Hans Joachim Frings

Experimentelle Bienenkunde in der Schule

Aus vorhandenen Unterlagen fertiggestellt von
Gerhard Winkel

C 1994/2012 Alle Rechte beim Schulbiologiezentrum Hannover und Verein zur Förderung des Schulbiologiezentrums Hannover e.V.
Vinnhorster Weg 2, 30419 Hannover

Vervielfältigung der Arbeitsblätter zu Unterrichtszwecken ist gestattet.

Satz und Layout: Winfried Noack

Gesamtherstellung: Grotedruck, Hannover 1994
CD-Produktion: BLS media (Timm Haßfurther) 2012

Vorwort **1**
Ergänzung 2012 (Übertragung auf eine CD) 1
Zum Werdegang dieses Buches 4
Zum Wirken von H.J. Frings im Schulbiologiezentrum 5

1. Voraussetzungen zur Unterrichtsarbeit mit Honigbienen **7**
1.1 Einführung 7
1.2 Honigbiene und menschliche Natur 9

2. Das Bienenvolk **13**
2.1 Der Jahreszyklus 13
2.2 Die Entwicklung der Bienen 17
2.3 Die Verständigung im Bienenstaat 21

3. Arbeitsmittel für den Unterricht **25**
3.1 Unterrichtsarbeit ohne eigene Bienenhaltung 25
3.2 Unterrichtsarbeit mit einem Beobachtungsstock 25
3.3 Der Bienenfuttergarten 29
3.4 Eigene Bienenhaltung 29

4. Biene und Blüte **38**
4.1 Bau und Funktion der Blüte 40
4.2 Bienenbeobachtungen an Blüten 41
4.3 Andere Blütenbesucher (Arbeitsblatt Tafel 16 - 18) 44
4.4 Die Blütenuhr 48
4.5 Die Bedeutung der Bienenbestäubung 49

5. Untersuchen von Waben **52**
5.1 Beobachtunqen am Material (Hierzu Tafel 21 und 22) 53
5.2 Bauweise der Zellen 58
5.2.1 Wabenbau – Geometrie 60

6. Die Arbeitsbiene **63**
6.1 Beobachten lebender Bienen mit der Lupe (geeignet ab Klasse 4) 63
6.2 Andere Untersuchungen und Beobachtungen 66
6.2.1 Der Körperbau der Honigbiene (Morphologie) 66
6.2.2 Maden und Puppen, Drohn und Königin 73
6.2.3 Die inneren Organe 77
6.2.4 Funktionsmodell des Insektenfluges 77

7. Experimente zur Orientierungsleistung **79**
7.1 Futterdressuren 79
7.1.1 Anlage von Lockstellen (Hierzu Tafel 35) 79
7.1.2 Anlegen eines Bienenkataster 81
7.1.3 Der Futter- und Experimentiertisch 82
7.1.4 Der Abbau von Ängsten 82
7.1.5 Das Erhalten der Dressur 83
7.1.6 Das Umstellen der Futterdressur auf Experimentalverhältnisse 84
7.1.7 Die Zunahme des Bienenbesuches nach Beginn der Fütterung 85
7.1.8 Individuelles Markieren der Bienen am Futterplatz 85
7.1.9 Die Verweildauer an der Futterquelle 86
7.1.10 Woher kommen die Bienen am Futterplatz? 87
7.1.11 Die Zeitdressur 88
7.1.12 Die Füllung des "Sozialmagens“ 89

7.1.13 Das Bestimmen der Rüssellänge 90
7.2 Das Farben- und Formensehen 91
7.2.1 Der Farbkreis von Mensch und Biene 93
7.2.2 Farbwahllversuch 1 94
7.2.3 Farbwahlversuch 2 96
7.2.4 Weitere Experimente zur Farbtüchtigkeit der Bienen 100
7.3 Duftdressuren 103
7.4 Schülerexperimente zum Geschmackssinn 105
7.4.1 Sachinformation 105
7.4.2 Schmeckversuche qualitativer Art 108
7.4.3 Schmeckversuche quantitativer Art 113
7.5 Zusammenwirken verschiedener Sinnesleistungen beim Aufsuchen neuer Futterplätze 115

8. Das Leben im Bienenvolk 117
8.1 Das Bienenvolk auf den Waben 117
8.1.1 Tätigkeit einzelner markierter Arbeitsbienen im Laufe ihres Lebens 119
8.1.2 Temperatur und Feuchtigkeit im Bienenstock 129
8.1.2.1 Der Temperaturgang im Bienenvolk 130
8.1.2.2 Die Feuchtigkeitsverhältnisse im Bienenvolk 132
8.1.2.3 Schülerexperimente 133
8.1.2.4 Anbringen der Meßelektroden 133
8.2 Die Tanzsprache der Bienen 134
8.2.1 Vorbereitung zum Verständnis der Bienentänze 141
8.2.2 Messen des Tanzwinkels und der Umlaufzeit 143
8.2.3 Die Funktionsweise der Tänze 149
8.2.4 Orientierung bei verdeckter Sonne 154
8.3 Beobachtungen am Flugloch 158
8.4 Abwehr und Alarm der Biene 162
8.4.1 Funktionsweise des Bienenstachels (Tafel 59) 163
8.4.2 Verteidigung des Bienenvolkes im Experiment 164
8.4.3 Das Bienengift 167
8.5 Das Heimfinden der Bienen 171

9. Besuch beim Imker 174
9.1 Schülerfragen an einen Imker 174
9.2 Bei der Wabenkontrolle 179

10. Literatur zum Thema Bienenkunde 186
10.1 Geschichte 186
10.2 Gesamtthema 186
10.3 Morphologie 188
10.4 Biene und Blüte 188
10.5 Bienenprodukte (außer Honig) 189
10.6 Verhaltensforschung und spezielle Biologie 189
10.7 Krankheiten und Schädlinge der Biene 190
10.8 Bienenkunde im Unterricht 190

11. Verzeichnis der Tafeln 192

12. Stichwortverzeichnis 194

Vorwort

Ergänzung 2012 (Übertragung auf eine CD)

1994 wurde dieses Manuskript für die Mitglieder des Fördervereins gedruckt und zusätzliche Exemplare für Interessierte.

In den letzten Jahren ist die Nachfrage gestiegen, möglicherweise aus dem wachsenden Bewusstsein heraus, dass die ökologische Bedeutung der Bienen bisher immer unterschätzt worden ist. Die Bienen rücken mehr und mehr in den Blick darauf, dass sie uns zeigen, wie Nachhaltigkeit funktionieren kann.

So ist der Bestand an diesem Buch immer weiter geschrumpft und neigt sich dem Ende zu. Die 2. bundesweite Fachtagung im Schulbiologiezentrum „Bienen machen Schule“ (Mellifera e.V.) im Sommer diesen Jahres war mit ein Grund, sich darüber Gedanken zu machen, wie mit dem Manuskript umzugehen sei: Nachdruck oder gleich eine Übertragung in ein elektronisches Medium? Letztendlich waren es die Kosten für einen Nachdruck in Buchform, die die Produktion einer „Bienen-CD“ nahelegte.
Ein Bienenbuch von 1993 so einfach übernehmen? Eine kritische Durchsicht des Textes und der Tafeln war nötig, um berichtigen zu können, wo sich Fehler eingeschlichen haben, um ergänzen zu können, wo es neuere Erkenntnisse gibt.

Frau Rose Pettit, Lehrerin am Schulbologiezentrum, unterzog sich neben ihrem normalen Dienst dieser Aufgabe. Sie kontrollierte weitgehend den vorhandenen Text anhand von drei Büchern jüngeren Datums, die an dieser Stelle ergänzend zur Literaturliste am Schluss genannt werden sollen:

- Friedrich RUTTNER: Naturgeschichte der Honigbienen. Stuttgart 2003 (Kosmos)
- Jürgen TAUTZ: Phänomen Honigbiene. München 2007 (Spectrum)
- Rudolf MOOSBECKHOFER und Josef BRETSCHKO: Naturgemäße Bienenzucht. Graz 1996 (Leopold Stocker)

Es gibt einige Passagen, die weder gestrichen noch in dieser Form und Aussage stehen bleiben können. In Verbeugung vor dem „Bienenvater“ Frings, wie er zeitweise liebevoll genannt wurde, und vor Gerhard Winkel, der diesem Werk seine Form gegeben hat, lassen wir diese Passagen stehen und kennzeichnen sie damit, dass wir sie *kursiv* auszeichnen. Auf diese Weise konnte auch gewährleistet werden, dass die „Bienen-CD“ eins-zu-eins der Buchvorlage entspricht.

Die damalige gültige Rechtschreibung wurde beibehalten. DM-Angaben im Text wurden in EURO umgesetzt.

für das Schulbiologiezentrum	Für den Verein zur Förderung des Schulbiologiezentrums
gez. Dr. Regine Leo	gez. Hans-Dieter Keil-Süllow

Zum Werdegang dieses Buches

Ein Buch über experimentelle Bienenkunde in der Schule hat ganz gewiß keinen großen Markt. Alle Erfahrung zu diesem Thema würde normalerweise zu einem oder wenigen Zeitungsartikeln gerinnen, wenn es nicht den Förderverein des Schulbiologiezentrums gäbe, der sich mit der Veröffentlichung eines eigenen Jahrbuches die Aufgabe gestellt hatte, wichtige und bemerkenswerte Arbeiten ohne Rücksicht auf ihren kommerziellen Erfolg zu veröffentlichen.

So ist dieses Buch ein Bericht über eine dreißigjährige Bienenhaltung im Schulbiologiezentrum Hannover. Darin sind vor allem die Erfahrungen niedergelegt, die mit Schülerbeobachtungen und -experimenten zu tun haben. Es enthält also Anregungen, Anleitungen und will Wissenschaft in forschendes Lernen umsetzen. Diese Haltung wird zwar überall propagiert, aber nur selten in die Tat umgesetzt. Das Buch enthält keine Forderungen. Es soll nur möglichst viele Kolleginnen und Kollegen begeistern, selber den Weg der Erfahrung zu betreten.

Alles, was geschildert wird, ist vielfach mit Schülern ausprobiert, wenn auch die Verhältnisse im Schulbiologiezentrum mit eigener Bienenhaltung, eigener Werkstatt und ständig wechselnden Besuchsklassen anders, vielleicht günstiger als in Schulen waren.

Seit dem Beginn der Arbeit 1961 gibt es im SBZ einen intakten Bienenstand und fast täglich Bienenkundeunterricht, der in den Anfangsjahren von Frau Hämer vorbildlich betreut wurde. Als Herr Frings, Autor dieses Buches, 1973 an das Schulbiologiezentrum abgeordnet wurde, fand er schon fünf Beobachtungsstöcke und eine intakte Imkerei vor. Er selber war an experimenteller Biologie mit dem Schwerpunkt Insekten interessiert. Man darf das Folgende so sagen, weil es fast jedem so geht, der sich auf die Bienen einläßt: Sie zogen ihn in ihren Bann. War es zunächst einfach der Bienenkundeunterricht (etwa 50 Gruppen jährlich, davon 30-40 für je zwei Tage), den es auszugestalten galt, wurde bald die neue Bienen-

forschung zur Lehrmeisterin. Es galt, ihre Ergebnisse in anschaulichen und forschenden Unterricht umzusetzen. Das hatte immer mehrere Schritte im Gefolge: Einsichtnahme in die Originalforschungen, Umsetzen der Forschungsmethoden und -ergebnisse in vereinfachte Verfahren, Erproben dieser vereinfachten Verfahren mit Schülern, an Schülern im täglichen Unterricht. Ein Außenstehender kann sich kaum eine Vorstellung davon machen, wie viele Schritte oft nötig waren, bis es hieß: "So geht es". Im Grunde genommen waren jedoch alle Experimentieranordnungen ständig im Fluß, wurden in der Durchführung mündlich weitergegeben, aber niemals zusammengefaßt. Das Kollegium des Schulbiologiezentrums hatte insofern daran Anteil, als jeder Lehrer ebenfalls Bienenkunde unterrichtete und sich begeistert oder kritisch zu den Verfahren äußerte.

