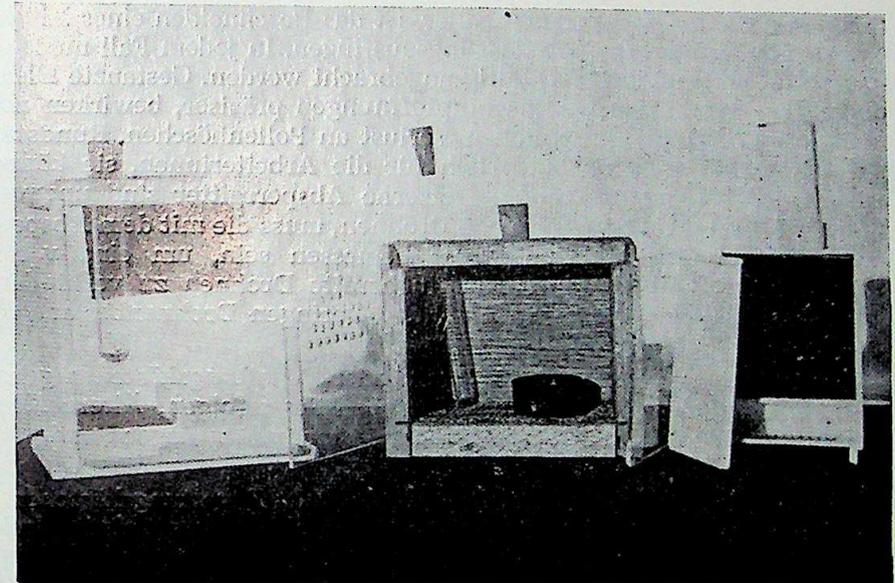


Abb. 7 — Kleine Käfige zur Haltung von Königinnen mit Arbeiterinnen im Brutschrank. Links: Käfig der „Station de recherches sur l'abeille“, Bures-sur-Yvette; Mitte: Holzkäfig der Arbeitsgemeinschaft deutscher Bieneninstitute; rechts: Käfig nach Foti et al.

Bis zu 20 Königinnen sitzen isoliert in Käfigen aus Drahtgitter in dem Bereich des sehr starken Volkes, der aus anderen Versorgungsvölkern kontinuierlich mit Waben mit offener Brut versorgt wird.

Die Vorteile dieser Methode sind a) die leichte Erreichbarkeit der ♀♀ vor der I.B., b) die Vermeidung von Königinnenverlusten durch Ausflugversuche, wenn die Besamung nicht termingerecht am 4.—6. Lebensstag erfolgen kann, c) die Einsparung von Bienen und Wabenmaterial bis zur Einweiselung der ♀♀. In den U.S.A. werden die ♀♀ heute ganz allgemein vor und nach der Besamung gekäfigt in Pflegevölkern gehalten.

Die biologisch angemessene Methode der ♀-Unterbringung ist die Einweiselung in 3—5 Wabenableger mit ausreichender Anzahl Jungbienen und verdeckelter Brut oder zumindest Einweiselung in die in Mitteleuropa verbreiteten Begattungskästchen (Mackensen u. Roberts 1948, Mackensen u. Tucker 1970).

Nach Szabo und Townsend (1974) ist die Annahme von Jungköniginnen bei Arbeiterinnen bis zum Alter von 7 Tagen erheblich sicherer als bei 14—21-tägigen Bienen.

Angaben über den Einfluss der Haltungsmethoden auf die Qualität der Besamung finden sich in Kap. 5, S. 69.

Die Verhinderung des Ausfluges einer für die I.B. vorgesehenen ♀ erfordert sorgfältige Arbeit, um unkontrollierte Paarungen und damit Fehlinterpretationen des Besamungsergebnisses zu vermeiden.

Läuft die ♀ frei im Ableger umher, ist das Beschneiden eines Flügels kein ausreichender Schutz vor Paarungsausflügen. In jedem Fall muss ein Absperrgitter am Flugloch sorgfältig angebracht werden. Gestanzte Blech- absperrgitter sind in den Durchschlupföffnungen präziser, bewirken aber bei Pollensammlerinnen erheblichen Verlust an Pollenhöschen. Rundstab- absperrgitter sind weniger hinderlich für die Arbeiterinnen, sie können jedoch leichter verbogen werden. Hölzerne Absperrgitter sind unzuverlässig. Enthält der Ableger zahlreiche Drohnen, muss die mit dem Absperrgitter verschlossene Flugöffnung gross bemessen sein, um eine völlige Blockierung des Eingangs durch ausflugbereite Drohnen zu verhindern. Es sollte jedoch besser auf einen möglichst geringen Drohnenbestand der Ableger geachtet werden.

Die Besamung von frei in Ablegern oder Begattungskästchen gehaltenen Jungköniginnen sollte am 5.—6. Lebenstag erfolgen. Ältere Königinnen versuchen sich durch das Absperrgitter zu zwängen und verschleissen dabei Flügel und Behaarung.

Die Haltung der Jungkönigin im Ableger oder Begattungskästchen in einem kleinen bienenfreien Käfig ist weniger empfehlenswert als ihr freies Umherlaufen. Die Bienen versuchen eher nachzuschaffen und die Königin geht später in Eiablage, da das freie Umherlaufen vermutlich die Brunst und Eireifung stimuliert. Sollte diese Methode wegen verzögerter Besamung doch praktiziert werden, muss der Käfig in der Mitte des Bienen-sitzes, keineswegs am Wabenrand, in die Wabe eingeschnitten werden. Die Königin muss engen Kontakt mit den Arbeiterinnen halten.

Vorbereitung der Königinnen für die Besamung. Ist die Königin älter also 5 Tage, und herrscht gutes Flugwetter, muss sie morgens vor 10h oder nachmittags nach 16h herausgefangen werden, da sie sonst leicht zum freien Paarungsflug entweicht. Man belässt sie in einem kleinen Käfig mit 5—10 Arbeiterinnen bis zum Besamungsvorgang im Ableger, da weis-sellose Ableger und Begattungsvölkchen bei intensivem Flug leicht zerfallen. Sollen mehrere ♀♀ kurz hintereinander besamt werden, müssen die in das Besamungslabor gebrachten ♀♀ mit einigen Arbeiterinnen und Futter bei ca 25°C im Brutschrank aufbewahrt werden. Königinnen, die im Ableger längere Zeit gekäfigt waren, lässt man zum Abkoten möglichst an der Scheibe eines geschlossenen Fensters eine kurze Zeit fliegen, ehe sie in die Besamungsapparatur eingespannt werden.

Besamungsvorgang siehe Kap. 5.

Behandlung der Königinnen nach der Besamung. Man kann sie in betäubtem Zustand bereits dem Ableger zurückgeben, indem man sie in eine Wabengasse fallen lässt. Ist die Königin wieder aktiv, sollte man sie mit etwas Zuckerteig zum Ausfressen zusetzen. Die Tendenz zum Paarungsausflug besteht auch noch nach einer Besamung, selbst wenn 6—8 mm³ Sperma injiziert wurden. Das Absperrgitter muss also noch verbleiben.

Für das Herausfangen zur 2. Besamung bzw. CO₂-Behandlung gilt das gleiche wie für das 1. Herausfangen. Es sollte bei gutem Wetter nur ausserhalb der Flugzeit von Königinnen (10h—16h) erfolgen.

Bei Königinnen, die nur mit dem Sperma von 1—2 Drohnen besamt wurden, klingt die Neigung zum Paarungsausflug auch nach der 2. CO₂-Behandlung langsamer ab als bei Königinnen, die mehr als 5 mm³ Sperma oder zweimal eine Sperma-Injektion erhielten.

Soll zwischen 1. Besamung und 2. Besamung bzw. CO₂-Behandlung die Königin im Ableger gekäfigt bleiben, so ist eine Unterbringung im Bienensitz notwendig. Bei niedrigeren Temperaturen erfolgt bei der Königin eine langsamere und weniger wirkungsvolle Überführung der injizierten Spermien in die Spermatheka (Laidlaw 1954).

Nach Mackensen (1969), Veselý (1970) und Woyke und Jasinski (1973) ist bei der Injektion von kleineren Spermienmengen — bis zu 6 mm³ — kein signifikanter Unterschied in der Menge der in die Spermatheka eingewanderten Spermien feststellbar, wenn die Königin nach der Besamung bei 24°C oder 34°C aufbewahrt wurde. Der Anteil der in den lateralen Ovidukten verbliebenen Spermien ist bei niedrigeren Haltungstemperaturen jedoch höher. Ebenso ist eine Haltungstemperatur von 34°C vorteilhaft bei Spermiodosen über 6 mm³.

Das Absperrgitter darf erst nach eindeutig festgestellter Eiablage entfernt werden. Für die weitere Verwendung von I.B.-Königinnen gelten die Erfahrungen mit natürlich begatteten Königinnen in verstärktem Masse. Kurz vorher in Eiablage gegangene Königinnen sollten nicht in starke Völker eingeweiselt werden, denen kurz zuvor eine leistungsfähige Königin in voller Eiablage entnommen wurde.

Königinnen, die mit mehr als 5 mm³ Sperma besamt wurden, können unter gleichen Bedingungen wie natürlich begattete Königinnen gehalten werden. Für Versuchszwecke nur mit dem Sperma einer Drohne besamte Königinnen hält man besser in einem Ableger. Durch Raum-mangel wird die Königin an intensiver Eiablage gehindert. Dadurch werden die Lebensdauer und die Fähigkeit zur Ablage befruchteter Eier erheblich verlängert.

B. AUFZUCHT UND HALTUNG DER DROHNEN

Termingerechte Aufzucht: Nach der manuellen Beherrschung des Besamungsvorganges stellt die rechtzeitige Beschaffung von erwünschten Drohnen im passenden Alter und voller Reproduktionsfähigkeit die schwierigste Aufgabe der I.B. dar.

Erzeugung und weitere Pflege der Drohnenbrut können in verschiedenen Völkern ablaufen. Während der aufsteigenden Volksentwicklung im Frühsommer genügt das Zuhängen einer ausgebauten Drohnenwabe zur Bestiftung durch die Königin. Günstiger ist noch das Einhängen einer Drohnenwabe im Herbst in die Mitte des Wintersitzes des Volkes. Voraussetzung für eine zügige Eiablage ist das Fehlen zahlreicher Drohnen bzw. Drohnenbrutstadien im Erzeugervolk (Weiss 1962). Es empfiehlt sich, die Königin mit der Drohnenwabe in eine aus Absperrgitter gefertigte Wabentasche (Abb. 8) zu geben. Ein Vorrat an gut ausgebauten jedoch noch nicht zu häufig bebrüteten Drohnenwaben soll stets vorhanden sein. Zu alte, häufig bebrütete Drohnenwaben führen wegen der Zellenverengung zur Verkleinerung der in ihnen heranwachsenden Drohnen. Die Königin muss

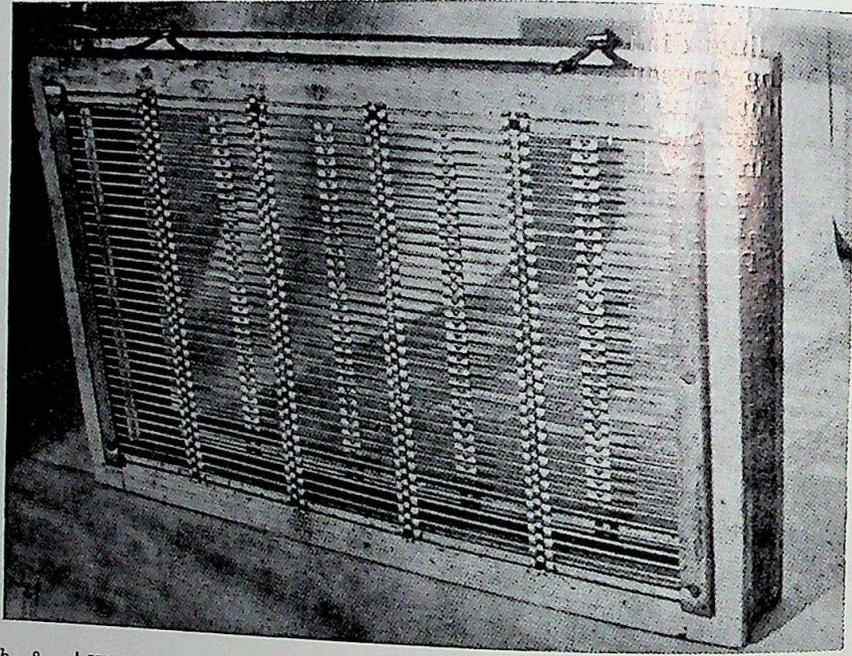


Abb. 8 — Wabentasche aus Absperrgitter zum Käfigen der Königin auf einer Drohnenwabe

wenigstens 2—3 Tage auf der Wabe verbleiben, da die Eiablage anfangs schleppend ist. Ausserdem wird ein grösseres, geschlossenes Brutnest besser weitergepflegt als verstreut abgelegte Eier. Bis zum Schlüpfen der Maden verbleibt die Wabe zweckmässigerweise im Volk an einer für die Königin unzugänglichen Stelle. Die Übertragung einer Drohnenwabe mit Eiern in ein anderes Pflegevolk verursacht zumeist höhere Ausfälle als die Übertragung von Larven.

Die weitere Pflege in einem speziellen Pflegevolk setzt voraus, dass das Volk stark ist, zahlreiche Ammenbienen hat, jederzeit über eine gute Futterversorgung und möglichst offene Arbeiterinnenbrut an beiden Seiten der Drohnenbrutwabe verfügt. Die Drohnenwabe darf für die Königin des Pflegevolkes nicht zugänglich sein. Die Weiterpflege in einem andersrasigen Volk mit Bienen, deren Färbung von den Bienen des Drohnenrassenzeugervolkes abweicht, ist wünschenswert. Von eierlegenden Arbeiterinnen erzeugte Drohnen können so eventuell erkannt werden.

Erzeugung von Drohnen durch Arbeiterinnen: Soll bei einem züchterisch bekannten Volk mit überragender Leistungsfähigkeit das Erbgut der die Sammelleistung vollbringenden Arbeiterinnen auch für die Erzeugung männlicher Geschlechtsstiere genutzt werden, muss man Drohnen aufziehen, die aus den Eiern dieser Arbeiterinnen stammen. Böger (Veröff. in Vorb.) ging dazu folgendermassen vor: Aus dem ausgewählten Volk legt man ca. 500 g junge Bienen in ein offenes Gefäss und lässt die miterfassten älteren Arbeiterinnen abfliegen. Entsprechend

dem Gewicht der abgefegten Bienenmenge setzt man einen angemessenen dimensionierten Ableger an, der nur ausgebaute Drohnenwaben enthält und gut mit Futter versehen wird. Eine isolierte Aufstellung ist ratsam, um dem Zerfall des Ablegers vorzubeugen. Nach ca. 10 Tagen beginnen die wabellosen Bienen mit der Eiablage, wobei die Eier zunächst teilweise aber wieder von anderen Arbeiterinnen verzehrt werden. Die nachfolgende intensive Eiproduktion der Arbeiterinnen macht sie unfähig zur sorgfältigen Pflege der Larven. Daher müssen die mit Eiern und jungen Larven versehenen Drohnenwaben entweder einem Drohnenpflegevolk, unter Verhinderung des Königinnenzutritts, zugehängt werden, oder man fügt ca. 10 Tage nach Eiablagebeginn junge Ammenbienen aus einem weiselrichtigen Volk zu. Die alten, drohnenbrütigen Arbeiterinnen werden von neu zugefügten Bienen zumeist abgestochen oder entfernt. Die erforderliche Futtersaftproduktion verhindert bei diesen neuen Pflegebienen ein schnelles Einsetzen der Drohnenbrütigkeit. Die aufgezogenen Drohnen sind grössermässig und in ihrer Spermienproduktion vollwertig und eindeutig Nachkommen der Arbeiterinnengruppe aus dem selektierten Volk.

Behandlung der geschlüpften Drohnen: Häufig ist die Aufstellung des Drohnenpflegevolkes in der Nähe des Besamungslabors vorteilhaft oder sogar notwendig. Dadurch ist eine Isolierung von anderen Bienenvölkern vielfach ausgeschlossen.

Für das Schlüpfen und die weitere Aufbewahrung der Drohnen bieten sich mehrere Möglichkeiten an:

1. Die Haltung der Drohnen mit Ammenbienen vom Schlüpfen im Brutschrank bis zur Geschlechtsreife ist ausserhalb des Volkes möglich. Die Temperatur muss aber mehr als 30°C betragen, da sonst eine merklige Hemmung der Spermienwanderung zu den Vesiculae seminales eintritt (Jaycox 1961). Diese Art der Haltung ist jedoch recht arbeitsaufwendig (Morimoto 1963).

2. Laidlaw (1954) findet eine Aufbewahrung der Drohnen vom Schlüpfen bis zur Verwendung zur I.B. in den in Abb. 9 dargestellten Absperrgittertaschen brauchbar. Die Rähmchen mit jeweils mehreren kleinen Absperrgitterkäfigen, die Drohnen verschiedener Herkunft enthalten, hängen in sorgfältig aufgebauten, weisellosen Pflegevölkern. Dauernde Zufuhr von offener Arbeiterinnenbrut in die Nachbarschaft der Käfige, Fernhaltung fremder Drohnen und dauernde Reizfütterung sind für diese Art der Drohnenhaltung erforderlich. Sie ermöglicht die schnelle Entnahme der gewünschten Drohnen zu jeder Tageszeit. Ausserdem lassen sich in einem Pflegevolk kleine Gruppen genotypisch verschiedener Drohnen aufbewahren, was bei der Erhaltung zahlreicher Linien mit jeweils geringer Königinnenzahl vorteilhaft ist. Dennoch ist die Verlustquote durch frühzeitiges Absterben der Drohnen mancher Genotypen z. T. recht hoch.

3. Man bringt die Drohnenwabe 2 Tage vor dem Schlüpfbeginn in einen Brutschrank. In 2—3-tägigem Abstand können die geschlüpften

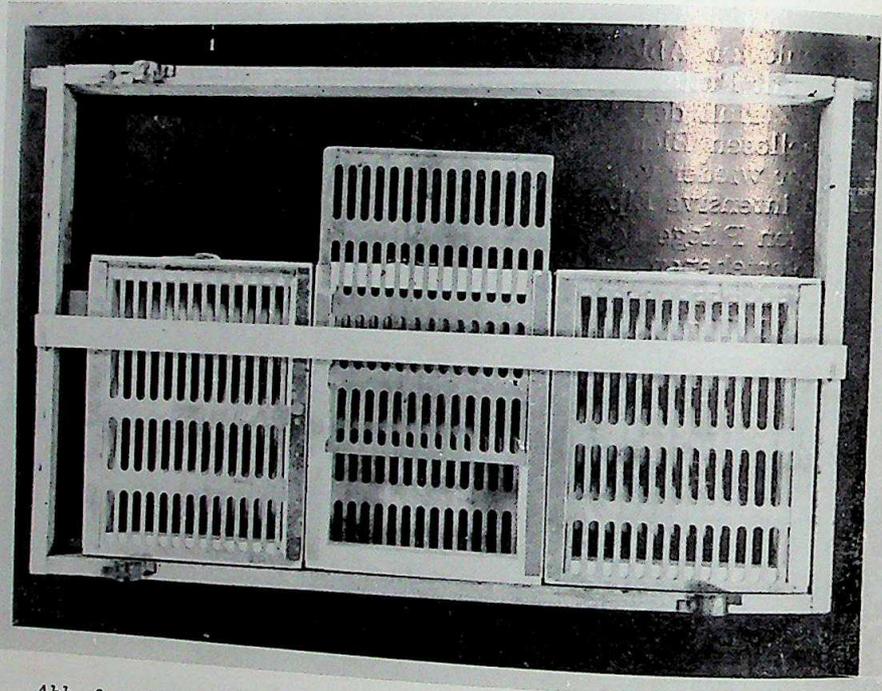


Abb. 9 — Käfige mit Abspergitter zur Haltung von Drohnengruppen in Pflegevölkern (Abwandlung der Käfige nach Laidlaw)

Tiere mit Schellackfarbe gezeichnet werden. Es empfiehlt sich, alle 3 Tage die Farbe zu wechseln, um so das Alter der reifen Drohnen eindeutig bestimmen zu können. Nach dem Zeichnen setzt man die Drohnen einem möglichst isoliert stehenden Pflegevolk zu, das keine oder nur wenige eigene Drohnen hat. Man sollte einem Drohnenpflegevolk keinesfalls mehr als 2 000 Drohnen zumuten, eine geringere Zahl ist wünschenswert. Während der aufsteigenden Volksentwicklung kann das Volk weiselrichtig sein. Im Spätsommer empfiehlt sich die Entweiselung, so dass das Volk nachschaffen muss und dabei die Drohnen gut pflegt. Die Drohnen können frei ausfliegen. Kontinuierliche schwache Reizfütterung des Pflegevolkes ist vorteilhaft.

4. Die Drohnenwabe wird einem Volk oder starken Ableger zum Schlüpfen zugehängt. Das Volk kann im Frühsommer weiselrichtig sein. am Ende der Vegetationsperiode empfiehlt sich die Entweiselung. Alle zum Volk gehörenden Drohnen und die Drohnenbrut müssen vorher sorgfältig entfernt werden. Solch ein Pflegevolk mit einem durchgesehenen Kunstschwarm und einer begatteten Königin auf Leerwaben einige Tage vor dem Schlüpfen der erwünschten Drohnenbrut anzusetzen, ist häufig arbeitssparender, als die Vorbereitung eines bestehenden Volkes. Ein Abspergitter — möglichst mit ca 5 mm Durchlassbreite — ist sofort zur Verhütung von Drohnenzuflug anzubringen. Die grösseren Öffnungen des

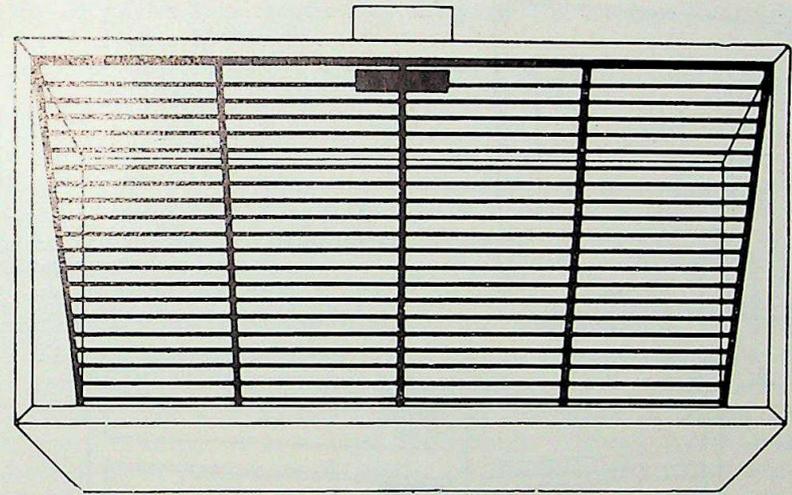


Abb. 10 — Vorsatz vor dem Flugloch zur Drohnensperre. Abspergitter ist im Winkel von 45° noch vorne geneigt. An der Oberseite Öffnung zum Abfangen der Drohnen.

Absperrgitters erleichtern den Arbeiterinnen den Durchlass und vermeiden Pollenverluste. Steht zur Pflege ein andersrassiges oder durch eine Farbmutante farblich eindeutig markiertes Volk zur Verfügung, braucht seine eigene Drohnenbrut nicht so sorgfältig entfernt zu werden.

Bei dieser Drohnenhaltung muss der Ausflug verhindert werden. Vom 7.—10. Lebenstag an beginnen die Ausflüge der Drohnen. Beuten mit kleinen Flugöffnungen sind bald von Drohnen verstopft, die Arbeiterinnen werden ausgesperrt oder das Volk kann eventuell verbrausen. Zur Vermeidung dieser Blockierung des Eingangs haben sich folgende Geräte gut bewährt :

a) Vorsatz nach Fischer (1965) (Abb. 10): Das Absperrgitter — möglichst mit 4,8—5,2 mm Durchlassöffnungen *) — ist in einem Vorbau ca 45° nach oben vorgeneigt. Das überstehende Dach des Vorsatzes verhindert, dass die am Absperrgitter nach oben gelenkten Drohnen den Himmel sehen können. Ihre Erregung klingt dadurch erheblich ab. Der untere Abschnitt des Absperrgitters bleibt zum Durchschlüpf der Arbeiterinnen weitgehend frei von Drohnen. Die Drohnen können durch die Öffnung im Dach des Vorbaus oder durch das Abnehmen des durch ein Schied verschlossenen Vorbaus während der Aktivitätsphase in den Mittagsstunden entnommen werden.

b) Vorsätze nach Fresnaye (1964) (Abb. 11 u. 12): Hier haben die Arbeiterinnen die Möglichkeit zu freiem Ausflug. Den Drohnen bietet sich

*) Erhältlich bei K. Neuner, 8532, Bad Windsheim, BRD

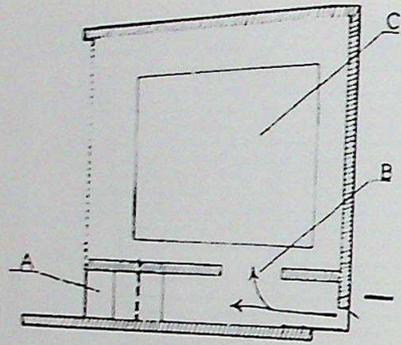


Abb. 11 — Vorsatz für eine Beute zur Verhinderung des freien Drohnenausfluges (nach Fresnaye).

A = Ein- und Ausflug der Bienen;
B = Zugang in den Käfig für die Drohnen;
C = Flugkäfig für die Drohnen.

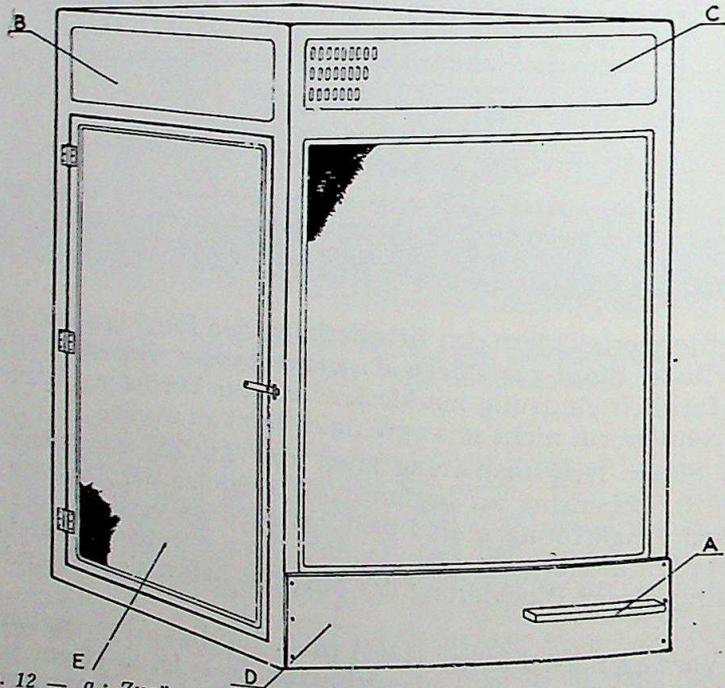
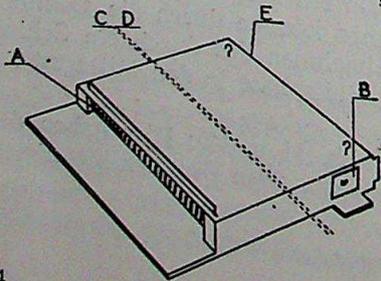


Abb. 12 — a: Zugänglicher Flugkäfig für Drohnen eines Pflegevolkes. Die Arbeiterinnen können frei zur Tracht ausfliegen (nach Fresnaye).

A — Flugloch für Arbeiterinnen; B — undurchsichtiger Abschnitt (wie das Dach); C — Absperrgitter; D — abnehmbarer Teil; E — mit Gitter versehene Tür.



b: Fluglochvorsatz für das Volk im Drohnenflugkäfig. Bei A können die Arbeiterinnen durch ein Absperrgitter nach aussen fliegen, bei B befindet sich im Käfig ein kleines Flugloch für die Drohnen. CD Wand des Käfigs, E Befestigung am Bienenkasten.

aber die Möglichkeit zu begrenzter Flugaktivität in dem Kasten (Abb. 11) oder im Flugkäfig (Abb. 12).

Bei den unter a. und b. beschriebenen Vorsätzen kann man die Drohnen bei gutem Wetter während ihrer Aktivitätsphase zwischen 12—16 Uhr abfangen. Ist der Beuteneingang direkt mit einem verschiebbaren Absperrgitter verschlossen, können auch hier die Drohnen während ihrer Aktivitätsphase durch teilweises Zurückschieben des Absperrgitters und Vorhalten eines durchsichtigen Käfigs entnommen werden. Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, müssen die Drohnen vor 10 Uhr von den Waben gesammelt werden, da später zu grosse Verluste durch Abfliegen entstehen.

Ältere Drohnen sitzen zumeist auf den Aussenwaben nahe dem Flugloch. Es ist empfehlenswert, wenn keine altersmässige Markierung der Drohnen vorgenommen wird oder durch Entfernung der teilweise geschlüpften Drohnenwabe das Mindestalter der vorhandenen Drohnen nicht bekannt ist, nur Drohnen einer Altersgruppe in einem Pflegevolk zu halten. Unnötige Arbeit und zu grosser Drohnenverschleiss durch Herausfangen zu junger, noch nicht geschlechtsreifer Drohnen wird so vermieden.

Bei einem grösseren Drohnenbestand im Pflegevolk ist ein horizontal zwischen Bodenbrett und Unterkante der Brutraumzarge angebrachtes Absperrgitter von der Grösse der gesamten Zargen-Bodenfläche ratsam.

Bei einer längeren Aufbewahrung der Drohnen ausserhalb des Volkes nach ihrer Entnahme empfiehlt es sich, mindestens die gleiche

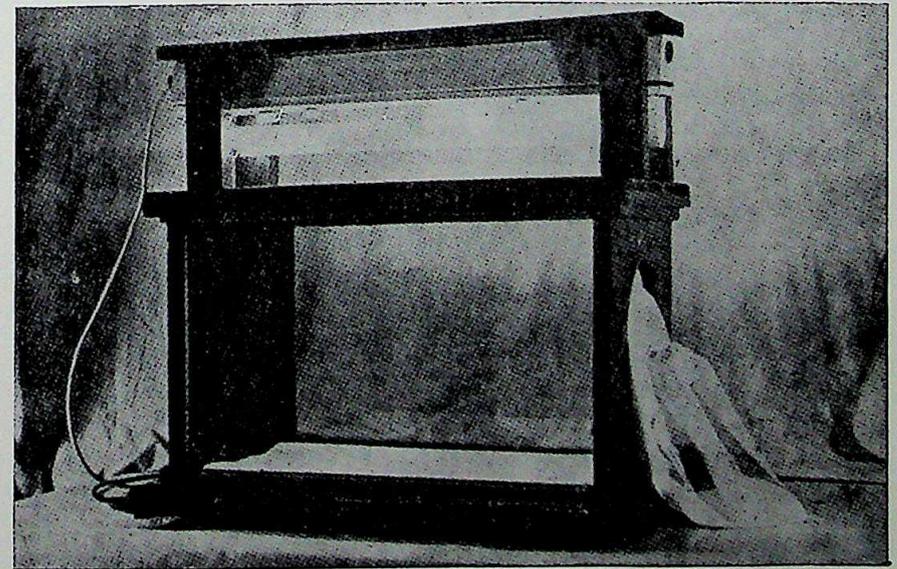


Abb. 13 — Gläserner Flugkasten für Drohnen vor ihrer Verwendung zur instrumentellen Besamung. Beleuchtung durch Tageslicht-Neonröhre, Boden mit Heizung. Abmessungen: Länge — 50 cm, Breite — 40 cm, Höhe — 40 cm.

Zahl Arbeiterinnen und ausreichend Futter zu geben und sie bei 25°—30° aufzubewahren (Mackensen u. Roberts 1948, Mackensen 1955, Mathis 1962). Drohnen allein büssen schon nach wenigen Stunden ihre Vitalität ein (Mindt 1962). Hatten die Drohnen keine Möglichkeit zum freien Ausflug, so empfiehlt es sich, die aus dem Pflegevolk ins Besamungslabor geholten Drohnen in einen in Abb. 13 dargestellten Glaskasten fliegen zu lassen. Sie koten dabei ab, und ausserdem stülpen sie erheblich besser nach 5—10 min Flugaktivität in dem auf 25°—30°C beheizten und mit einer Tageslicht-Neonröhre beleuchteten Kasten. In dem Kasten ist auch eine leichtere Trennung der evt. zur Pflege beigefügten Arbeiterinnen von den Drohnen möglich. Der Kasten hat die Abmessung: Länge 50 cm, Breite 40 cm, Höhe 40 cm. Durch einen Ärmelstützen ist jeder Punkt des Innenraumes gut erreichbar.

Schwierigkeiten bei der Drohnerzeugung: Aufzucht und Haltung der Drohnen im Spätsommer bereiten häufig Schwierigkeiten. Im Volk müssen dann zur Anregung der Ablage unbefruchteter Eier künstlich Bedingungen geschaffen werden, die der Situation vor dem Schwärmen entsprechen. Durch Einengung des Volkes oder durch reichliche Zugabe von fremden Bienen muss eine Enge geschaffen werden. Reizfütterung mit Honiglösung und reichliche Pollenversorgung sind erforderlich. Nach Ablage der Eier ist die Königin zu entfernen, so dass das Volk in der Nachschaffungsstimmung auch die Drohnen gut pflegt und noch bis in den Herbst hinein duldet.

Völlige Unfähigkeit einer Königin zur Drohnerzeugung kann nach Gorbatschjow (1961) durch ein rezessives Gen bedingt sein, das in homozygotem Zustand den Verschlussmechanismus der Spermatheka versagen lässt. Alle abgelegten Eier werden dann mit Spermien versorgt.

Bei stark ingezüchteten Völkern herrscht häufig eine geringe Neigung zur Drohnerzeugung. Hier ist die Ursache mangelnde Vitalität des Gesamtvolkes. Abhilfe schafft man durch Umsetzen der Königin in ein vitales Volk.

Junge begattete Königinnen sind manchmal kaum zur Ablage unbefruchteter Eier im gleichen Jahr zu veranlassen. In manchen Fällen ist hier die Drohnerzeugung durch eine Geschwisterkönigin für ein Zuchtprogramm tragbar. Durch die Versuche von Mackensen (1947) kennen wir eine Methode der Stimulation unbegatteter Jungköniginnen zur Drohnenbrütigkeit. Kräftige Jungköniginnen werden 5—6 Tage nach dem Schlüpfen 15—20 min mit CO₂ betäubt. 2—3 Tage später wird der Vorgang wiederholt. Am 12.—14. Lebenstag ist mit dem Beginn der Eiablage zu rechnen. Es ist empfehlenswert, diese Königinnen in einem kräftigen Ableger ausschliesslich auf Drohnenbau zu halten. Die in Arbeiterinnenzellen aufgezogenen Drohnen sind zwar auch vital und liefern Sperma, doch ist die Spermamenge merklich geringer als bei Drohnen aus Drohnenzellen.

Böttcher (1967) teilt ein anderes Verfahren zur Gewinnung von Drohnen von einer begatteten Königin mit. Diese wird an 2 aufeinanderfolgenden Tagen je 13—16 h auf +5—0°C abgekühlt. Die Königin erstarrt, erholt sich in der Wärme aber bald wieder und beginnt ca 10 Tage nach

dieser Behandlung mit der Ablage von ausschliesslich unbefruchteten Eiern.

Eine weitere Möglichkeit, Drohnen zu erzeugen und zugleich die Generationsdauer zu verkürzen, besteht darin, Arbeiterinnen drohnenbrütig zu machen (Alber 1956, Schasskolsky 1953). Jungbienen werden von Brutwaben abgefegt, nachdem die Flugbienen vorher abfliegen konnten. An isolierter Stelle setzt man mit diesen Jungbienen einen starken Ableger ausschliesslich auf Drohnenbau an (s. S. 30). Gefüttert wird mit einem Eiweiss- oder Pollenzuckerteig. Die Eiablage kann schon 10 Tage nach Ansetzen des Ablegers beginnen. Es ist ratsam, die Waben mit der Drohnenbrut zur weiteren Pflege einem anderen Pflegevolk zuzuhängen, oder es müssen dem drohnenbrütigen Volk nach Beginn der Brutpflege laufend Waben mit schlüpfenden Arbeiterinnen gegeben werden. Die so erzeugten Drohnen sind voll leistungsfähig.

Einfluss der Flugaktivität auf den Reifungsprozess der Drohnen: Der Beginn der Drohnenausflüge am 7.—10. Lebenstag ist kein Beweis für die sexuelle Reife der Tiere. Die Reifung der Spermien erfolgt während ihrer Wanderung aus den Hoden in die Samenschläuche und ist am 6.—9. Tag nach dem Schlüpfen abgeschlossen. Die Schleimdrüsen sind am 5.—6. Lebenstag prall gefüllt. Drohnen, die ca 10 Tage alt sind, stülpen schon in vielen Fällen; maximale Stülpfähigkeit setzt jedoch erst nach dem 12. Lebenstag ein.

Die Angaben über den fördernden Einfluss der Ausflüge auf die Stülpfähigkeit der Drohnen sind widersprechend. Woyke (1955) verneint einen Einfluss, Kurennoj (1954) bejaht ihn. Die Untersuchung von Mindt (1962) zeigt die geringe Reizbarkeit der Drohnen vor dem 1. Ausflug. Nur 12% der Drohnen stülpen bei Decapitierung, nach dem Ausflug 52%. Die für das Stülpen förderliche Erregung klingt aber bereits nach 10 min wieder ab. Aktiver Ausflug kann durch Schwirren an der Hand ersetzt werden.

Mackensen (1955) stellt eine 10% Zunahme der verfügbaren Spermienmenge bei frei ausgeflogenen Drohnen gegenüber gekäfigten Drohnen fest.

Lebensdauer und Funktionsfähigkeit der Drohnen: Darüber sind nur relative Angaben möglich, da die Lebensdauer stark von den Pflegeverhältnissen und jahreszeitlichen Witterungsbedingungen abhängt. Die Angaben für Drohnen mit freiem Ausflug liegen bei 54 Tagen durchschnittlicher Lebenserwartung (Howell u. Usinger 1933). H. Ruttner (1968) fand noch aktive Flugdrohnen, die älter als 70 Tage waren. Andere Untersuchungen ergaben niedrigere Werte. Kepena (1963) fand nach 21 Tagen 50%, nach 30 Tagen 25% und nach 51 Tagen noch 5% überlebende Drohnen. Drescher (1968) ermittelte im Juli eine durchschnittliche Lebensdauer von 23 Tagen, nach 40 Tagen lebten nur noch 3% der individuell gezeichneten Drohnen.

Witherell (1972) fand für normale Wildtyp-Drohnen eine durchschnittliche Lebensdauer von 21,2 Tagen. 20 weitere Mutantenstämme

wurden in Hinblick auf die Lebensdauer ihrer Drohnen überprüft. Bei der Mehrzahl lag diese erheblich unter der von Wildtyp-Drohnen.

Käfigung verkürzt die Lebensdauer nach *Mackensen* u. *Roberts* (1948) erheblich. Nach 25 Tagen sind die meisten Drohnen tot, nur wenige wurden 35 Tage alt. Die weit verbreitete Annahme, dass Drohnen unter europäischen Klimaverhältnissen in Völkern überwintern, konnte *Kepena* (1962) widerlegen.

Nahezu völlige Unkenntnis herrscht über die Dauer sexueller Funktionsfähigkeit der Drohnen, über das Lebensalter, bis zu dem das Sperma ohne Risiko für die I.B. verwendet werden kann. *Mindt* (1962) untersuchte nur die Stülpfähigkeit älterer Drohnen. Im Mai stülpten 76%, im Juni 92%, und im Juli 95% der Tiere bei Anwendung des gleichen Reizes.

DER BESAMUNGSAPPARAT

F. RUTTNER, H. SCHNEIDER und J. FRESNAYE

Voraussetzung für die routinemässige Anwendung der instrumentellen Besamung ist die Benutzung eines einfachen und zuverlässigen Apparates. Als erstes erfüllten die Konstruktionen von *Mackensen* und *Roberts* (1948) und von *Laidlaw* (1948) diese Voraussetzungen. In der Praxis hat sich der Apparat von *Mackensen-Roberts* wegen seiner einfachen Herstellung und Handhabung allgemein durchgesetzt, doch wurde im Verlauf der Zeit eine Reihe von Verbesserungen vorgenommen (*Ruttner, Schneider* u. *Fresnaye* 1974). Die nachfolgende Darstellung bezieht sich ausschliesslich auf diesen als „Standardapparat“ bezeichneten Typ, der sich seit einigen Jahren in mehreren Instituten und Besamungssta-

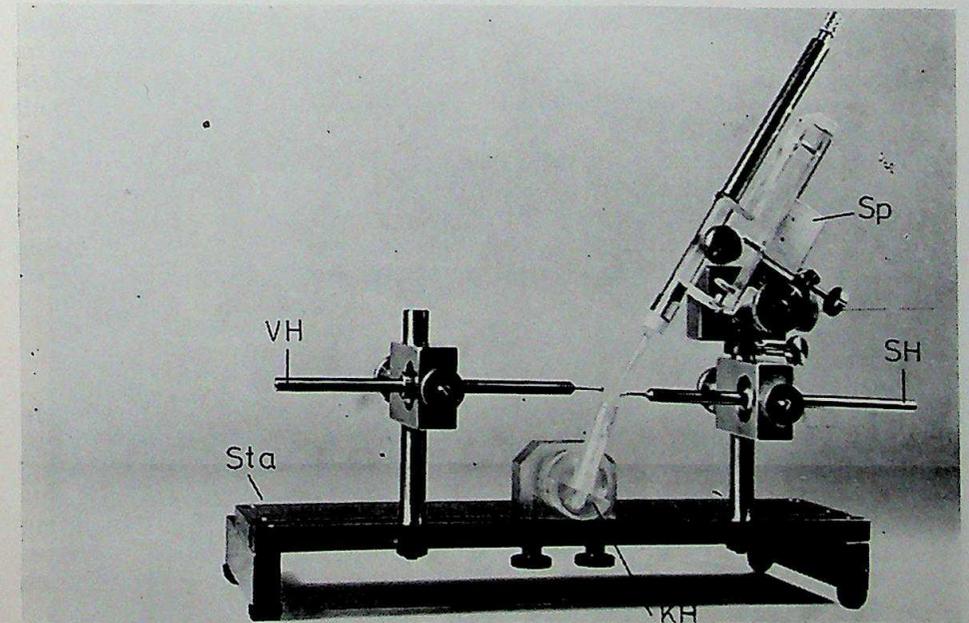


Abb. 14 — Standardmodell des Besamungsapparats
KH — Königinblock; Sp — Spritzenblock; Sta — Stativ; VH, SH — Ventral- und Stachelhäkchen

tionen ausgezeichnet bewährt. Im Anhang wird der in der ČSSR hergestellte Apparat nach V. Veselý beschrieben.

Der Besamungsapparat ist aus folgenden Grundelementen aufgebaut (Abb. 14).

1. Stativ mit Grundplatte und zwei Trägersäulen
2. Königinblock (KB) mit Gaszuleitung und Königinhalter (Abb. 15)
3. Stachelhaken (StH) und Ventralhaken, allseits beweglich befestigt an den Stativsäulen (Abb. 16)
4. Spritzenblock (Sp) zur Befestigung und mechanischen Führung der Spritze (Abb. 19)
5. Spritze mit auswechselbarer Spitze aus Plexiglas, betätigt durch einen Membranmechanismus (Abb. 18)
6. Kohlensäureversorgung aus Hochdruckflasche mittels eines Reduzierventils, mit Zuleitungen zum Königinblock und zum Narosegefäß. Zur Kontrolle der Feinregulierung des Gaszustroms wird eine wasergefüllte Flasche dazwischen geschaltet (Abb. 21)

Da für den Standardapparat soweit als möglich standardisierte Bestandteile verwendet werden, ist eine Selbstanfertigung in jeder Mechanikerwerkstätte möglich. Technische Detailzeichnungen und Konstruktionsanleitungen befinden sich am Schluss dieses Kapitels. Zunächst sei auf die wichtigsten Konstruktionselemente des Apparates hingewiesen.

Der Königinblock

Für die Besamung muss die Stachelkammer der Königin frei zugänglich sein. Dazu wird die Königin mit dem Kopf nach unten in einem Röhrchen am Stativ befestigt. Der Königinblock (Abb. 15) dient gleichzeitig der Gaszufuhr und der Einstellung des richtigen Neigungswinkels der Königin für die Besamung.

Der Königinblock ist mittels der Grundplatte P an dem Stativ befestigt. Durch eine Bohrung in der Mitte der Grundplatte führt das Gaszuleitungsrohr (G), das vorne eine Scheibe (S) zur Befestigung des Königinhalters trägt. Das Zuleitungsrohr kann also mitsamt der Scheibe beliebig gedreht werden, die Fixierung in der gewünschten Stellung erfolgt durch Anziehen der Mutter (M).

Der Königinhalter

Der Königinhalter (Abb. 15) besteht aus einer Röhre aus durchsichtigem Acrylglas (Lucite). Die eine Öffnung ist von 6,6 auf 4,8 mm Innendurchmesser konisch verengt. An dieser Stelle sind an der Innenwand 3 Längskerben eingefeilt, die das freie Vorbeiströmen des CO₂-Gases — entlang des Hinterleibes der Königin — ermöglichen. Für die Besamung oft zweckmässig, kürzere Röhrchen mit stärkerer Verjüngung des oberen Endes zu verwenden.

Zum Einführen der Königin in diesen Halter wird ein Röhrchen von demselben Durchmesser benötigt, das jedoch — abgesehen von einem kleinen Luftloch — an einem Ende geschlossen ist.

Der Königinhalter passt genau auf ein Röhrchen aus demselben Material, den Stopper (Abb. 15). Damit das Gas durch mehrere Öffnungen austraten kann, ist das dem Kopf der Königin zugewendete Ende des Stoppers abgesetzt und quer zur Hauptbohrung kreuzweise durchbohrt. Der Stopper ist mit einem Kunststoffkleber fest in eine Bohrung der Aufsteckplatte A (Abb. 15) geklebt. Der Königinhalter kann also mitsamt der Aufsteckplatte mit einem einzigen Handgriff in der richtigen Position am Stativ befestigt werden.

Die leicht lösbare Verbindung zwischen Aufsteckplatte und Königinblock erfolgt durch zwei Nippel bzw. Bohrungen an Scheibe und Aufsteckplatte, wie bei dem Baukastensystem „Lego“.

Durch diese Konstruktion ist es möglich, der Königin nach Lockerung der Mutter (M) jede gewünschte Neigung zu geben, ohne dabei den Gaszustrom zu unterbrechen. Ausserdem kann im Gegensatz zu älteren Modellen durch Drehen des Königinhalters jederzeit — auch nach Einsetzen der Häkchen — die Stellung der Königin verändert werden (F. Ruttner 1968). Solche kleine Adjustierungen sind oft notwendig, um eine streng symmetrische Einstellung der Stachelkammer zu erreichen.

Es hat sich gezeigt, dass man dann am besten arbeitet, wenn die Achse der Königin mit der Vertikalen einen Winkel von etwa 30° bildet; der Königinhalter soll also dieselbe Stellung einnehmen, wie der kleine

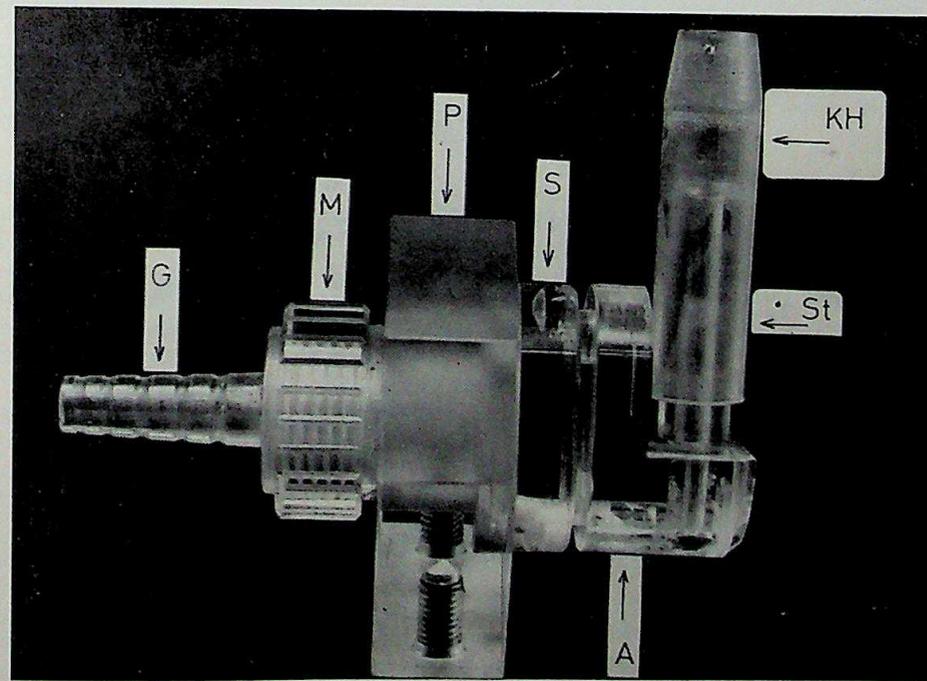


Abb. 15 — Königinblock
A — Aufsteckplatte, G — Gaszuleitungsrohr, KH — Königinhalter, M — Mutter, P — Grundplatte, S — Scheibe, St — Stopper

Uhrzeiger um 1 Uhr. Die Spritze kann dieselbe Neigung haben wie die Königin. Noch besser ist es aber, wenn man der Spritze eine etwas grössere Neigung gibt, sie also 1/2 2 Uhr stellt (Abb. 14).

Um die beste Position von Königin und Spritze zueinander zu finden, ist der ganze Königinblock an einem Schlitz in der Grundplatte nach links oder rechts verschiebbar (Abb. 15).

Die Haken und ihre Befestigung

Die Stachelkammer der fixierten Königin wird mit Hilfe von zwei feinen Haken geöffnet. Das Ventralhaken (links) hat die Form eines Schürhakens. Es hat blosse Haltefunktion (Ergreifen und Wegziehen der letzten Bauchschuppe der Königin). Das Stachelhaken trägt an einem gebogenen, sehr dünnen Hals ein dreieckiges Schäufelchen. Es muss anatomisch genau dem Stachelapparat der Königin angepasst sein, damit man den Stachel ergreifen und (dorsal) wegziehen kann. Das mühelose Einführen der Spitze in den mittleren Eileiter hängt ganz wesentlich von der Form dieses Hakens ab. Die in Abb. 16 angegebenen Masse müssen eingehalten werden.

Die Führung der Haken, die viel „Fingerspitzengefühl“ verlangt, erfolgt über Handgriffe mittels eines Kugelgelenkes (Abb. 17). Dadurch werden sehr feine und weichkontinuierliche Bewegungen nach allen Richtungen, wie bei den Gelenken der menschlichen Hand, gewährleistet. Die Kugeldrehungen können durch eine Schraube lockerer oder strenger gestellt werden. Ein weiches, fein abstimmbares Gleiten der Hakenhandgriffe

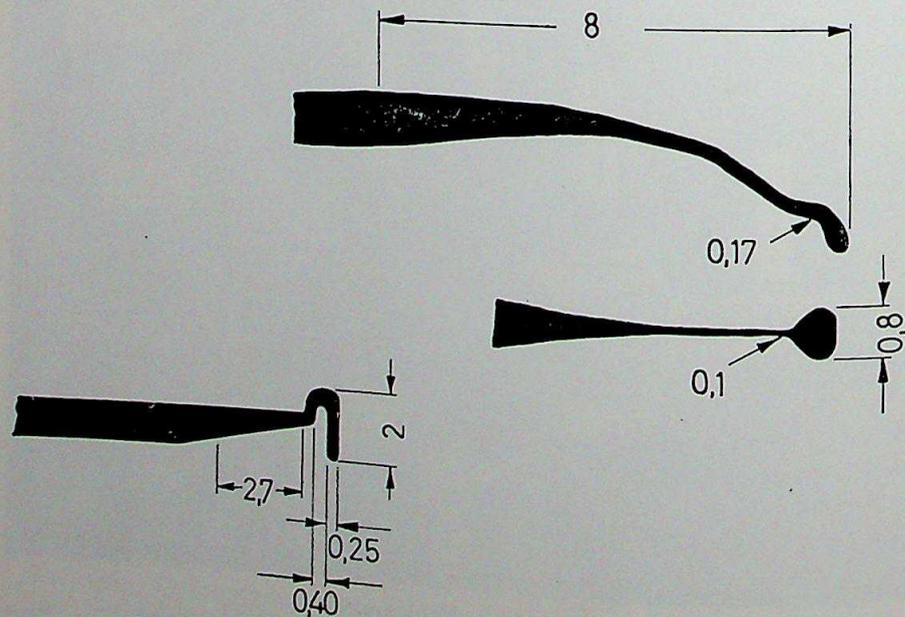


Abb. 16 — Ventralhaken (links) und Stachelhaken (rechts)

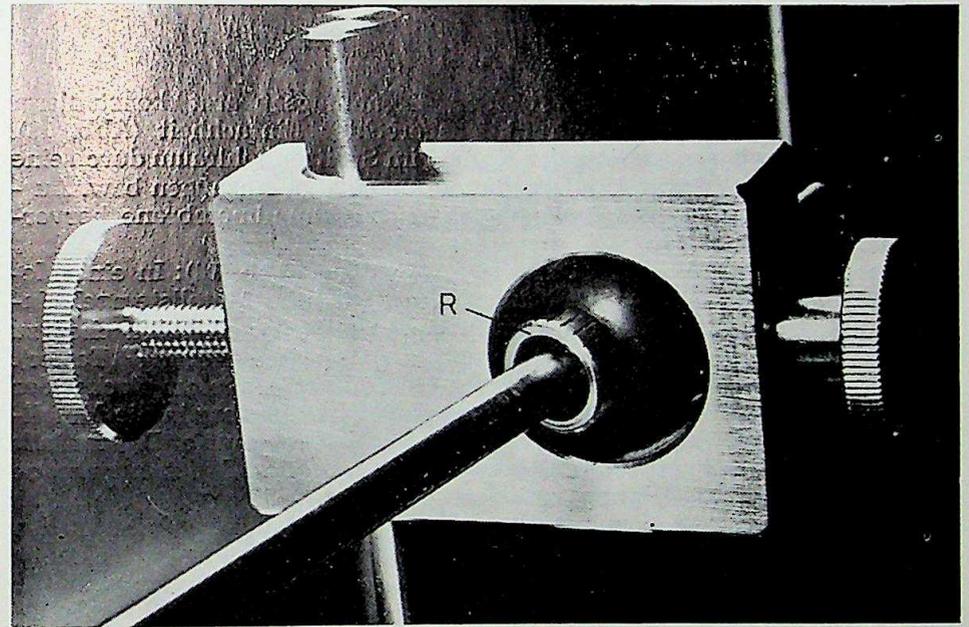


Abb. 17 — Hakenhalter mit Kugelgelenk. Die rechte Schraube regelt die Gängigkeit der Kugelbewegungen, mit der Rändelschraube R lässt sich der Spannkonus in der Kugelbohrung so einstellen, dass der Hakenhandgriff leicht und weich gleitet.

wird durch eine konische Tefloneinlage als Führung erreicht. Auch hier kann die Gängigkeit der Bewegungen durch Verstellen einer Mutter geregelt werden.

Die dreieckige Schaufelplatte soll flach sein, damit das Gewebe unter dem Stachelapparat nicht zu weit nach rückwärts gedrängt wird. Der Hals teil sei von oben gesehen so dünn als möglich, von der Seite gesehen kann er jedoch auch stärker als 0,2 mm sein.

Einen guten Stachelhaken hütet jeder Besamungstechniker wie seinen Augapfel, denn von ihm hängt zu einem guten Teil das rasche Gelingen der Besamung ab. Seine schwache Stelle ist der Halsteil, der sich schon bei einer leichten Berührung verbiegt, die Vorbereitung zu einem späteren Bruch.

Für die Herstellung des Stachelhakens können verschiedene Werkstoffe verwendet werden. Weiche Metalle (Messingdraht) lassen sich leicht bearbeiten, sie verbiegen sich aber auch sehr leicht. Härtere Metalle (Fahrradspeichen, Stahlnadeln) behalten über lange Zeit ihre Form, aber sie brechen leichter. Dass die Haken keine scharfen Ecken und Kanten haben sollen, versteht sich von selbst. Jedenfalls sollte man ständig mindestens einen Stachelhaken in Reserve halten. Wer nicht selbst in der Lage ist, Stachelhaken herzustellen, sollte beizeiten eine Bezugsquelle sicherstellen, um nicht mitten in der Saison lahmgelegt zu werden.

Spritze und Spritzenblock

A. Die Spritze

Die von Mackensen 1948 für den Besamungsapparat konstruierte Spritze ist von bestechender, funktionsgerechter Einfachheit (Abb. 18). Das wesentliche daran ist, dass der Kolben im Spritzenhohlraum durch eine Flüssigkeit ersetzt wurde. Die Druckänderungen zum Ansaugen bzw. Auspritzen werden durch die Bewegungen einer Gummimembrane hervorgerufen.

Im einzelnen ist die Spritze wie folgt gebaut (Abb. 18): In eine Metallhülse mit Innengewinde an beiden Enden wird ein Metallstempel eingeschraubt. Um die Spritze für verschiedene Spizentypen gebrauchen zu können, hat der Stempel eine lose aufgesetzte Verlängerung (Taster). Dessen Spitze berührt eine 1 mm dicke Gummimembrane am Sockel der Spitze aus Plexiglas. Die Spitze wird aber nicht unmittelbar in die Metallhülse eingeschraubt, sondern mittels einer Verbindungsmuffe (D, ebenfalls aus Acrylglas) mit einer breiteren Bohrung. Die Gummimembrane ($\varnothing 7$ mm) wird in diese Bohrung eingelegt.

Man schraubt die Verbindungsmuffe in die Metallhülse und füllt den Hohlraum über der Membrane mit physiologischer Salzlösung (vgl. Kap. 5). Nun wird die Acrylglaspitze eingeschraubt. Dadurch wird einerseits die Gummimembrane festgespannt, andererseits wird die Bohrung der Spitze luftlos mit Flüssigkeit gefüllt. Wird nun der Tauchkolben (A) weiter hineingedreht, so stösst der Taster (C) auf die Membrane (E) und drückt die Flüssigkeit solange durch die Spitze (F), bis die Membrane eine merkliche Spannung erreicht hat. Wird nun der Kolben zurückgedreht, so federt die Gummimembrane ebenfalls zurück und zieht die Flüssigkeitssäule mit sich. Die Flüssigkeit wirkt als Pumpenkolben und damit kann das Sperma durch die Spitze (F) aufgesaugt oder wieder ausgespritzt werden.

Die Mackensen-Spitze (Abb. 18, F) wird in folgender Weise hergestellt: Bei einem Stab aus Acrylglas (Handelsbezeichnung Plexiglas,

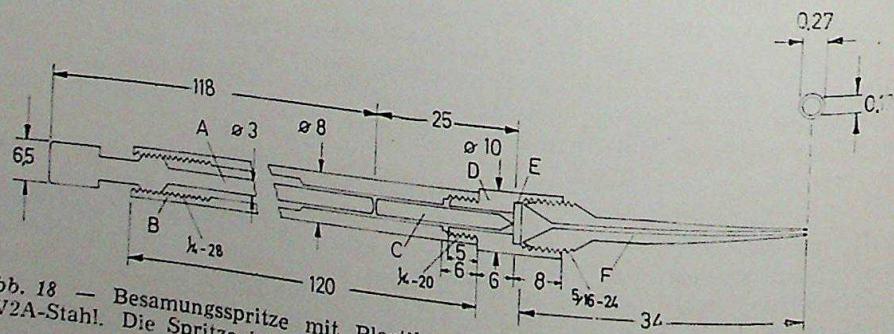


Abb. 18 — Besamungsspritze mit Plastikspitze nach Mackensen (1:1), Material V2A-Stahl. Die Spritze ist mit Zollgewinde versehen, damit die aus den USA bezogenen Spritzen verwendet werden können.
A — Stempel; B — Hülse; C — Taster (Stempel-Zwischenstück); D — Verbindungsmuffe aus Plexiglas (Spitzensockel); E — Gummimembran, 6,5×2; F — Spitze (Plexiglas)

Luft) von 8 mm \varnothing wird an einem Ende auf einer Drehbank eine konische Vertiefung von 60° Schräge eingefräst. Vom Grunde der trichterförmigen Vertiefung wird mit einem 0,7 mm Spiralbohrer ein 25 mm tiefer Kanal gebohrt. Da das Material die Wärme schlecht ableitet, müssen die Bohrer mit einer Mischung von 2% Emulsionsöl in Wasser oder mit Seifenwasser gekühlt werden. Nur dann erhält man glatte Bohrflächen. Der Bohrer muss oft zurückgezogen werden, um Späne zu entfernen. Zum Bohren des verjüngten Kanals am dünnen Spitzende benötigt man einen Spezialbohrer. Dazu feilt man sich einen Stahlstift von geeigneter Härte zu einer langen dreieckigen Spitze zu. Gebohrt wird dieser letzte Abschnitt von Hand, indem man den selbstgefertigten Bohrer zwischen Daumen und Zeigefinger rotieren lässt.

Nach Anbringen des Gewindes am basalen Abschnitt wird das verjüngte Ende durch Abdrehen und Feilen so weit als möglich auf seine endgültige Grösse und Form gebracht. Mit einer Feile wird die Spitze auf einen inneren Durchmesser des Kanals von 0,15 mm verkürzt, gemessen unter einem Mikroskop mit Okularmikrometer. An der Spitze wird der äussere Durchmesser auf 0,25 mm zugefeilt. Die Schlusspolitur des feinen Spitzendes erfolgt mit dem Finger und ein wenig Polierpaste, der übrige Teil der Spitze wird mit Leder geglättet. Zur Aufbewahrung werden die sehr empfindlichen Spitzen in Schutzkapseln aus Acrylglas eingeschraubt.

Da die Spritze und Spitzen wegen der aufwendigen Fertigung überwiegend aus den USA bezogen werden, sind auf den Zeichnungen absichtlich Zollgewinde angegeben.

Einzelbestellungen bei der Fa. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois 62341, USA, sind möglich. Preise (1974): Spitze \$ 10
Spritze \$ 16

Die normale Mackensen-Spitze, die gewöhnlich kalibriert geliefert wird, oder die man selbst mit einer Skala versehen kann, fasst 10 μ l Sperma, ausreichend für eine Besamung. Soll eine grössere Serie von Königinnen besamt werden, so könnte es von Vorteil sein, ein grösseres Quantum Sperma auf einmal aufzuziehen und dann eine Serie von Königinnen in einem Zuge zu besamen. Das könnte eine Rationalisierung der Arbeit und eine Verbesserung der hygienischen Verhältnisse bedeuten, da nicht ständig zwischen Drohnen und Königinnen gewechselt werden muss.

Mackensen (1969) baute eine grosse Besamungsspritze, in dem er an einer handelsüblichen Mikrospritze mit 0,5 ml (= 500 μ l) Fassungsvermögen eine Plastik-Besamungsspitze befestigte (mittels eines Zwischenstückes und eines Epoxyzements). Durch eine Drehung des Spritzenstempels wurden 5,6 μ l Samen eingesaugt, bzw. entleert. 160 μ l Samen wurden in die Spritze aufgezogen und damit im Laufe eines Tages 20 Königinnen besamt. Wie Spermazählungen ergaben, litt der Samen durch mehrstündiges Verweilen in der Spritze keinen Schaden. Einfache Kolbenspritzen für die Aufnahme einer grösseren Samenmenge wurden von Harbo (1973) und F. Weber (nicht publ.) konstruiert (vgl. S. 85).

Man kann aber auch mit normalen Spritzen zu einer Rationalisierung gelangen, wenn man mehrere von ihnen gleichzeitig benutzt. Man füllt einige Spritzen hintereinander mit Samen und besamt dann mehrere Kö-

niginnen hintereinander. Diese Arbeitsweise wird möglich durch die rasche Auswechselbarkeit der Spritze am Stativ.

In einer Arbeitsgruppe von zwei Personen kann die Arbeit an den Bienen von der Insemination getrennt werden. Eine Gruppe von drei Personen ermöglicht ein richtiges Arbeiten am Fliesband und damit eine erhebliche Leistungssteigerung. Es genügt ein einziger Spezialist für die Besamung der Königinnen, ein Anfänger nimmt das Sperma in mehreren Spritzen auf und ein Imker bringt Königinnen und Drohnen, bzw. er setzt die besamten Königinnen in ihre Völker zurück. Bei Benutzung von zwei oder mehreren Spritzen können die Arbeitsmethoden in vielfältiger Weise

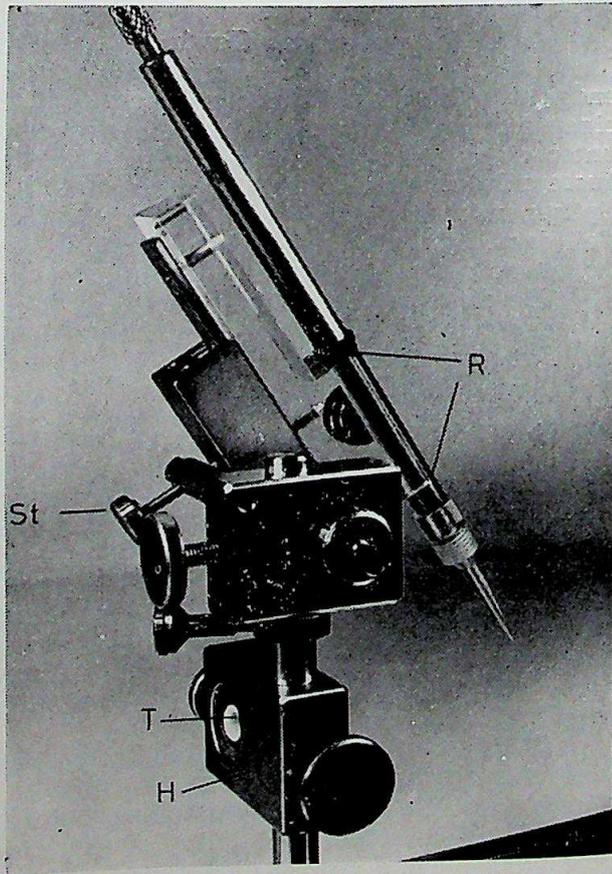


Abb. 19 — Spritzenblock und Häkchenhalter (H)

R — Rinne aus Plexiglas zur Befestigung der Spritze; St — Stellschraube zur Veränderung des Neigungswinkels; T — Lagerkugel mit Tefloneinlage für Hähchengriff

modifiziert werden, mit dem Ergebnis einer grösseren Elastizität in Hinblick auf die Erfordernisse und einer grösseren Zahl besamter Königinnen, obwohl dazu nicht mehr als ein einziger Besamungsapparat erforderlich ist. Jede dieser Methoden hat ihre Vor- und Nachteile. Beim ständigen Wechsel von einer Tätigkeit zur anderen verliert man zwar etwas Zeit. Andererseits aber ist diese Arbeitsweise weniger beanspruchend, da man sich beim Übergang von einer Tätigkeit zur anderen entspannen kann.