Mit der Pensionierung von Herrn Frings am 31.07.1985 schied er aus dem täglichen Unterricht aus; jedoch veränderte sich nur die tägliche Pflichtaufgabe in eine täglich freiwillig gewählte Pflicht. Er begann ohne die Last des täglichen Unterrichtes seine Experimente noch einmal durchzuarbeiten, zu verbessern und niederzulegen. Es entstand der Plan zu einer experimentellen Bienenkunde für Schulen.

Hierüber hielten wir ständig Kontakt, weil das Buch 1987 als Jahrbuch des Fördervereins herauskommen sollte. Mitten in dieser Arbeit mußte H.J. Frings am 26.03.1986 unerwartet über die Schwelle des Todes gehen. Das Buch war vielleicht zur Hälfte als Manuskript in einer ersten Entwurfsfassung geschrieben.

Die Zeichnungen lagen nur zum kleinen Teil in Handskizzen vor. Deshalb mußte der graphische Teil ganz neu konzipiert werden. Die Leitlinie war, daß die graphische Ausstattung auf eigenen Seiten zusammengefaßt werden sollte, um damit für das gesamte Thema Bienenkunde Kopiervorlagen für den Unterricht zu schaffen. Aus diesem Grund wurden, wo immer es ging, Zeichnung und erklärende Beschriftung getrennt. Da eine Neufassung aller Zeichnungen durch einen Grafiker Tausende gekostet hätte, wurden eigene und fremde Arbeiten zusammengeschnitten. In einigen Fällen konnten trotz intensiver Suche die Quellen nicht mehr ermittelt werden.
Wo es möglich war, wurden die Handskizzen von H.J. Frings im Original verwendet.
Dem Verlag Sauerländer danken wir für die Erlaubnis, Grafiken aus dem "Schweizer Bienenvater" verwenden zu dürfen.

Zum Wirken von H.J. Frings im Schulbiologiezentrum

Im Frühjahr 1973 bewarb sich Herr Frings um eine der gerade freien Stelle im Schulbiologiezentrum Hannover. Eine zentrale Leih- und Lieferstelle für die Stadt und die Region sollte aufgebaut werden. Er wurde eingestellt. Aus seinem Beruf wurde seine Berufung. Heute ist alles so selbstverständlich: man bestellt Gespenstschrecken, Eichenseidenspinner oder den Evolutionskoffer. Es ist kaum vorstellbar, wie das Schulbiologiezentrum heute arbeiten würde ohne den jahrelangen Einsatz von H.J. Frings. Wer in diesen Jahren das Zentrum kennenlernte, lernte es mit ihm oder durch ihn kennen, weil er den stärksten Kontakt zu Kolleginnen und Kollegen hatte.
Wie konnte er sich begeistern und unverbissen in eine Sache verbeißen! Ich erinnere noch den Tag, als wir in einem Päckchen die ersten Gespenstschrecken erhielten. Vier oder fünf erwachsene Tiere steckten noch in dem halboffenen Paket, drei kleine stolzierten auf dem Packpapier umher. Niemand wußte etwas über Gespenstschrecken, nur das Futter war bekannt. Waren sie etwas für den Unterricht? Nachdem die Vermehrung kein Problem mehr war, begann die Suche in der Literatur, bei Spezialisten. Fast ohne Ergebnis.

Einen ganzen Winter lang waren die Tiere die Gefährten von Herrn Frings. Dann hatte er Drohstellung, Schreckstellung untersucht, die Horizonttaxis der Jungen beobachtet. Alles dies setzte er sofort um, konstruierte große Insektarien für Schauzwecke und baute Experimentiereinrichtungen für die Horizonttaxis. Täglich hatte er neues gesehen und sprudelte über davon. Es war keine naturwissenschaftliche Verbissenheit, eher eine fröhliche, immer etwas spielerische Hingabe an die Sache. Daß er weit über den Dienst hinaus damit beschäftigt war, merkte er gar nicht. Was man landläufig Engagement für eine Sache nennt, paßt nicht so recht auf ihn: Er und die Sache, um die es gerade ging, waren stets eins. Dieses Phänomen umfaßt auch das, was man seine Treue nennen kann.

Diese Treue bezog sich jedoch nicht nur auf die Sachen. Sie schloß auch die Menschen ein.

Im Umgang war Herr Frings verbindlich. Er konnte eher selber Unrecht erleiden als Unrecht tun. Das machte ihn verwundbar; aber er konnte in einer mozartschen Leichtigkeit darüber hinweggehen.

Überhaupt Mozart, Musik, Kunst und Philosophie! H.J. Frings war ein Tüftler, Bastler, Experimentator. Alles aber war durchleuchtet von seinen Interessen für die

Künste und die Philosophie. Er selber war zeichnerisch hochbegabt, was sich immer wieder zeigte, wenn er mit wenigen Strichen einen Sachverhalt zu Papier brachte, wovon ja einige Skizzen dieses Buches zeugen. Nein, er war auch ein sehr guter Kenner der Kunstgeschichte, der Philosophie und Theologie. All dies führte er als Inhalt seines Denkens, Fühlens und Wollens ständig bei sich. Gespräche waren immer interessant, vielschichtig und konnten kaum von bündiger Kürze sein. Ständig bewegten sich Dinge in ihm, ständig bewegte er die Dinge; Menschen mit sehr schlichten Denkstrukturen waren dabei manchmal hoffnungslos überfordert und dennoch erreichte er sie.

H.J. Frings konnte keine Bitte ablehnen. Ob es um die Übernahme von Kursen ging, um Lehrerfortbildung, um eine Unterrichtsberatung, um die Übernahme neuer Aufgaben. Müßte man ihn zeichnen, müßte man ihn mit sechs Armen und vier Beinen darstellen. So war er ständig in Bewegung, schaffte Neues, vergaß auch gelegentlich, das Alte zu vollenden, war immer einsatzbereit, half und war immer fröhlich. So kannten ihn alle. So wurde er identifiziert mit der riesigen Leihstelle, der Bienenhaltung, den übrigen Kleintieren. Wo er war, war in ihm und um ihn das Schulbiologiezentrum präsent.

Als wir zusammen 1985 in Indien waren, erwischte er eines Nachts auf der Straße einen schönen großen Skorpion. Er mußte mit: In einer Röhre wurde er gekäfigt. Jeden Abend hatte er Ausgang auf der Bettdecke und H.J. Frings und ich Beute-Beschaffungsdienst. In der Brusttasche überstand der Skorpion den Zoll. Noch zwei Jahre hat er im Schulbiologiezentrum gelebt.

Wer einmal den sechzig Seiten starken Katalog der Leihstelle durchblättert, ahnt kaum, wie stark H.J. Frings hinter jeder Position steht. Wir haben es alle gemerkt, als er über die Todesschwelle gegangen war. Wenn hier nur über das gleichsam dienstliche Feld einiges gesagt ist, so nur aus dem Wunsche, eine Begrenzung zu finden. Aber im täglichen Leben ging das nicht. Dienstliches und Privates waren immer miteinander verbunden, wie es sein muß, wenn der Beruf eine Berufung ist. Das Schulbiologiezentrum war in das Private integriert. In diesem Sinne darf man sagen, es war das Leben von H.J. Frings. Wir alle am Schulbiologiezentrum Beteiligten wissen heute besser als vor Jahren, was wir an ihm gehabt und auch verloren haben.

Mit diesem Buch, das er unvollendet hinterließ, wollen wir ihm und soll er sich ein Denkmal setzen, das seiner und unserer Arbeitsweise entspricht. Er selber hat den größten Teil der Steine behauen. Seine fröhliche Hingabe war wie ein Auftrag an uns Nachgebliebene, das Bauwerk nun auch aufzurichten.

Hannover, August 1993
gez. Gerhard Winkel

für das Schulbiologiezentrum

gez. Eberhard Reese

Für den Verein zur Förderung des Schulbiologiezentrums

gez. Gundula Barth

1. Voraussetzungen zur Unterrichtsarbeit mit Honigbienen

1.1 Einführung:

Es gab Zeiten, da konnte man die Begriffe Landlehrer und Imker fast als Synonyme gebrauchen. Diese Zeiten sind vorbei: Es gibt keine Landlehrer mehr, die ihre Schüler mit zu ihren Bienen nehmen könnten und der fachwissenschaftlich ausgebildete Lehrer nimmt sich vielfach nicht die Zeit, nach draußen zu gehen. Außerdem können Bienen stechen. So gehen die Lehrer auf Distanz und bestreiten ihren Unterricht mit Buch, Dia, Film und Folie.

Viele Lehrer wissen einfach nicht, daß sie sich mit dieser allgemeinen Einstellung eine der wenigen speziellen Möglichkeiten entgehen lassen, im Unterricht selbst hochkomplexe Orientierungsleistungen bei Tieren experimentell zu untersuchen und das mit begrenztem Zeitaufwand, mit geringen Mitteln, dabei erfolgssicher und zugleich fast völlig gefahrlos.

Bienen sind dann gefährlich, wenn man sich ungeschützt in die Einflugschneise vor das Flugloch stellt, wobei schwüle Gewitterluft stimulierend wirkt. Bienen an Blüten sind völlig harmlos, friedlich und nur aufs Sammelgeschäft bedacht. Sie lassen sich sogar streicheln, ohne wild zu werden. Bienen sind also Tiere, die nicht stechen, wenn man sich in einigem Abstand von der Front der Bienenstöcke aufhält. Allerdings gibt es tatsächlich eher friedliche Rassen (wie z.B. die Krainer Biene) oder aggressivere (wie z.B. die Heide-Biene): Das gilt aber nur in Fluglochnähe und nicht mehr, sobald der Abstand zum Bienenvolk 20-30 m beträgt.

Die Erwartung, daß heute in Schulen wieder Bienenvölker gehalten werden könnten, wie es früher in Landschulen weithin üblich war, ist in der Breite unrealistisch.

Da aber die Bienen - unabhängig von ihrer ideellen und wirtschaftlichen Bedeutung - ein hervorragendes vielseitiges Unterrichtsobjekt sind, ist eine Zielsetzung dieser Veröffentlichung, die herkömmliche Bienenkunde kritisch zu beleuchten: Sachlich völlig richtig, wurde meist vom Bienenstock ausgegangen. Da dieser unter den heutigen Unterrichtsverhältnissen meist nicht erreichbar ist, wurden nur Medien herangezogen. Das Ergebnis ist, daß die Honigbiene, die vom Frühjahr bis zum Herbst selbst in den Städten noch meist in großer Zahl an Blüten zu finden ist, von vielen Schülern nicht mehr von einer Wespe oder Schwebfliege unterschieden werden kann. Oft haben diese bewußt noch nie eine Biene an einer Blüte beobachtet.

Anliegen dieser Schrift ist es daher, in umgekehrter Reihenfolge vorzugehen, und Bienen da kennen zu lernen und auch zu untersuchen, wo sie jeder leicht beobachten kann, und an den Orten mit ihnen zu experimentieren, wo es ohne Imkerei leicht möglich ist. Dann erst folgt die Empfehlung, ohne eigenes Imkern einen Bienenschaukasten einzurichten, um zu ergiebigen Beobachtungen des Volkslebens und seines Verständigungssystems zu kommen, wie sie oft noch nicht einmal erfahrene Imker gemacht haben.

Natürlich darf als letztes Glied das richtige Imkern nicht vergessen werden. Die Haltung eines Bienenvolkes auf dem Schulgelände wäre ideal und ist möglich. Selbst wenn die Hindernisse unüberwindbar sind, die Schüler aber Bienen im Freien ausgiebig beobachtet haben, ist ein Film nach einer Eigenbeobachtung von ganz anderer Bedeutsamkeit als ohne dieselbe. Wir Lehrer wissen es ganz genau, beachten diese Einsicht aber häufig nicht.

Die Biene soll nicht unter didaktischen Gesichtspunkten analysiert werden. Es ist zu hoffen, daß die methodischen Anregungen soviel Aufforderungscharakter haben, daß sich das erübrigt.

Nur die vier wichtigsten Arten der Gattung der eigentlichen Bienen sollen hier aufgeführt werden:

Die Riesenbiene (Apis dorsata) lebt in Indien. Die Arbeiterinnen sind so groß wie die Königinnen der Honigbiene. Sie bauen nur eine Wabe, die sie verlassen, sobald die Tracht nicht mehr ausreicht.

Die Zwergbiene (Apis florea) wird nur ca. 9 mm lang; sie neigt in ihrer indischen Heimat ebenfalls zum Wandern, so daß sie nicht domestiziert werden konnte. Ihre Völker sind auch sehr klein.

Die Indische Biene (Apis indica, auch Apis cerana) ist weit verbreitet, der Honigbiene ähnlich; sie baut mehrwabige Nester, die sie dauerhaft bewohnt. Sie ist aber im asiatischen Raum heute weitgehend von der Honigbiene verdrängt worden, mit der sie nicht kreuzbar ist.

Die **Honigbiene** (Apis mellifica oder auch mellifera) ist heute über alle Erdteile verbreitet. Sie ist ortstreu, errichtet große Bauten und ist in viele Rassenkreise aufgespalten. Von diesen ist für uns der europäische Rassenkreis von Bedeutung (Apis mellifica mellifica), der in deutlich unterscheidbare Unterrassen getrennt wird: die zentraleuropäische dunkle Nordrasse (A.m. mellifica), die alpine graue Rasse (A.m. carnica), die italienische gelbfarbige Rasse (A.m. ligurica) und die kaukasische Rasse (A.m. caucasis). Aus diesen Rassen und ihren Keuzungen bestehen die europäischen Bienenpopulationen, wobei für die Experimente, die hier beschrieben werden, ein Stamm der "Carnica-Biene" verwendet wurde, der sich durch Fleiß, späten Brutbeginn, Wabenstetigkeit und Friedfertigkeit auszeichnet. Die Carnica-Biene - auch Kärntner oder Krainer Biene genannt - neigt leichter zum Schwärmen als andere Rassen, was einen größeren Pflegeaufwand erfordert. Ebenso muß die ursprüngliche Sanftheit durch züchterische Auslese erhalten oder sogar, wie im Schulbiologiezentrum, verstärkt werden.

1.2 Honigbiene und menschliche Kultur

Das gelobte Land der Bibel ist dasjenige, in dem "Milch und Honig fließen". Dies läßt sich zunächst ganz vordergründig interpretieren: Milch steht für eine ausreichende Eiweißernährung; Honig war - jedenfalls für den abendländischen Kulturkreis - der einzige Stoff zum Süßen. So ist es kein Wunder, daß sich um den Milchlieferanten, das Rind, viele Kulte, Gebräuche und Mythen herausgebildet haben, die von den Heiligen Rindern der Inder über die Sage vom Minotaurus, den Stierkult der Kreter den blutigen oder unblutigen Stierkämpfen des Mittelmeerraumes bis zum geschmückten Pfingstochsen reichen. Auch die Honigbiene gehörte zu den "Heiligen Tieren". Es gibt z.B. einen sehr frühen kretischen Goldschmuck, der zwei Honigbienen zeigt, die Nektar saugen. Kretischer Honig war schon im Altertum bekannt. Die Stadt Ephesus prägte sogar ihre Münzen mit dem Zeichen der Biene.

Nur die Europäische Honigbiene sammelt nennenswerte Honigmengen. Indien wurde vielleicht zur Heimat des Zuckers aus Zuckerrohr, weil es keine Honigsammlerinnen hatte, die sich ausbeuten ließen. Das älteste Bild vom Honigsammeln ist eine Steinritzung aus der Steinzeit, leider ungenauer Datierung, das eine Honigsammlerin an einer Felswand zeigt, wie sie von Bienen umschwirrt ihr gefährliches Geschäft betreibt (Tafel 1). Wie man heute weiß, war die Bienenhaltung im alten Kreta, Griechenland, Ägypten und Mesopotamien bekannt. Da auch schon das Schwärmen beobachtet wurde, ersetzte man die Höhlen des Freilandes durch Röhren aus Weiden,

Ton oder Rinde. Sie waren zunächst Kunsthöhlen, in denen die Bienen abgetötet werden mußten, um an den Honig zu gelangen. Später wurde das Hinterende der Röhre mit einem Loch versehen, in das Rauch zum Austreiben der Bienen eingeblasen wurde. Dann wurden lediglich die Honigwaben ausgebrochen, das Bienenvolk kehrte zurück und wurde erhalten. Diese Art der Bienenhaltung findet man auch heute noch in weiten Teilen Afrikas. Der Bienenkorb des Imkers der Lüneburger Heide ist ein später Nachfahre dieser Betriebsweise.

In den Bereichen nördlich der Alpen zogen die Bienenschwärme zumeist in Baumhöhlen. Hier war der wichtigste Schritt, daß die Sammler die Bäume aufsägten und die Höhlungen wieder durch Klappen verschlossen und so die Völker zwar ausbeuteten, aber am Leben ließ. Zeidler hieß der Beruf, zeideln die Tätigkeit. Später wurden die hohlen Bäume als Klotzbeuten zusammengetragen. So war die Bearbeitung bequemer. Erst vor ca. 150 Jahren wurde dann der bewegliche Holzrahmen erfunden, der eine völlige Schonung des Bienenvolkes zuläßt.

Die Tonröhren waren im Altertum auch als Kriegswaffe sehr beliebt, als Bomben mit stechlustigem Inhalt.(Tafel 1) Als wichtigste Nutzung ist jedoch seit je der Honig anzusehen. Er war Süßstoff, verstärkte viele Heilmittel und wurde schon früh zu Honigkuchen verbacken, der eine wichtige Totenbeigabe war. Die Germanen tranken anstelle des Weines Met, der aus Honig gebraut wurde.

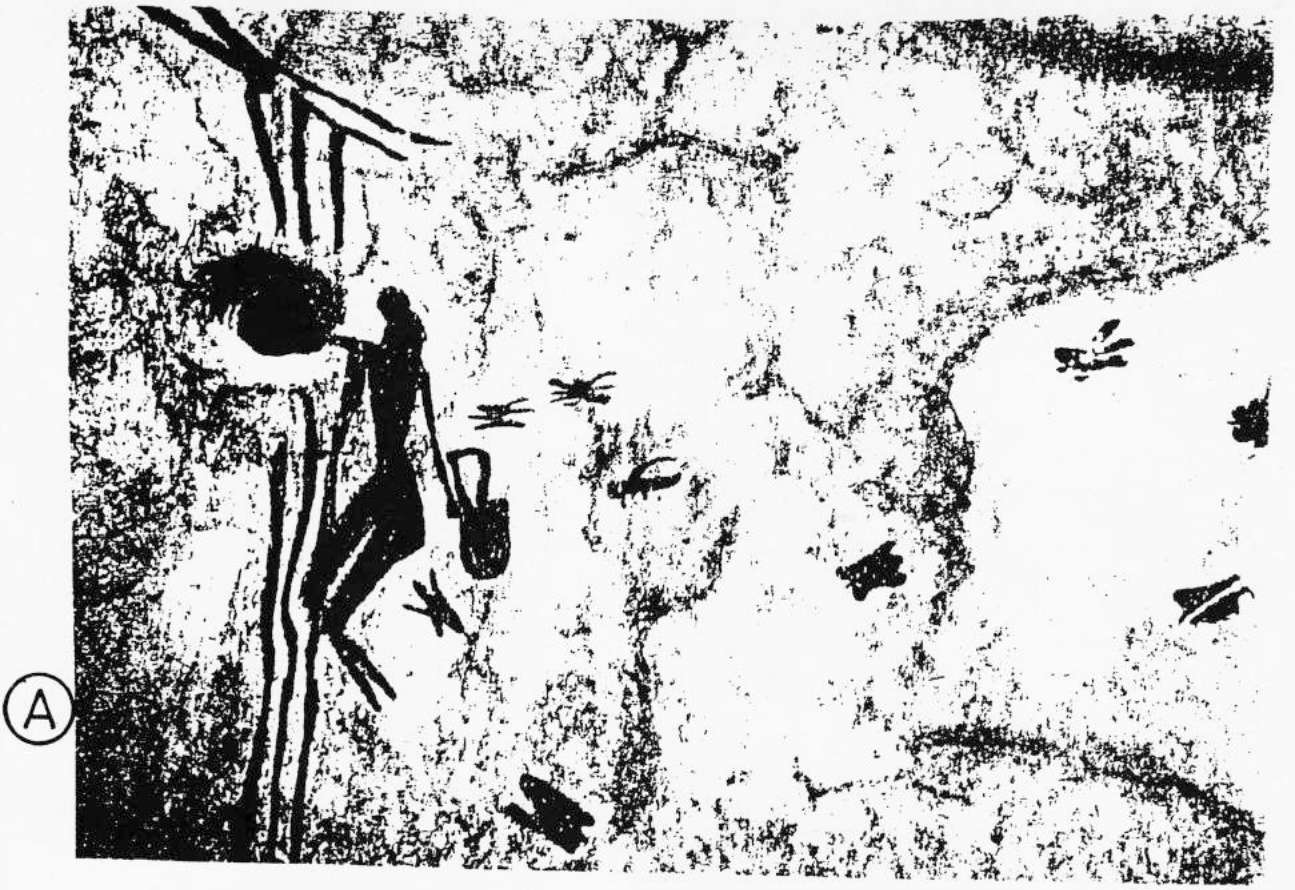
Das Wachs spielte immer in Form von Kerzen eine große Rolle. Die Sumerer gossen Wachs auf Schreibtafeln, wodurch diese mehrfach beschreibbar wurden. Auch beim Bronzeguß benötigte man Wachs. Zur Körperpflege, als Farbbeigabe, als Grundlage von Medikamenten nahm man Wachs, das im gesamten Altertum in unvorstellbar großen Mengen verbraucht wurde. Da Wachs vor der Verwendung des Stearins die einzige Grundlage für Kerzen war, ist (außerhalb der Ölbaum

---

zu Tafel 1

A) **Steinzeitliches Höhlenbild**
(Alter zwischen 7.000 und 12.000 v. Chr.) aus Cuevas de Arana: Honigernte
Quelle: Rüdiger

B) **Bienenkörbe vertreiben die Angreifer**
Kupferstich A.v. Vliet, Amsterdam 1658
Quelle: Rüdiger



Tafel 1

A) **Steinzeitliches Höhlenbild**

B) **Bienenkörbe vertreiben die Angreifer**

länder) die Steuererhebung in Form von Wachs vom frühen Mittelalter an bis weit in die Neuzeit eine Forderung der kirchlichen Verwaltung.