B. Der Spritzenblock

Die Bewegung der Spritze erfolgt mechanisch durch einen Feintrieb. Dazu wird die Spritze in die Rinne eines Führungsblocks aus Plexiglas eingelegt und festgeschraubt (Abb. 19). Der Führungsblock ist an einem serienmässig gefertigten Feintrieb (für Mikroskop-Kreuztische) befestigt und kann an diesem mittels einer Schraube bewegt werden. Der ganze Block ist an derselben Stativsäule befestigt wie der Stachelhaken.

Vor oder nach dem Einführen der Spitze in die Vaginalkammer kann es notwendig sein, sie etwas zu heben oder zu senken. Ausserdem muss die Spitze die Scheidenklappe passieren, die in die Vaginalkammer hineinragt (Kap. 2, Abb. 2). Die Steuerung dieser Bewegungen erfolgt durch eine Stellschraube, die in folgender Weise betätigt wird: Man schiebt zunächst die Spitze etwas in die Vaginalöffnung, dann verschiebt man sie durch Drehen an einer Stellschraube (St) etwas nach ventral und führt sie an der Scheidenklappe vorbei in den mittleren Eileiter (Abb. 54 D, S. 77)

Die zuerst von V. Veselý (1967) eingeführte Vorrichtung erlaubt eine sehr exakte Einstellung der Spitze und hat sich auch in der Praxis gut bewährt.

Bisher wurde die Scheidenklappe mit einer Sonde zur Seite gedrückt, bevor man die Spitze an ihr vorbei in den mittleren Eileiter schieben konnte. Da viele Besamungstechniker die Vaginalsonde weiterhin benutzen, sei dieses Instrument kurz beschrieben. Es handelt sich um einen kurzen Haken aus Messingdraht an einem Handgriff. Die Form ist auf Abb. 20 ersichtlich, dort ist aber nicht zu erkennen, dass die 1 mm lange Spitze korkzieherartig um 25—30 Grad im Uhrzeigersinn gebogen ist — vom Handgriff aus betrachtet.

Die Vaginalsonde wird aus 1 mm dickem Messingdraht gefertigt. Die Bearbeitung geschieht in folgender Reihenfolge: Feile — Schleifstein — Ölstein — rote Schleifpaste — biegen. Alle scharfen Kanten und Ecken werden sorgfältig geglättet und poliert, da die Verletzungen der Königin fast ausschliesslich mit der Vaginalsonde erzeugt werden. Um eine glatte, runde Oberfläche zu erzielen, überzieht Van Laere die Sonde und auch die Hähchen mit Epoxyharz.

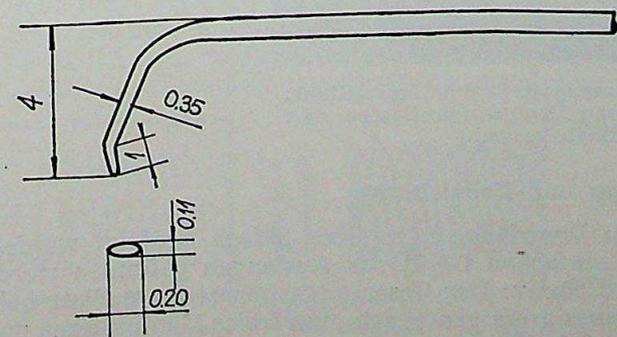


Abb. 20 — Vaginalsonde

Die Narkose der Königin

Das zur Narkose benötigte Kohlensäuregas wird in Hochdruckflaschen durch den Getränkehandel bezogen. Zur Druckminderung ist ein Reduzierventil mit Manometer erforderlich. Es ist zu empfehlen, ein Ventil mit zwei Auslasshähnen zu wählen, damit zusätzlich Narkosen durchgeführt werden können, ohne dass jedesmal der Schlauch vom Apparat abgenommen werden muss (Abb. 21). Die Gaszuleitung zum Besamungsgerät erfolgt über einen gewöhnlichen Gummi- oder PVC-Schlauch. Es ist nicht notwendig, aber ungemein praktisch, die Zuleitung an einer Stelle zu unterbrechen und das Gas durch eine Wasserflasche (in chemischen Labors als „Waschflasche“ bekannt, Abb. 22) strömen zu lassen. Man kann dann den Gaszustrom wesentlich feiner regulieren — nach einiger Erfahrung auch nach dem Ohr, nach dem Klang der aufsteigenden Luftblasen.

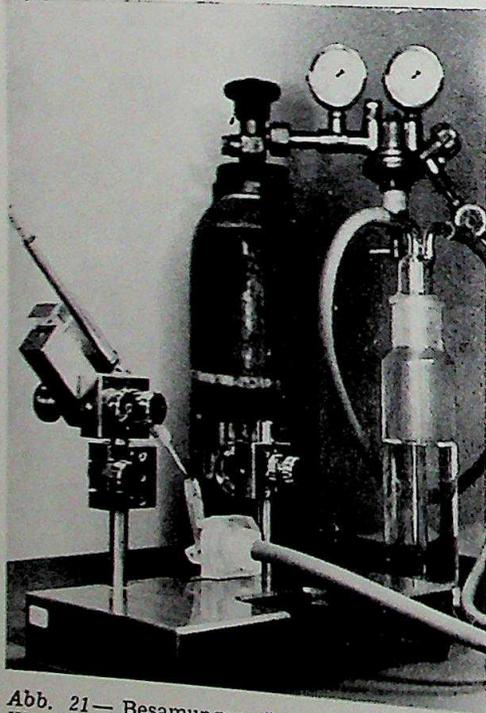


Abb. 21 — Besamungsgerät mit Gaszuleitung, Waschflasche und Kohlensäureflasche mit Reduzierventil

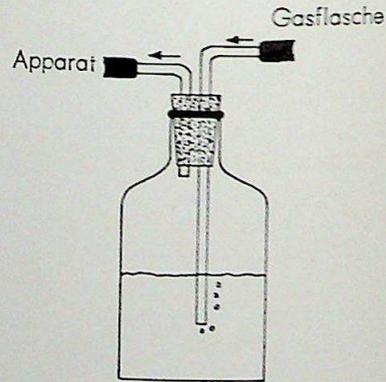


Abb. 22 — „Waschflasche“ zur Kontrolle des Gaszustroms

Mikroskop und Beleuchtung

Da kaum Vergrößerungen über 20fach benötigt werden, kann mit einem relativ einfachen Gerät das Auslangen gefunden werden. Wichtig sind Optik und Stativ: Der Besamungsapparat muss Platz haben, der Arbeitsabstand muss gross genug sein, um freies Manipulieren und den Lichtfall unter möglichst steilem Winkel zu gestatten und der Tubus muss so hoch gestellt werden können, dass die Schärfenebene über dem oberen

Ende des Köninginhaltes liegt. Vor dem Kauf sollte man sorgfältig prüfen, ob diese Voraussetzungen gegeben sind. Im übrigen dürften die Überlegungen davon beeinflusst werden, ob das Instrument noch für andere Zwecke benötigt wird (Krankheitsuntersuchungen usw.)

Sehr wichtig ist eine helle, kühle Beleuchtung der Königin. Dazu verwendet man eine der üblichen Mikroskopierlampen zu 6 Volt für Trafoanschluss. Bei einigen Fabrikaten lässt sich das Licht auf einen engen Bezirk bündeln, die Helligkeit ist dann dort wesentlich grösser. Gelegentlich werden Wärmeschutzfilter verwendet, bei den meisten Geräten ist dies aber nicht nötig.

Glasspitzen

Schon vor der Entwicklung der Acrylspitzen wurden Glasspitzen verwendet. Sie können mit wesentlich geringerem Durchmesser hergestellt werden als die Spitzen aus Kunststoff und sind billiger. Ausserdem haben sie eine glattere Oberfläche, daher verletzen sie seltener die Königin und sind leichter zu reinigen und zu desinfizieren.

Viele Mitarbeiter in Laboratorien haben Erfahrung in der Herstellung von Kapillaren und anderem Gerät aus Glas. Es wird ihnen deshalb leichter fallen, Spitzen aus Glas als solche aus Kunststoff herzustellen. Glasspitzen haben den Nachteil, dass sie leichter abbrechen. Dieser Nachteil lässt sich dadurch beheben, dass man sie nach *Velthuis* und *Sommeijer* (1970) flexibel gestaltet: Man feilt die Glasspitzen in der Mitte durch und verbindet die beiden Stücke mit einem dünnen Plastikschlauch wieder miteinander.

Van Laere benützt Glaskapillaren mit einem inneren Durchmesser von 0,75 mm. Der äussere Durchmesser kann zwischen 1,5 und 5 mm schwanken. Die Kapillare wird über einer Alkoholflamme solange gedehnt, bis der innere Durchmesser auf 0,18 mm sinkt. An dieser Stelle schneidet man ab und schleift den äusseren Durchmesser auf 0,30 mm. Die Kanten der Mündung werden rundgeschmolzen. Fertige Spitzen aus Glas können von *F. Weber* bezogen werden (vgl. S. 53).

Einen einschraubbaren Adapter für die Glasspitzen hat *Laidlaw* 1957 entwickelt (Abb. 23): Eine durchlochte Gummimembran oder ein kurzes Stück Polyvinylschlauch entsprechender Stärke (C) wird als Dichtung über die Basis der Glasspitze gezogen. Dann steckt man die Spitze durch die Bohrung einer Muffe aus Plexiglas (B). Durch Einschrauben in eine zweite Muffe (A) wird die Glasspitze mit ihrem Dichtungsring fest einge-

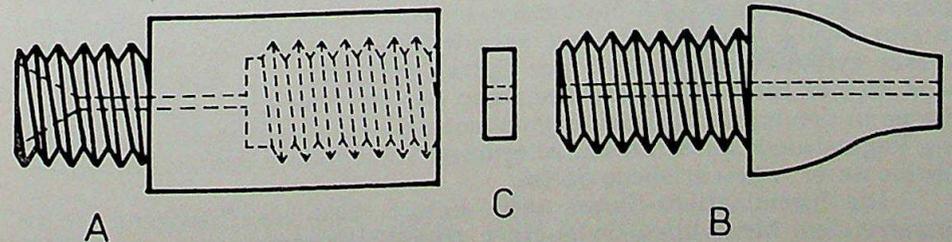


Abb. 23 — Adapter für Glasspitzen

presst. Das Ganze wird mit dem Gewinde an der Muffe A in das Verbindungsstück an der Spritze eingeschraubt (Abb. 24). Zur Reinigung, Sterilisierung oder nach Beschädigung kann die Spitze sehr rasch aus ihrer Fassung herausgenommen werden. Werkzeugzeichnung zur Herstellung des Adapters s. Abb. 45.

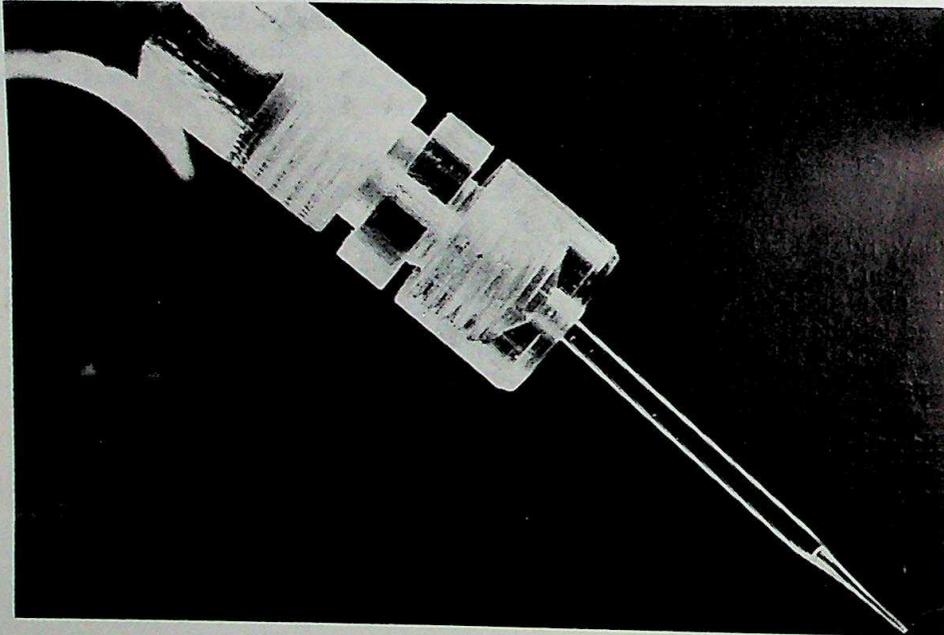


Abb. 24 — Glasspitze, an Spritze montiert (K. Haidinger, München)

BESAMUNGSAPPARAT NACH VESELÝ

Dieser Apparat ist ähnlich gebaut wie das Standardmodell, weicht aber doch in einigen Details von diesem ab.

Die Inseminations-SPITZE wird aus Acrylglas (Block-Methylmetakrylat) erzeugt. Die hier benützte Technologie des Bohrens und Schleifens bei kleinstem Durchmesser des Werkstückes ermöglicht es, das vordere Ende der Spitze beliebig zu formen. Deshalb erzeugt man ausser den kegelförmigen Spitzen nach Mackensen auch solche Spitzen, deren Mündung in einer Länge von 1,5 mm fast zylinderförmig geschliffen ist (Abb. 25). Dieses zylinderförmige Ende der Spitze erleichtert die Besamung auch sehr kleiner Bienenköniginnen anderer Rassen. Man kann ausserdem die Spitze in den mittleren Eileiter (medianen Ovidukt) einführen, ohne dabei die Vaginalsonde zu benützen. Allerdings ist sie teurer und zerbrechlicher als die unter A beschriebene Spitze.

Die Inseminations-Spitze nach Veselý wird aus flüssigem, selbst erstarrendem Methylnmetakrylat-Harz (Handelsbezeichnung in der ČSSR „Dentakryl“) hergestellt. Es geschieht dies auf folgende Weise :

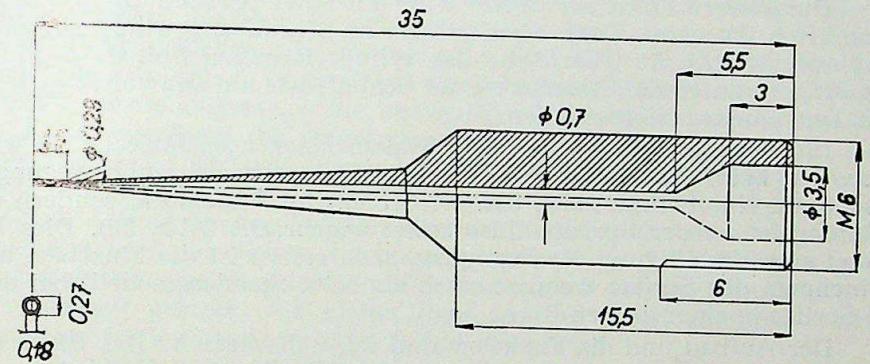
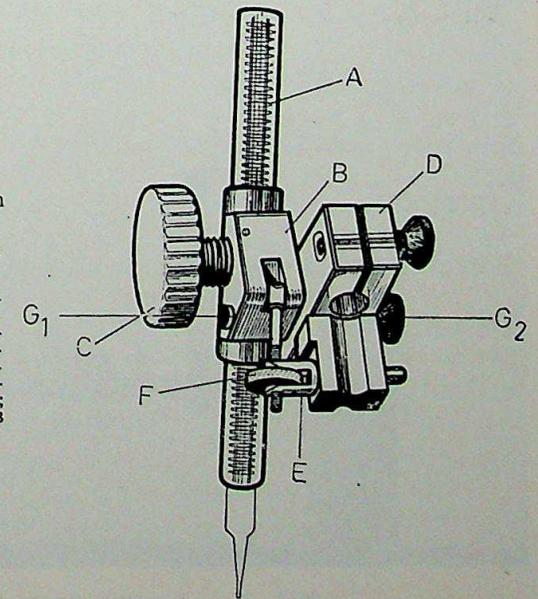


Abb. 25 — Spitze nach Veselý

Das flüssige Harz wird in eine zylindrische Papierform gegossen. In die Mitte der Gussform taucht man einen polierten Stahldorn von der Form und den genauen Dimensionen des Spitzenkanals. Das Erstarren des Harzes erfolgt in einer Druckkammer unter einem Druck von 4 atm. Dieser Druck wird durch CO₂ erzeugt, das aus einer Stahlflasche über ein Reduzierventil zugeführt wird. Die Kammer wird bei dem angegebenen Druck ständig von Gas durchströmt; dadurch wird eine regelmässige Polymerisation und Kühlung erreicht. Sobald das Harz erstarrt ist, wird der Dorn mit Hilfe eines Schraubenmechanismus herausgezogen. Bei dieser Herstellungsmethode entfällt also das Bohren des Kanals.

Abb. 26 — Spritzenbefestigung nach Veselý. Mit 2 Stellrädchen wird die Spritze nach der Höhe und dem Neigungswinkel verstellbar.

A — Zahnung der Spritzenröhre; B — dreieckiger Führungsträger; C — Tribrädchen des in B eingebauten Zahnrades mit Spiralfeder; D — Klemmblock zum Befestigen auf dem Geräte-träger; E — Bügel, der das Neigungs-rädchen hält; F — Neigungs-rädchen; G₁—G₂ — horizontale Achse, um die B gegen D verdreht werden

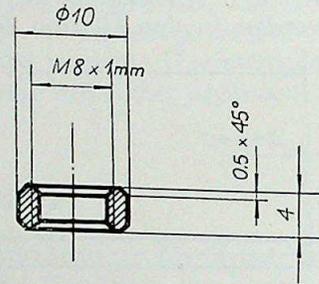


Teil 4 Mutter für Spannkonus 2 x

Feingewinde von 1 mm erforderlich (handelsübliche Muttern haben ein größeres Gewinde). Am Umfang Einkerbungen.

Abb. 31 — Mutter für Spannkonus (1:1); (Teil 4; s. Abb. 17, R)

Messing, rund 10x6



Teil 5 Rückholfeder für Spritzenhalter

Kann mit Hilfe eines Federdrahtes selbst gewickelt werden. Die Aufgabe der Feder ist, den Trieb auf die Stellschraube (Teil 6) zu drücken.

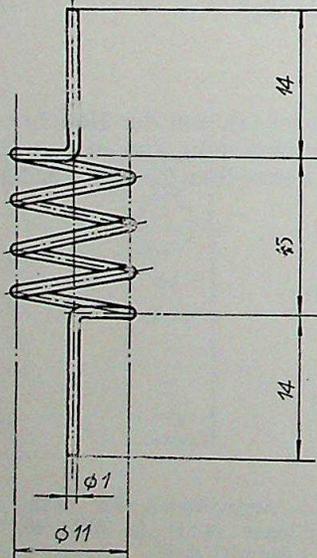


Abb. 32 — Rückholfeder für Spritzenhalter (1:1)
Federdraht, 1x170

Teil 6 Stellschraube für Spritzenhalter

Aufgabe: Veränderung des Neigungswinkels von Feintrieb und Spritze. Der Kunststoffeinsatz (K) soll eine Beschädigung des Triebes verhindern und ein besseres Gleiten zwischen Trieb und Stellschraube ermöglichen.

Falls im Handel nicht erhältlich, durch Auflöten des Kopfes einer Rändelschraube auf Messing-Senkschraube DIN 63/87 leicht herstellbar.

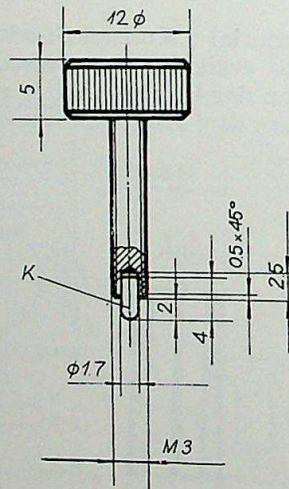


Abb. 33 — Stellschraube für Spritzenhalter (2:1; Teil 6) (fremdbezogenes Bauteil)
K — Kunststoffeinsatz

Teil 7a+7b Stativsäule in zwei verschiedenen Längen

Material V2A Stahl. Messing kann auch verwendet werden, hat aber den Nachteil, dass es nach einiger Zeit anläuft und die Gleitfähigkeit (Drehbewegung) des Teils 10 — Halteklötz für Spritzenhalter — beeinträchtigt. Anfertigung in zwei Längen, s. Zeichnung.

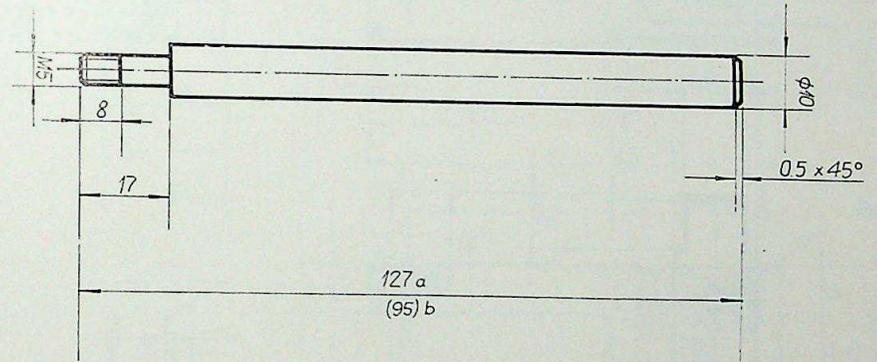


Abb. 34 — Stativsäulen (2 verschiedene Längen) (1:2; Teil 7a, 7b)
Material V2A-Stahl a) 10x127 b) 10x95

Teil 8 Lagerkugel für Häkchenhalter 2 x

Material Messing oder Bronze. Kunststoff wäre ungeeignet, da durch die vielen Drehbewegungen bald Riefen und Rillen entstünden. Bei normalem Stahl würde der Rostansatz die Gleitfähigkeit bremsen, es käme dann beim Besamen (Einsetzen der Häkchen) zu ruckartigen Bewegungen. Handelsüblich bekommt man die Kugel in vollem Zustand, sie muss ausgebohrt werden. In die Bohrung wird der Spannkonus für Stachel und Ventralhäkchen Teil 3 (siehe Erklär. 3) eingesetzt. Herstellung des Konus in der Kugel: Ausbohren 8,1 Ø mm, dann mit einer konischen Reibahle aufreiben oder auf einer kleinen Drehbank fertigstellen. Bezugsmöglichkeit von Kugeln und Reibahle: Acker u. Stichel

645 Hanau, Postfach 105

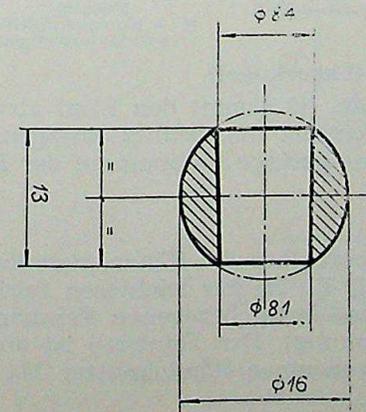


Abb. 35 — Lagerkugel für Häkchenhalter (1:1; Teil 8)
Material Bronze oder Messing

Teil 9 Träger für Stellschraube Spritzenhalter

Herstellung nach Zeichnung, Gewindebohrung (G) wird erst bei Montage gebohrt, um die richtige Winkelstellung des Teils Nr. 6 zu erzielen. Zwei Flächen am Aufnahmebolzen sind für einen 6er Maulschlüssel, um das Teil 9 mit 10 festzuschrauben.

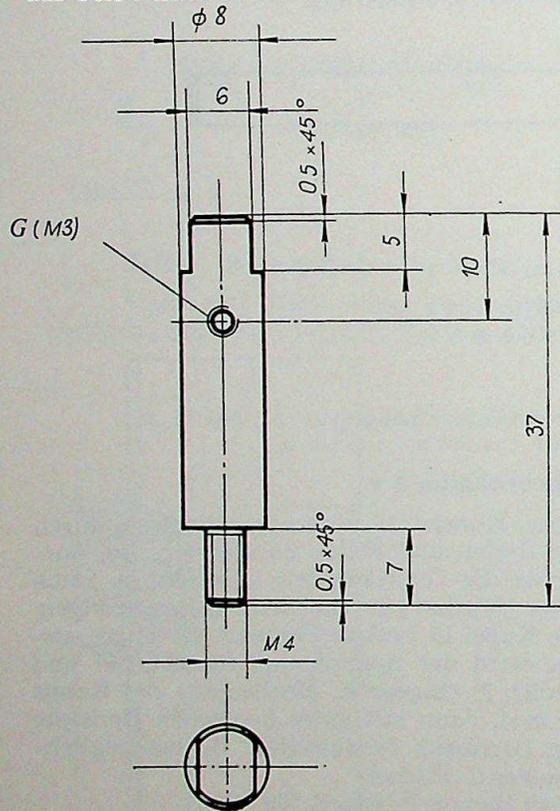


Abb. 36 — Träger für Stellschraube am Spritzenhalter (1:1; Teil 9)
Messing, rund 8x40; G — Gewindebohrung

Teil 11 Druckschraube für Teil 8 (Lagerkugel)

Anfertigung: Bei längerer Schraube ($\phi 4$ mm) den Kopf absägen, dann ablängen. Bohrung für Kunststoffeinsatz (K), Schlitz einsägen. Der Kunststoffeinsatz ist erforderlich, um eine geringe Reibung auf der Kugel zu erzielen.

Teil 12 Spritzenhalter

Die Bewegung des Feintriebes erfolgt über die Rändelschraube CS. Der eigentliche Spritzenhalter (Teil 12) ist zur leichteren Spritzenführung auf den Schwalbenschwanz eines fertig bezogenen Feintriebelementes aufgeschraubt (keine Detailzeichnung). Der Feintrieb ist auf der Achse 22 drehbar montiert und wird von einer Rändelmutter M4 über 4 Tellerfedern im Halteklötz 10 gehalten.

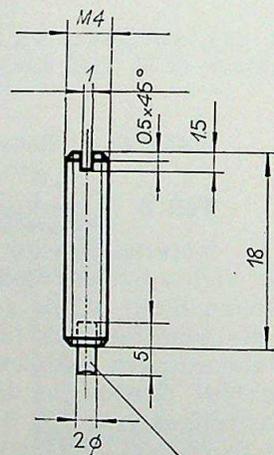


Abb. 37 — Druckschraube für Lagerkugel (Häkchenhalter) (2:1; Teil 11 (vgl. Abb. 29))
Messing;
K — Kunststoffeinsatz, zweifach anfertigen

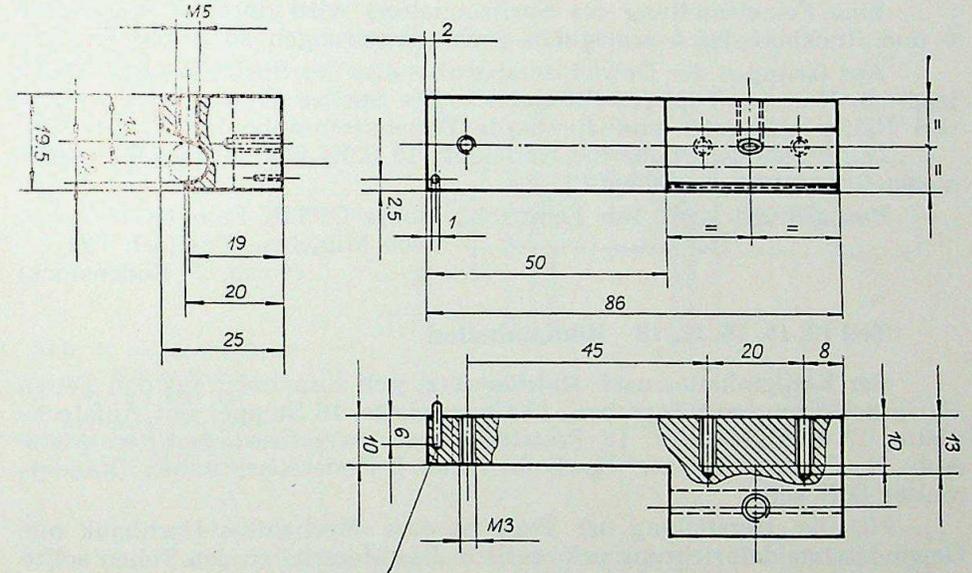


Abb. 38 — Spritzenhalter (1:2; Teil 12)
Acrylharz (Plexiglas), 20x25x22, A — Anschlagstift

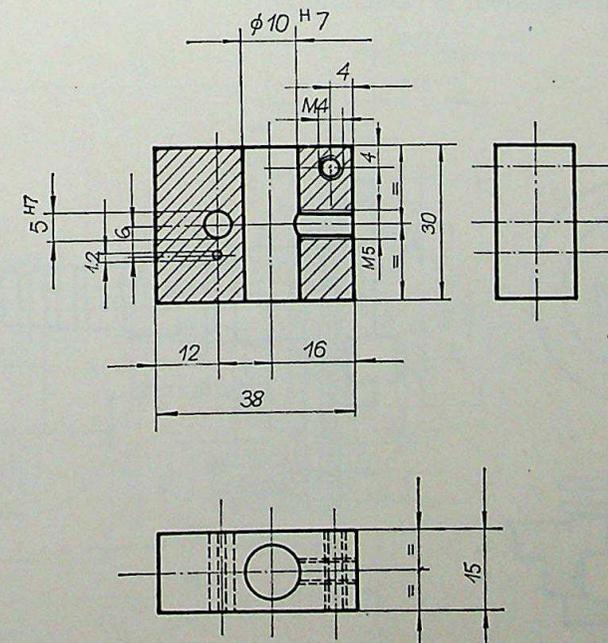


Abb. 39 — Halteklötz für Spritzenhalter (1:2; Teil 10)
Messing, 40x32x17. Alle Kanten 0,5x45° gebrochen

Eine Feineinstellung des Spritzenhalters wird durch Stellschraube 6 und Rückholfeder 5 ermöglicht (siehe Erklärungen zu 5 und 6).

Aus Gründen der Gewichtsersparnis sollte der Spritzenhalter 12 aus leichtem Kunststoff hergestellt werden. Die Spritze 19 wird von oben in den Halter eingesetzt und durch die Feststellschraube R(M5) gehalten.

Die Feststellschraube für Halteklötz 10 (DIN 653) ist in der Zusammenstellung nicht gezeichnet!

Bezugsmöglichkeit für Feintrieb: Robra-OPTIK-Foto GmbH
8000 München, Postfach 720
(vorm. J. Rodenstock)

Teil 13, 15, 16, 17, 18 Königinhalter

Der Königinhalter nach *Ruttner* setzt sich zusammen aus den Teilen 13 Gaszuführung mit Zäpfchen, 15 Grundplatte, 16 Stopper mit Aufsteckplatte, 17 Königinhalter, 18 Feststellmutter, zwei Gewindestiften (siehe Abb. 41, G) dazu 2 Unterlegscheiben und 2 Feststellschrauben (Rändelmutter DIN 466).

Für die Herstellung der Teile ist eine Mechaniker-Drehbank mit Gewindeschneideinrichtung erforderlich. Das Material zu den Teilen sollte rostfrei sein, da mit dem CO₂-Gas immer etwas Wasser in die Teile kommen kann. Am besten geeignet ist Kunststoff (Plexiglas).

Die Teile 13 (Z1), sowie 16 (E1, E2, Z, werden mit einem Azetonkleber zusammengeklebt (s. Zeichnung).