Vom Pollen ist verhältnismäßig wenig bekannt. Dafür um so mehr vom Kittharz, einem Sammelprodukt von Baumknospen, mit dem die Bienen Ritzen und Löcher abdichten. Als man dem Geheimnis der Stradivari-Geigen nachging, stellte man fest, daß deren Lack aus dem Kittharz der Honigbiene hergestellt ist.

So ist die Kulturgeschichte des abendländischen Raumes auf das engste auch mit der Honigbiene verbunden. Ihr Bienenfleiß war den Menschen seit Urzeiten Vorbild. Allerdings hat sich die alte Kostenrelation etwas verschoben, indem ein Pfund guter Honig nicht mehr soviel kostet wie ein Pfund Butter, sondern inzwischen etwa drei- bis viermal soviel.

Während die Menschen früher auf die unmittelbaren Produkte der Honigbiene angewiesen waren, ist der Nutzen der Honigbiene heute von anderer Art: Etwa 70-80 % aller Blüten werden von Bienen bestäubt. Sie sind blütenstet, d.h. befliegt hintereinander nur Blüten der selben Art. Da sie auch im Frühjahr sofort zur Verfügung stehen, sind sie die Hauptbestäuberinen aller Obstsorten. Ohne Honigbienen würden deren Erträge auf 15-20 % des jetzigen Ertrages sinken.

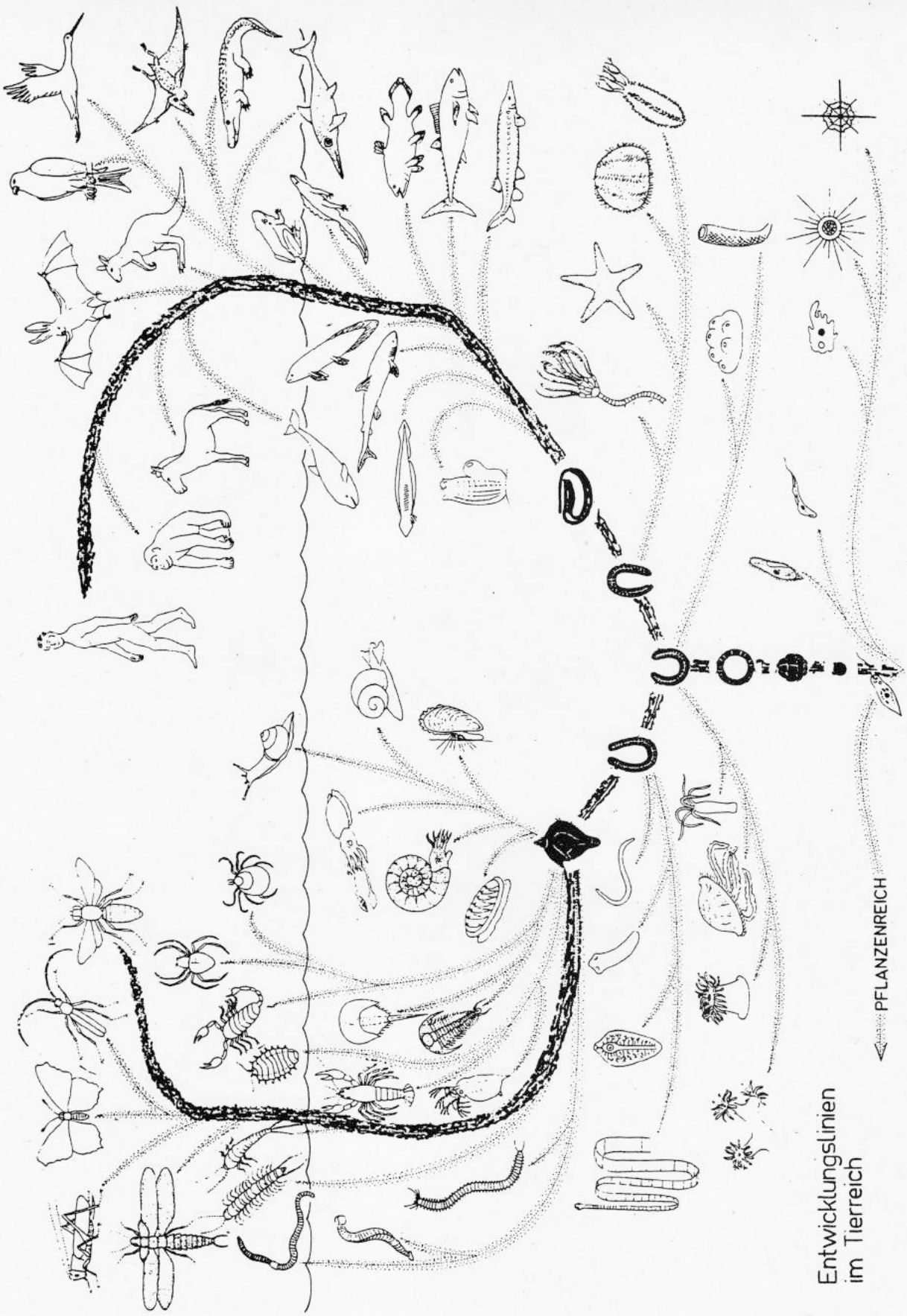
Zwischen Honigbiene und Mensch gibt es eine merkwürdige Entsprechung, auf die seit dem Altertum hingewiesen wird: Beide bilden Staaten.

Innerhalb der Hautflügler bilden die staatenbildenden Honigbienen eine Gruppe, die sich vermutlich vor ca. 30 Mio Jahren herausgebildet hat. Mensch und Honigbiene bilden Staaten, aber in völlig unterschiedlicher Form. Bei der Honigbiene liegt eine Form der Selbstdomestikation vor, indem die einzelnen Glieder Teilfunktionen für das Zusammenleben übernommen haben. Das Sozialleben hat die Einzelwesen jedoch so weit "entmündigt", daß sie als Individuen nicht mehr lebensfähig sind. Für die Biene gilt tatsächlich der makabre Spruch: "Du bist nichts, dein Volk ist alles". Man spricht deshalb als Imker auch nicht von "den Bienen", sondern von "dem Bien" und meint damit das ganze Volk als Einheit, in dem lediglich die Organe auf verschiedene Lebewesen verteilt sind. Eine einzelne Biene ist nicht lebensfähig, nur "der Bien".

Für den Menschen liegen die Verhältnisse völlig anders. Er ist jederzeit als Einzelwesen überlebensfähig. Das Sozialwesen fordert vom Menschen, daß er sich freiwillig oder auch im Rahmen kultureller Traditionen der Gemeinschaft

zuwendet. Beide erfahren durch diese Zuwendung eine Steigerung, denn auch die Individualität des Menschen wird durch die Gemeinschaft reicher. Auch beim Menschenstaat werden einige Glieder auf Kosten anderer erhalten, mit besonderen Aufgaben betraut, von Alltagsarbeit ausgenommen. Auch dies ist Selbstdomestikation; sie wird jedoch von allen Mitgliedern des Sozialwesens erlebt und kann daher jederzeit (theoretisch!) aufgehoben werden. Bienenstaat und Menschenstaat beruhen auf polaren Bedingungen. Da sie aber auf den ersten Blick einander so sehr gleichen, hat der Vergleich seit der Zeit der alten Griechen die Menschen beschäftigt und auch ihr Verhältnis zur Gemeinschaft beeinflußt.

Die Honigbiene jedenfalls ist aus der Kulturgeschichte der Menschheit nicht wegzudenken. Neben der Honigbiene ist nur ein zweites Insekt domestiziert worden: Der oder die Seidenspinner. Wenigstens der Maulbeerseidenspinner ist durch die Züchtung so degeneriert, daß er keine flugfähigen Falter mehr hervorbringt. Er ist also vollständig im Bestand vom Menschen abhängig. Die Honigbiene dagegen, ebensolange im Dienste der Menschheit, hat ihren Status als Wildtier nicht verloren. Jeder ausziehende Schwarm, der nicht eingefangen wird, hat in Baumhöhlen oder Felshöhlen eine vollkommene Überlebenschance. Dies macht die Sonderstellung der Bienen unter den Haustieren aus. (Sachliche Angaben aus Zauner)



Tafel 2

Entwicklungslinien im Tierreich

Das Bild macht deutlich, daß Biene und Mensch etwa gleichlange Entwicklungszeiten durchlaufen haben; Quelle: Linder

2. Das Bienenvolk

Für denjenigen, der sich erstmals mit Bienen näher befaßt, wird nachfolgend ein kurzer Überblick gegeben. Er kann nicht die Fachliteratur zur imkerlichen Praxis ersetzen, weil der Zweck dieses Buches ein anderer ist. Außerdem gibt es vorzügliche imkerliche Fachliteratur.

2.1 Der Jahreszyklus eines Bienenvolkes

Alle Arten der Honigbiene sind ursprünglich tropische Waldtiere und haben deshalb keine erblich verankerte Winterruhe. Bei Temperaturen ab 8^{o} bis 10^{o} C beginnt meist im März der regelmäßige Ausflug, aber bei extremen Wetterlagen fliegen sie u.U. auch im Dezember. Dieser erste Ausflug ist zugleich ihr Reinigungsflug; gesunde Bienen koten nicht im Stock. Hornissen z.B. spritzen dagegen vom Nest aus ihren Kot ab, was möglich ist, da das Nest unten offen ist. Bei gleichem Verhalten des individuenreichen Bienenvolkes im geschlossenen Nest würden Fäulnis, Fliegenmaden, Verpilzung u.a. schnell überhand nehmen.

Der Ausflug ist außer von der Außentemperatur auch vom Sonnenstand, der Tageshelligkeit, Luftfeuchtigkeit, dem Wind und im Inneren des Stockes von der Wärme der Wintertraube abhängig. Die Bienen tragen Wasser, Kittharz (von Baumknospen), Pollen und Nektar ein, im Sommer auch "Honigtau", den Spritzsaft von Blatt- und Rindenläusen. Die Königin beginnt bei wärmerer Witterung im Februar oder März erneut mit der Eiablage auf der Mitte der mittleren Wabe, also im besten Wärmeschutz, denn die Brut verlangt eine Temperatur von etwa 35° C. Der gesamte "Volkskörper" ist als ein einheitlicher Organismus zu verstehen, auch "der Bien" genannt, der eine ähnliche Dauertemperatur aufrecht erhält wie die Säugetiere. Dabei ist die Einzelbiene durchaus ein wechselwarmes Tier (poikilotherm). Zur Eiablage benötigt die Königin eine reichliche Fütterung mit dem Futtersaft der Arbeiterinnen. Sie selber frißt nicht; sie wird gefüttert. Die Arbeitsbienen können den Futtersaft aber nur produzieren, wenn ein ausreichendes Angebot an Pollen zu finden ist. Künstliches Futter stellt nur einen unzureichenden Ersatz dar, kann aber bei wechselnder Witterung über schlechte Tage hinweghelfen und einen Anreiz für erneute Bruttätigkeit bieten. Die Königin legt bei kühlerem Wetter zunächst täglich nur wenige Eier. Das kleine Brutnest dehnt sich allmählich nach allen Seiten aus, so daß über die einzelnen Waben hinweg ein kugeliger Brutkörper entsteht (zugehörige Tafel 3).