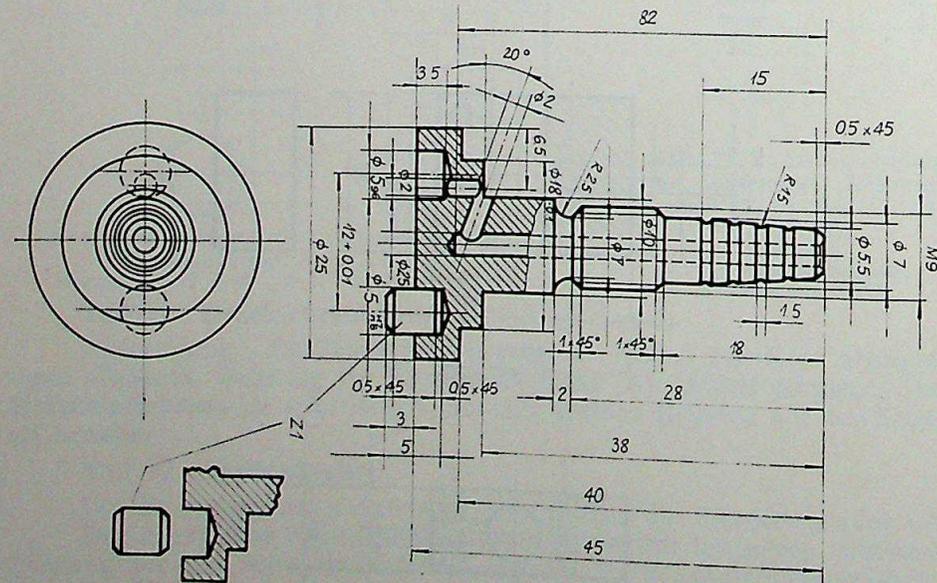


Abb. 40 — Gaszuführung (2:1; Teil 13, vgl. Abb. 15)
Acrylharz (Plexiglas), rund 25x47, Z1 — Zäpfchen (eingeklebt); rechts getrennt herausgezeichnet

Abb. 41 — Grundplatte für Königinhalter (1:2; Teil 15)
Acrylharz (Plexiglas), 32x42x13; G- 2 Gewindestifte 4x25 (Messing)

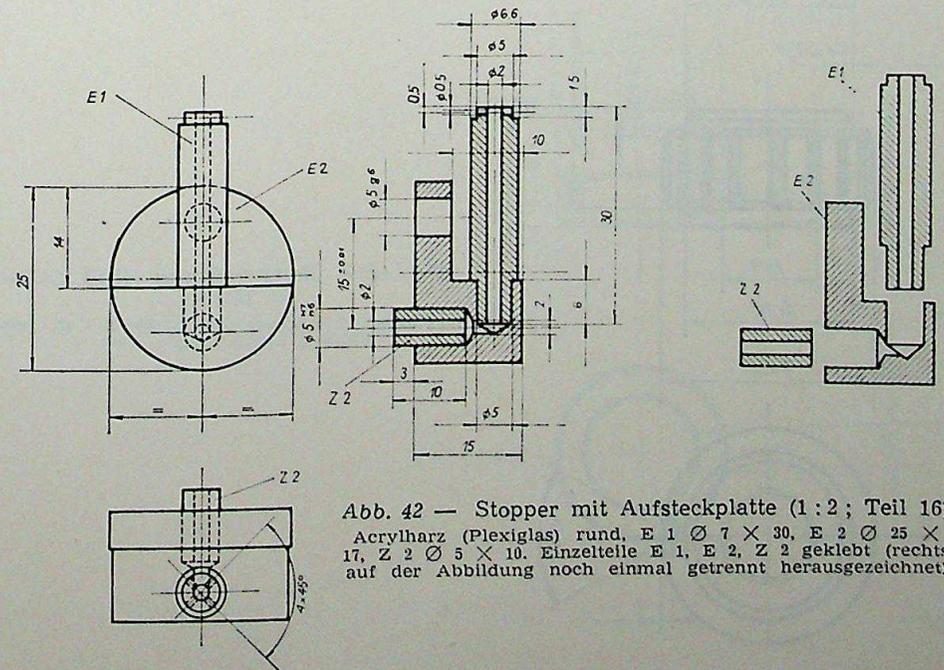
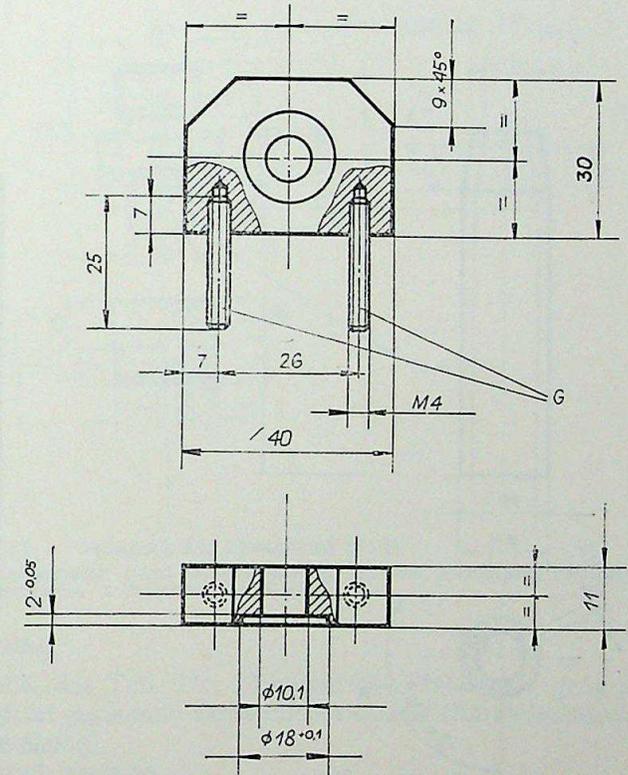


Abb. 42 — Stopper mit Aufsteckplatte (1:2; Teil 16)
Acrylharz (Plexiglas) rund, E1 Ø 7 x 30, E2 Ø 25 x 17, Z2 Ø 5 x 10. Einzelteile E1, E2, Z2 geklebt (rechts auf der Abbildung noch einmal getrennt herausgezeichnet)

Teil 20 Stativfuss

Material Stahl (Norm-Bezeichnung St 37), um dem Apparat die nötige Stabilität zu geben (nicht Holz oder Kunststoff). Der Fuss mit Ölfarbe gestrichen. 4 Gummifüsschen (F; z.B. Hartgummidichtungen 3/8 Zoll) werden angeschraubt.

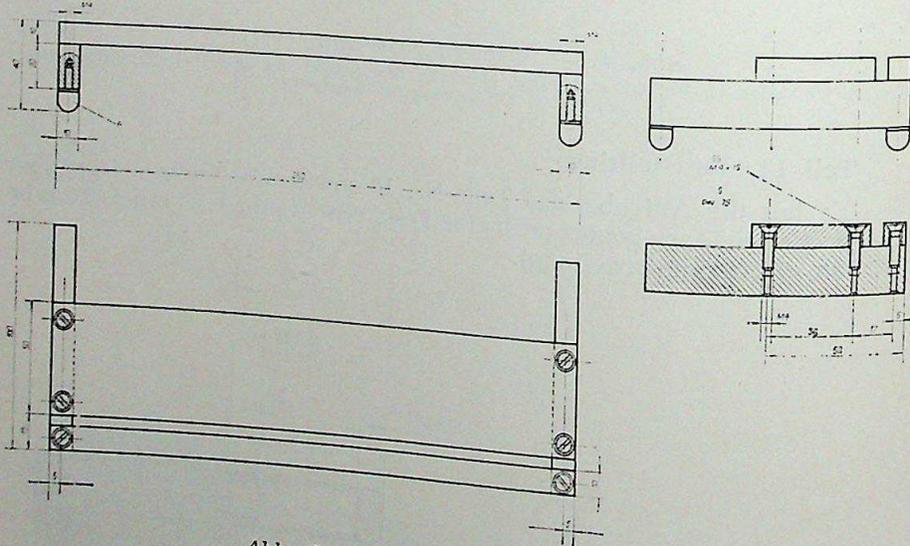


Abb. 47 — Stativfuss (1:4; Teil 20)
Material Stahl 37; F — Gummifüsschen, S — Senkung fein, SS — Senkschraube. Alle Kanten $1 \times 45^\circ$ gebrochen.

Teil 21 Achse für Trieb

Anfertigung nach Zeichnung
Position siehe Zusammenstellung

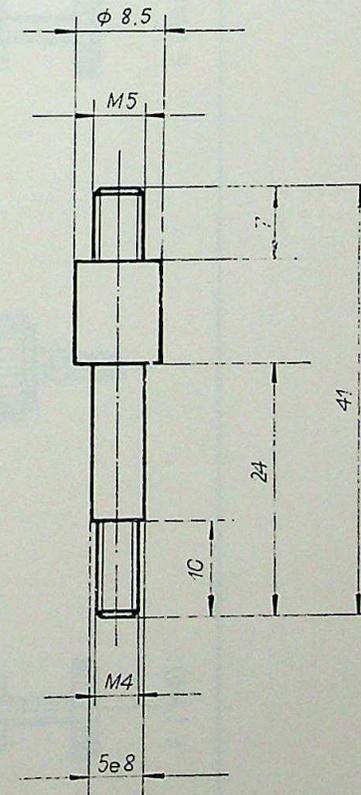


Abb. 48 — Achse zur Befestigung des Triebes (1:1; Teil 21)
Messing, rund $\varnothing 8,5 \times 43$

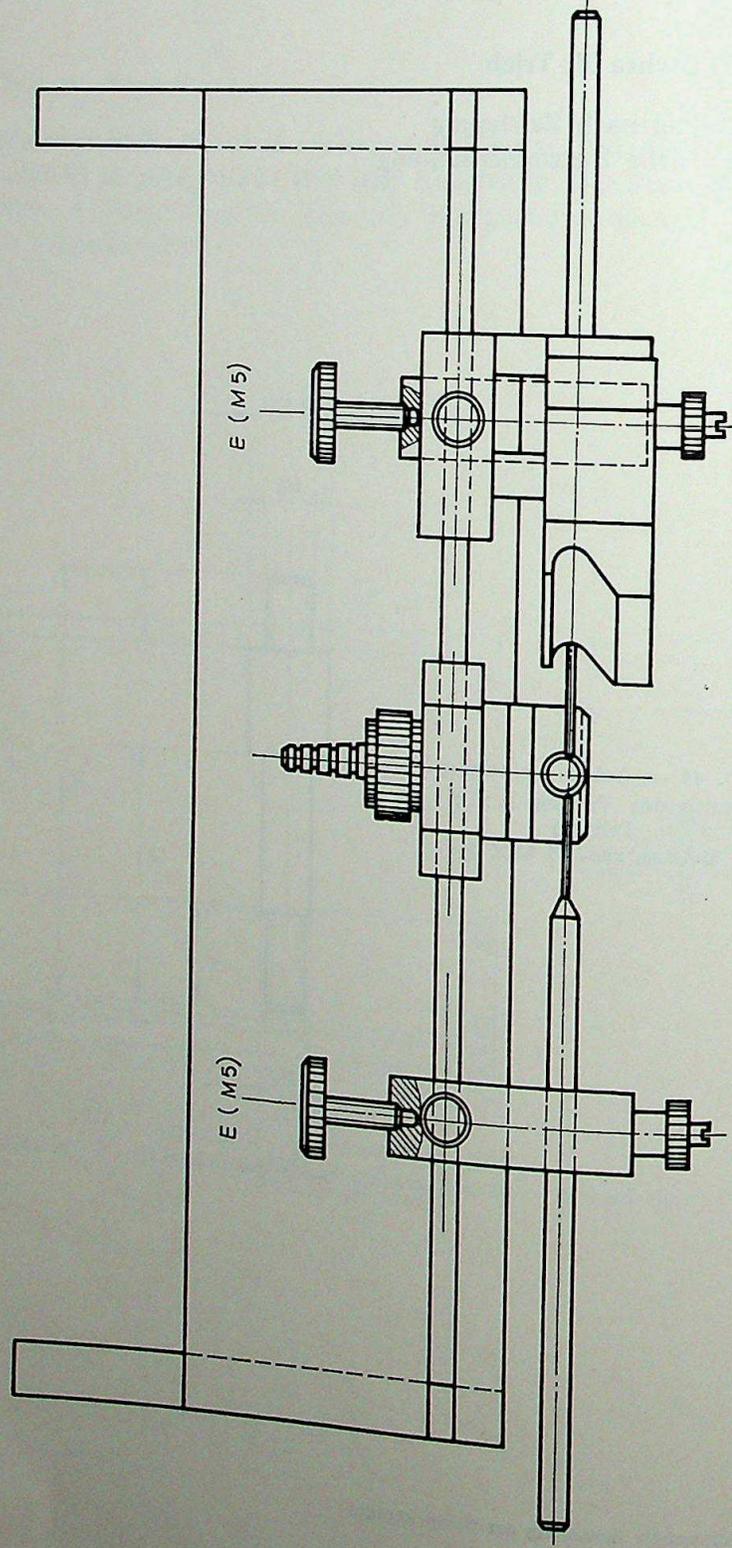


Abb. 51 — Besamungsapparat von oben
E — Rändelschraube für Lagerklötz

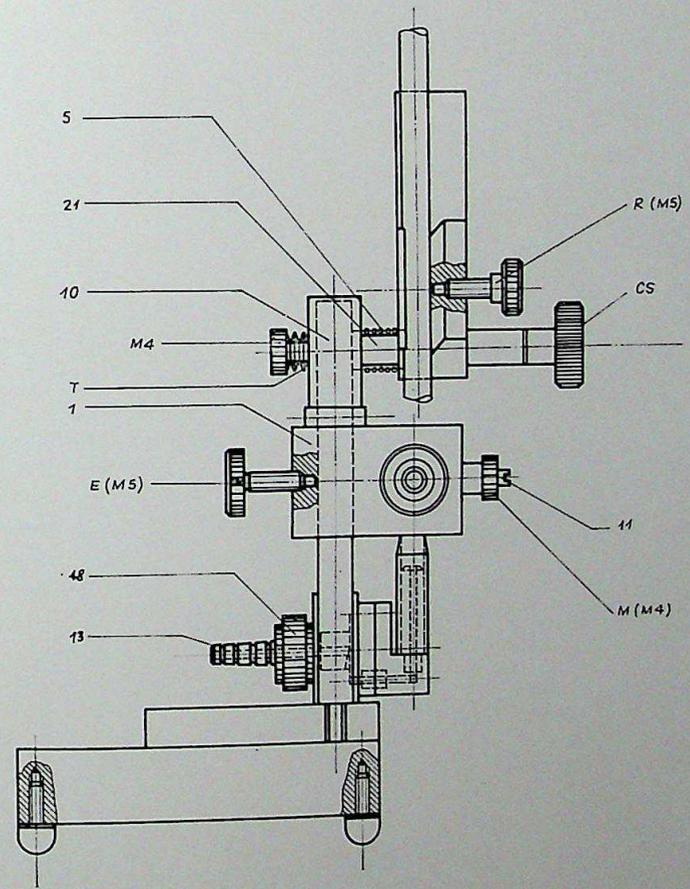


Abb. 50 — Besamungsapparat von der Seite
 T — Tellerfedern A 8, DIN 2093. Übrige Beschriftung wie in Abb. 49

Stückliste

Nr.	Bezeichnung	Massstab	Werkstoff	Abmessung	Bemerkung
1	2 × Lagerklotz für Hähchenhalter	1 : 1	Messing	flach 30×15×52	Erläut. zu 1
(zu 1)	2 × Feststellschraube für Lagerklotz	—	Messing	5×10 mm	Fremdteil : Rändelmutter DIN 653
(zu 11)	Feststellmutter für Druckschraube	—	Messing	4 mm	Fremdteil : Rändelmutter DIN 466
2	Hähchengriff 2 × Stachel- und Ventralhähchen	1 : 1 10 : 1	V2A Messing	s. Zeichnung „	Erläuterung zu 2
3	Spannkonus für Hähchenhalter	2 : 1	Teflon o. Plexiglas	rund 9×20 mm	Erläut. zu 3
4	Mutter für Spannkonus	2 : 1	Messing	rund 10×6 mm	Erläut. zu 4
5	Rückholfeder für Spritzenhalter	2 : 1	Federdraht	Draht Ø 1×170 mm	Erläuterung zu 5+12
6	Stellschraube für Spritzenhalter	2 : 1	Messing + Kunststoff	12Ø×22 Messing 2Ø×4 Kunststoff	z. T. Fremdteil M3×20 DIN 653 Erläut. 6+12
7a+b	Stativsäule	1 : 1	V. A. Stahl	rd. 10×128 mm rd. 10×90 mm	Erläuterung zu 7
zu (7a+b)	2 × Mutter für Stativsäule	—	—	5 mm	Fremdteil DIN 439
zu (7a+b)	2 × Unterlegscheibe für Stativsäule	—	—	5 mm	Fremdteil DIN 125
8	2 × Lagerkugel für Hähchenhalter	2 : 1	Bronze oder Messing	16Ø mm i	Fremdteil Erläuterung zu 8
9	Träger für Stellschraube am Spritzenhalter	2 : 1	Messing	rd. 8×40 mm	Erläuterung zu 9+12
10	Halteklotz für Spritzenhalter	1 : 1	Messing	flach 30×15× ×40 mm	Erläuterung zu 12
ZU (10)	Feststellschraube für Halteklotz	—	Messing	5 mm	Fremdteil Rändelschraube DIN 653
11	2 × Druckschraube für Lagerkugel Hähchenhalter	2 : 1	Messing	4 mm	Erläuterung zu 11
(12)	Spritzenhalter	1 : 1	Plexiglas Kunstharz o. ä.	flach 20×25× ×88 mm	Erläuterung zu 12
zu (12)	Anschlagstift für Trieb	—	Stahl oder Eisen	3Ø×10 mm	

Nr.	Bezeichnung	Massstab	Werkstoff	Abmessung	Bemerkung
zu 12	Rändelmutter für Spritzenhalter M4	—	Messing	4 mm	Fremdteil DIN 466 Erläuterung zu 12
zu (12)	4 × Tellerfedern (T in Abb. 50)	—	—	innen 4,5∅ mm	Erläut. zu 12 ∅ 4,2 = A8 DIN 2093 ∅ 4,5 r.
zu (12)	3 × Senkschraube für Spritzenhalter	—	Messing	3×10 mm	Fremdteil DIN 63/87
zu (12)	Feststellschraube für Spritzenhalter	—	Messing	5×15 mm	Fremdteil Rändelschraube DIN 464
13, 15 16, 17 18, 18a	Königinhalter komplett	1 : 1 2 : 1	Plexiglas	siehe Einzelzeichnungen	Erläuterung zu 13—18
14	Feststellring	2 : 1	Messing	16∅×7 mm	Erläuterung zu 14
19	Spritze komplett	2 : 1	—	—	Fremdteil Erläuterung S. 44
20	Stativfuss	1 : 1	Eisen (St. 37)	siehe Zeichnung	Erläuterung zu 20
21	Achse zur Befestigung des Triebes	2 : 1	Messing	„	Erläuterung zu 21

DURCHFÜHRUNG DER BESAMUNG

O. MACKENSEN und F. RUTTNER

Am besten erlernt man die künstliche Besamung durch unmittelbare Unterweisung von jemandem, der in dieser Technik Erfahrung besitzt. Eine Einrichtung, die sowohl dem erfahrenen Lehrer die gleichzeitige Beobachtung des Eingriffes durch das Mikroskop gestattet, ist ein beträchtlicher Vorteil. Da jedoch ein Lehrer nicht immer zur Verfügung steht, wird der Vorgang hier mit allen Einzelheiten beschrieben, so dass der Leser die Technik ohne Hilfe lernen kann.

Folgende Vorbedingungen sollten bei der Vorbereitung der Besamung beachtet werden :



Abb. 52 — Dr. Otto Mackensen, der ganz wesentlich zur Entwicklung der Besamungstechnik beigetragen hat

1. Die Königinnen sollten unter den besten Bedingungen aufgezogen werden, damit sie so gross sind als möglich.

2. Wenn Königinnen aus einem Stamm schwierig zu besamen sind, dann versuche man einen anderen. Stämme und Rassen sind sehr verschiedenen in Hinsicht auf die Leichtigkeit, mit der die Besamung gelingt. Bei einigen kann man die Scheidenklappe häufig sehen, bei anderen niemals.

3. Die Spitze der Spritze sollte an ihrem Vorderende so fein sein, dass sie in den mittleren Eileiter leicht eindringt, aber trotzdem sollte ihr innerer Durchmesser so gross sein als möglich. Ich finde einen Aussendurchmesser von 0,25 mm und einen Innendurchmesser von 0,15 mm für gewöhnlich ausreichend (diese Messungen sind gemacht, bevor die Spitze poliert wurde). Anfänger haben beim Einführen der Spritze geringere Schwierigkeiten, wenn der Aussendurchmesser nur 0,23 mm beträgt. Der Innendurchmesser muss dann ungefähr 0,13 mm betragen — das ist der geringste Innendurchmesser, bei dem ein gutes Gelingen noch gewährleistet ist. Bei grossen Königinnen kann der Aussendurchmesser bis zu 0,30 mm betragen.

4. Der Innendurchmesser der Spritze sollte sich schon unmittelbar oberhalb der Spitze erweitern, denn es ist leichter, den Samen durch eine Spritze dieser Art aufzuziehen, als durch eine solche, bei der der Durchmesser über eine gewisse Strecke gleichmässig bleibt.

5. Arbeite, wenn möglich, bei hoher Luftfeuchtigkeit. Bei trockener Luft wird das freigelegte Gewebe der Königin rasch trocken, wodurch das Einführen der Spritze schwierig wird; auch kann der Samen am Ende der Spritze eintrocknen, so dass die Aufnahme weiteren Samens verhindert wird. Von Zeit zu Zeit befeuchte man, falls nötig, die Spitze mit sterilem Zellstoff, eingetaucht in Streptomycin-Lösung.

6. Obwohl es für die Haltung der Königinnen zwischen dem Schlüpfen und der Besamung viele Methoden gibt, so stört die Anhäufung von Kot, die bei einigen dieser Methoden erfolgt, bei der Besamung; eine gedehnte Kotblase z.B. drängt die Geschlechtswege aus ihrer ursprünglichen Lage, und dadurch wird es schwierig, mit der Spitze der Spritze den Eingang zum Eileiter zu finden und den Stachelapparat nach rückwärts zu drängen. Die Anhäufung von Kot wird geringer in der Reihenfolge der nachstehend aufgezählten Methoden: 1) Viele Königinnen in Käfigen im selben Pflegevolk; 2) eine einzeln gekäfigte Königin in einem Begattungskästchen; 3) eine Einzelkönigin frei im Begattungsvölkchen oder Ableger. Sicherlich wird der Anfänger die Methode (3) am besten finden. Man kann versuchen, eine Königin mit gefüllter Kotblase durch Fliegen am Fenster zum Abkoten zu bringen. Nicht immer hat man Erfolg, aber der hohe Prozentsatz positiver Resultate rechtfertigt einen Versuch.

7. Der Erfahrene kann eine einzige Vergrösserung von 10—12 \times benutzen, während er die Spritze füllt und sie in die Königin einführt. Für den Anfänger empfehle ich eine schwache Vergrösserung (6—10 \times) zum Füllen der Spritze und eine starke Vergrösserung (20 \times) für das Einführen.

8. Bevor man damit beginnt, mit Königinnen zu arbeiten, soll der Anfänger zuerst das Aufnehmen des Samens in die Spritze lernen. Dabei gewinnt er Erfahrung in der Auswahl und Behandlung der Drohnen und der Gewinnung reinen Spermias, unvermischt mit Schleim. Erst wenn zur

Füllung einer Spitze mit 8 μ l Sperma nicht mehr als 15 Min. benötigt werden (ein geübter Techniker benötigt die Hälfte dieser Zeit), sollte man sich mit der Königin beschäftigen.

Bei der Königin übt man zunächst das Einsetzen der Häkchen, dann versucht man die Besamung mit einer Salzlösung. Man kann dieselbe Königin mehrmals zum Versuchen benutzen, aber nicht zu oft an ein und demselben Tag.

Vorgang der Besamung

Die folgende Beschreibung der Durchführung der Besamung ist für den Anfänger geschrieben, der den Besamungsapparat benutzt, der in den Abbildungen 14—24 abgebildet ist.

Vorbereitung der Narkose. Der Zuleitungsschlauch für das CO₂-Gas wird an dem Ansatzstück (Abb. 21) befestigt. Der Durchfluss der Kohlensäure wird zu einem schwachen Strom einreguliert. Die Erfahrung wird lehren, wie stark der Gasstrom sein muss; er soll gerade eben stark genug sein, um die Königin ruhig zu stellen.

Vorbereitung der Spritze. Die Vorbereitung der Spritze beginnt mit der Füllung der Spitze mit einer Flüssigkeit. Früher wurde zu diesem Zweck Wasser empfohlen, aber Wasser tötet den Samen, mit dem es in Berührung kommt. Eine Salzlösung (vgl. S. 22) ist empfehlenswert, und eine Spritzflasche aus Plastik von der Art wie sie in Laboratorien benutzt wird, hilft, die Flüssigkeit durch die Spitze zu drücken. Zunächst wird die Verbindungsmuffe (Abb. 18, D) in den metallenen Spritzenkörper eingeschraubt und die Gummimembran (E) eingesetzt. Dann wird die Verbindungsmuffe (Abb. 18, D) mit der Salzlösung gefüllt und die Spitze darin eingeschraubt, bis sie fest auf der Membrane aufsitzt. Vorsicht, dass keinerlei Luft mit eingeschlossen wird! Durch Drehung der Schraube wird soviel Flüssigkeit herausgedrückt, dass die gewünschte Samenmenge aufgenommen werden kann, wenn man den Spritzenstempel wieder nach oben schraubt. Anschliessend wird eine kleine Luftblase angesaugt, damit der Samen von der Salzlösung getrennt bleibt. Dann wird die Spritze am Apparat befestigt und so adjustiert, dass die Spitze nicht im Wege ist, während die Königin vorbereitet wird.

Vorbereitung der Königin. Man lässt die Königin in ein Plastikröhrchen von derselben Grösse wie der Königinnenhalter einlaufen (Abb. 43 B); am anderen Ende besitzt dieses Röhrchen nur eine ganz kleine Öffnung. Sobald die Königin dieses halb verschlossene Ende erreicht hat, kriecht sie wieder zurück und hinein in den Königinnenhalter, den man dann rasch an die Öffnung des Röhrchens ansetzt. Sobald sie das verjüngte Ende des Königinnenhalters erreicht hat, wird der Stopper rasch nachgeschoben, bevor sie noch Zeit gefunden hat, wieder vorwärts zu kriechen. Dann befestigt man die eingeschlossene Königin mittels der Aufsteckplatte rasch am Königinblock. Innerhalb kurzer Zeit tritt die Narkose ein; die Königin macht zunächst noch einige tiefe Atembewegungen mit dem Hinterleib, dann lassen die Bewegungen nach und schliesslich bleibt die Königin ganz unbewegt — auch bei Berührung. Wenn sich der Hinterleib der Königin in abnormer Weise dehnt, so bedeu-

tet dies, dass Gas in die Luftsäcke des Hinterleibes gepresst wird : ein Anzeichen, dass der Gasstrom zu stark ist.

Die Position der Königin im Halteröhrchen ist dann richtig, wenn die letzten drei sichtbaren Ringe herausragen (Abb. 53). Die Hinterbeine sollen innerhalb des Königinhalters bleiben. Durch Drehen des Halteröhrchens justiert man die Königin so, dass ihre Rückseite exakt nach rechts gerichtet ist.

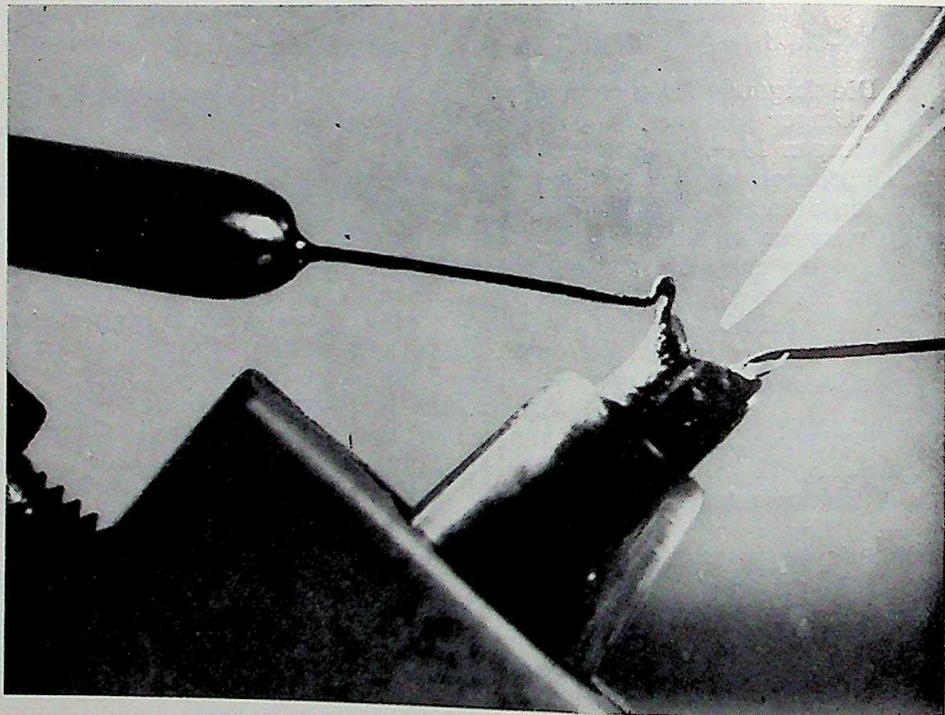


Abb. 53 — Königin zur Besamung vorbereitet

Gewöhnlich ist die Königin schon völlig ruhig, sobald sie fertig montiert ist, und so können die Haltehaken, der ventrale Haken links und der Stachelhaken rechts, eingesetzt werden. Dies geschieht am besten bei schwacher Begasung. Zuerst wird der ventrale Haken und dann der Stachelhaken in die Stachelkammer eingesetzt. Dann spreizt man die Bauchschuppen auseinander. Mit der linken Hand drückt man mit einem Stift den Stachelapparat nach unten, während man den Stachelhaken in das dreieckige Feld an der Basis der Stachelborsten einsetzt. Man belässt nun den Stachelhaken in dieser Stellung, um unnötiges Austrocknen des zarten Gewebes zu verhindern, während die Spritze gefüllt wird.

Das Füllen der Spritze. Bei der Gewinnung des Samens bestehen grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Drohnen. Die einen sind leicht zur Abgabe von Samen zu veranlassen, die anderen nur schwer. Auch die Menge des zu gewinnenden Samens schwankt in weiten Grenzen. Dies

ist besonders bei ingezüchtetem Material der Fall. Einige Drohnen haben keinen Samen ; andere stülpen zunächst nicht aus, aber trotzdem ejakulieren sie ordentlich, sobald der Vorgang künstlich in Gang gebracht worden ist ; andere wieder stülpen so heftig um, dass der Samen fortgeschleudert wird und verloren geht, oder dass der Penis explodiert.

Um die Ausstülpung und Ejakulation auszulösen, wird der Drohn an Kopf und Bruststück zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand gehalten, Bauchseite des Drohnen nach oben. Während Kopf und Vorderteil der Brust mit der linken Hand gedrückt werden, zupft oder drückt man wiederholt leicht mit Daumen und Zeigefinger der rechten Hand an der Oberseite des Hinterleibes. Dies löst für gewöhnlich die Kontraktion der Hinterleibsmuskulatur und eine teilweise oder manchmal eine mehr oder weniger komplette Umstülpung und Ejakulation aus. Erfolgt nur eine teilweise Umstülpung und wird kein Samen sichtbar, dann wird der Hinterleib gedrückt, fortschreitend von der Rückseite vorn zur Bauchseite rückwärts, um die Ausstülpung mit Gewalt voranzutreiben, bis Samen ausgepresst wird (Abb. 6). Ohne Kontraktion des Hinterleibes kann selten Samen gewonnen werden, aber wenn sich der Hinterleib kontrahiert, ohne dass eine Umstülpung des Begattungsschlauches erfolgt, kann man oft durch Druck eine Umstülpung herbeiführen und eine gute Menge Samen gewinnen. Manchmal ejakulieren Drohnen besser, wenn man sie vorher zu Flugbewegungen veranlasst — indem man sie schwirren lässt, oder indem man sie frei gegen ein Fenster fliegen lässt (Drohnenflugkasten, s. Abb. 13). Drohnen die man am Flugloch bei der Rückkehr vom Ausflug abfängt, werden wahrscheinlich besser ejakulieren, wenn man sie für einen Tag im Käfig hält. Möglicherweise wird durch diese Methoden das Volumen im Innern des Hinterleibes vergrössert, entweder durch Einpressen von Luft in die Luftsäcke, oder durch zunehmende Ansammlung von Kot. Dadurch wirkt die Kontraktion der Hinterleibsmuskeln besser auf die Umstülpung des Penis. Gefördert wird der Stülpungsvorgang durch eine kurze Chloroformnarkose. Als Narkoseglas benutzt man eine Weithalsflasche mit etwa 100 ml Inhalt. An der Unterseite des Korkens befestigt man mit einem Reisszwecken einen Wattebausch, den man vor der Narkose mit einigen Tropfen Chloroform versieht. Die Drohnen werden einzeln in das Glas getan, worauf sie zunächst in einen Erregungszustand verfallen. Einige Sekunden später erfolgt bei reifen Drohnen unter Krampfung Kontraktion des Hinterleibes und eine teilweise Ausstülpung (Stadium a) auf Abb. 6). Dann wird der Vorgang wie oben beschrieben zu Ende geführt.

Einige Fachleute finden, dass man durch eine Chloroformanwendung die Auslösung der Eversion wesentlich erleichtern könnte. Andere wieder halten sie für zu zeitraubend. Es ist wohl eine Frage des persönlichen Arbeitsspieles, welcher Methode man den Vorzug gibt.

Die Verteilung von Samen und Schleim und die Menge des Samens wechseln. Wie der Vorgang der Eversion fortschreitet, tritt zuerst der cremefarbene Samen aus, gefolgt von dem dickeren, weissen Schleim. Manchmal wird nur Samen ausgepresst, aber gewöhnlich tritt auch wenigstens etwas Schleim anschliessend an den Samen aus, und die beiden sind an der Oberfläche des Penis in wechselnder Verteilung angeordnet.

Bewegungen der Spermien verursachen die Ausbreitung des Samens in einer dünnen Lage über die Oberfläche des Schleims, wodurch seine Aufnahme in die Spritze oft erschwert wird. Es ist deshalb wichtig, bei der Aufnahme des Samens jeden Zeitverlust zu vermeiden.

Der Drohn wird, nach der Ejakulation, mit der linken Hand nahe an die Spitze der Spritze herangebracht. Nun schraubt man den Stempel der Spritze leicht zurück, um eine Luftblase zwischen Samen und Salzlösung zu erzeugen und um das Messen der Spermamenge zu erleichtern. Dann berührt man mit der Oberfläche des Samens die Spitze der Spritze in einem Winkel von ungefähr 45 Grad. Wenn man den Drohn ganz leicht von der Spritze wegbewegt, ohne den Kontakt zu unterbrechen, so wird der Samen weiterhin an ihr haften und zu ihr hinströmen, sobald der Stempel zurückgeschraubt wird. Dieses Verfahren hilft, die Aufnahme von Schleim in die Spritze zu vermeiden, da dieser zäher ist und nicht strömt wie der Samen. Der Schleim ist zu dick, um in den Spritzenkanal einzudringen, und er wird die Passage des Samens stoppen. Wenn dies geschieht, muss der Stempel wieder vorwärts gedreht werden, bis die Passage wieder frei ist; dann wird das Aufnehmen des Samens fortgesetzt. Durch Herumwandern mit der Spritze kann man praktisch den gesamten Samen von der Oberfläche des Schleims absaugen. Es wird Samen von so vielen Drohnen genommen als notwendig ist, um die Spritze bis zu dem gewünschten Punkt zu füllen. Die mittlere Samenmenge, die man von einem Drohn gewinnen kann, liegt ungefähr bei einem Mikroliter. Der Anfänger sollte den Samen sehr langsam aufnehmen. Schnelligkeit wird sich mit wachsender Erfahrung einstellen.

Seit der Besamungsapparat so geändert ist, dass die Justierung der Königin sehr rasch vor sich geht, wird der Vorgang der Besamung gewöhnlich in umgekehrter Reihenfolge vorgenommen: Aufnahme des Samens in die Spritze — Einsetzen und Narkose der Königin — Besamung. Stehen reife Drohnen zur Verfügung, so ist der Zeitaufwand wie folgt: Füllung der Spritze 8 min, Besamung 2 min. Wenn alles gut vorbereitet ist, rechnet man im Durchschnitt für eine Besamung 15 min, einschliesslich des Austausches der Königinnen und der Beschaffung der Drohnen.

Injektion. Das Mikroskop wird in die richtige Stellung über der Königin gebracht, und es wird eine stärkere Vergrößerung gewählt. Der Stachelhaken wird in Richtung der Rückenseite bewegt, bis die Stachelkammer so aussieht wie auf Abb. 3. Durch diese Massnahme wird die rückseitige Wand der Stachelkammer und die Vagina gestreckt, so dass die Spritze ihr entlang in den mittleren Eileiter gleiten kann.

Die Spitze der Spritze wird nun über der Vaginalöffnung in Stellung gebracht, und zwar zielt man auf einen Punkt knapp links von der Vaginalöffnung (Abb. 54, A). Mit der linken Hand wird die Vaginalsonde in den rückseitigen Teil der Vagina eingeführt und die Scheidenklappe wird so lange gegen die Bauchseite gedrückt, bis die Spitze der Spritze daran vorbei ist (Abb. 54). Dann, nach Zurückziehen der Vaginalsonde, wird die Spritze noch um etwa 1,5 mm tiefer eingeführt. Wenn sich das umgebende Gewebe bewegt, bevor noch diese Tiefe erreicht ist, dann wurde die Spitze

wahrscheinlich in eine der Seitentaschen eingeführt, die zu Seiten der Vagina liegen (Abb. 2).

Versuche, den Samen sorgfältig zu injizieren. Wenn die Samensäule in der Spritze sich nicht sofort zu bewegen beginnt, und wenn die Luft zwischen Samen und Salzlösung zusammengedrückt wird, dann befindet sich die Spritze nicht im Eileiter und sie muss für einen neuerlichen Versuch zurückgezogen werden. Einige Korrekturen können notwendig werden. Die Mittelebene der Königin (von der Rücken- zur Bauchseite) muss genau in einer Ebene mit dem Ventral- und dem Stachelhaken liegen, und auch die Spritze muss genau in diese Mittelebene eingestellt werden. Wurde die Königin exakt justiert, dann ist das Faltendreieck am Grunde der Stacheltasche (Abb. 3) symmetrisch und gleichseitig. Wenn diese Vorbereitungen genau beachtet werden, dann wird man die Spitze nur selten irrtümlich in die Seitentaschen einführen. Wenn der Samen sich leicht zu bewegen beginnt ohne rund um die Spitze auszutreten, dann kann die Injektion rasch fortgesetzt werden.

Mit dem Standardmodell des Besamungsapparates oder mit dem Modell von Veselý kann man auch ohne Sonde arbeiten. Man richtet die Besamungsspitze unmittelbar auf den Scheideneingang und führt sie etwa 1/2 mm weit ein. Dann hebt man die Spitze durch Drehen an der Stellschraube (Abb. 19) etwas an, so dass sie beim weiteren Vortrieb an der Scheidenklappe vorbei in den mittleren Eileiter gleiten kann.

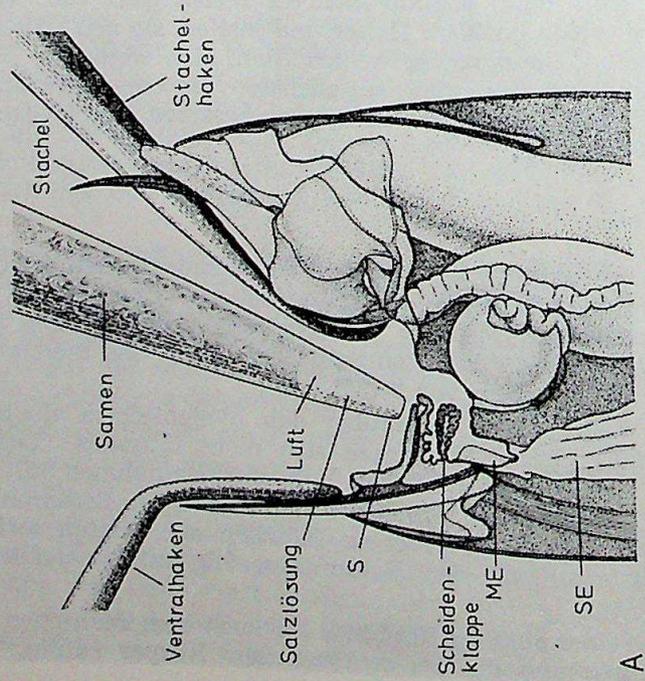
Lässt sich der Samen beim ersten Versuch nicht gleich in die Eileiter entleeren, so kann man den Versuch noch einmal wiederholen, indem man die Spritze wieder zurückzieht und von neuem einführt. Misslingt auch dieser Versuch, dann beginnt man am besten ganz von vorne, d.h. man entnimmt die Königin dem Halter und justiert sie neu. Misslingt die Injektion wiederum, dann hat es keinen Sinn, sich weiter zu bemühen. Sehr häufig gelingt die Besamung am nächsten Tag ohne jede Schwierigkeit — es gibt Königinnen, die sich schwer besamen lassen, ganz unabhängig von ihrer Grösse.

Krankheiten

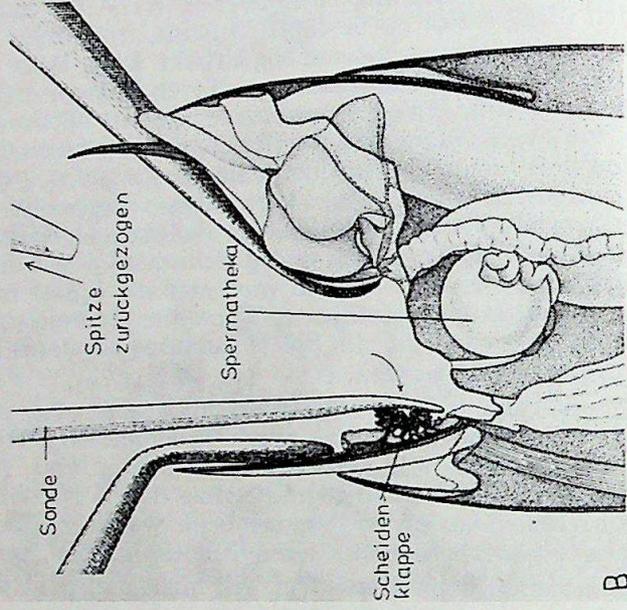
Bei der Besamungsarbeit muss man sich ständig dessen bewusst sein, dass die Materialien, mit denen wir zu tun haben — Sperma und Schleim — einen idealen Nährboden für krankheitserregende Keime abgeben. Noch dazu bringen wir sie in einen Brutschrank: In das Bienenvolk mit einer konstanten Temperatur von 35°C.

Ständige Wachsamkeit gegenüber den hygienischen Bedingungen ist darum oberstes Gebot. Man lasse sich nicht täuschen: Lange Zeit hindurch kann man ohne besondere Vorsichtsmassnahmen mit bestem Erfolg arbeiten. In den ersten Jahren der instrumentellen Besamung wurde von Asepsis nicht einmal gesprochen. Plötzlich aber traten serienweise Königinnenverluste auf, die den Besamungserfolg auf ein tiefes Niveau herabdrücken.

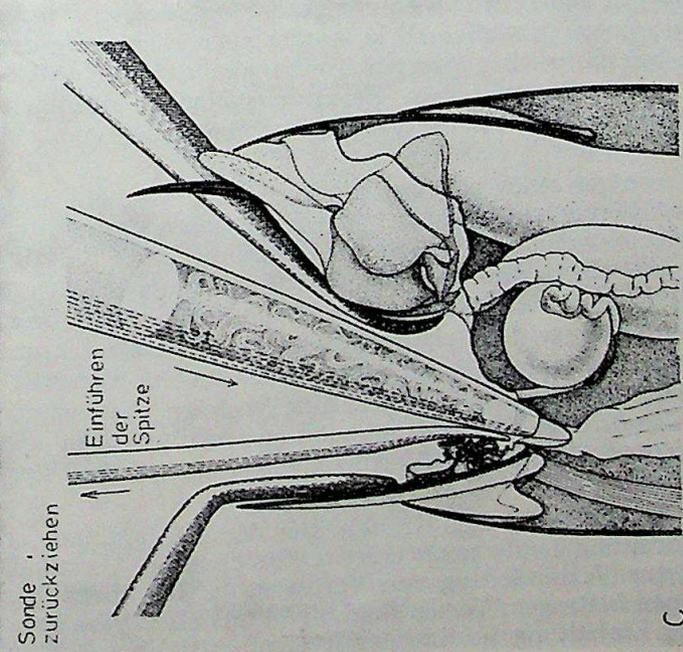
Nicht die Keime sind zu fürchten, die auch dem Menschen gefährlich werden können und die am menschlichen Körper haften. Es sind



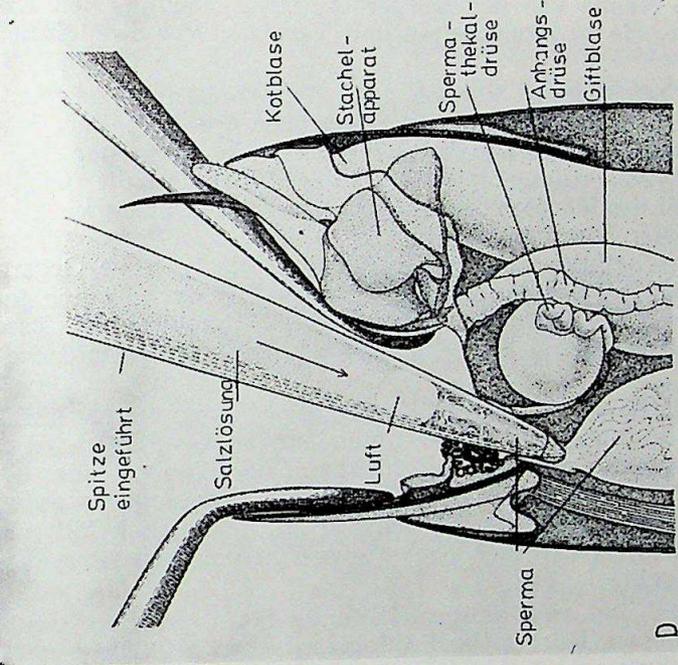
A



B



C



D

Abb. 54 — Durchführung der Besamung

A — Einstellen der Spritze in die Position
 B — Nach Rückführung der Spritze, Einführen der Sonde
 C — Einschleiben der Spitze, vorbei an der Scheidenklappe (anschliessend gleich Zurückziehen der Sonde)
 D — Die Spritze wurde noch um 1,5 mm weiter vorgeschoben, bis in den mittleren Eileiter. Injektion des Samens (nach Carrararo und Goncalves 1971)
 ME, SE — Mittlerer und seitlicher Eileiter
 S — Spritzen Spitze richtig eingesteckt (eine Spritzenbreite neben der Scheidenöffnung, gegen die Bauchseite)

vielmehr spezifische Keime von der Körperoberfläche oder aus den Exkrementen der Biene, die zu Krankheiten und Verlusten von Königinnen führen.

Nach unseren Erfahrungen können zwei Krankheiten der erwachsenen Biene durch künstliche Besamung übertragen werden: Paralysis (Schwarzsucht), vermutlich dieselbe Form, die durch das Virus der chronischen Bienenparalysis verursacht wird (Bailey 1965) und die Septikämie, die den Zerfall des Körpers bewirkt (Burnside 1933, Landerkin und Katznelson 1959). Die Septikämien, über die Wille und Pinter (1961) berichten, sind wahrscheinlich genau so gefährlich. Als typische Organveränderungen werden bei der Septikämie schwarze Flecken an verschiedenen inneren Organen — Giftdrüsen, Eierstöcke, Malpighische Gefäße usw. — festgestellt, ein Zustand, den Fyg 1934 als „Bakterielle Melanose“ beschrieben hat.

In Europa tritt die Septikämie (Melanose B) offenbar unter ähnlichen Erscheinungen auf wie die weiter unten beschriebene Paralysis: Die Königin beginnt nach der Besamung nicht mit der Eiablage oder sie hört mit dieser nach kurzer Zeit wieder auf. Ihre Bewegungen werden langsam und unbeholfen, der Hinterleib schwillt an. Schliesslich fällt die Königin von der Wabe, sie hält sich noch einige Zeit am Boden des Kastens auf, ehe sie eingeht.

Mackensen (1969) hat eine akut verlaufende Form der Septikämie aus den USA beschrieben, bei der die Königinnen schon 1—2 Tage nach der Besamung eingehen, wobei der Körper in charakteristischer Weise in seine Einzelbestandteile zerfällt.

Nach Beobachtungen von Dr. Maul an der Besamungsstation Kirchhain (persönliche Mitteilung) tritt diese Erkrankung auch schon vor der Besamung und auch bei natürlich gepaarten Königinnen auf. Die Infektion kann also auch ohne Besamung im Begattungsvölkchen erfolgen. Ähnliche Beobachtungen wurden auch in großen Zuchtbetrieben gemacht (Piana, Vecchi 1973).

Paralysis tötet weniger rasch als Septikämie. Königinnen, die nach der Besamung in ihre Ableger zurückgegeben werden, leben noch mehrere Tage, um dann zu verschwinden oder allmählich träge und durch Flüssigkeit aufgedunsen zu werden. In diesem Zustand können sie noch mehrere Tage auf den Waben oder — nach ihrem Sturz — auf dem Bodenbrett leben, und einige werden sogar noch einige Eier legen bevor sie erkranken. Die Krankheit kann weitgehend vermieden werden, indem man markierte, freifliegende Drohnen benutzt, oder gekäfigte Drohnen, die weniger als drei Wochen alt sind. Sobald die Krankheit ausbricht, müssen alle Instrumente, die mit der Königin in Berührung kommen, sterilisiert werden.

Auf jeden Fall ist vieles an den Krankheiten der Königin und an der Weise ihrer Verbreitung heute noch unklar. Ein besseres Verständnis könnte erheblich zur Verhinderung von Verlusten in Zuchtbetrieben und Besamungsstationen beitragen. Vorderhand bleibt uns als wirksamstes Mittel nur die strikte Einhaltung bestimmter hygienischer Vorschriften.

Aseptische Arbeitsbedingungen

Zunächst sei an alle Vorbereitungsmaßnahmen erinnert, die eine Krankheitsübertragung ausserhalb des Besamungslabors verhüten soll:

1. Entkeimung der Rähmchen und EWK durch Eintauchen in heisse Lauge, der DWK durch Ausflammen.
2. Verwendung von Jungbienen aus gesunden, starken Völkern für die Begattungsvölkchen.
3. Fütterung mit Fumidil-Futterteig.

Im Besamungslabor muss peinliche Sauberkeit herrschen, insbesondere dulde man keine toten oder verirrten Bienen im Raum. Die Platte des Arbeitstisches soll einen glatten Belag besitzen, der regelmässig mit Reinigungsmitteln behandelt wird. Häufiges Waschen der Hände mit einem Desinfektionsmittel (Finger, die mit den Exkrementen von Drohnen in Berührung gekommen sind, müssen als besonders gefährliche Infektionsquelle betrachtet werden!).

Im Besamungslabor des Bieneninstitutes Oberursel wird seit Jahren folgende Prozedur eingehalten:

Vor Beginn der Arbeit werden in Erlenmeyerkolben ca. 50 ml destilliertes Wasser und 50 ml Verdünnungslösung 10 min lang am Kochen gehalten (nach dem Kochen muss bei der Verdünnungslösung die verdunstete Flüssigkeit durch abgekochtes destilliertes Wasser ersetzt werden). Gleichzeitig werden 5 Glasschälchen von etwa 4 cm Durchmesser durch Kochen oder durch Ausspülen mit Alkohol sterilisiert. Abkühlen der abgekochten Flüssigkeiten.

Sterilisierung aller Nicht-Kunstharzgegenstände mit Alkohol 96%: Häkchen, Sonde, Gummimembrane, Taster, Spritzenende, Glasspitze, Pinzette, Pipette. Einlegen von Plastikspitze und Verbindungsmuffe in ein wässriges Desinfektionsmittel (wir benutzen „Tego“ in 1%iger Lösung) für 10 min. Weder Alkohol noch Desinfektionsmittel dürfen mit der Königin oder mit dem Samen in Berührung kommen!

Die sterilisierten Gegenstände dürfen mit den Teilen, die mit der Königin oder mit Sperma Kontakt bekommen, keinen unsterilen Gegenstand berühren. Man schneide sich aus Zellstoffbahnen Quadrate von etwa 6 × 6 cm, nehme einen Fleck auseinander, so dass eine reine Fläche aus dem Inneren nach oben kommt, und darauf lege man die Geräte.

- Schälchen 1 : Gekochtes Wasser I
 2 : Gekochtes Wasser II
 3 : Alkohol 96%
 4 : Verdünnungslösung (S. 22), steril, mit einer Messerspitze eines Antibiotikums (wir verwenden Streptomycin-Pulver aus Trockenampullen)
 5 : Tego-Lösung 2%

Plastikspitze und Verbindungsmuffe werden der Tego-Lösung entnommen und nach kurzem Spülen in Wasser I (Durchspritzen der Bohrung mit Pipette!) in Wasser II gelegt. Dabei fasst man die Spitze mit einer sterilen Pinzette. Gummimembrane und Taster, die aus dem Alkohol

kommen, werden kurz in Wasser abgespült. Zur Füllung von Spitzensockel und Spitze wird sterile Verdünnungslösung mit Streptomycin benutzt.

Zeigt sich nach Durchführung der Besamung, dass sich im Spitzensockel Sperma und Schleim angelegt hat, so wird die Spitze mit derselben Lösung durchgespült. Frische Ablagerungen lösen sich sehr leicht. Es empfiehlt sich, diesen Vorgang auf jeden Fall nach je 3—4 Besamungen zu wiederholen. Schleimflocken aussen an der Spitze werden mit einem reinen Zellstofftupfer (evtl. befeuchtet mit Streptomycin-Lösung) abgewischt.

Kein Gerät, das zur Besamung benutzt wird (Pinzetten usw.) darf in der Besamungsstation für andere Zwecke verwendet werden. Sonde, Pinzette und Pipette werden vor jeder Benutzung in Alkohol getaucht und dann mit sterilem Wasser abgespült.

Samen, der mit dem Körper des Drohnen, mit seinem Blut oder mit seinen Exkrementen, oder mit dem Finger des Operateurs in Berührung gekommen ist, wird sofort verworfen. Manchmal kommt es vor, dass sich die Königin beim Einsetzen der Häkchen in die Stachelkammer entleert. Da sehr leicht Keime in die Eileiter verschleppt werden können, wird der Besamungsvorgang sofort unterbrochen und die Königin für den nächsten Tag zurückgestellt. Die Häkchen werden sorgfältig gereinigt.

Es ist ausserordentlich wichtig, alle Geräte, besonders aber die Spitze nach Beendigung der Tagesarbeit sorgfältig zu reinigen. Man sollte dafür 30 min Arbeitszeit einplanen. Jeder Schleimrest in der Spitze liefert den Nährboden für eine Massenvermehrung von Bakterien. Meist genügt ein oftmaliges Durchspülen der Spitze mit Wasser, anschliessend Einlegen in Tego. Hartnäckig haftende Schleimreste werden mit einer Drahtlitze entfernt. Über Nacht kann man die Plastikspitze und den Sockel in der Desinfektionslösung belassen. Für längere Dauer bewahrt man sie auf jeden Fall trocken auf.

Es hat sich gut bewährt, alle Gegenstände aus Glas oder Metall in einer Box mit einer UV-Lampe aufzubewahren. Täglich wird die Lampe für 1/2 Std. angedreht. Plastikmaterial (z.B. Spitze) verträgt diese Behandlung nicht.

Die Schälchen (mit Ausnahme von Alkohol und Tego) werden täglich geleert und gereinigt. Die benötigte Menge destilliertes Wasser wird täglich frisch gekocht. Die Verdünnungslösung mit Streptomycin kann bis zu drei Tagen im Kühlschrank aufbewahrt werden, dann ist auch sie zu erneuern.

Die Verwendung von Kohlensäuregas

Kohlensäure dient nicht allein als Narkosemittel, sondern sie bringt auch die Eiablage der Königin in Gang (Mackensen 1947): Die richtige Behandlung mit diesem Gas veranlasst sowohl die jungfräulichen, wie die besamten Königinnen, mit der Eiablage beinahe ebenso rasch zu beginnen wie natürlich begattete Königinnen; ohne diese Behandlung werden nur 20% der Königinnen vor ihrem 30. Lebenstag zu legen beginnen.

Um die Eiablage in Gang zu bringen, sind mindestens zwei Narkosen nötig. Sie können 10 Minuten dauern und im Abstand von einem Tag erfolgen, und sie können von einer Besamung begleitet sein, oder nicht. Um

einen Sicherheitsspielraum zu schaffen, kann eine dritte Narkose gegeben werden. Eine Narkose ohne Besamung wird durchgeführt, indem man die gekäfigte Königin in einen passenden Behälter gibt, durch welchen die Kohlensäure strömt (Abb. 21). Wenn die Königinnen in normalem Alter legen sollen (8—11 Tage nach dem Schlüpfen), dann muss die zweite Behandlung vor dem 7. Tag (vorzugsweise vor dem 6. Tag) durchgeführt werden, denn sie beginnen mit der Eiablage 2—6 Tage nach der 2. Behandlung. Obwohl Narkosen, die schon am 2. oder 3. Lebenstag gegeben werden, ihre Wirksamkeit haben, führen diese vor dem normalen Alter dennoch nicht zur Eiablage. Königinnen, die nach dem 5. Lebenstag behandelt wurden, beginnen im Durchschnitt innerhalb von 6 Tagen nach der 2. Narkose mit der Eiablage.

Offensichtlich kann sogar schon eine einzige Narkose mit Kohlendioxid einen Einfluss auf den Zeitpunkt des Beginns der Eiablage haben. Die Königinnen der dunklen Rasse, denen Woyke (1963) nur die einzige Kohlensäurenarkose während der Besamung gab, begannen im Durchschnitt 8—12 Tage nach der Inseminierung zu legen. Das ist viel früher als die 36 Tage, die Mackensen (1947) für in ähnlicher Weise besamte Italienerköniginnen aus den Vereinigten Staaten angab. Woyke stellte auch fest, dass eine Steigerung der Samenmenge von 1 auf 16 μl das Alter beim Legebeginn nicht herabsetzte.

Die Anwendung von Kohlensäuregas in der Form, wie sie hier empfohlen wird, scheint keine schädigende Wirkung auf die Königinnen auszuüben; da es aber das Verhalten von Arbeitsbienen ändert (Simpson 1954), sollte man die Narkosen nicht länger als nötig ausdehnen, solange wir über deren Einfluss auf die Königinnen nicht mehr wissen. Obwohl die niedrigste wirksame Dosis noch nicht bestimmt worden ist, vermuten wir doch, dass sowohl die Länge der Behandlung, als auch der Zwischenraum zwischen den Behandlungen verringert werden können.

Das Alter von Königinnen und Drohnen

Gemessen an der Anzahl der Spermien, die in die Samenblase der Königin gelangen, können Besamungen schon am 2. Tag nach dem Schlüpfen mit ebenso gutem Erfolg gemacht werden wie zu einem späteren Zeitpunkt (Mackensen 1955). Wahrscheinlich ist es aber am besten, im normalen Paarungsalter zu besamen. Wie Oertel (1940) feststellte, liegt dieses zwischen dem 6. und 13. Tag, mit der grössten Häufung von Paarungen am 8. und 9. Tag. Fresnaye (1966) verlor mehr Königinnen nach Besamungen am 5. Lebenstag als am 10. und 12. Tag — besonders im zeitigen Frühjahr, wenn die Entwicklung durch kühles Wetter verzögert wurde. Ich selbst (Mackensen) hatte gleichbleibende Erfolge bei viertägigen bis zu elftägigen Königinnen im späten März und im April in Baton Rouge, Louisiana, bei Verwendung von 5—8 μl Samen, bei einer einzigen oder bei jeder von 2 Besamungen.

Königinnen können auch im späteren Lebensalter besamt werden, solange sie noch nicht mit der Eiablage begonnen haben. Besondere Vorsichtsmassnahmen müssen ergriffen werden, wenn legende Königinnen besamt werden sollen (s.S. 83).

Drohnen enthalten vor ihrem 8. Lebenstag noch nicht die Höchstzahl von Spermien; funktionstüchtig ist jedoch das Sperma von Drohnen jeglichen Alters. Meist evertieren und ejakulieren die Drohnen besser, wenn sie etwas älter als 12 Tage sind.

Samenmenge

Die Zahl der Besamungen und die Menge des verwendeten Samens wird davon abhängen, welches Ziel man mit seiner Arbeit verfolgt und davon, wieviel Zeit und Mühe man aufwenden will. Der Wirkungsgrad, d.h. der Prozentsatz von Samen, die die Samenblase erreichen, sinkt in demselben Masse als die Menge des injizierten Samens steigt (vgl. S. 87 ff.).

Wenn eine Königin ein Prüfvolk für eine Saison oder länger aufbauen soll, dann ist es logisch eine Verdoppelung der Samenzahl zu versuchen, die eine Königin bei der natürlichen Paarung erhält, oder die die Königin ausreichend befriedigt, so dass sie keinen zweiten Paarungsversuch unternimmt. *Woyke* (1960) gibt ein Mittel von 5,22 Millionen Spermien (Spielraum 3,40—6,96) in den Samenblasen von 16 Königinnen an, die auf einer Begattungsstation ohne Drohnen gepaart wurden, und ein Mittel von 4,76 Millionen (Spielraum 0,76—6,14) bei Königinnen, die sich auf einem Bienenstand mit Drohnen gepaart hatten.

Mackensen und *Roberts* (1948) fanden bei 33 natürlich begatteten Königinnen ein Mittel von 5,73 Millionen Samenfäden (Spielraum 3,34—7,35). In einer ausführlichen Untersuchung über die natürliche Paarung fand *Woyke* (1960), dass Königinnen, die nach einem einmaligen Paarungsflug keinen weiteren Versuch unternommen hatten, in der Samenblase im Durchschnitt 5,284 Millionen Samenfäden aufwiesen. Diejenigen, die entweder ein 2. Mal einen erfolgreichen Hochzeitsflug unternommen hatten, oder die nochmals ausflogen, ohne begattet zu werden, hatten eine kleinere Zahl Samenfäden von ihrem ersten Hochzeitsflug. Er zog daraus den Schluss, dass die Samenblase einer künstlich besamten Königin für eine Vollbesamung ungefähr diese Samenzahl enthalten sollte und er stellte fest, dass eine instrumentelle Besamung mit bis zu 6 μ l Samen ein Mittel von 4,2 Millionen ergab, was unzureichend ist. Eine Besamung mit 8—10 μ l Samen und zwei Besamungen mit je 4 μ l waren beide gleichwertig, da sie 5,37—5,53, bzw. 5,42 Millionen Samenfäden in der Samenblase ergaben.

Mackensen (1964) gibt niedrigere Zahlen für die Samenfäden an, die die Samenblase erreichen. Er fand, dass das Mittel von Einzelbesamungen mit 8—10 μ l Samen 3,16 bzw. 3,32 Millionen beträgt; für 2 Besamungen zu 6 μ l stellte er eine Spermienzahl von 4,26 Millionen fest. Zwei Besamungen zu je 2 und 3 μ l waren um ein geringes wirkungsvoller als Einzelbesamungen von 8 und 10 μ l.

Wenn man von einer Königin nur für eine kurze Zeit Nachkommen-schaft erwartet, wird eine rasche Besamung mit 3—4 Drohnen genügen.

In Zuchtprogrammen und genetischen Experimenten muss eine Königin oft mit einem einzigen Drohn gepaart werden. Dann sollte von dem einzigen Drohnen die grösste erreichbare Samenzahl gewonnen werden. Dazu sollten gut ausgereifte, gut genährte Drohnen zur Ver-

fügung stehen, und dann sollten nur diejenigen verwendet werden, die perfekt ejakulieren und die eine grosse Spermamenge mit hoher Samendichte ergeben. Die besten Drohnen ergeben mindestens 1,25 μ l Samen. In einer Serie von Einzelbesamungen können alle Königinnen zu 100% befruchtete Eier legen, oder einige wenige können teilweise drohnenbrütig sein. Diejenigen, die zu Beginn befruchtete Eier legen, können bald teilweise oder vollständig drohnenbrütig werden, andere jedoch können in einem Ableger zwei Saisonen aushalten.

Ein erfahrener Experimentator sollte imstande sein, mehr als 90% legende Königinnen während der günstigsten Jahreszeit zu erzielen, wenn der Stamm lebenskräftig ist und keine Krankheiten auftreten. Während der Zuchtsaisons im Frühjahr der Jahre 1964—1966 erhielt *Mackensen* 92,5% legende Königinnen von 759 besamten Königinnen, die zweimal mit 4—5 μ l Samen besamt worden waren.

Zusätzliche Verfahren

Besamung einer legenden Königin

Auch eine legende Königin kann besamt werden (*Mackensen* 1951). Die Technik wird angewandt, wenn eine Königin mit den von ihr selbst erzeugten Drohnen gepaart wird, um einen hohen Inzuchtgrad zu erzielen. Die unbegattete Königin wird zunächst durch Kohlensäurebehandlung zur Eiablage veranlasst. Wenn ihre Drohnen reif sind, wird sie aus ihrem Volk entnommen und für ungefähr 4 Tage in einen Versandkäfig mit einigen Begleitbienen gebracht, um die Entwicklung der Eier zum Stillstand und die Eierstöcke zur Rückbildung zu bringen. Dann wird sie wie gewöhnlich mit geringen Samenmengen besamt. Zwei Besamungen zu je 3 μ l führten zu einem durchschnittlichen Spermiengehalt in der Samenblase von 2,01 Millionen Samenfäden bei 10 Königinnen, die alle zu 100% befruchtete Eier legten.

Insemination mit Samen aus einer Samenblase (Spermatheka)

Cale und *Gowen* (1964) machten als erste von dieser Technik praktischen Gebrauch — obwohl sie nicht die Ersten waren, die sie versuchten. Zunächst wurde eine Königin mit dem Sperma eines einzigen Drohnen besamt. Dann wurde eine Tochterkönigin mit dem Samen aus der Samenblase der Mutter besamt. Und schliesslich wurde eine Enkeltochter mit dem Sperma aus der Samenblase der Tochter besamt. Auf diese Weise schufen diese Autoren 6 Inzuchtlinien mit einem Inzuchtkoeffizienten von 95,5% innerhalb eines Zeitraumes von nur 12 Wochen. Die herauspräparierte Spermatheka wurde auf einen Objektträger gelegt und mit einem dünnen Film von sterilem Wasser (physiologische Salzlösung wäre vorzuziehen) bedeckt, um ein Austrocknen zu verhüten. Nach Entfernung der Tracheenhülle wurde die Spermatheka mit einer Nadel punktiert, dann wurde die Spitze der Besamungsspritze in die Öffnung eingeführt und das Sperma aufgezo-gen.

Samen aus den Samengefässen der Drohnen

Manchmal kann es wünschenswert sein, den Samen direkt aus den Samengefässen zu entnehmen. Das ist z. B. dann der Fall, wenn man

Samen von einem einzigen mutierten Drohnen gewinnen möchte, der nicht ejakuliert. Die Technik ist folgende: Mit einer sehr scharfen Schere mit feiner Spitze, wird im vorderen Abschnitt des Abdomens ein Schnitt durch eine Rückenschuppe geführt. Dann schneidet man entlang beider Seiten bis zum hinteren Ende des Abdomens und klappt die Rückenschuppen zurück; Samengefäße und Schleimdrüsen liegen jetzt frei. Nun schneidet man mit grosser Sorgfalt und sehr langsam die Samengefäße dort ab, wo sie sich mit den Schleimdrüsen vereinigen. Man legt sie auf einen Finger und fasst sie mit einer Pinzette nahe ihrem hodenseitigen Ende. Dies wird peristaltische Kontraktionen auslösen, wodurch der Samen am anderen Ende ausgepresst wird; von hier kann er mit der Spritze aufgenommen werden. Der mit dieser Methode gewonnene Samen ist nicht so wirksam wie solcher, der nach Ausstülpung und Ejakulation gesammelt wurde (Mackensen 1955).

Aufbewahrung und Versand von Sperma

In Versuchen mit verschiedenen Konservierungsmethoden fand Taber (1961), dass unverdünnt in Glaskapillaren eingeschlossenes und bei Zimmertemperatur aufbewahrtes Sperma am längsten am Leben bleibt (bis zu 6 Wochen). Das Resultat konnte noch verbessert werden, wenn dem Sperma zur Verhinderung des Bakterienwachstums ein Antibiotikum (Chlortetracycline) zugesetzt wurde. In einem Fall gelang die künstliche Insemination einer Königin mit Sperma, das 68 Tage lang gelagert worden war. Inseminationsversuche mit Sperma, das per Luftpost über weite Strecken versandt worden war, verliefen zum Grosseil erfolgreich (Taber 1961). Voraussetzung ist die Verwendung von reinem Sperma ohne Schleim.

Poole und Taber (1970) haben diese Methode noch weiterentwickelt, indem sie den Samen mit Hilfe eines dünnen Polyäthylenschlauches und einer Mikrospritze in ein Glasröhrchen füllten.

Vor Benutzung wird das Röhrchen innen mit Penicillin oder Tetracyclin-Pulver eingestäubt. Nach Füllung wird das Glasröhrchen in der Laborzentrifuge 5 Min. lang zentrifugiert, um Luftblasen zu entfernen, und dann etwa 5 mm über dem Rand der Samenflüssigkeit abgeschnitten. Abschliessend wird das offene Ende sorgfältig über einem Bunsenbrenner zugeschmolzen und zur Sicherheit noch in flüssiges Wachs getaucht.