Obwohl im Frühjahr nach und nach der gesamte Altbienenbestand vom Vorjahr abstirbt, wird soviel Brut hochgebracht, daß das Volk schnell anwächst und unter günstigen Umständen im Frühsommer über 50.000 bis zuweilen über 100.000 Bienen enthält. Die Arbeitsbienen und die Königinnen entstehen aus befruchteten Eiern. Die Königin hat beim Hochzeitsflug für ihr ganzes Leben ausreichend Spermien aufgenommen, die ruhen und nach und nach aktiviert werden. Erst im Augenblick der Eiablage wird jedes Ei befruchtet. Normalerweise werden Königinnen in größeren Weiselnäpfchen herangezogen. Die Aufzucht beider unterscheidet sich, indem die Arbeitsbienen nach dem dritten Larventag "nur" mit Pollen und Honig gefüttert werden, Königinnen weiterhin mit Futtersaft. Arbeitsbienen sind also "verkümmerte" Weibchen. Drohnen dagegen entstehen aus unbefruchteten Eiern, die in die größeren Drohnenzellen abgelegt werden. Die Königin steckt zuerst ihren Vorderkörper in die Zelle und ertastet die Größe der Zelle mit ihren Vorderbeinen. Bei gutem Zustand des Volkes und günstiger Witterung werden ab Mai bis zu 20 Königinnen und 500 bis 2.000 Drohnen herangezogen. Die Drohnen leben etwa 3-6 Wochen. Da sie aus unbefruchteten Eiern hervorgehen, haben diese nur den einfachen Chromosomensatz. Sie tragen keinen Stachel. Diesen Zustand teilen sie mit allen Hymenopteren-Männchen. Im Bienenvolk stellen sie nahezu ausschließlich das Begattungspotential dar, auch für andere Bienenvölker. Da sie auf "Drohnentanzplätzen" die Königinnen im Flug begatten, sorgen sie für einen Genaustausch in der Gesamtpopulation der Honigbienen. Wenn die Hochzeitsflüge Ende Juli bis Anfang August zu Ende gehen, werden die Drohnen im Volk nicht mehr an der Weitergabe des Futters beteiligt, abgedrängt und verhungern. Zu einem späteren Stadium werden sie überhaupt nicht mehr in den Stock gelassen; geschwächt fallen sie den Stacheln der Wächter zum Opfer. Aber die große "Drohnenschlacht" findet nicht statt, sie ist eine Legende.

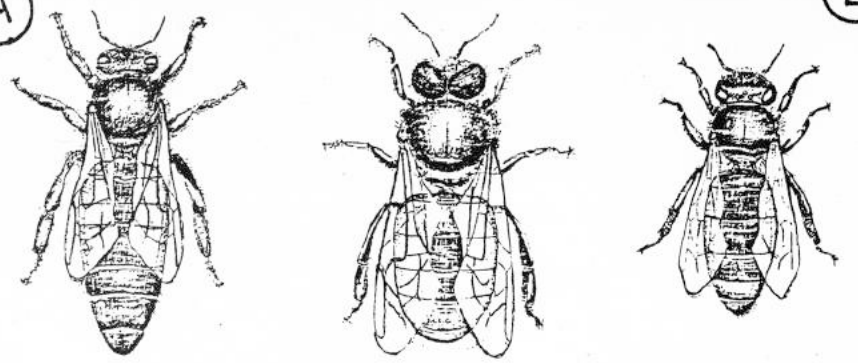
---

zu Tafel 3

Das Bienenvolk im Jahreslauf

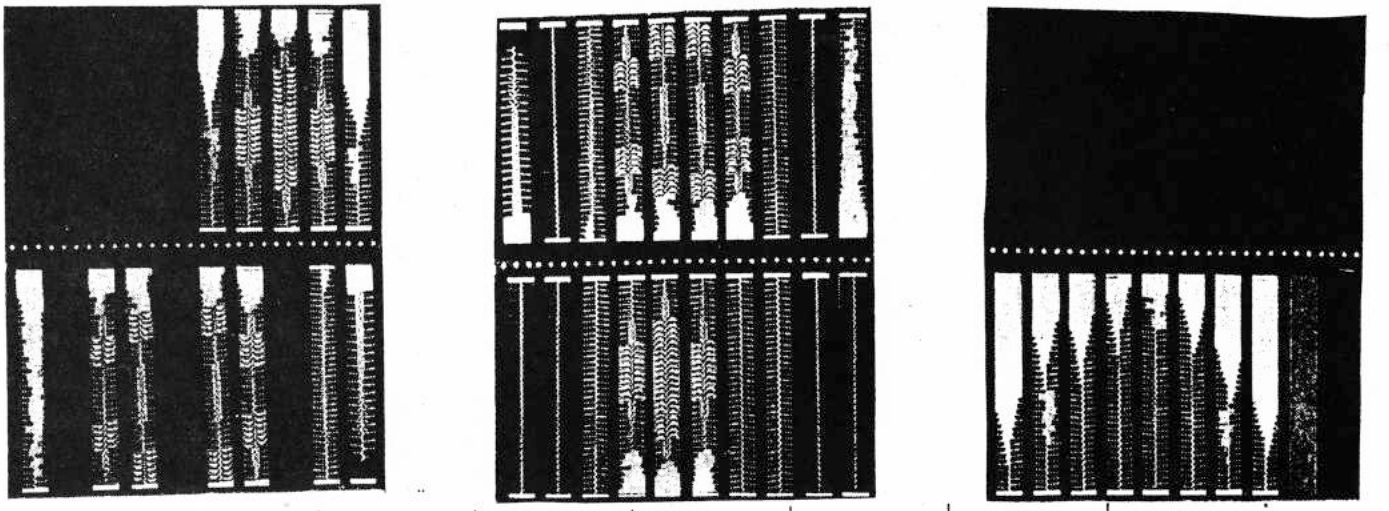
A) Königin, Drohne, Arbeiterin (Quelle: Deißenberger)
B) Legeleistung der Königin
C) Das Bienenvolk im Jahreslauf.
   Bilder von unten links im Uhrzeigersinn: Brutnest im Frühjahr,
   Freigabe des Honigraumes, vor der Haupttracht, nach der Winterfütterung.
   Kombiniert aus Büdel-Herold und F. Lampeitl.

A



B Tagesleistungen nach *Dufour:*

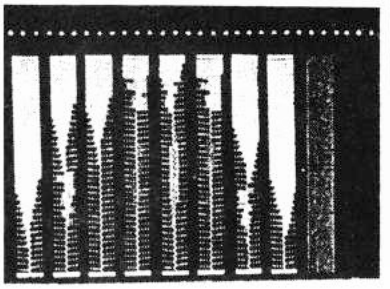
im Februar	135
bis Mitte März	220
bis Mitte April	309
bis Anfang Mai	1008
im Mai	1450
bis 14. Juni	*1538*
bis 30. Juni	1081
im Juli	668
bis 15. August	348
bis Anfang September	450
im September	83

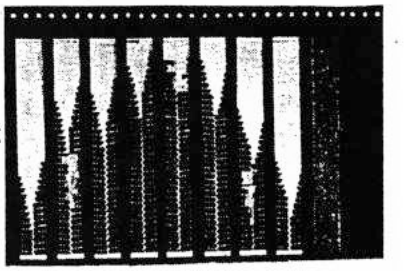


Böden reinigen Tränke aufstellen | Nachschau Reiz-fütterung | Erweitern Schwarm-vorbeuge | Ableger bilden Wandern | Honig schleudern Wintervor-bereitung | Auffüttern | Abdecken und sichern | Winter-arbeiten Fortbildung des Imkers

Arbeiten des Imkers

M A M J J A S O N D J Februar





Volk

Brut

M A M J J A S O N D J Februar

Trachtangebot

C

Krokus Hasel Weide | Ahorn Obst Löwenzahn Raps | Wiese Himbeere Brombeere Honigtau | Blauquirl Sonnenblume Astern Schneebeere Mais Goldrute | Gelbsenf

Tafel 3

Das Bienenvolk im Jahreslauf

Lange Zeit bevor die Drohnen abgedrängt werden, erreicht die "Überfüllung" im Volk ihren Höhepunkt: Schwarmstimmung setzt ein. Die Bienen werden träge. Sie sammeln keinen Nektar mehr, die Königin wird nur noch wenig gefüttert. Ihre Eierstöcke bilden sich zurück, sie stellt die Eiablage ein und wird für kurze Strecken wieder flugtauglich. Wenn die ersten Königinnenzellen verdeckelt sind, zieht die alte Königin mit dem sogenannten Vorschwarm aus. Schlägt sie der Imker in einen Korb oder Kasten ein, kann sie umgehend mit der Eiablage beginnen. Das wird dadurch erleichtert, als die Bienen aus dem alten Stock einen kräftigen Honigvorrat mitnehmen. Nach etwa 9 Tagen folgt der Nachschwarm. Eine der jungen Königinnen zieht mit einem weiteren Teil des Bienenvolkes aus und fliegt meist weiter als die alte Königin. Es können natürlich mehrere Vorschwärme ausziehen. Im geschwächten Volk schlüpfen nun die restlichen Königinnen und erstechen sich gegenseitig. Meist bleibt eine besonders kräftige Königin übrig. Der Imker kann durch Nesterweiterung (Zusetzen von Leerwaben), Ausschneiden von Königinnenzellen u.a. bis zu einem gewissen Grade die Schwarmstimmung unterdrücken.

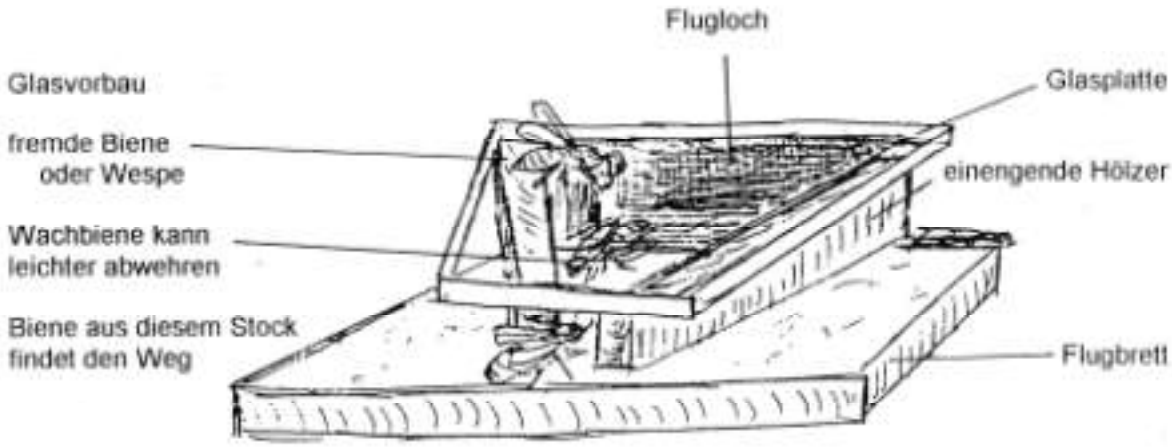
Meist beißt die Jungkönigin die übrigen Königinnenzellen auf, zerrt Maden, Puppen oder auch fertige Königinnen heraus, die dann von den Arbeitsbienen aus dem Stock geschafft werden. Dies ist ein natürlicher Vorgang, so brutal es auch klingen mag. Bei Feldwespen z.B. gründen mehrere vollentwickelte Weibchen ein Nest. Dabei dominiert eine, indem sie die anderen mit ihren Zangen so lange "walkt" ohne sie zu töten, bis sie "subordiniert" sind. Über eine solche Möglichkeit verfügt der kastenmäßig differenzierte Bienenstaat nicht. Die Jungkönigin wird einige Tage gefüttert und fliegt nach 9 - 10 Tagen zur Begattung aus. Wiederum nach einigen Tagen (2-3) sind ihre Eierstöcke herangereift, und sie beginnt mit dem Legen. Damit fängt für das Bienenvolk gleichsam wieder die "geschlechtslose" Zeit, die durch das Abdrängen der Drohnen sichtbar wird.