Die Lagerung des Samens erfolgt bei 13–15°C und Dunkelheit. Nach dieser Methode wurde Samen 35 Wochen (= 8 Monate) lang aufbewahrt. Von 12 Königinnen, die damit besamt wurden, erzeugten 9 Arbeiterbrut.

Das ist wahrscheinlich ein Extrem, aber einige Wochen lang kann man Sperma bei Luftabschluss und niedriger Temperatur ohne Zweifel aufbewahren.

Das Umfüllen des Samens aus der Mackensen-Spitze in die Kapillare ist ein umständliches Verfahren. Mehr als 10–12 µl auf einmal lässt sich mit der Membranspritze nicht aufnehmen, ausserdem ist die gefüllte Spitze wegen des beim Abschrauben entstehenden Unterdrucks nicht abnehmbar.

Harbo (1973, 1974) hat ein Verfahren entwickelt, bei dem der Samen in abnehmbaren Glaskapillaren von 50–60 µl Inhalt (ausrei-

chend für 5–7 Besamungen) aufbewahrt wird. Verwendet wird eine einfache Kolbenspritze: Der Kolben ist eine dünne Glaskapillare, die Spritzenhülse ein Polyvinylschlauch (Abb. 55). An einem Ende (auf der Abb. rechts) wird die Kapillare durch Verbindung mit einem zugeschmolzenen Röhrchen verschlossen. Wird die (mit Gleitmittel versehene) Kapillare jetzt aus dem Schlauch herausgezogen, entsteht ein Sog, die umgekehrte Bewegung bewirkt das Ausspritzen. Die Spitzen werden aus Glasröhrchen von 1,2–1,3 mm Innendurchmesser gezogen (bei grösserem Durchmesser lässt sich die Luftblase zwischen Samen und Flüssigkeit nicht halten). Wir verwenden Mikropipetten zu 50 µl Inhalt (grüne Marke) der Fa. Assistent (erhältlich im medizinischen Fachhandel).

Die Spitze wird mittels einer Muffe und einem weiteren Glasröhrchen mit der Spritzenhülse verbunden. Um der Spritze Stabilität und „Körper“ zu verleihen, schiebt man sie in ein dickeres Glasrohr (Ø etwa 5 mm), unter Verwendung von kurzen Schlauchabschnitten zur Fixierung.

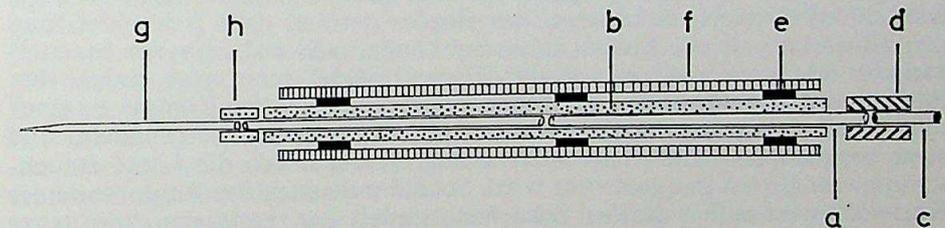


Abb. 55 — Die aus Glaskapillaren und Schläuchen selbst herstellbare Kolbenspritze von Harbo

a — offene Glaskapillare (Spritzenkolben), b — Polyvinylschlauch (Spritzenhülse), c — zugeschmolzene Verschlusskapillare, d — Gummischlauch (Handgriff), e — Stücke von Kunststoffschlauch (Lagerung der Spritze), f — Glasrohr, g — Besamungsspitze, h — Verbindungsmuffe

Die Aufnahme des Spermas erfolgt wie bei der Mackensen-Spritze: Füllung des Kanals mit physiologischer Lösung, Bildung einer Luftblase, Aufziehen des Samens. Das Abnehmen der gefüllten Spitze geschieht folgendermassen: Das Verschlussstück am Kolben der Spritze (Abb. 55, c) wird entfernt, dadurch erfolgt ein Druckausgleich. Die Spritze ist jetzt ein offenes System, die Spitze kann abgenommen werden. Schon vorher wurde in die Spitze des Verschlusses etwas Vaseline eingesaugt (ohne Luftblase!), dann wird auch das andere Ende mit Vaseline verschlossen.

Eine technisch perfektere präzise arbeitende Kolbenspritze aus Plexiglas stellt Friedrich Weber in Kreuztal, Ernsdorfstr. 59 her. Hier kann der Druckausgleich vor Abnahme der Spitze dadurch erfolgen, dass der Kolben bei gleichzeitigem Verschluss der Spitzenöffnung etwas zurückgedreht wird.

Der Samen wird bei einer Temperatur von etwa 14°C gelagert. Erfolgreiche Besamungen wurden von Harbo noch nach einer Lagerungsdauer von 150 Tagen vorgenommen. Die Ergebnisse sind zwar noch nicht ganz zufriedenstellend, sie lassen sich sicher aber noch verbessern.

Bei diesem Verfahren wird der Samen also in Glasspitzen aufbewahrt, die dann auch zur Besamung verwendet werden. Voraussetzung hierzu ist die Möglichkeit zur billigen Serienherstellung von Besamungspitzen aus Glas (vgl. S. 49). Zur Besamung wird die Spitze einfach auf die Kolbenspritze aufgesetzt. Vor dem Einführen der Spitze in die Königin presst man den Vaselinepfropf in der Spitzenöffnung heraus; der rückwärtige Pfropf behindert die Besamung nicht, da er mit der Samensäule mitwandert, bzw. sich als dünner Film an die Wand anlegt.

Die Aufbewahrung des Samens in Glasspitzen für 3—4 Wochen nach der beschriebenen Methode ergibt gute Resultate. Die dadurch mögliche Trennung der Aufnahme des Samens von der eigentlichen Besamung bringt eine wesentliche Vereinfachung der Arbeit bei hoher Leistung. Fernziel ist die Langzeitspeicherung des Samens als „Genbank“.

Präparierung der Königin und Zählung der Samenfäden

Oft ist es geboten, Königinnen nach der Besamung zur Feststellung des Erfolges oder zur Diagnose eines Defektes (keine Eiablage, Drohnenbrütigkeit, Krankheit) zu präparieren. Man geht folgendermassen vor: Die Königin wird durch Abtrennen des Kopfes getötet, dann schneidet man den Hinterleib an der linken Seite der Länge nach auf, von der Stachelkammer bis zum vorderen Ende. Hier schneidet man quer durch den Rücken, entlang der ersten Rückenschuppe. Nun wird die Königin in einer mit Wachs ausgegossenen Schale mit Insektennadeln festgenadelt, und zwar so, dass der Hinterleib mittels einer Nadel durch die letzte Bauchschuppe möglichst gut gestreckt wird. Sobald man auch das Vorderende des Hinterleibs an seiner linken Ecke festgenadelt hat, kann man die ganze Rückenpartie des Abdomens von der linken Seite her aufheben und nach rechts klappen, wo sie mit Nadeln fixiert wird.

Man hat jetzt die inneren Organe vor sich, wobei der Darm zuoberst liegt. Um die Organe besser sehen und um besser präparieren zu können, übergiesst man das Präparat mit 0,9% iger Kochsalzlösung. Man hebt den Darm mit einer Pinzette vorsichtig auf und präpariert ihn frei, indem man die vielen Tracheen, die ihn vor allem mit den Ovarien verbinden, mit einer Nadel einzeln durchtrennt.

Nach Entfernung des Darmes liegen alle Geschlechtsorgane frei: Eierstöcke, Eileiter, Samenblase. Wichtig ist die Feststellung von Samen in den Eileitern (gelbe Klumpen) und von Infektionen (schwarze Flecken an verschiedenen Organen). Zur Untersuchung der Spermatheka wird die nur lose aufliegende Tracheenhülle abgezogen. Enthält sie Samen, dann wird die Spermatheka in ein Glasschälchen mit 1 ml 0,9% iger Kochsalzlösung oder Verdünnungslösung übertragen und mit einer spitzen Nadel punktiert. An den herausquellenden Spermien lässt sich bei starker Vergrößerung leicht feststellen, ob sie sich bewegen oder nicht. Sollte eine Zählung der Spermatozoen geplant sein, dann wird der gesamte Inhalt der Samenblase gut in der Flüssigkeit verteilt und dann mit 9 ml Wasser aufgefüllt, bevor man einen Tropfen der gut gemischten Lösung in die Zählkammer gibt.

Die Zählung der Spermatozoen erfolgt mit einem der üblichen Haemocytometer, z.B. mit der in jeder Handlung für ärztliche Instrumente erhältlichen Zählkammer nach Fuchs-Rosenthal (Mackensen, Roberts 1948).

RESULTATE

J. WOYKE und F. RUTTNER

1. Anzahl von legenden Königinnen nach Besamung

Der Erfolg der Besamung wird zunächst an der Zahl der verbliebenen Königinnen am Beginn der Eiablage gemessen. Bei Erfahrung und sorgfältiger Technik erreichen mehr als 90% der Königinnen dieses Stadium (s. Kapitel V, S. 69); das ist ein besseres Ergebnis, als es bei der natürlichen Paarung erwartet werden kann. Später in der Saison liegen die Zahlen gewöhnlich tiefer, doch ist die Ursache davon wohl nicht in der künstlichen Besamung, sondern in der Gesamtsituation des Bienenvolkes zu suchen. Die Bienen sind nach Trachtabschluss (Anfang Juli) aggressiver gegenüber der Königin und viele Verluste gehen sicher auf die notgedrungene enge Aufstellung der Völkchen zurück.

Im Durchschnitt der ganzen Saison ist nach den Erfahrungen in der Bundesrepublik ein Ergebnis von 70—80% legender Königinnen zu erwarten. An der Besamungsstation der Aussenstelle für Bienenzucht in Kirchhain liegen folgende Zahlen vor:

	Zahl besamter Königinnen	% in Eilage
1972	1480	76,8
1973	1117	83,5

2. Der Füllungsgrad der Spermatheka

Mit dem Sperma eines einzigen, gut ejakulierenden Drohnen wird durch die künstliche Besamung eine Füllung der Spermatheka mit 1,0—1,8 Millionen Spermien erreicht (Woyke 1960). Mit der Steigerung der injizierten Spermamenge erhöht sich auch die Zahl der Spermien in der Spermatheka, jedoch umso langsamer, je grösser die verabreichte Spermamenge wird. Der Wirkungsgrad der Besamung sinkt also mit der Erhöhung der Samenmenge. Wird mit 1 µl besamt, so gelangen davon 19,9% in die Spermatheka, von 4 µl 9 bis 12%, von 10 µl 4,3 bis 7,9% und von 36 µl nur noch 1,8% (Woyke 1960, Mackensen 1964). Es kann also von Vorteil sein, eine bestimmte Spermamenge nicht auf einmal, sondern verteilt auf 2 Einzelportionen an verschiedenen Tagen zu verabreichen. So fand Mackensen (1964) nach Besamung mit 8 µl in einer Portion im Durchschnitt 3,16 Millionen Spermien in der Samenblase, nach 2 Besamungen zu je 4 µl aber 4,44 Millionen. In den Versuchen von Woyke (1960) war dieser

Tabelle 2

HONIGPRODUKTION VON VÖLKERN MIT NATÜRLICH UND KÜNSTLICH
BESAMTEN KÖNIGINNEN
(nach Roberts 1946)

Gruppe	Anzahl	Besamung	Honigerate Ø kg
1	17	natürlich	45,49
	8	künstlich	45,44
2	10	natürlich	27,62
	13	künstlich	39,78
3	16	natürlich	31,95
	10	künstlich	30,30
4	22	künstlich	54,83
5	10	künstlich	42,87

Im Spätsommer 1974 demonstrierte ein Imker in Nordhessen sein stärkstes Volk (unter 40 Völkern) mit drei dick besetzten Zargen Ende August; die Königin war künstlich besamt, Jahrgang 1971. Am Bieneninstitut in Oberursel ist die Mehrzahl der Wirtschaftsvölker mit besamten Königinnen besetzt, ohne dass dadurch eine Ertragsminderung eintritt — im Gegenteil, Königinnen aus Spitzenlinien liegen auch nach Inseminierung an der Spitze wie das nachstehende Beispiel zeigt:

Tabelle 3

LEISTUNGSPRÜFUNG HOHENHEIM 1970

Stamm	Zahl der Völker	Jahrgang der ♀	Paarung	Honigertrag (kg)			
				1. Schleuderung 29.6.	2. Schleuderung 13.7.	3. Schleuderung	Zus.
Carnica „Landrasse Hohenheim“	65	1969	standbeg.	13,7	16,0	8,1	<u>37,8</u>
Caucasit (Italiener x Kaukasier)	7	1968	standbeg.	19,2	11,4	9,3	<u>39,9</u>
Carnica Selektion (Oberursel)	15	1969	inseminiert	19,3	24,8	9,8	<u>53,9</u>

Im Gesamtdurchschnitt scheinen jedoch natürlich begattete Königinnen etwas länger zu leben. Von zwei gleichstarken Gruppen mit besamten und natürlich begatteten Königinnen wird man also mit einiger Wahrscheinlichkeit am Ende des zweiten Lebensjahres in der Gruppe der besamten Königinnen eine etwas kleinere Anzahl finden als bei der anderen. Diese Unterschiede — offenbar verursacht durch ein vorzeitiges Nachlassen der Legeleistung und Auftreten von Drohnbrut bei einigen Königinnen — fallen aber bis zur Vollendung des ersten Lebensjahres nicht ins Gewicht.

Diese Daten liefern den überzeugenden Beweis, dass die künstliche Besamung zu einem Werkzeug entwickelt werden konnte, von dem man sich für die weitere Entwicklung der Bienenzucht viel versprechen darf. Es können jetzt Paarungen unter ganz verlässlicher Kontrolle durchgeführt und die inseminierten Königinnen auf ihren Erbwert getestet werden. Vor allem wäre eine planmäßige Erzeugung von Hybriden, mit oft ausserordentlich gesteigertem Honigertrag, nicht denkbar ohne Anwendung der künstlichen Besamung.

4. Die künstliche Besamung als Instrument planmässiger Zuchtarbeit

Die letzten Jahre haben bewiesen, dass die instrumentelle Besamung von jedem erlernbar ist, der einigermaßen ruhige und geschickte Hände hat, und dass diese Methode zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel in der Zuchtauslese geworden ist. Heute gelingt es uns viel leichter als früher, Zuchtlinien reinzuhalten und gezielt bestimmte Kombinationen herzustellen. Der Rückstand in der Züchtung der Biene, durch die Propagierung von Landbelegstellen nur notdürftig verdeckt, kann heute mit wirksamen Mitteln behoben werden.

Die Bereitstellung einwandfreier Zuchtmütter, nicht die Produktion von Wirtschaftsköniginnen ist die Aufgabe der instrumentellen Besamung der Bienenkönigin. Zu diesem Zweck wurde mit Hilfe des DIB 1969 am Institut für Bienenkunde Oberursel die erste Besamungsstation für Bienenköniginnen gegründet. 1971 nach Kirchhain verlegt, spielt diese Station heute eine wichtige Rolle bei den Zuchtbestrebungen in der Bundesrepublik. Ebenso wichtig wie die Abgabe besamter Königinnen aus dem eigenen Prüfstand sind die Lohnbesamungen, die es dem einzelnen Imker ermöglichen, Königinnen aus dem eigenen Stamm mit eigenen Drohnen zu verpaaren. Ein grosser Fortschritt, wenn man bedenkt, dass bis heute unzählige Zuchtlinien erloschen sind, weil sie mangels wirksamer Paarungskontrolle nicht gehalten werden konnten.

Das Interesse der Imkerschaft für die künstliche Besamung ist in stetem Zunehmen begriffen. In verschiedenen Gebieten sind weitere

Besamungsstationen auf privater Basis entstanden und eine wachsende Zahl von Einzelimkern bemüht sich um die Einarbeitung in die Technik — oft im Dienste einer lokalen Züchtergruppe, oft aber nur für den eigenen Bedarf. Durch die breite Streuung besamter Königinnen muss es möglich sein, immer mehr Bienenstände mit einwandfreiem Zuchtmaterial zu versorgen. Hier gliedert sich die Methode der instrumentellen Besamung als wichtiges Glied in den Rahmen der allgemeinen Zucht ein.

KAPITEL 7

GENETISCHE ASPEKTE DER KÜNSTLICHEN BESAMUNG

J. WOYKE

Die künstliche Besamung hat zu grossen Fortschritten in der Bienen-genetik und Bienenzucht geführt. Es wurden viele Mutanten entdeckt, die weitergezüchtet werden konnten. Die Wissenschaft ihrer Vererbung trägt zur Lösung verschiedener genetischer und physiologischer Probleme bei.

Die Entstehung von Bienen ungewöhnlichen Ursprungs und die Geschlechtsbestimmung wurden geklärt. Es konnten Fortschritte bei der Züchtung von Bienen erzielt werden, die widerstandsfähiger gegen Krankheiten, bessere Bestäuber von Blüten oder bessere Honigsammler sind. Diese Arbeiten können als Wegweiser auf verschiedenen Gebieten der Bienenzüchtung dienen.

Mutanten

Es wurde eine ganze Reihe von Mutanten gefunden und deren Genetik studiert (Tab. 5). Eine Erklärung der in dieser Tabelle und im nachstehenden Text benutzten Fachausdrücke findet der Leser in dem kleinen Wörterbuch „Die wichtigsten genetisch-statistischen Fachausdrücke in der Tierzucht“, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1966 (DM 6.—), sowie in der Liste der Fachausdrücke auf S. 112.

Mehr als 15 Augenfarbenmutanten sind bis jetzt bekannt. *Michailoff* (1931) beschrieb das Merkmal „Weissäugigkeit“ und er studierte die Erbllichkeit desselben. *Rothenbuhler*, *Gowen* und *Park* (1952) beschrieben die Augen vom Typ ivory (*i*), cream (*cr*), snow (*s*) und chartreuse (*ch*) (Bemerkung: Die Erklärung der Farbbezeichnungen befindet sich in Tab. 5, S. 102). *Laidlaw*, *Green* und *Kerr* (1953) unterscheiden 2 Gene vom Typ chartreuse: ch^1 und ch^2 , und sie entdeckten als Ursache von roter Augenfarbe das Gen red (ch^r) das mit dem Gen *ch* allel ist, sowie ein nichtalleles Gen vom Typ brick (*bk*). Die Interaktion *bk; ch* führt zu dem Phänotyp buff (braunrot). *Cale*, *Gowen* und *Carlile* (1963) stellten eine rosa Augenfarbe (pink, *p*) fest, ein Gen, das auch die Lebensfähigkeit beeinflusst. *Laidlaw*, *el Banby* und *Tucker* beschrieben 1964 fünf neue Mutanten der Augenfärbung: Benson green (ch^B), cherry (ch^c), garnet (*g*), pearl (*pe*) und tan (s^t). Benson green und cherry finden sich

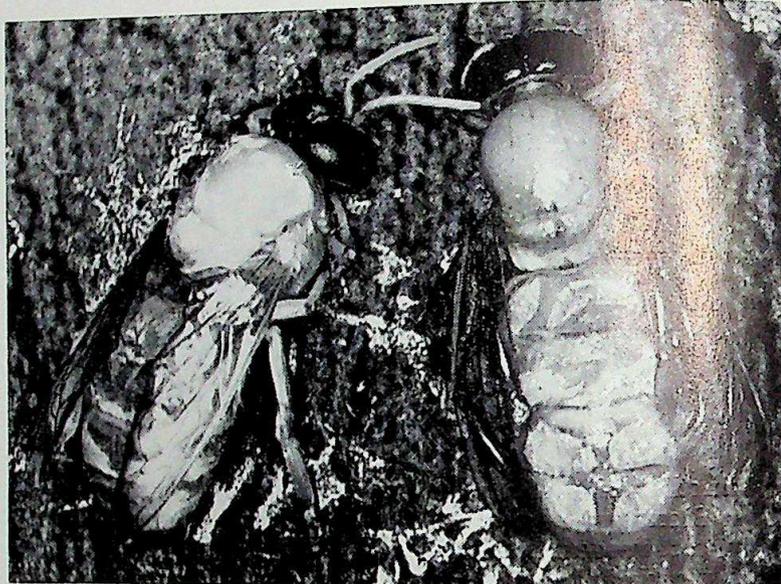


Abb. 56 — Albino-Drohnen (a) mit unpigmentierter, weicher Körperdecke, aber normal ausgefärbten Augen. Das Merkmal wird rezessiv vererbt, bisher konnte aber noch keine Ausreifung der Spermatozoen erzielt werden (Ruttner, unpubl.).

am Locus chartreuse. Tan ist mit dem Typ snow allel ; der Phänotyp s/s^t ist rot. Tan verhält sich zu dem Typ chartreuse und dem Typ brick epistatisch, doch zu dem Typ ivory und cream hypostatisch. Unlängst beschrieben Laidlaw und Tucker (1955) den Typ umber (i^u), welcher eine mit dem Typ ivory allele Augenfarbe ist und sich zu diesem Typ unvollständig dominant verhält.

Die Farbe der Augenmutanten ist etwas verschieden bei haploiden Drohnen und bei diploiden Weibchen. Aber Woyke (1973) konnte zeigen, dass dieser Effekt nicht auf Unterschiede in der Gendosis zurückzuführen ist, wie man angenommen hatte, denn haploide und diploide Drohnen besitzen mutierte Augen von gleicher Farbe.

Alle beschriebenen Gene sind gegenüber dem Wildtyp rezessiv. Die Gene pearl und cream sind miteinander gekoppelt, mit einem Austauschwert (crossing over) von 0,33% (Laidlaw, el Banby und Tucker 1965). Es wurden auch Koppelungen zwischen Mutanten der Augenfarbe und anderen Mutanten festgestellt. Mackensen (1958) beschrieb die Koppelung zwischen den Genen chartreuse und hairless ; die Möglichkeit einer Koppelung zwischen brick und einem Semiletalfaktor sowie zwischen brick und dem Gen „reduzierte Fazettenzahl“ wurde von Laidlaw, el Banby und Tucker 1965 erwähnt. Woyke (1971) hat die Mutation laranja (la) beschrieben, die epistatisch zu brick ist und sich mit chartreuse zu einer hellen Lederfarbe kombiniert.

Es wurden auch 3 Mutanten der Augenform beschrieben : Cyclops (Lotmar 1936), reduzierte Fazettenzahl (reduced facet number = rf ; Kerr und Laidlaw 1956) und augenlos (eyeless = e ; Laidlaw und Tucker

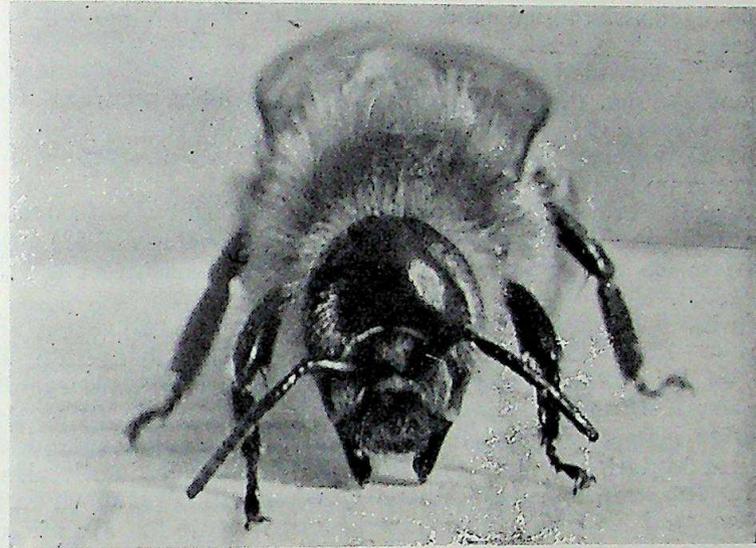


Abb. 57 — Zyklopenbiene
Die beiden Fazetenaugen sind zu einem einzigen in der Mitte des Kopfes verschmolzen, die Punktaugen fehlen. Es wurden auch Königinnen mit dieser Augenform beobachtet. Das Merkmal zeigte in 5 aufeinanderfolgenden Generationen eine unregelmässige Manifestationshäufigkeit (0,1—2% der Arbeitsbienen ; Ruttner, unpubl.)



Abb. 58 — Dominante erbliche Haarlosigkeit (H). Es fehlt am ganzen Körper das Überhaar, während die Filzbinden vorhanden sind. (Die Biene im Bild rechts von der Mitte ist normal behaart.) Das Merkmal wird monofaktoriell durch ein dominantes Gen vererbt, die mutierten Drohnen sind nicht lebensfähig (Ruttner, unpubl.).

1965). Die eyeless-Drohnen sind steril und es wurden bei ihnen keine Hoden festgestellt.

Sehr nützlich als Markierungsgen ist die Mutation „braune Körperfarbe“ cordovan (c), die Mackensen 1951 beschrieben hat. Das Gen für schwarze Körperfarbe (black = bl), beschrieben von Laidlaw und el Banby (1962), unterdrückt die gelbe Farbe der italienischen Bienen bei Homozygoten und Hemizygoten.

Es wurden Mutationen der Körperhaare, „erbliche Schwarzsucht“ S (Dreher 1940), und „haarlos“ (hairless = h; Mackensen 1957) beschrieben. Hairless ist mit dem Gen ch gekoppelt (Austauschwert 4,1%; Mackensen 1958).

Man hat 5 Flügelmutanten festgestellt: „Stummelflügel“ (Rudimental wing = Rw; Hachinohe und Onishi 1953), „hängende Flügel“ (Droopy = D; Rothenbuhler, Gowen und Park 1952), „kurze Flügel“ (short = sh; Kerr und Laidlaw 1956), „gestutzte Flügel“ (truncate = tr) und „faltige Flügel“ (wrinkled = wr; Laidlaw, el Banby und Tucker 1965). Diese Mutationen sind meistens mit Letal- oder Semiletalfaktoren gekoppelt. Rw und i sind miteinander gekoppelt, Austauschwert 31% (Hachinohe und Onishi 1953). Eine Anzahl weiterer Mutationen ist bekannt, aber noch nicht publiziert (vgl. Tab. 5, S. 102).

Bienen ungewöhnlichen Ursprungs (Mosaik- und Zwitterbienen)

Die künstliche Besamung zusammen mit genetischer Markierung durch mutierte Gene ermöglichten die Aufklärung der Entstehung von „ungewöhnlichen Bienen“ (Tabelle 4).

Es wurden verschiedene Typen von „ungewöhnlichen Bienen“ beschrieben, die von unbefruchteten Eiern stammen. Unbefruchtete Eier mit zwei Kernen ergeben Mosaikmännchen (Tab. 4, 1, a). Durch Verschmelzung zweier Vorkerne in unbefruchteten Eiern entstehen parthenogenetische Weibchen (Tab. 4, 1, b). Zwei haploide Vorkerne des Eies können sich vor der Verschmelzung ein oder mehrmals teilen. Zunächst verbinden sich zwei haploide Tochterkerne zu einem diploiden Furchungskern, aus dem sich weibliches Gewebe entwickelt. Die anderen haploiden Tochterkerne entwickeln sich zu männlichem Mosaikgewebe (Tab. 4, 1, c). So entsteht ein Gynandromorph (Gynander, Zwitter; Abb. 59).

Auch aus befruchteten Eiern ist die Entstehung von verschiedenen Typen von Individuen möglich. Denn aus befruchteten Eiern können sich nicht nur Weibchen entwickeln, wie dies normalerweise geschieht, sondern es entwickeln sich auch — bei identischen Sex-Allelen nach Inzucht — diploide Männchen (Woyke 1963). Mehr darüber findet sich im nächsten Abschnitt.

Wenn nur ein Vorkern in einem zweikernigen Ei befruchtet wird, dann besitzt der entstehende Gynandromorph männliches Gewebe mütterlicher (matrokliner) Herkunft und weibliches Gewebe, das von beiden Eltern abstammt (Tab. 4, 2.1 b). Polyspermie (Befruchtung durch mehrere Samenfäden) kann verschiedene Typen von „ungewöhnlichen Bienen“ verursachen. Zwei Spermien können sich in einem Ei vereinigen, und der Eivorkern kann unbefruchtet bleiben (Tab. 4, 2.2 a). Es entsteht ein Gynander, in dem das diploide weibliche Gewebe von 2 Vätern stammt, ohne

ENTSTEHUNGSWEISE UNGEWÖHNLICHER BIENEN

1. Aus unbefruchteten Eiern

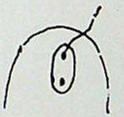
a  Mosaikmännchen Tucker 1958, Woyke 1962

b  parthenogenetisches Weibchen Mackensen 1953, Tucker 1958, Woyke 1962, Tryasko 1965

c  Gynander mit männlichem Mosaikgewebe Tucker 1958

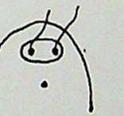
2. Aus befruchteten Eiern

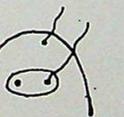
2.1. An der Entwicklung der Biene ist nur eine Samenzelle beteiligt

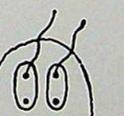
a  diploides Männchen Woyke 1963, 1965

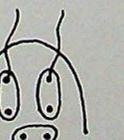
b  Gynander mit mütterlichem männlichem Gewebe Mackensen 1951, Woyke 1962, Drescher, Rothenbuhler 1963

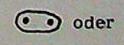
2.2. An der Entwicklung der Biene sind mehrere Samenzellen beteiligt

a  Gynander mit weiblichem Gewebe väterlichen Ursprungs Laidlaw, Tucker 1964

b  Gynander mit männlichem Gewebe väterlichen Ursprungs Rothenbuhler, Gowen, Park 1952, Drescher, Rothenbuhler 1963

c  Mosaikweibchen Taber 1955, Woyke 1962

d  Mosaikweibchen mit diploidem parthenogenetischem Gewebe Woyke 1962

Zeichenerklärung:  Samenzelle  Eivorkern  oder  Zygote

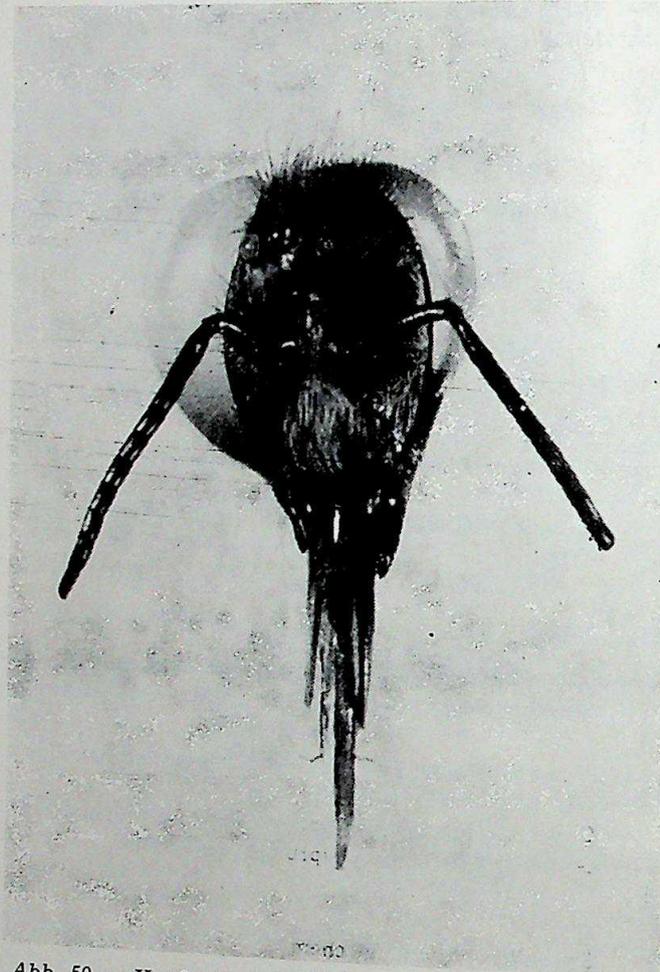


Abb. 59 — Kopf einer Zwitterbiene, rechte Körperseite männlich, linke Körperseite arbeitertmäßig (phot. Rothenbuhler)

Anteil von der Mutter. Polyspermie eines Eies mit *einem* Kern hat die Befruchtung des Kernes zur Folge. Aber manchmal unterbleibt die normalerweise eintretende Degeneration bei einem oder bei mehreren Spermien, und sie entwickeln sich zu männlichem Gewebe. So entsteht ein Gynander mit einer anderen Herkunft des Gewebes als bei den schon beschriebenen. Hier stammen die weiblichen diploiden Teile von beiden Eltern, aber die haploiden männlichen Anteile entwickeln sich nur aus Spermien (Tab. 4, 2.2 b).

Ein Mosaikweibchen kann durch Polyspermie in einem Ei mit 2 Kernen dann entstehen, wenn sich Spermien von verschiedenen Vätern mit den beiden Vorkernen vereinen (Tab. 4, 2.2 c). Die 2 haploiden Vorkerne des Eies können sich aber auch zuerst teilen und dann können

zwei von ihnen durch verschiedene Spermien befruchtet werden, während die beiden anderen miteinander verschmelzen. Daraus entsteht ein Weibchen, das z. T. parthenogenetischen Ursprungs ist, z. T. zwei verschiedene Väter besitzt (Tab. 4, 2.2 d).

Geschlechtsbestimmung

Das Problem der Geschlechtsbestimmung konnte nur dank der künstlichen Besamung gelöst werden. Mackensen (1951) stellte fest, dass bei Einzelpaarungen Mutter \times Tochter (S. 110) die Hälfte der Königinnen in den Arbeiterinnenzellen eine Brut erzeugte, die nur zu 50% überlebte (Abb. 61). Das wurde von Hachinohe und Jimbu (1958) bestätigt. Mackensen stellte weiter wenigstens 11 verschiedene Allele fest, die für diese Erscheinung verantwortlich waren. Laidlaw, Gomes und Kerr (1956) fanden $12,4 \pm 3,56$ solcher Allele in einer panmiktischen Population in Brasilien. Rothenbuhler (1957) beobachtete Flecke diploider männlicher Gewebe in den Augen von Mosaikdrohnen, die von verwandten Eltern einer gynandromorphen Linie stammten. Später wurde das von Drescher und Rothenbuhler (1964) bestätigt.

Aber Drohnen rein zygoter Herkunft konnten nicht festgestellt werden. Man war der Ansicht, dass die durch Inzucht in einem bestimmten Locus „x“ homozygot gewordenen Eier nicht schlüpfen und dass kleine Areale diploiden männlichen Gewebes nur dank ihrer Verbindung mit normalem, lebensfähigem, haploidem männlichen Gewebe überleben können.

Doch inzwischen zeigte Woyke (1962), dass alle Eier von Inzuchtköniginnen zum Schlüpfen gebracht werden können. Er konnte nachweisen, dass einige Drohnenlarven von völlig zygotischer Herkunft sind (Woyke, 1963). Der niedrige Prozentsatz an Überlebenden wird dadurch verursacht, dass die Pflegebienen die gerade geschlüpften Larven auffressen. Die Larven der diploiden Drohnen sind lebensfähig und können zu reifen Tieren aufgezogen werden (Woyke 1963, 1965). Ihre Herkunft von befruchteten Eiern kann zytologisch und genetisch bewiesen werden (Woyke 1965, Woyke und Knytel 1966, Woyke und Adamska 1972).

Zusammenfassend kann man sagen, dass eine Serie von Sexallelen existiert, die in heterozygotem Zustand zur Entwicklung von Weibchen und in hemi- und homozygotem Zustand zur Entwicklung von Männchen führen. Die Homozygoten sind lebensfähig, aber sie werden von den Arbeitsbienen im ersten Larvenstadium aufgefressen; deshalb hat man ihre Existenz anfangs nicht festgestellt.

Bienenkrankheiten

Eine Resistenz der Biene gegen ansteckende Krankheiten war schon bekannt, bevor man die künstliche Besamung in diese Forschungen einbezogen hat (Sturtevant 1920; Park, Pellet und Paddock 1937). Es wurde festgestellt, dass die Widerstandsfähigkeit gegen bösartige Faulbrut erblich ist. Es wurden auch einige Informationen über den Mechanismus der Widerstandsfähigkeit gegen gutartige Faulbrut (Sturtevant 1920) wie

gegen bösartige Faulbrut gesammelt (Woodrow 1941, Woodrow und Holst 1942, Woodrow und States 1943, Sturtevant und Reves 1953).

Eingehendere Studien über diese Fragen wurden durch die Anwendung der Methode der künstlichen Besamung ermöglicht. Rothenbuhler und Thomson (1956) stellten fest, dass die Unterschiede im Überleben der mit Sporen von bösartiger Faulbrut geimpften Larven verschiedener Linien sehr gross sind. Diese Unterschiede sind auch erblich (Lewis und Rothenbuhler 1961). Wenn die Larven von 2 Linien die Sporen im Alter von 21 Stunden bekommen haben, wurden Unterschiede in der Keimungsdauer der Sporen, wie in der Zahl der festgestellten Bakterien gefunden (Bamrick 1964). Aber auch die erwachsenen Bienen verschiedener genetischer Linien schützen die Larven in unterschiedlichem Ausmass (Thomson und Rothenbuhler 1957).

Rothenbuhler (1964) wies grosse Unterschiede im Verhalten von 4 Inzuchtlinien gegenüber durch bösartige Faulbrut eingegangene Brut nach. Zwei Inzuchtlinien zeigten einen grossen Unterschied in der Zeit, die zum Entdeckeln und zum Ausräumen der mit Cyangas abgetöteten Brut benötigt wurde (Jones und Rothenbuhler 1964). Aus jungen, resistenten Bienen bestehende Völker räumen alle durch bösartige Faulbrut getöteten Larven aus, wogegen Bienenvölker, die aus Bienen mit einem Alter von mehr als 4 Wochen zusammengestellt wurden, die toten Larven nur während einer Nektartracht ausräumen. Nach Feststellung des Vorhandenseins genetischer Unterschiede konnte man die Erbllichkeit studieren. Rothenbuhler führte die nötigen Kreuzungen durch und fand bei der Rückkreuzung vier Typen von Bienenvölkern: 1) Bienenvölker, die die Zellen entdeckeln und die toten Larven beseitigen; 2) Bienenvölker, die bloss die Zellen entdeckeln; 3) Völker, die in den vom Imker entdeckelten Zellen die tote Brut beseitigen; 4) Völker, die weder die Zellen entdeckeln, noch die tote Brut entfernen.

Rothenbuhler stellte eine Zwei-Locus-Hypothese auf. Sie besagt, das Entdeckeln einer Zelle, die tote Brut enthält, sei von der Homozygotie für ein einzelnes rezessives Gen (bezeichnet als „u“) abhängig, und das Ausräumen von der Homozygotie für ein anderes rezessives Einzelgen (bezeichnet als „r“).

Drescher stellte 1964 fest, dass die Tendenz zur Schwarzsucht von den begattenden Drohnen unabhängig ist. Er vermutet eine matroklone Vererbung.

Bestäubung

Es ist schon lange bekannt, dass es bei den Bienenvölkern Unterschiede im Sammeln von Pollen gibt. Nye und Mackensen studierten in den letzten Jahren die Frage, ob die Tendenz zum Sammeln von Luzernepollen erblich ist und ob es möglich wäre, Linien mit hoher und mit geringer Tendenz zum Sammeln von Luzernepollen herauszuzüchten.

Nye und Mackensen (1965) stellten zunächst fest, dass Völker mit Schwesterköniginnen einander in der Proportion des gesammelten Luzernepollens ähnlicher waren als Völker mit nichtverwandten Königinnen. Dies weist auf Erbllichkeit des untersuchten Merkmals hin. Später

(1966) zeigten Mackensen und Nye, dass in der Linie mit hoher Neigung zum Sammeln von Luzernepollen der durchschnittliche Prozentsatz der Sammler dieses Pollens von 39,8% in der zweiten Generation auf 49,8% in der dritten und auf 66,4% in der vierten Generation anstieg. In der Linie mit einer geringen Neigung in dieser Richtung betrug die entsprechenden Prozente 26,2, 14,8 und 7,6. Bei freier Paarung von Königinnen der „hohen“ Linie aus der 4. Generation betrug der Anteil von Luzernepollen immerhin noch 52,6%. Daraus geht hervor, dass die Tendenz zum Sammeln von Luzernepollen erblich ist.

Diese Resultate eröffnen die Möglichkeit zur Züchtung spezieller hochwertiger Linien oder von Hybriden für den kommerziellen Einsatz in der Bestäubung der Luzerne. Höchstwahrscheinlich besteht auch die Möglichkeit zur Züchtung von Bienen mit einer speziellen Eignung zur Bestäubung von Rotklee und von anderen Kulturpflanzen.

LISTE DER MUTATIONEN BEI DER HONIGBIENE

Symbol	Bezeichnung	Autor	Jahr	Aussehen	Genetische Eigenschaften
	Augenfarben				
—	weissäugig	Michailoff	1931	weiss	
bk	brick	Laidlaw, Green, Kerr	1953	frischgeschlüpfte Biene (fg.) ziegelrot, später (sp.) dunkelrot	Wechselwirkung bk/ch ² ergibt le- derfarben, bk/ch ¹ und bk/chc erge- ben rosa (Laidlaw et al. 1953, 1964), semiletal, hypostatisch zu i, zu cr und zu s (Mackensen 1958), sowie zu st (Laidlaw et al. 1964)
by	bayer	Laidlaw, nicht publ.		fg. weiss, sp. rötlich-orange	nicht allel mit bk, ch, cr, g, i, pe, sp
ch	chartreuse	Rothenbühler, Gowen, Park	1952	fg. gelbgrün, sp. rötlich oliv- grün bis rötlich braun	hypostatisch zu i, zu cr und zu s (Rothenbühler et al. 1952), gekoppelt mit h, Austauschwert 4,1 (Macken- sen 1958)
ch ¹	chartreuse-1	Laidlaw, Green, Kerr	1953	ähnlich wie ch, aber etwas bräunlicher (variabel)	allel zu ch, beeinflusst durch m (ergibt braun), ch ¹ ch ² intermediär (Laidlaw et al. 1953, 1958) ge- genüber ch, dominant gegenüber chB (Laidlaw et al. 1964)
ch ²	chartreuse-2	Laidlaw, Green, Kerr	1953	ähnlich wie ch, aber grün- licher, sp. rötlich bis rotbraun	allel zu ch, ch ² /chr intermediär, ch ² /bk ergibt leberfarben, hypostat. gegenüber i und st (Laidlaw et al. 1953, 1964)

Symbol	Bezeichnung	Autor	Jahr	Aussehen	Genetische Eigenschaften
chB	Benson green	Laidlaw, el Banby, Tucker	1964	ähnlich ch ² , aber fg. óó grün- licher, sp. oliv bis rötlich	allel zu ch, rezessiv gegenüber ch ¹
che	cherry	Laidlaw, el Banby, Tucker	1964	Arbeitsbienen tiefrot, óó gelb bis bräunlichrot (sehr va- riabel)	allel zu ch, dominant gegenüber ch ¹ , bk/chc ergibt rosa
chr	red	Laidlaw, Green, Kerr	1953	fg. rot (purpur), sp. rötlich braun	allel zu ch, ch ¹ /chr und ch ² /chr intermediär, chr/bk ergibt rosa, hy- postatisch zu i (Laidlaw et al. 1953)
cr	cream	Rothenbühler, Gowen, Park	1952	weiss	epistatisch gegenüber ch (Rothen- bühler et al. 1952), gegenüber bk (Mackensen 1958) und s (Laidlaw et al. 1964), gekoppelt mit pe (Aus- tauschwert 0,33, Laidlaw et al. 1965)
g	garnet	Laidlaw, el Banby, Tucker	1964	fg. granatrot, sp. dunkel bis fast Wildtyp	
i	ivory	Rothenbühler, Gowen, Park	1952		epistatisch gegenüber ch (Rothen- bühler et al. 1952), gegenüber ch ² und chr (Laidlaw et al. 1953), ge- genüber bk (Mackensen 1958) und st (Laidlaw et al. 1964), z.T. re- zessiv zu iu (Laidlaw et al. 1965)
iro	rose	Laidlaw, nicht publ.		fg. hell rosa, sp. tief rosa	homozygote ♀♀ fliegen nicht aus zur Paarung
iu	umber	Laidlaw, Tucker	1965	fg. creme, sp. rötlichgelb- braun	allel zu i, z.T. dominant zu i

Symbol	Bezeichnung	Autor	Jahr	Aussehen	Genetische Eigenschaften
<i>la</i>	laranja	Woyke	1973	fg. hellorange, sp. rötlich-braun	epistatisch gegenüber brick <i>la/ch</i> ergibt hell-lederfarben (Woyke 1973)
<i>m</i>	modifier	Laidlaw, Green, Kerr	1953	braun bei chl-Tieren	beeinflusst <i>ch¹</i> , <i>ch¹/m</i> ergibt braun
<i>p</i>	pink	Cale, Gowen, Cruttle	1963	rosa	z.T. semiletal
<i>pe</i>	pearl	Laidlaw, el Banby, Tucker	1964	weiss	gekoppelt mit <i>cr</i> . Austauschwert 0,33 (Laidlaw et al. 1965)
<i>s</i>	snow	Rothenhuhler, Gowen, Park	1952	weiss (nicht unterscheidbar von ivory, cream und pearl)	epistatisch gegenüber <i>ch</i> (Rothenhuhler et al. 1952) und <i>bk</i> , semiletal (Mackensen 1958)
<i>sp</i>	spade	Laidlaw, nicht publ.		fg. rosa, sp. rot (ähnlich <i>bk</i>)	nicht allel mit <i>bk</i> , <i>ch</i> , <i>cr</i> , <i>g</i> , <i>i</i> , <i>pe</i> , <i>by</i>
<i>st</i>	tan	Laidlaw, el Banby, Tucker	1964	fg. weiss, sp. lohfarben (gelb-braun)	allel zu <i>s</i> , <i>s/st</i> ist rot, epistatisch zu <i>ch²</i> und <i>bk</i> , hypostatisch zu <i>i</i> und <i>cr</i>
—	Augenform				
	Cyklops	Lotmar	1936	Zyklopenauge	dominant, unvollständig, durch Eier vererbt (Lotmar 1936, Kerr und Laidlaw 1953, Laidlaw et al. 1955)
<i>rf</i>	reduced facet number	Kerr, Laidlaw	1956	verkrüppelte Augen d. verringerten Fazettenzahl	Vererbter Komplex, in geringer Häufigkeit bei Anwesenheit von <i>bk</i> und <i>g</i> (Laidlaw et al. 1956)

Symbol	Bezeichnung	Autor	Jahr	Aussehen	Genetische Eigenschaften
<i>e</i>	eyeless	Laidlaw, Tucker	1965	Fehlen der Fazetten	♂♂ steril, semiletal
<i>a</i>	Körperfarbe albino	Rutiner, nicht publ.		Integument nicht pigmentiert, nicht gehärtet, Augenpigmente normal (Abb. 56)	Spermatogenese inkomplett; semiletal
<i>c</i>	cordovan	Mackensen, Nolan	1951	einheitlich lederfarben	
<i>bl</i>	black	Laidlaw, el Banby	1962	dunkle Körperfarbe bei Italienern	
<i>S</i>	Behaarung schwarz-süchtig	Dreher	1940	Fehlen des Überhaars	dominant gegenüber dem Wildtyp
<i>h</i>	hairless	Mackensen	1958	Fehlen des Überhaars	rezessiv gegenüber dem Wildtyp, semiletal für ♂♂, gekoppelt mit <i>ch</i> , Austauschwert 4,1
<i>H</i>	Haarlos	Rutiner, nicht publ.		Überhaar fehlt, Tomentbehaarung vorh. (Abb. 58)	Borsten (Pollenkamm) brüchig, heterozygote Arb. vital, bringen verkleinerte Pollenladungen. Hemizygot (♂♂) letal
<i>di</i>	diminutive	Laidlaw, nicht publ.	1967	Flügel klein, Geäder normal	Arb. und ♂♂ fliegen mit hohem, klingendem Ton. Homozygote ♀♀ fliegen nicht (Witherell 1973)
<i>D</i>	Droopy	Rothenhuhler, Gowen, Park	1952	hängende, abgespreizte Flügel, flugunfähig	dominant gegenüber Wildtyp, letal bei Hemi- und Homozygoten

Symbol	Bezeichnung	Autor	Jahr	Aussehen	Genetische Eigenschaften
<i>Rw</i>	Rudimental wing	Hachinohe, Onishi	1953	Stummelflügel	dominant gegenüber Wildtyp, gekoppelt mit <i>l</i> , Austauschwert 31
<i>sh</i>	short	Kerr, Laidlaw	1956	Flügel verkürzt, Bienen flugunfähig, Aderung abnormal	semiletal (Laidlaw et al. 1965)
<i>tr</i>	truncate	Laidlaw, el Banby, Tucker	1965	Flügel wie in der Mitte abgestutzt, Bienen flugunfähig, Aderung abnormal	semiletal
<i>wr</i>	wrinkled	Laidlaw, el Banby, Tucker	1965	Flügel „zerknittert“	unvollständige Penetranz, gesteuert durch Kombination mit <i>bc</i>
<i>l</i>	Lebensfähigkeit letal	Hachinohe, Onishi	1953	Absterben in frühem Stadium	gekoppelt mit <i>Rw</i> , Austauschwert 31

WIRKUNGSVOLLE INZUCHTSYSTEME BEI DER HONIGBIENE

W. DRESCHER

Die systematische Züchtung der Honigbiene macht in manchen Fällen die Inzucht züchterisch interessanten Materials erforderlich. Dadurch sollen bestimmte wünschenswerte Eigenschaften gefestigt werden, um bei nachfolgender Kombination mit Linien mit anderen erwünschten Eigenschaften erhalten zu bleiben.

Ganz allgemein versteht man unter **Inzucht**: Die Paarung zwischen Individuen, die näher verwandt sind, als es bei einem zufallsgemäss aus einer Population entnommenen Durchschnitts-Individuenpaar der Fall wäre.

Tabelle 6
ABNAHME DER HETEROZYGOTIE BEI VERSCHIEDENEN PAARUNGSSYSTEMEN
Nach Crow und Roberts, 1950, (vgl. Abb. 60)

Paarungssystem	Heterozygotieformel	Annähernde Abnahme der Heterozygotie pro Generation, %	Anteil an heterozygoten LocI in aufeinanderfolgenden Generationen. Ausgangspunkt bei .500									
			0	1	2	3	4	5	6	10	16	∞
Rückkreuzung ♂	$p = \frac{p'}{2}$	50	.500	.250	.125	.062	.031	.015	.008	.000	.000	0
Mutter-Sohn	$p = \frac{p''}{2}$	29,3	.500	—	.250	—	.125	—	.062	.015	.002	0
Bruder-Schwester	$p = \frac{p' + p''}{2 + 4}$	19,1	.500	.375	.312	.250	.203	.164	.133	.057	.016	0
Tante-Neffe	$p = \frac{p' + p''}{2 + 8}$	17,4	.500	—	.312	—	.219	—	.148	.069	.022	0
Verterp	$p = \frac{p' + p'' + p'''}{2 + 4 + 16}$	13,0	.500	.406	.359	.312	.271	.236	.206	.118	.051	0
Onkel-Nichte	$p = \frac{p''}{4} + 3 \frac{p'''}{8} + \frac{p''''}{8}$	9,6	.500	.438	.375	.359	.320	.285	.262	.175	.095	0
Rückkreuzung ♀	$p = \frac{1}{8} + \frac{p'}{2}$	—	.500	.375	.312	.281	.266	.258	.254	.250	.250	.250

• Die Formel ist für eine Doppelgeneration gedacht.

Die Paarung zwischen verwandten Individuen ergibt je nach der Nähe der Verwandtschaft ein unterschiedliches Ausmass der Inzucht. Tabelle 6 fasst die verschiedenen Paarungsmöglichkeiten zusammen und gibt den erreichbaren Homozygotie-Zustand nach mehreren Generationen an.

Der **Inzuchtkoeffizient** ist ein Ausdruck für die Intensität und das Ausmass der Inzucht. Er beschreibt die Homozygotie-Zunahme über den ursprünglichen Anteil homozygoter Loci in einer Population. Das Symbol für den Inzuchtkoeffizienten ist F . F gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der zwei allele Gene in einem Individuum (oder in den beiden Gameten, aus denen das Individuum entstand) abstammungsmässig gleich sind, d.h. beide von dem gleichen Gen eines gemeinsamen Vorfahren herkommen.

In vielen Fällen ist eine Begleiterscheinung der Inzucht bei Arten, die normalerweise Fremdbefruchter sind, die **Inzuchtdepression**: Darunter versteht man die Schwächung der vegetativen und reproduktiven Phase bis zum sogenannten **Inzuchtminimum**. Dieser Vitalitätsabfall ist in den ersten Generationen der Inzucht besonders stark, führt dann zu einer Stabilisierung nahe dem Inzuchtminimum. Die Ursachen für diese Depression werden erklärt durch das Homozygotwerden vitalitätsherabsetzender und letaler Gene, weiterhin mit dem Auftreten nicht angepasster Genotypen. Auch das Aufbrechen balancierter Polygensysteme kann für die Vitalitätsabnahme verantwortlich sein.

Die **Fortpflanzungsbiologie** der **Honigbiene** liefert durch die azygot entstehenden Drohnen eine aussergewöhnlich günstige Möglichkeit zu in-

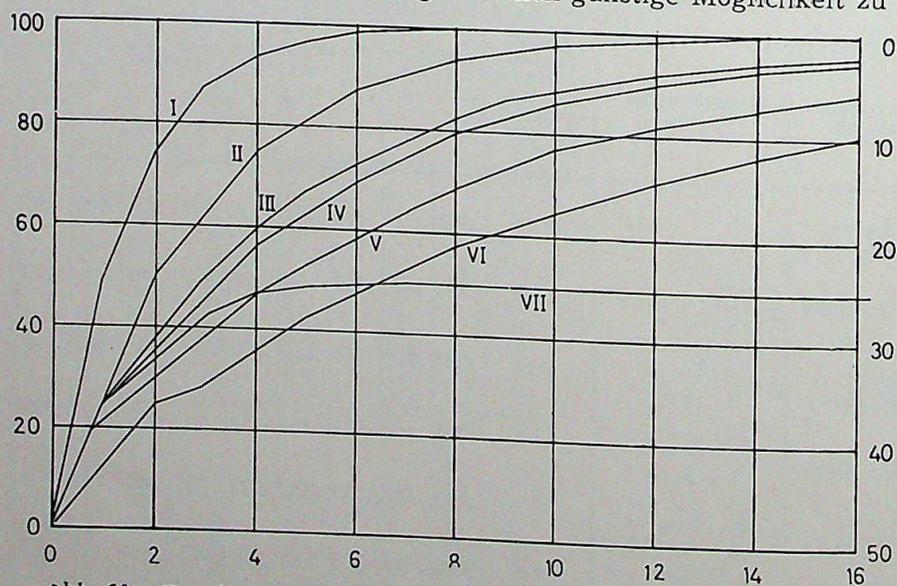


Abb. 60 — Zunahme des Inzuchtgrades, bzw. Abnahme der Heterozygotie bei verschiedenen Paarungssystemen (I—VII)
 I — Rückkreuzung auf ein Männchen; II — Mutter-Sohn; III — Bruder-Schwester;
 IV — Tante-Neffe; V — Vettern; VI — Onkel-Nichte; VII — Rückkreuzung auf ein Weibchen

intensiver Inzucht im Vergleich zu den normalerweise diploiden Vater- und Muttertieren der anderen züchterisch interessanten Tierarten. Die Gesamtheit der Drohnen einer Königin stellt das gesamte Spektrum ihrer Erbinhalte dar. Jeder Drohn ist durch sein Hodengewebe zur millionenfachen und — abgesehen von eventuell auftretenden Mutationen — identischen Vermehrung seines Erbgutes befähigt.

Die **Wiedergabe der genetischen Beziehung der Generationen** kann somit auf die Darstellung des Drohnen als reinem Vervielfacher von Erbgut verzichtet werden (Spalte 1 in Tabelle 7). Nur bei der Erwähnung des **realen Paarungspartners** (Spalte 2 in Tabelle 7) tritt der Drohn in Erscheinung.

Bei der **Planung der Inzuchtpaarungen** spielt neben dem verfügbaren Tiermaterial noch der **Zeit-** und der **Risikofaktor** eine erhebliche Rolle. Wie Abb. 60 zeigt, ist die Homozygotie-Zunahme während der ersten Inzuchtgenerationen bei allen Paarungen stärker. Einige Paarungen sind jedoch für die Herstellung der Homozygotie bedeutend leistungsfähiger als andere. Paarung: Mutter-Sohn und Paarung: „Rückkreuzung auf einen Gameten“ sind nur mit Hilfe der instrumentellen Besamung möglich, in der technischen Durchführung aber sehr **risikoreich**. Die angegebene Zunahme des Inzuchtgrades für die Paarung „Tante—Neffe“

Tabelle 7

GENERATIONEN UND HOMOZYGOTIE, DIE UNTER VERSCHIEDENEN REGULAREN INZUCHTSYSTEMEN

A) IN 12 MONATEN,
 B) IN EINER VEGETATIONSPERIODE (15.4—15.8.) ERREICHT WERDEN KÖNNEN.

Züchterisches System	Reale Paarung	in 12 Monaten		in 1 Vegetationsperiode (15.4—15.8.)	
		Generationen	Homozygotie	Generationen	Homozygotie
Rückkreuzung auf gleiche Gamete	Töchter mit eigenem Vater (IB)	12	100%	5 (130 T)	98,5%
Selbstbefruchtung	Unbegattete Königin mit eigenem Sohn (IB)	4 ⁷ / ₈	96%	2*) (130 T)	87,5%
Geschwister	Tante — Neffe	4 ⁷ / ₈	86%	2*) (124 T)	78,1%
Mutter — Tochter	Bruder — Schwester	9 ¹ / ₆	86%	3 (126 T)	75,0%
Tante — Nichte	Cousinen 1. Grades	9 ³ / ₄	76%	3 (126 T)	68,8%
Grossmutter — Enkelin	Onkel mütterlicherseits mit Nichte	12	69%	4 (132 T)	68,0%
Nachkommen zum älteren Elternteil	Aufeinanderfolgende Königinnen mit Drohnen von einer Königin	12	50%	4 (119 T)	73,4%

*) Doppelgeneration

und „Vettern“ (Tab. 6 und Abb. 60) gilt nur bei Verwendung eines einzigen Drohnen bei jeder Besamung.

Manche Paarungen ergeben zwar innerhalb einer Generation eine hohe Homozygotie-Zunahme, doch ist die Generationsdauer sehr lang, z. B. bei Mutter-Sohn-Paarung. Einen Überblick von der möglichen Zahl an Generationen und dem dadurch erreichbaren Homozygotiegrad zeigen Spalte 3 und 4 von Tabelle 7. In Spalte 4 wurden die realen Möglichkeiten für mitteleuropäische Verhältnisse berücksichtigt.

Empfehlenswerte Inzuchtverfahren: Wegen des geringen technischen Risikos sind die beiden realen Paarungen: Bruder-Schwester (genetisches System: Mutter-Tochter) und Tante-Neffe (genetisches System: Geschwister) in Kombination vorteilhaft anzuwenden. Es soll die praktische Durchführung dieses Verfahrens unter Zugrundelegung optimaler Zeitverhältnisse demonstriert werden:

1. Einhängen einer Drohnenwabe ca. am 5. April als Beginn der Zuchtarbeit.

2a. Drohnen der überwinterten Königin stehen am 10.5. besamungsbereit zur Verfügung.

2b. Die Königinnenzucht mit Zuchtstoff von der überwinterten Königin wird am 20.4. begonnen.

3. Instrumentelle Besamung ca. am 10.5.

4a. Eine Tochterkönigin aus dieser Paarung wird sofort nach Eiablagebeginn der Mutter gezogen. Nach dem Schlüpfen wird sie durch CO₂-Behandlung drohnenbrütig gemacht. Beginn der Eiablage ca. 32 Tage nach Besamung der Mutter. Ca. 35 bis 40 Tage später (20.—25.7.) tochterbesamungsreife Drohnen zur Verfügung.

4b. Von der am 10.5. besamten Königin müssen am 3.7. Tochter-Königinnen nachgezogen werden. Man paart sie um den 25.7. mit ihren Neffen-Drohnen.

In der Nachkommenschaft dieser Paarungen hat sich der Anteil der heterozygoten Loci auf ca. 24% verringert, wenn man beim Ausgangsmaterial ca. 50% homozygote Loci annimmt.

Sehr schnelle Erhöhung des Inzuchtkoeffizienten, und damit Erhöhung des Homozygotiegrades erwünschter Allele wird nur bei einem Kombinations-Züchtungsprogramm mit mehreren Linien angestrebt. Der Völker- und Arbeitsaufwand für ein langfristiges, konsequent durchgeführtes Hybridprogramm ist jedoch ungemein gross.

Eine negative Begleiterscheinung der Inzucht ist der durch die Homozygotierung der Geschlechtsallele bedingte, mehr oder minder grosse — von 0 bis 50% — Verlust junger Larvenstadien. Dies führt sicher zu einem Abfall in der Leistungsfähigkeit, doch muss die Depression durch die Homozygotierung anderer abträglicher Gene im Verlauf der Inzucht höher veranschlagt werden. Böger (pers. Mitteilung) berechnete den Anteil der homozygoten Geschlechtsallele am Leistungsabfall mit 12% des insgesamt beobachteten Leistungsabfalls nach Inzucht.

Man muss berücksichtigen, dass die Entfernung von Eiern und jungen Larven durch die Arbeiterinnen auch in nicht ingezüchteten Völkern zeitweilig zur normalen schnellen Brutmengenregulation dient.

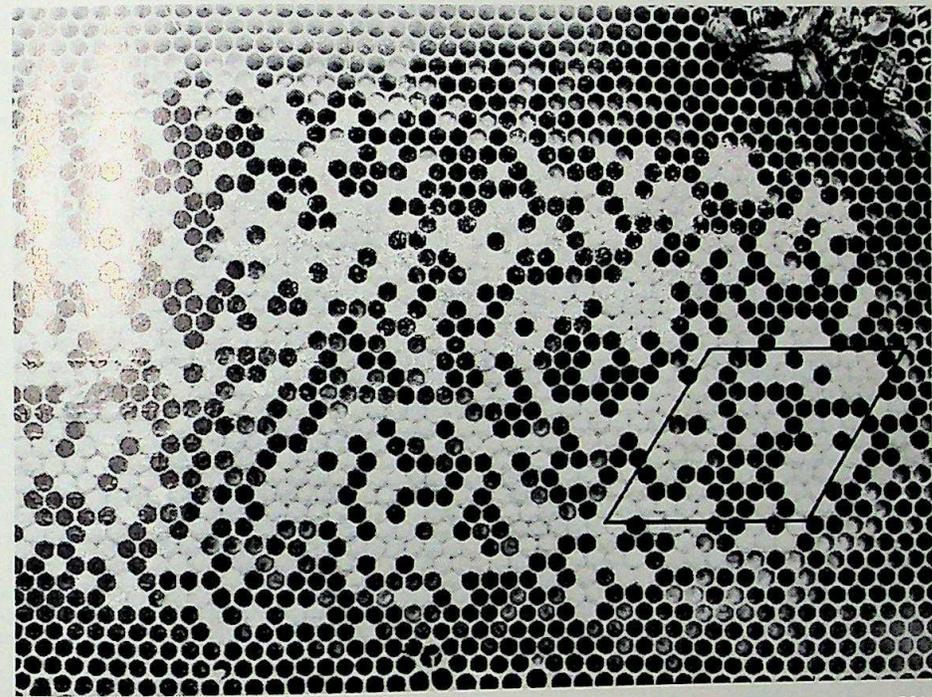


Abb. 61 — Lückige Brut als Folge homozygoter Sexallele nach Inzucht (etwa 50% Brutaussfall). Die Auszählung erfolgt mit Hilfe einer Schablone mit rhombischem Ausschnitt, der genau 100 Brutzellen frei lässt (im Bild schwarz umrandet). Gezählt werden nur verdeckelte Zellen (phot. Maul)

Weiterhin wird die maximale Legekapazität der Königinnen nur in wenigen Phasen der Volksentwicklung voll ausgeschöpft.

Böger schätzte den Leistungsabfall in seiner geschlossenen Versuchspopulation mit 0,4 kg Ertragsminderung pro 1% Steigerung des Inzuchtgrades ein.

In der züchterischen Selektionsarbeit sind umgekehrt Paarungssysteme mit möglichst niedrigem Zuwachs der Inzuchtkoeffizienten pro Generation von Bedeutung. Solche Systeme ergeben sich bei Verwendung mehrerer weiblicher Nachkommen einer Paarung als Zuchttiere, also z.B. Cousin × Cousine 1. (oder besser noch) 2. Grades. Durch „rotierende Kreuzung“ zwischen getrennt geführten Linien lässt sich der Inzuchtkoeffizient dauernd niedrig halten.