In den Waben wird rings um das Brutnest ein Kranz von Pollenzellen und weiter außen, meist seitlich und oben, ein Feld von Honigzellen angelegt. Die Ammenbienen haben also das Futter für die Maden immer bei der "Hand" oder "beim Rüssel".

Für den Imker ist das für die Ernte hinderlich, denn um reinen Honig zu schleudern, müßte er einen Teil des Brutnestes unter Verlust der Maden ausschneiden. Er macht sich statt dessen in der modernen Imkerei die Futterlagerung der Bienen zu nutze: Durch ein Absperrgitter, das die Königin zurückhält, teilt er den Bienenkasten nach hinten oder oben in einen Brut- und einen Honigraum. Den Brutraum engt er so weit ein, daß die Königin ihn weitgehend mit Brut belegen kann. Die platz-

suchenden Arbeitsbienen weichen zur Honigbereitung in den Honigraum aus; das Gitter verwehrt der größeren Königin den Zutritt. Wegen der aufsteigenden Wärme würde das Volk auch oben überwintern.

Bei großem Nahrungsmangel in trockenen oder kühlen Jahren und oft im Spätsommer kann es zu Räubereien durch stärkere Völker oder durch Wespen kommen. Durch einen einfachen Glasvorbau kann das sehr erschwert werden.



Bewährt hat sich auch, Grasbüschel vor das Flugloch zu legen. So oder so muß der Imker darauf achten, daß dabei kein Wärmestau entsteht.

Ein Imker kann bei guter Tracht mehrmals im Bienenjahr Honig schleudern; die Bienen produzieren nach Möglichkeit immer einen Überschuß an Honig. Biologisch ist das so zu verstehen: Die Bienen können nicht voraussehen, ob widrige Wetterumstände sie am Vorratsammeln hindern. Zur Erhaltung des Volkes ist es deshalb unabdingbar, daß sie immer über einen reichlichen Vorrat verfügen.

Man kann heute etwa mit einer Ernte von durchschnittlich 30 kg pro Volk rechnen.

Je nach Witterung wird im Juli/August mit den Wintervorbereitungen begonnen. Diese dürfen nicht zu lange hinausgezögert werden, denn das Herausnehmen der Honigwaben (eine wird dem Volk gelassen) und das Aufnehmen des Zuckerwassers darf nicht bei Außentemperaturen unter etwa 15° C geschehen, da die Bienen sonst nicht mehr in der Lage sind, das Zuckerwasser einzutragen und einzudicken. Darin steckt eine erhebliche Arbeitsleistung, es muß eine große Menge Flüssigkeit nach außen abgegeben werden. Das Futter wird im Verhältnis 2 kg Zucker auf 1 l Wasser eingefüttert, insgesamt etwa 12 - 15 kg pro Volk. Dieses übersteht damit gut auch

lange und strenge Winter. Der Imker darf dieses Produkt nicht als Honig verkaufen - nicht nur des Bienenvolkes wegen - sondern es entspricht auch nicht den Anforderungen an einen natürlichen Honig. Die Arbeitsbienen des Herbstes (Winterbienen) ziehen sich mit zunehmend kälterer Witterung auf den geschütztesten Wabenstellen zu einer Traube zusammen: Kleine Tiere haben eine relativ große Oberfläche. (Mit zunehmender Größe wächst der Inhalt eines Körpers in der 3. Dimension, die Oberfläche aber nur in der 2. Dimension!) Sie kühlen daher schnell aus und haben einen hohen Stoffumsatz. Die Winterbienen halten in der Traube eine Temperatur von wenigstens 20°C aufrecht. Es vollzieht sich eine ständige langsame Wanderbewegung der Bienen von außen nach innen zur Futteraufnahme und einer entsprechenden Temperaturerhöhung, dann folgt ein erneutes Abwandern an den Rand der Traube. Vor dem Einsetzen der kalten Jahreszeit vergewissert sich der Imker, ob die Beute, der Kasten oder Korb regen- und schneesicher aufgestellt worden ist. Das Flugloch bleibt offen, es kann durch ein vorgesetztes Holz eingeengt, darf aber nicht verschlossen werden.

Die Winterbienen überleben wegen ihres angefressenen Fett-Eiweißpolsters erstaunlicherweise 6-8 (9) Monate (Sept. – Mai, Sommerbienen leben nur 4-6 Wochen) und übernehmen im Frühjahr wieder alle Tätigkeiten der Jungbienen, bis eine neue Generation herangezogen worden ist.

2.2 Die Entwicklung der Bienen und ihre arbeitsteiligen Aufgaben

Eiablage: Bei günstigem Flugwetter für die Sammelbienen und ausreichender Pollentracht legt die Königin viele Eier, bis zu 2.000 am Tag. Sie untersucht zunächst die zu belegende Zelle, dreht sich herum und steckt ihren Hinterleib hinein. Mit lang ausgestrecktem Legeapparat heftet (klebt!) sie das stiftartige Ei am Grund der Zelle fest, sie „bestiftet“ sie.
Kurz vor der Eiablage öffnet sie eine winzige, kreuzförmige Klappe der Samenblase. Einige Spermien treten aus und befruchten die Eizelle, wenn das Ei in eine Arbeitsbienen- oder Königinnenzelle abgelegt wird. Die Königin ist bei diesem Geschäft von ihrem "Hofstaat" umgeben - das sind Pflegebienen, die sie abtasten und füttern und dabei auch die "Königinnensubstanz" aufnehmen und im Volk verteilen.

Bruttemperatur: Die Stockbienen sorgen für die notwendige Bruttemperatur von konstant 35°C (genau sind es 34,8°C). Bei zu geringer Wärme zittern viele Stockbienen auf den Waben bei ausgeklinkten Flügeln. Die Erwärmung ihrer

Flugmuskulatur, die dabei eintritt, heizt den Stock auf. (vergl. Kap. 8.1.2) Dieses "Muskelzittern" ist nicht zu sehen, da Bienen als Insekten anders als Wirbeltiere ein Außenskelett haben, und sich dieses "Zittern" unter dem Panzer abspielt. Da der Stock nur ein Flugloch aufweist, kann keine Zugluft entstehen. Nachteilig ist das bei zu starker Sonneneinstrahlung. Wasserträgerinnen spritzen dann Wassertröpfchen in leere Zellen und erzeugen durch Flügelschwirren Verdunstungskälte. Zusätzlich schwirren Jungbienen als "Windmacher" am Flugloch; sie erzeugen einen Luftstrom. (vergl. Kap. 8.1.2)
Man kann diese sogenannten "Windmacher" gut sehen. Auf diese Weise wird auch der Nektar eingedickt, der zunächst nur 20-25 % Zucker enthält. Bei großer Wärme räumt ein Teil der Bienen das Innere der Beute und hängt ähnlich einem Schwarm an der Außenseite, um so die Stoffwechselwärme im Innern zu erniedrigen.

Maden: Die Embryonalentwicklung im Ei dauert drei Tage. Die schlüpfende Made verfügt bis zur beginnenden Verpuppung nur über eine Mundöffnung und über Atemöffnungen. Da zunächst zwischen Mittel- und Enddarm keine Verbindung besteht, kann sie erst mit Abschluß der Madenzeit ihren Kot loswerden. (vergl. Kap. 6.2.2)

Futter: Die Brutzellen werden ständig kontrolliert und von den etwa sieben bis zwölf Tage alten Ammenbienen mit Bienenmilch, dem Futtersaft, versorgt, in dem die jungen Maden zunächst schwimmen. Sie wachsen sehr schnell heran. Königinnenmaden werden während ihrer ganzen Larvenzeit ausschließlich mit Futtersaft, bekannt unter dem Namen Gelee Royale, gefüttert. Jede hat am 7. Larventag das 2.500-fache ihres Schlupfgewichtes erreicht.

Der Engländer **Roald Dahl** hat eine seiner Geschichten schwarzen Humors: "Royal Jelly" genannt: Mabel ist verzweifelt, weil ihr Baby, daß sie endlich nach neunjähriger Ehe bekommen hat, kaum die Flasche nimmt. Ihr Mann ist Imker mit großem Erfolg. Sein Körpergeruch scheint die Bienen friedlich zu stimmen. Er liest überrascht, daß Bienenmaden durch Gelee Royale so viel zunehmen, daß vergleichsweise ein siebeneinhalb Pfund schweres Baby in 7 Tagen 5 Tonnen schwer werden müßte. Um seinem Kind zu helfen, mischt er insgeheim große Mengen von dem Wundersaft in die Fläschchen. Seine Frau staunt, daß das Baby auf einmal begierig die Flasche nimmt. Als sie bemerkt, daß der Körper dick wird wie eine fette Made, aber Ärmchen und Beinchen dünn wie zuvor bleiben, gesteht ihr Mann seinen Eingriff: Er hat in seiner Imkerei große Mengen Gelee produziert und damit erfolgreich seine eigene Impotenz behandelt; warum also sollte der seinem Kind schaden?

Während ihr Mann ihr aus wissenschaftlichen Berichten über die Potenzsteigerung bei Ratten durch Gelee Royale vorliest, entdeckt sie, daß er mit seinem gedrungenen fleischigen Körper auf zu kurz geratenen Beinen, seinem gelblichen Flaum auf den Wangen und seiner summenden Stimme irgendwie an eine Biene erinnert. Und bald darauf bemerkt sie, daß ihr Kind, bei dem der Gelee noch besser wirken soll, wie eine gigantische verpuppungsbereite Made aussieht. . . .
Diese kurz skizzierte Story ist höchst dramatisch erzählt und so fachkundig, daß sie fast wahr sein könnte.

Auch die Arbeiterinnenmaden werden in den ersten drei Tagen mit Futtersaft versorgt, dann erhalten sie überwiegend ein Gemisch aus Honig und Pollen, das Bienenbrot, dargeboten von den 3-6 Tage alten Ammenbienen, deren Futtersaftdrüsen noch nicht funktionsreif sind. Infolge dieser Ernährung verkümmern die Geschlechtsanlagen der eigentlich weiblichen Arbeitsbiene. Geht aber z.B. in einem Bienenvolk die Königin verloren, ohne daß eine neue herangezogen werden kann, werden einige Arbeitsbienen mit Futtersaft gefüttert. Da sie nicht begattungsfähig sind, können sie nur unbefruchtete Eier legen, aus denen sich ausschließlich Drohnen entwickeln. Das Volk ist drohnenbrütig und stirbt ab, wenn der Imker nicht eingreift.

Veränderungen der Maden: Die Maden liegen zunächst gekrümmt in der Zelle (Rundmaden). Dabei machen sie vier Häutungen durch. Am Ende des 8. Tages nach der Eiablage verdeckeln die Stockbienen die Zelle mit einer porösen Wachsschicht. Fast gleichzeitig strecken sich die Maden. Die Streckmade spinnt auf die Zellwand einen dünnen Kokon und liegt dann als Vorpuppe bis zum 11. Tag auf dem Rücken in der Zelle.

Verpuppung: Etwa am 12. Tag vollzieht sich ein erstaunlicher Vorgang, aus einer Made, fast ohne äußere Organe, wird innerhalb einer Stunde eine Puppe: Alles an ihr läßt plötzlich die Gestalt der kommenden Biene erkennen: Deutlich sind die späteren Beine, Fühler, Augen, der Rüssel und noch unentfaltet die Flügel zu sehen. Dies ist die 5. Häutung. Durch Druck sind die im Inneren vorbereiteten Organanlagen nach außen umgestülpt worden. (vergl. Kap. 6.2.2) Diese Imaginalanlagen wachsen nun in der Stockwärme schnell weiter aus. Im Inneren vollzieht sich eine weitgehende Umorganisation aller Organe.

Schlüpfen der Arbeitsbiene: Am 21. Tag, also drei Wochen nach der Eiablage, schlüpft die fertige Biene. Die Puppe war zunächst ganz farblos. Mit den Augen

beginnt die Ausfärbung. Auch nach dem Schlüpfen sind die jungen Bienen noch deutlich heller als ältere.
Die "Geburt" einer Biene ist im Beobachtungsstock gut zu verfolgen: Die junge Biene nagt den Deckel auf, kommt langsam aus der Zelle, nachdem sie sich von der Puppenhülle befreit hat. Sie ist noch feucht und wirkt daher matt grau glänzend. Nach einiger Zeit hat sich ihr Haarpelz aufgerichtet (Zeitdauer: ca. 30 min.).

Die Entwicklung zur Königin dauert wesentlich kürzer. Sie schlüpft schon am 16. Tag nach der Eiablage. Dies ist erstaunlich, lebt sie doch bis zu fünf Jahren, aber auch biologisch sinnvoll: Muß doch die Zeit, in der keine Eier abgelegt werden, möglichst kurz gehalten werden. Der Drohn (nicht: die Drohne) schlüpft erst am 24. Tag nach der Eiablage. Tafel 4 und 5 fassen die Entwicklungen zusammen. (Dazu Tafel 6 als Arbeitsblatt konzipiert).

Die Arbeitsbiene (vgl. Kap. 8.1.1)

Die Arbeitsbienen verrichten in der Regel eine Abfolge bestimmter Tätigkeiten, doch können sie im Bedarfsfall alle Tätigkeiten ausüben. Die Abfolge läßt sich beschreiben als von der Innenarbeit zur Außenarbeit fortschreitend, vom Honig-Essen zum Nektar-Sammeln. Ganz grob kann man sagen: Vom Ei bis zur Biene dauert es drei Wochen, als Stockbiene arbeitet die Biene ebenfalls 3 Wochen, als Trachtbiene noch einmal 2-6 Wochen je nach "Abnutzung". Die im Laufe ihres Lebens zu beobachtenden wichtigen Tätigkeiten sind aus dem beigegebenen Informationsblatt zu entnehmen (Hierzu ein Informationsblatt als Tafel 7 und eine vermenschlichende Darstellung als Tafel 8).

Ein wichtiges Mittel sozialer Verständigung ist die Weitergabe von Futter: Die Sammelbienen lagern selbst nur einen Teil des mitgebrachten Nektars in die Zellen ein. Einen großen Teil geben sie an Stockbienen ab. Diese fordern sich auch gegenseitig zur Hergabe von Nektar auf, so daß innerhalb kurzer Zeit auch kleine Futtermengen an alle Tiere des Volkes verteilt sind, was heute leicht mit radioaktiv markiertem Futter nachzuweisen ist. Die Pollenhöschen werden allerdings selbst eingelagert, aber von Jungbienen festgestampft.

Aufgabenteilung: Die angegebenen Zeiten bei Entwicklung und mit fortschreitendem Alter wechselnden Aufgaben treffen in etwa für ungestörte Völker unter einigermaßen günstigen Witterungs- und Trachtverhältnissen zu. Die Perioden können sich zeitlich stark verschieben. Das geschieht nach dem Schwärmen, wenn ältere Bienen die Aufgaben von Jüngeren erneut übernehmen; insbesondere

Alter in Tagen	Arbeiterin Imkerliche Bezeichnung	Arbeiterin Häutungen	Königin Imkerliche Bezeichnung	Königin Häutungen	Drohne Imkerliche Bezeichnung	Drohne Häutungen
1	Ei (Embryo)	offene Brut	Ei (Embryo)	schlüpfen 1. Häutung 2. Häutung 3. Häutung 4. Häutung (verdeckeln)	Ei (Embryo)	schlüpfen 1. Häutung 2. Häutung 3. Häutung 4. Häutung (verdeckeln)
2						
3						
4	Rundmade	schlüpfen 1. Häutung 2. Häutung 3. Häutung 4. Häutung (verdeckeln)	Rundmade		Rundmade	
5						
6						
7						
8	Streckmade		offene Zelle		Streckmade	
9						
10	Vorpuppe	gedeckelte Brut	gedeckelte Weiselzelle		Vorpuppe	gedeckelte Brut
11				5. Häutung		
12	Puppe (Nymphe)	5. Häutung	Puppe (Nymphe)		Puppe (Nymphe)	5. Häutung
13						
14						
15				6. Häutung (schlüpfen)		
16			*Königin*			
17						
18						
19						
20						
21	*Arbeitsbiene*	6. Häutung (schlüpfen)			*Drohne*	6. Häutung (schlüpfen)
22						
23						
24						

Tafel 4

Die Entwicklung der einzelnen Glieder im Bienenvolk

Quelle: Schweizer Bienenvater

zu Tafel 5

Die Entwicklung der einzelnen Glieder im Bienenvolk

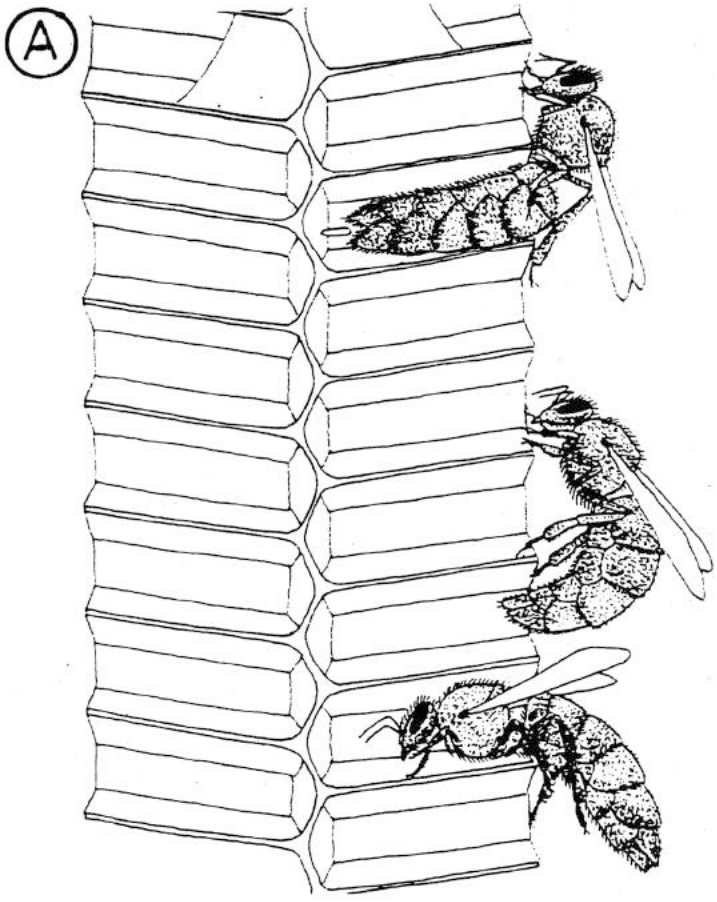
A) Eiablage der Königin
(Quelle: Lampeitl)

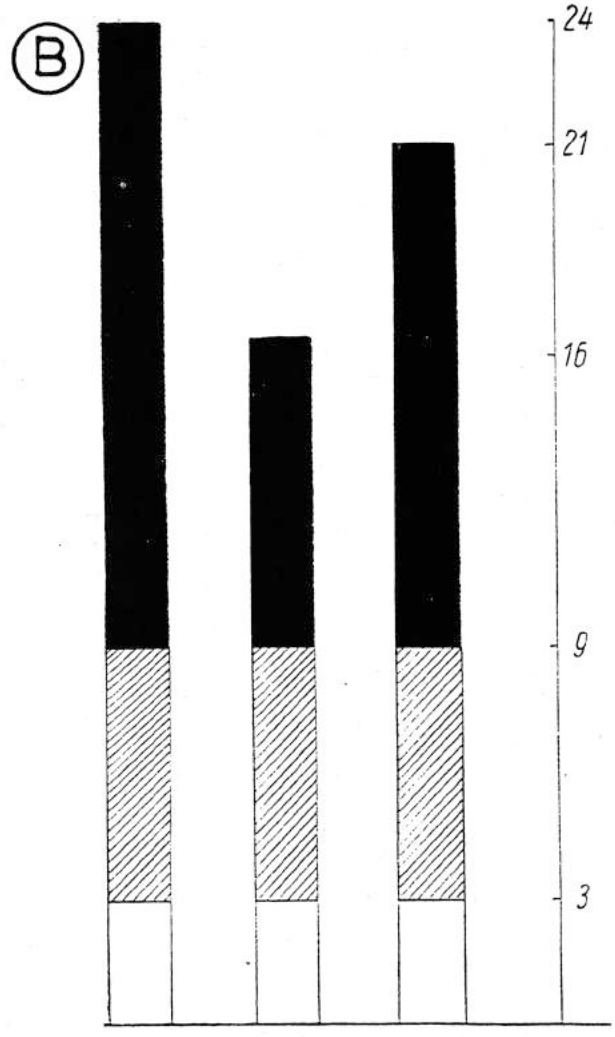
B) Entwicklungsstadien: links Drohne, Mitte Königin, rechts Arbeitsbiene
Weiß: Ei, schraffiert: Larve; Schwarz: Vorpuppe und Nymphe
(Quelle: Hüsing)

C) Larve, Made
1 = Kopf, 2 = Flügelanlagen, 3 = Beinanlagen, 4 = Atemöffnung
(Quelle: Hüsing)

D) Nymphe in der verdeckelten Zelle
(Quelle: Leuenberger)

E) Zusammensetzung des Futtersaftes
(Quelle: Schweizer Bienenvater)