VERZEICHNIS DER FACHAUSDRÜCKE

- Abdomen* — Hinterleib
Allel — Erbfaktoren am gleichen Genort von Chromosomenpaaren
Bulbus — Zwiebelstück des Begattungsschlauches
Bursa copulatrix — Scheidenvorhof
Cornu (Mehrzahl: *Cornua*) — Hörnchen
Cervix — Halsteil des Begattungsschlauches
diploid — zwei Chromosomensätze enthaltend
dominant — eine Erbanlage überdeckt im Erscheinungsbild die zugehörige Anlage im anderen Chromosom desselben Paares
dorsal — rückenseitig
Ductus ejaculatorius — Spritzkanal
Ductus spermaticus — Samenblasengang (zwischen Scheide und Samenblase)
Ectophallus — (äusserer) Penis
Ejakulation — Ausstossung von Samen und Schleim
Endophallus — Begattungsschlauch
epistatisch — Gene eines Allelenpaares unterdrücken, bzw. beeinflussen die Wirkungen anderer Allelenpaare
Epithel — Flächenhaftes Gewebe an der äusseren und inneren Körperoberfläche und den Drüsengängen, bei den Insekten immer aus einer einzigen Zellschicht bestehend
Eversion — Ausstülpung des Begattungsschlauches
Genotyp — Gesamtheit aller in den Chromosomen gespeicherten Erbanlagen (Erbbild)
Glandula mucosa — Schleimdrüse
Gynandromorpher (*Gynander*) — Zwitter (weibliche und männliche Körperpartien nebeneinander bei demselben Tier)
Haemocytometer — Zählkammer für Blutkörperchen
Haemolymph — (weisse) Blutflüssigkeit der Insekten
haploid — nur einen Chromosomensatz enthaltend
hemizygot — Aus einer unbefruchteten Eizelle entstandene Tiere mit einem einzigen Chromosomensatz
heterozygot — Die beiden sich entsprechenden Erbanlagen in einem Chromosomenpaar (Allele) sind verschieden (gemischterbig)
homozygot — Die beiden sich entsprechenden Erbanlagen in einem Chromosomenpaar (Allele) sind gleich (rein oder gleicherbig)
hypostatisch — Gene eines Allelenpaares werden in ihrer Wirkung von Genen anderer Allelenpaare unterdrückt oder beeinflusst
Insemination, artifizielle — künstliche Besamung
Interaktion — Wechselwirkung von Genen untereinander
Inzuchtkoeffizient — Mass für den Inzuchtgrad eines Tieres (=Wahrscheinlichkeit, dass die beiden Gene eines Genortes gleicher Herkunft sind)
Kopplung — Gemeinsame Vererbung von Merkmalen, die durch am selben Chromosom liegende Gene bestimmt werden
Letalfaktoren — Erbanlagen, die zum vorzeitigen Absterben der Anlagenträger führen
Locus — Stelle eines Chromosoms, an der ein bestimmtes Gen lokalisiert ist (Genort)
Mikroliter — Kubikmillimeter
Milliliter (ml) — Kubikzentimeter
Mosaikbiene — ein und dieselbe Biene zeigt erblich verschiedene Gewebe (z.B. weisse und dunkle Augenpartien) nebeneinander
Mucus — Schleim
Mutante — Träger einer Mutation

- Mutation* — Plötzliche Änderung einer Erbanlage
Orificium vaginae — Scheidenöffnung
Ovar — Eierstock
Ovidukt — Eileiter
 —, *lateral* — seitlicher (paariger) Eileiter
 —, *medianer* — mittlerer (unpaarer) Eileiter
Parthenogenese — Jungfernzeugung (Entstehung aus unbefruchtetem Ei)
Penetranz — Häufigkeit und Stärke der Ausprägung eines Gens
Phaenotyp — Erscheinungsbild
Polyspermie — Besamung einer Eizelle durch mehrere Samenzellen
rezessiv — Eine Erbanlage wird im Erscheinungsbild von der (dominanten) zugehörigen Anlage im anderen Chromosom unterdrückt
Semiletalfaktor — Erbanlagen, die zu einem vorzeitigen Absterben von mindestens 50% der Anlagenträger führen
Sklerit — Chitinplatte des Aussenskeletts
Sperma — Samenflüssigkeit
Spermatheka — Samenblase der Bienenkönigin
Spermatocyte — Unreife Samenzelle
Spermatozoe (*Spermie*) — Samenzelle (Samenfaden)
Testiole — Samenkanälchen (im Hoden)
Testis — Hoden
Thorax — Brustabschnitt
Vaginalkammer — Erweiterung der Scheide in ihrem inneren Abschnitt
Vaginalöffnung — Scheidenöffnung
Valvula vaginalis — Scheidenklappe
Vas deferens — Samenleiter
ventral — bauchseitig
Vesicula seminalis — Samenbläschen des Dronen
Vestibulum — Erweiterte Basis des Begattungsschlauches
Viskosität — Mass für die Zähigkeit einer Flüssigkeit
Zygote — Befruchtete Eizelle

SACHREGISTER

- Albino-Drohnen 94
Apis cerana 9
 Aufbewahrung des Samens 84
 Augenfarbe 93, 102
 Befestigung der Königin 40, 71
 Begattungsschlauch 17
 Besamungsapparat
 nach Laidlaw 39
 nach Mackensen-Roberts 39, 53
 nach Vesely 50, 53
 Besamungsspitze aus Plexiglas 44, 49
 aus Glas 49, 85
 Besamungsspritze 44, 45, 46
 nach Harbo 85
 nach van Laere 49
 nach Mackensen 44, 45
 nach Vesely 50
 nach Weber 53, 85
 Bestäubung 100
 Bulbus 17, 19, 20, 23
 Bursa copulatrix 11, 12, 13
 Chloroform 71, 73
 Copula 17
 CO₂ 48, 71, 80
 Cyclopenbiene 95
 Dadant 53
 Drohnen — Alter 31, 37, 81
 Aufzucht 29
 Flugaktivität 37
 Flugkäfig 33, 34, 35
 Haltung 31, 32
 Käfig 31, 32
 Lebensdauer 37, 89
 Reifung 21, 37
 Sperrung 33
 Ductus ejaculatorius 17, 18, 19, 20
 Eiablage 81
 Eileiter 13
 Einführungsrohrchen 40, 62
 Einzelbesamung 82
 Ejakulation 18, 19, 20, 21, 23, 24
 Endophallus 17, 18, 19, 21, 23
 Eversion 23
 Faulbrut 100
 Füllungsgrad der Samenblase 89
 Geschlechtsbestimmung 99
 Glandula mucosa 19, 20
 Glasspitzen 53, 49, 85
 Gynander 96
 Haarlosigkeit 95, 96
 Handbesamung 7
 Harbo 85
 Hoden 19
 Honigertrag 89
 Huber, F. 7
 Injektion 74
 Inzucht 107
 Inzuchtdepression 108
 Inzuchtkoeffizient 108
 Kohlendioxyd (Kohlensäuregas) 48, 71
 Kolbenspritze 45, 85
 Königinnen — Alter 25, 81
 Aufzucht 87
 Ausflüge 1, 89
 Haltung 25, 26
 legende 82
 Zeichnungen 26
 Königinnenhalter 40
 Königinnenhalter nach Ruttner 60, 61, 62
 Kopulationsorgan 77
 Krankheiten 75
 Laidlaw 49, 102
 Lebensdauer 89
 Luftfeuchtigkeit 70
 Mackensen 9, 39, 69, 82, 94, 97, 100, 101
 Mosaikbienen 96
 Mutanten 93, 102
 Narkose 48, 71, 89
 Orificium vaginae 11, 12, 13
 Ovidukt 11, 12, 13
 Paralysis 78
 Präparierung der Königin 86
 Resistenzzüchtung 99
 Roberts 8, 39, 82
 Rothenbuhler 99, 100, 102
 Ruttner, F. 9, 89
 Samenleiter 19, 20
 Samenmenge 82
 Samen aus Samenblase 83
 Samen aus Samengefäßen 11, 13, 14, 83
 Scheidenklappe 11, 13, 14
 Scheidenvorhof 11, 12, 13
 Schleim 18, 19, 20, 21
 Schleimdrüse 19, 20

- Schwarzsucht 100
 Seitentasche 11, 12, 13, 75
 Septikämie 78
 Sacculis 99
 Sperma — Gewinnung 73
 Versand 84
 Spermatastoma 11, 13, 14, 15
 Spermatozoen 19, 20
 Spritzkanal 17, 18, 19, 20
 Stachelnähchen 40, 42
 Stachelkammer 11, 12, 13
 Standardapparat 39 ff.
 Selbstanfertigung 54
 Sterilisierung 79
 Stopper 41
 Taber 9, 84
 Testis 19
 Tryasko 7
 Vagina 13
 Vaginalöffnung 11, 74
 Vaginalsonde 47
 Valvula vaginalis 11, 13, 14
 Ventralhäkchen 40, 42
 Verdünnungslösung 22
 Versand von Samen 84
 Vesely 9, 50, 53
 Wabentasche 29
 Wankler 8
 Watson 8
 Weber 53, 85
 Wirkungsgrad 87
 Woyke 96, 97, 99
 Zählung der Samenfäden 86
 Zwiebelstücke 19
 Zwitterbienen 96

LITERATUR

- ALBER, M. A. (1956) Arbeitsbiensöhne als Zuchtdrohnen. XVI. Int. Beekeep. Congr. prelim. Sci. Meet. 1956
- BAILEY, I. (1965) Paralysis of the honey bee, *Apis mellifera* Linnaeus, *J. Invertebrate Pathol.*, 7: 167—169
- BAMRIK, J. F. (1964) Resistance to American foulbrood in honey bees. V. Comparative pathogenesis in resistant and susceptible larvae, *J. Insect. Pathol.* 6/3: 284—304
- BISHOP, G. H. (1920) Fertilization in the honey-bee. I. The male sexual organs: Their histological structure and physiological functioning. II. Disposal of the sexual fluids in the organs of the female. *J. Expl. Zool.* 31/2: 225—265; 267—286
- BOTTCHER, F. K., H. HIRSCHFELDER und K. WEISS (1967) Die Tätigkeit der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen. *Imkerfreund* 22: 69—77
- BOTTCHER, F. K., H. HIRSCHFELDER und K. WEISS (1966) Die Tätigkeit der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht Erlangen im Jahre 1965. *Imkerfreund* 21: 78—87
- BOTTCHER, F. K., H. HIRSCHFELDER und K. WEISS (1965) Die Tätigkeit der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht Erlangen im Jahre 1964. *Imkerfreund* 20: 81—83
- BOTTCHER, F. K., H. HIRSCHFELDER und K. WEISS (1964) Die Tätigkeit der Bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht Erlangen im Jahre 1963. *Imkerfreund* 19: 67—74
- BURNSIDE, C. E. (1928) A septicaemic condition of adult bees. *J. Econ. Entomol.* 21: 379—386
- CALE, G. H. Jr.; GOWEN, J. W. (1956) Heterosis in the honey bee (*Apis mellifera* L.) *Genetics* 41/2: 292—303
- CALE, G. H., Jr.; GOWEN, J. W. (1964) Gamete-backcross matings in honey bee. *Genetics* 50/6: 1443—1446
- CALE, G. H., Jr.; GOWEN, J. W.; CARLILE, W. R. (1963) Pink-up eye-color and viability gene in honey bees. *J. Hered.* 54/4: 163—166
- CHAUVIN, R. (1950) Sur l'insemination artificielle des reines d'abeille sans appareils compliqués. *Apiculteur* (Sec. Sci.) 94/5: 69—74
- CROW, F. J., and W. ROBERTS (1950) Inbreeding and Homozygosis in *Bee Genetics* 35: 612—621
- DREHER, K. (1940) Eine neue dominant wirkende Mutation „schwarzsüchtig“ (S) bei der Honigbiene. *Zool. Anz.* 129/3,4: 65—79
- DRESCHER, W. (1964) Beobachtung zur unterschiedlichen erblichen Disposition von Zuchtlinien von *Apis mellifica* L. für die Schwarzsucht. *Z. Bienenforsch.* 74/4: 116—124
- DRESCHER, W. (1969) Die Ausflugaktivität von Drohnen der Rassen *A. mell. carnica* und *A. mell. ligustica* in Abhängigkeit von Lebensalter und Witterung. *Z. Bienenforsch.* 9: 390—409
- DRESCHER, W.; ROTHENBUHLER, W. C. (1963) Gynandromorph production by egg chilling. *J. Hered.* 54/5: 195—201
- DRESCHER, W.; ROTHENBUHLER, W. (1964) Sex determination in the honey bee. *J. Hered.* 55/3: 90—96
- FISCHER, F. (1965) So hat man Schwarm und Wirtschaftsvolk in der Hand. *Imkerfreund* 20: 14—21
- FLANDERS, ST. E. (1939) Environmental control of sex in hymenopterous insects. *Ann. ent. soc. Amer.* 32: 11—26
- FOTI, N., BARAC, I., ALEXANDRU, V. und MÄRZA, E. (1962) Untersuchungen über die Überwinterung von Weiseln außerhalb der Traube und ihre Verwendung innerhalb der Produktion. *Arch. Geflügelz. Kleintierz.* 11: 340—360, 1962
- FRESNAYE, J. (1964) La claustration des mâles destinés à l'insémination artificielle des reines d'abeilles. *Ann. Abeille* 7: 55—61
- FRESNAYE, J. (1966) Cinq années de sélection de l'abeille noire française. *Stat. Exper. d'Apicult. Montfavet*: 1—13
- FRESNAYE, J. (1966) Influence des variations de l'âge de maturité sexuelle chez les reines d'abeilles (*Apis Mellifica mellifica*), fécondées par insemination artificielle. *Ann. Abeille* 9/3: 237—242
- FYG, W. (1966) Über den Bau und die Funktion der Valvula vaginalis der Bienenkönigin (*Apis mellifica* L.). *Z. Bienenforsch.* 8: 256—266
- GORBATSCHJOW, W. K. (1961) Colonies without drones — future beekeeping *Pszczelarstwo* 12: 19—21 (Ref. Apic. Abstr. 16: 754/65)
- HACHINOHE, Y.; JIMBU, M. (1958) Occurrence of the lethal eggs in the honey-bee. *Nat. Inst. Agr. Sci. (Japan) Ser. G./14*: 123—130
- HACHINOHE, Y.; ONISHI, N. (1953) On the new mutation "Rudimental Wing" in the honey bee (*Apis mellifica* L.). *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. (Japan) Ser. G./7*: 139—145
- HACHINOHE, Y.; TOKUDA Y. (1951) Studies on the artificial insemination of the honey bee. *Nat. Agri. (Japan) Ser. G./1*: 93—100
- HOWELL, D. E. and R. L. USINGER (1933) Observations on the flight and length of life of drone bees. *Ann. Entom. Soc. Amer.* 26: 239—246
- HUBER, F. (1789—1791) Neue Beobachtungen an den Bienen. II. Ausg. G. Kleine, Einbeck. H. Ehlers 1856
- JAYCOX, E. R. (1960) The effect of drying and various diluents on spermatozoa of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *J. econ. Ent.* 53/2: 266—269
- JAYCOX, E. R. (1961) The effects of various foods and temperatures on sexual maturity of drone honeybee. (*Apis mellifera*) *Ann. ent. Soc. Amer.* 54/4: 519—523
- JONES, R. L.; ROTHENBUHLER, W. C. (1964) Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. II. Responses of two inbred lines to various amounts of cyanide-killed brood. *Anim. Behav.* 12/4: 584—588
- JORDAN, R. (1960) Die Zucht der Königin ausgehend vom Ei. *Bienenwatter* 81/1: 3—7
- KEPENA, L. (1963) Beitrag zur Biologie der Drohnen von Bienen des Stammes „Tatranka“. 19. Int. Bienenzüchter-Kongr. Prag
- KERR, E. W.; LAIDLAW, H. H., Jr. (1958) General genetics of bees. *Advances in Genet.* 8: 109—153
- KERR, E. W.; NILSEN, R. A. (1967) Sex determination in bees (*Apinae*) *J. apic. Res.* 6/1: 3—9
- KOHLER, F. (1962) Experimentelle Untersuchungen zur Fertilität des Receptaculum seminis mit Hilfe der künstlichen Besamung. *Bull. Apic. Inform.* 5/2: 219—226
- KÖHLER, F. (1955) Untersuchungen zum Problem der künstlichen Begattung der Bienenkönigin (*Apis mellifera* L.) Inaug. Diss. Würzburg

- KRASNOPIEJEV, M. Z. (1950) Artificial insemination of the honeyqueens (russ). *Ptschelowodstwo* 27/3 : 168—169
- KRASNOPIEJEV, M. Z. (1951) Device for artificial insemination of queenbees (russ.) *Ptschelowodstwo* 33/2 : 30—35
- KURENNOJ, N. M. (1954) When are drones sexually mature (russ.) *Ptschelowodstwo* 11 : 28—32
- KURENNOJ, N. M. (1954) Flug und sexuelle Reife beim Drohn (russ.) *Ptschelowodstwo* 12 : 24—28 (*Reg. Bee World* 36 : S. 160)
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1932) Hand mating of queenbees. *Amer. Bee J.* 72/7 : 286.
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1944) Artificial insemination of the queen bee (*Apis mellifera* L.) *J. Morph.* 74/3 : 429—465
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1949 a) New instruments for artificial insemination of queen bees. *Amer. Bee J.* 89/12 : 566—567
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1949 b) Development of precision instruments for artificial insemination of queen bees. *J. econ. Ent.* 42/2 : 254—261
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1954) Beekeeping management for the bee breeder. *Amer. Bee J.* 94/3 : 92—95
- LAIDLAW, H. H., Jr. (1957) Microsyringe Adapter. *Journal of Economic Entomology* 50/2 : 218
- LAIDLAW, H. H.; el BANBY, M. A. (1962) Inhibition of yellow body color in the honey bee, *J. Hered.* 53/4 : 171—173
- LAIDLAW, H. H.; el BANBY, M. A.; TUCKER, K. W. (1964) Five new eye-color mutants in the honey bee. *J. Hered.* 55/5 : 207—210
- LAIDLAW, H. H.; el BANBY, M. A.; TUCKER, K. W. (1965 a) Further linkage studies in the honey bee, *J. Hered.* 54/1 : 39—41
- LAIDLAW, H. H.; el BANBY, M. A.; TUCKER, K. W. (1965 b) Three wing mutants of the honey bee. *J. Hered.* 56/2 : 84—88
- LAIDLAW, H. H., Jr. GOMES, F. P., KERR, W. E. (1956) Estimation of the number of lethal alleles in a panmictic population of *Apis Mellifera* L. *Genetics* 41/2 : 179—188
- LAIDLAW, H. H., GREEN, N. M., KERR, W. E. (1953) Genetics of several eye color mutants in the honeybee. *J. Hered.* 44/6 : 246—250
- LAIDLAW, H. H.; TUCKER, K. W. (1964) Diploid tissue derived from accessory sperm in the honey bee. *Genetics* 50/6 : 1439—1442
- LAIDLAW, H. H.; TUCKER, K. W. (1965 a) Three mutants eye shapes in honey bees. *J. Hered.* 56/4 : 190—192
- LAIDLAW, H. H.; TUCKER, K. W. (1965 b) Umber eye-color — a new mutant in honey bees. *J. Hered.* 54/6 : 271—272
- LANDERKIN, G. B. and H. KATZNELSON (1959) Organisms associated with septicaemia in the honey-bee, *Apis mellifera*. *Can. J. Microbiol.* 5, 169—172
- LENSKY, Y. and H. SCHINDLER (1967) Motility and reversible inactivation of Honeybee spermatozoa in vivo and in vitro. *Ann. Abeille* 10 : 5—16
- LEWIS, L. F.; ROTHENBUHLER, W. C. (1961) Resistance to American foulbrood in honey bees. III. Differential survival of the two kinds of larvae from twodrone matings. *J. Insect. Pathol.* 6/3 : 197—215
- LOTMAR, R. (1936) Anatomische Untersuchungen an Cyclophen-Bienen. *Rev. Suisse Zool.*, 43/3 : 51—72
- MACKENSEN, O. (1943) The occurrence of parthenogenetic femals in some strains of honeybees. *J. econ. Ent.* 36/3 : 465—467
- MACKENSEN, O. (1947) Effect of carbon dioxide on initial oviposition of artificially inseminated and virgin queen bees. *J. econ. Ent.* 40/3 : 344—349
- MACKENSEN, O. (1948) A new syringe for the artificial insemination of queen bees. *Amer. Bee J.* 88/8 : 412

- MACKENSEN, O. (1951) Self fertilization in the honey bee. *Gleanings in Bee Culture* 79 : 273—275
- MACKENSEN, O. (1951 b) Viability and sex determination in the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Genetics* 36/5 : 500—509
- MACKENSEN, O. (1954) Some improvements in method and syringe design in artificial insemination of queen bees. *J. econ. Ent.* 47/5 : 565—586
- MACKENSEN, O. (1955) Further studies on a lethal series in the honey bees *J. Hered.* 46/2 : 72—74
- MACKENSEN, O. (1955) Experiments in the techniques of artificial insemination of queen bees. *J. econ. Ent.* 48/4 : 418—420
- MACKENSEN, O. (1958) Linkage studies in the honey bee. *J. Hered.* 49/3 : 99—102
- MACKENSEN, O. (1964) Relation on semen volume to succes in artificial insemination of queen honey bees. *J. econ. Ent.* 57/4 : 581—583
- MACKENSEN, O. and NYE, W. P. (1966) Selecting and breeding honeybees for collecting alfalfa pollen. *J. apic. Res.* 5/2 : 79—86
- MACKENSEN, O.; ROBERTS, W. C. (1948) A manual for the artificial insemination of queen bees. *U.S.D.A. Bur. Ent. and Plant Quar.* ET—250
- MACKENSEN, O.; ROBERTS, W. C. (1952) Breeding bees. *Yearbook Agr. U. S. Dept. Agr.* : 122—131
- MATHIS, M. (1961) Technique pour le maniemment et la conservation des faux bourdons en dehors de la ruche. *C. R. Acad. Sci. Paris* 252 : 4198—4200 (Ref. Apic. Abstr. 16 : 538/65)
- McLAIN, N. W. (1887) The control of reproduction. Report of experiments in apiculture. In : *Report (U.S.) commr. Agric. (1886)* : 589—591
- MICHAJLOFF, A. S. (1931) Ueber die Vererbung der Weissäugigkeit bei der Honigbiene, *Z. Indukt. Abstamm. Vererbungsl.* 59/2/3 : 190—202
- MINDT, B. (1962) Untersuchungen über das Leben der Drohnen, insbesondere Ernährung und Geschlechtsreife. *Z. Bienenforsch.* 6/1 : 9—33
- MORIMOTO, H. (1963) On the feeding of drone honeybees. *Jap. Bee J.* 16 : 258—263 (Ref. Apic. Abstr. 15 : 578/64)
- MUZALEWSKI, M. B.; KOZLOW, D. N. (1933) Unsere Erfolge im der künstlichen Begattung der Bienenköniginnen. *Arch. Bienenk.* 14/4 : 163—179
- NOLAN, W. J. (1932) Breeding the honeybee under controlled conditions. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.* 326
- NOLAN, W. J. (1937) Improved apparatus for inseminating queen bees by the Watson method. *J. econ. Ent.* 30 : 700—705
- NOVAK, A. I., M. S. BLUM, S. TABER and J. A. LIUZZO (1960) Separation and determination of seminal plasma and sperm aminoacids of the honey bee (*Apis mellifera*). *Ann. Ent. Soc. Amer.* 53 : 841—843
- NYE, W. P.; MACKENSEN, O. (1965) Preliminary report on selection and breeding of honeybees for alfalfa pollen collection. *J. apic. Res.* 4/1 : 43—48
- OERTEL, E. (1940) Mating flights of queen bees. *Glean. Bee Cult.* 68(5)292—293
- OROSI-PAL, Z. (1961) Versuche auf dem Gebiet der Königinnenzucht. *Dtsch. Bienenwirtschaft* 12 : 177—181
- OROSI-PAL, Z. (1964) Die Eierstöcke der Bienenkönigin nach ihrer Aufzuchtmethode. *Dtsch. Bienenw.* 15/11 : 225—228
- PARK, O. W., PELLETT, F. C.; PADDOCK, F. B. (1937) Disease resistance and American foulbrood. *Amer. Bee J.* 77/1 : 20—25
- PLASS, F. (1953) Inzuchtwirkung und Heterosiseffekt bei der Honigbiene. *Schriftenreihe d. AID (Godesberg)* 66 : 49—68
- POLHEMUS, M. S., LUSH, J. L., ROTHENBUHLER, W. C. (1950) Mating systems in honeybees. *J. Hered.* 41 : 151—155
- POLHEMUS, M. S., and O. W. PARK (1951) Time factors in mating systems for honeybees. *J. Econ. Ent.* 44 : 639—642

- PRELL, H. (1927) Die künstliche Befruchtung der Bienenköniginnen. *Leipzig. Bienenztg.* 42/11 : 222—230
- QUINN, CH. W. (1923) Hand-fertilization of queens. *Bee World* 3/5 : 75
- ROBERTS, W. C. (1946) The performance of the queen. *Amer. Bee J.* 86/5 : 185—186, 211
- ROBERTS, W. C. (1947) A syringe for artificial insemination of honeybees. *J. econ. Ent.* 40/3 : 445
- ROBERTS, W. C.; MACKENSEN, O. (1951) Breeding improved honeybees. *Amer. Bee J.* 91/7, 8, 9, 19, 11 : 292—294, 328—330, 382—384, 418—421, 473—475
- ROTHENBUHLER, W. C. (1957) Diploid male tissue as new evidence on sex determination in honey bees. I. *Hered.* 48/4 : 160—168
- ROTHENBUHLER, W. C. (1958) Genetics and breeding of the honey bee. *Ann. Rev. Ent.* 3 : 161—180
- ROTHENBUHLER, W. C. (1944 a) Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F₁ and backcross generations to disease-killed brood. *Am. Zool.* 4 : 111—123
- ROTHENBUHLER, W. C. (1964 b) Behaviour genetics on nest cleaning in honey bees. I. Response of four inbreed lines to disease-killed brood. *Anim. Behav.* 12/4 : 578—583
- ROTHENBUHLER, W. C., GOWEN, J. W.; PARK, O. W. (1952 a) Androgenesis with zygogenesis in gynandromorphic honey bees. (*Apis mellifera* L.) *Science* 115/2998 : 637—638
- ROTHENBUHLER, W. C., GOWEN, J. W.; PARK, O. W. (1952 b) Five mutant genes in honey bees (*Apis mellifera* L.) *Genetics* 37 : 620
- ROTHENBUHLER, W. C.; THOMPSON, V. C. (1956) Resistance to American foulbrood in honey bees. I. Differential survival of larvae of different genetic lines. *J. econ. Ent.* 49/4 : 470—475
- ROTTER, E. (1957) Wem ist das Prioritätsrecht hinsichtlich der künstlichen Besamung der Bienenkönigin zuzusprechen? *Leipzig, Bienenztg.* 71/2 : 48—50
- RUTTNER, F. (1961 a) Insemination mit Sperma von einem einzigen Drohn. *Bee Genetics* 2 : 15
- RUTTNER, F. (1961 b) Leistungsvergleich künstlich besamter und natürlich begatteter Königin. *Z. Bienenforsch.* 7 : 25—34
- RUTTNER, F. (1962) Bau und Funktion des peripheren Nervensystems an den Fortpflanzungsorganen der Drohnen. *Ann. Abeille* 5 : 5—58
- RUTTNER, F. (1964) Zur Technik und Anwendung der künstlichen Besamung der Bienenkönigin. *Z. Bienenforsch.* 7 : 25—34
- RUTTNER, F. (1965) Ratschläge zur Zuchttechnik. *Die Biene* 101 : 111—113, 148—150, 174—175
- RUTTNER, F. (1968) Sexualité et reproduction in *Traité de Biologie de l'Abeille*, tome I. Masson & Cie, Paris
- RUTTNER, F.; MACKENSEN, O. (1952) The genetics of the honeybee. *Bee World* 33/4, 5 : 53—62, 71—79
- RUTTNER, H. (1968) Eindrücke von einer imkerlichen Reise in die U.S.A. *Allg. Dt. Imkerzeitung* 2 : 24—27
- SAVADA, Y.; CHANG, M. C. (1964) Tolerance of honey bee sperm to deep freezing. *J. econ. Ent.* 57/6 : 891—892
- SCHASSKOLSKY, D. W. (1935) Genetische Analyse der Biene nach der Nachkommenschaft der Arbeitsbiene. *Arch. Bienenkunde* 16 : 1—8
- SEAL, D. W. A. (1961) Storage of queen bees, *N. Z. Beekpr.* 23 : 24 only (Ref. *Bee World* 43, 4, 1962)
- SHAFTER, G. D. (1917) A study of the factors which govern mating in the honeybee. *Mich. Agr. Col. Exp. Sta. Techn. Bull.* 34 : 1—19+3 pl
- SIMPSON, J. (1954) Effect of some anaesthetics on honeybees: nitrous oxide, carbon dioxide, ammonium nitrate, smoker fumes. *Bee World* 35 : 149—155
- SKROBAL, D., VESELY, VL., HRDY, I. (1966) Einleitung zur Diskussion über die Probleme der Drohnen-Sperma-Konservierung. *Intern. Symp. Bee Genetics and Arif. Ins. Bee-queens* : 1—11
- SMIRNOVA, N. P. (1952) Artificial insemination of honeyqueens (russ.) *Ptschelowodstwo*, 29/6 : 22—27
- SMIRNOV, I. V. (1953) Nouvelles données sur le sperme des mâles (russ.) *Ptschelowodstwo* 2 : 23—25
- SNODGRASS, R. E. (1956) Anatomy of the honey bee. Comstock Publ. Ass., Ithaca
- STURTEVANT, A. P. (1920) A study of the behavior of bees in colonies affected by European foulbrood. *U.S.D.A. Bull.* No. 804
- STURTEVANT, A. P.; REVEL, I. L. (1953) Reduction of *Bacillus larvae* spores in liquid food of honey bees by action of the honey stopper, and its relation to the development of American foulbrood. *J. econ. Ent.* 46/5 : 855—860
- TABER, III, S. (1955) Sperm distribution in the spermatheca of multiple mated queen honey bees. *J. econ. Ent.* 48/5 : 522—525
- TABER, III, S. (1955 a) Evidence of binucleate eggs in the honey bee. *J. Hered.* 44/4 : 156
- TABER, III, S. (1961) Successful shipment of honeybee semen. *Bee World* 42 : 173—176
- TABER, III, S.; BLUM, M. S. (1960) Preservation of honey bee semen. *Science* 131/3415 : 1734—1735
- THOMPSON, V. C.; ROTHENBUHLER, W. C. (1957) Resistance to American foulbrood in honey bees. II. Differential protection of larvae by adults of different genetic lines. *J. econ. Ent.* 50/6 : 731—737
- TRYASKO, W. W. (1956) Accouplements multiples des reines (russ.) *Ptschelowodstwo* 1 : 50—54
- TRYASKO, W. W. (1959) Methods of manual insemination of queenbees. (russ.) *Ptschelowodstwo* 36/2 : 27—34
- TRYASKO, W. W. (1965) Natural parthenogenesis of honeybee. (russ.) XX Jub. *Miedzun. Kongr. Pchelov.* : 356—362
- TUCKER, K. W. (1958) Automictic parthenogenesis in the honey bee. *Genetics* 43/3 : 299—316
- VESELY, VL. (1961) Towards the problem of artificial insemination of queen bees (tschech.) *Zool. Listy* X : 203—210
- VESELY, VL. (1965) Die zylinderförmig beendete Inseminationsspitze ermöglicht die künstliche Besamung ohne dass die Sonde gebraucht wird, und die Samenabnahme direkt von den Samenleitern der Drohnen. Ref. — *Symposion XXth Intern. Beekeep. Jub. Congr.*, Bucharest, sowie *Lu crări Stiintifice* (1966), 7/1 : 57—61
- WATSON, L. R. (1927 a) Controlled mating of queen bees. Hamilton, III., Condensed in *Amer. Bee J.* 67/5, 6, 7 : 235—236, 300—302, 364—365
- WATSON, L. R. (1927 b) Controlled mating in the honey bee. *Rep. Sta. Apiarist.* Iowa : 36—41
- WATSON, L. R. (1929) New contribution to the technique of instrumental insemination of queenbees. *J. econ. Ent.* 22 : 944—954
- WEISS, K. (1962) Untersuchungen über die Drohnenherzeugung im Bienenvolk. *Arch. Bienenkunde* 39 : 1—7
- WEISS, K. (1967) Über den Einfluss verschiedener Weiselwiegen auf die Annahme und das Königinnengewicht in der künstlichen Nachschaffungszucht. *Z. Bienenforsch.* 9 : 121—134

- WILLE, H. and L. PINTER (1961) Untersuchungen über bakterielle Septikämie der erwachsenen Honigbiene in der Schweiz, *Bul. Apic. d'Inform. et de Doc. Sci. et Tech.* 4(2): 141—180
- WOLF, B. E. (1960) Eine Nachuntersuchung zur Cytologie der Honigbiene (*Apis mellifica* L.). *Zool. Beitr.* 5/2—3: 373—391
- WOODROW, A. W. (1941) Behavior of honey-bees toward brood infected with American foulbrood, *Amer. Bee J.* 81/8: 363—366
- WOODROW, A. W.; HOLST, E. C. (1942) The mechanism of colony resistance to American foulbrood, *J. econ. Ent.* 35/3: 327—330
- WOODROW, A. W.; STATES, H. J. (1943) Removal of diseased brood in colonies infected with A.F.B., *Amer. Bee. J.* 81/1: 22—23, 26
- WOYKE J. (1955) Effect of flying on the sexual stimulation of drones. (pol.) *Pszczelarstwo* 6, 1—3 (Ref. *Bee World* 38: 1957, S. 24)
- WOYKE, J. (1930) Naturalne i sztuczne unasienianie matek pszczelich (Natural and artificial insemination of queen honey bees) *Pszczeln. Zesz. Nauk.* 4/3—4: 183—275. Summarized in *Bee World* (1962) 43/1: 21—25
- WOYKE, J. (1962 a) Geneza powstania niezwyklych pszczól. (The origin of unusual bees). *Pszczel. Zesz. Nauk.* 6/2: 49—64
- WOYKE, J. (1962 b) Hatchability of "lethal" eggs in a two sex-allele fraternity of honeybee. *J. apic. Res.* 1: 6—13
- WOYKE, J. (1963) The behaviour of queens inseminated artificially in different manner. *Compl. Text XIX Congr. Apimondia. Prague*: 702—713
- WOYKE, J. (1963 a) Contribution of successive drones to the insemination of a queen. *Rep. XIX Intern. Beekeep. Congr. Prague*: 124—125
- WOYKE, J. (1963 b) Drone larvae from fertilized eggs of the honeybee. *J. apic. Res.* 2/1: 19—24
- WOYKE, J. (1963 c) What happens to diploid drone larvae in a honeybee colony? *J. apic. Res.* 2/2: 73—75
- WOYKE, J. (1963 d) Rearing and viability of diploid drone larvae. *J. apic. Res.* 2/2: 77—84
- WOYKE, J. (1965 a) Genetic proof of the origin of drones from fertilized eggs of the honeybee. *J. Apic. Res.* 4/1: 7—11
- WOYKE, J. (1965 b) Study on the comparative viability of diploid and haploid larval drone honeybees. *J. apic. Res.* 4/1: 12—16
- WOYKE, J. (1967) Rearing conditions and the number of sperms reaching the queens spermatheca. *XXIst Intern. Apic. Congr., College Park*: 84
- WOYKE, J.; ADAMSKA, Z. (1965) Genetic evidence of biparental origin of adult honey bee drones. *Bull. Acad. pol. Sci. Cl. V* 14/1: 73—74
- WOYKE, J., KNYTEL, A.; BERGANDY, K. (1966) The presence of spermatozoa in eggs as proof that drones can develop from inseminated eggs of the honeybee. *J. apic. Res.* 5/2: 71—78
- WOYKE, J.; KNYTEL, A. (1966) The chromosome number as proof that drones can arise from fertilized eggs of the honeybee. *J. apic. Res.* 5/3: 149—154
- WOYKE, J., F. RUTTNER (1958) An anatomical study of the mating process in the honeybee. *Bee World* 39: 3—18
- ZANDER, E. (1951) *Der Bau der Biene*. E. Ulmer, Stuttgart