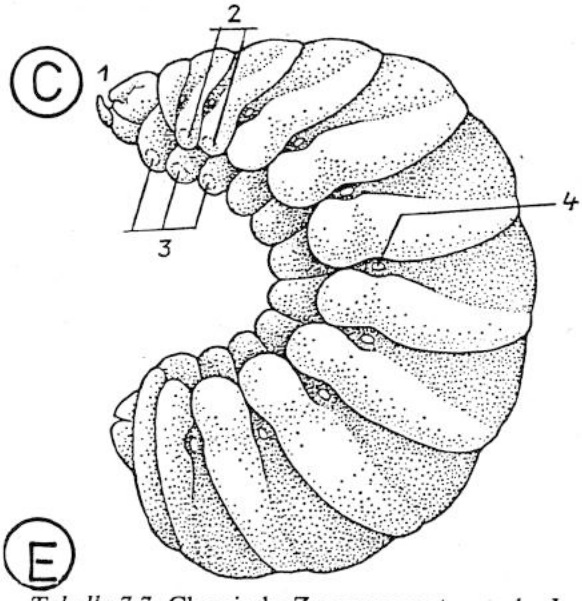
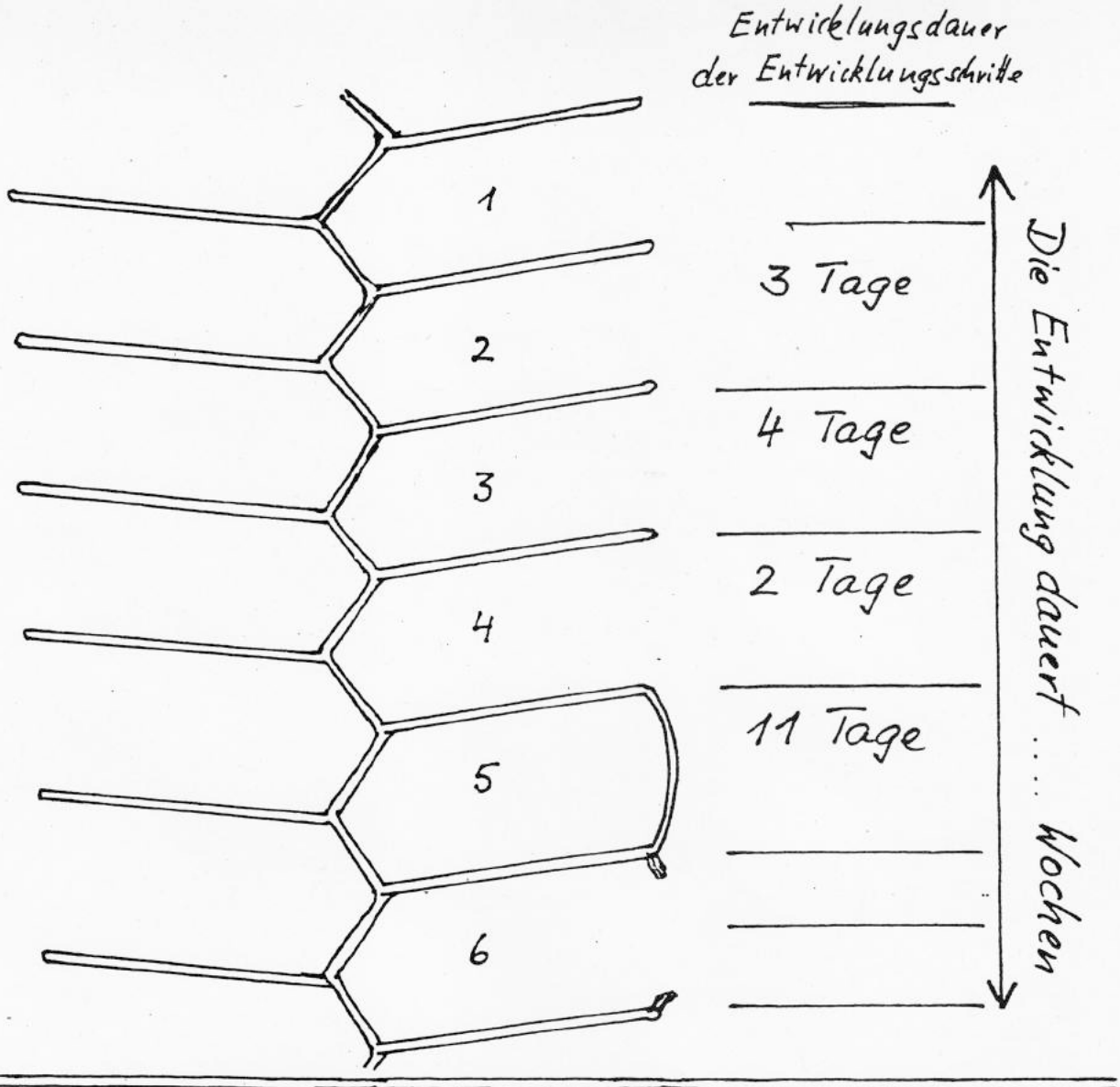


Tabelle 7.7. Chemische Zusammensetzung des Larvenfutters (in % der Trockensubstanz) nach *Planta* (1889)

	Königin	*Arbeiterin*		*Drohne*	
		jünger als 4 Tage	älter als 4 Tage	jünger als 4 Tage	älter als 4 Tage
Protein	45,14	53,38	27,87	55,91	31,67
Fett	13,55	8,38	3,69	11,90	4,74
Glucose	20,39	18,09	44,93	9,57	38,49

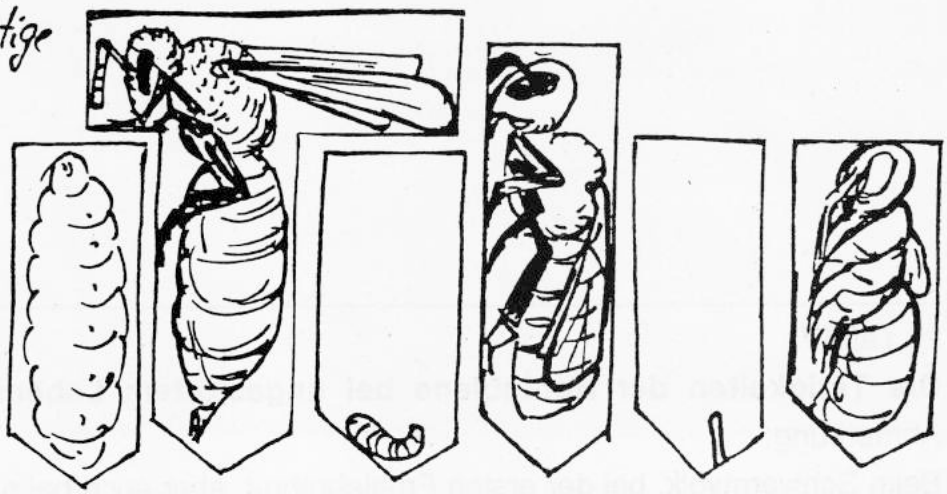
Tafel 5

Die Entwicklung der einzelnen Glieder im Bienenvolk



Hier abschneiden

Schneide die Bilder randlos aus! Klebe sie in richtiger Reihenfolge in Zelle 1-6 ein! Schreibe neben jedes Bild das richtige Stichwort



Tafel 6

Arbeits- und Testblatt zur Entwicklung der Biene

Schneide die Darstellung der unteren Reihe randlos aus und klebe sie in der richtigen Reihenfolge in die Zellen 1-6 ein. Schreibe daneben die richtigen Begriffe (Eiablage, Ei, Rundmade, Streckmade, Puppe) und die Zeitdauer in Tagen.

zu Tafel 7

Die Tätigkeiten der Honigbiene bei ungestörtem Lebenslauf

Anmerkung:

Beim Schwarmvolk, bei der ersten Frühjahrsbrut, aber auch bei natürlichen oder künstlichen Störungen können Flugbienen erneut die Aufgaben der Stockbienen übernehmen und umgekehrt können die Stockbienen vorzeitig mit dem Sammeln beginnen. Insofern sind die Tagesangaben keine präzisen Angaben.

Alter in Tagen	Lebensphase	Tätigkeiten	Dabei tätige Organe	genutzte oder produzierte Stoffe
1	Jungbiene	Körperpflege	Beine, Kieferzangen	--
2		Reinigen der Zellen		
3	junge	Füttern der älteren	Sozialmagen	Honig und Pollen
4		Maden (über 3 Tage)		
5	Ammen-	Kleinbauarbeiten	Kieferzangen	Verdeckeln von Honig-
6				und Brutzellen
7	biene	Füttern der jungen	Kopfdrüsen	Futtersaft
8		Maden (unter 3 Tage)		
9/10	ältere	"Vorspiel", erste	besonders: Augen	--
11/12		Orientierungsflüge		
13	Baubiene	Abgeben der	Wachsdrüsen	Wachsplättchen
14		Wachsplättchen	(Bauchseite)	
15		Übernahme von Futter,	Beine, Kopf	Nektar
16		Umwandlung,		Pollen
17		Einlagerung,		Tote Maden u.a.
18		Einstampfen, Reinigen		
19	Wachbiene	Wabenbau am	Stachel-	Stachelgift aus gut
20		Flugloch;	Kieferzangen	gefüllter Giftblase
21		Abwehr von Wespen,		
22		räubernden Bienen,		
23		Bären, Menschen u.a.		
		am Flugloch		
24		Lock-, Giftsterzeln	Duftdrüse am	Duftstoff
			Hinterleibsende	
25	Flugbiene	Sammelflüge	Hinterbeine:	Pollen
26			Pollenkörbchen, Pollen-	Kittharz
27			kamm und -kneter	
28		Rund- und	Saugrüssel	Nektar
29		Schwänzeltanz	Sozial- (Honig-) Magen	Wasser
		Gelegenheitsarbeiten:		
		Bauen, Wärmezittern,		
		Küble fächeln		

Tafel 7

Die Tätigkeiten der Honigbiene bei ungestörtem Lebenslauf

(Quelle: Schweizer Bienenvater)

zu Tafel 8

Der Lebensweg der Arbeitsbiene in einer vermenschlichten Darstellung

Hier wird eine sehr anschauliche und gleichzeitig nicht ungefährliche Tafel vorgelegt. Sie läßt sich zur Veranschaulichung in Unterklassen nutzen. Oberklassen sollten untersuchen, inwiefern diese Tafel falsche Vorstellungen vermittelt.
(Quelle: Büdel-Herold)

Tafel 8

Der Lebensweg der Arbeitsbiene in einer vermenschlichten Darstellung

trifft das bei den überwinterten "Bienengreisinnen" zu, die nach 6-9 Monaten wieder Ammen-, Baudienste usw. ausführen. Die Drüsen der Biene erweisen sich dadurch als sehr regenerationsfähig.

Die Aufgabenteilung ist durch das „Kastenwesen“ gegeben:

Königin produziert Steuerungs-Duftstoffe und Eier

Drohne produziert vor allem die Samenzellen

Arbeiterin leistet alle Arbeiten im Bienenvolk und bei der Tracht.

Gleichalte Tiere (Königinnen, Arbeiterinnen und Drohnen) sind im gleichen Stock immer aufeinander bezogen:

die Königin mit Hochzeitsflug, Schwärmen, Eier legen, auf

den Drohn mit den Hochzeitsflügen und

die Arbeiterin mit allen Arbeiten im Stock und allen Außenarbeiten.

2.3 Die Verständigung im Bienenstaat durch Pheromone (Duftstoffe)

Die Begriffe Bienenvolk, Bienenstaat und Königin kennzeichnen das geordnete Zusammenleben, vergleichbar mit menschlichen Bevölkerungen in Staaten. Menschliche Staaten sind durch angeborene Verhaltensweisen, Traditionen, Gesetze, durch geschichtlich gewordene Eigenarten und teils auch Sprache bestimmt. Darin bekundet sich schon, daß menschliche Sozietäten keineswegs ausschließlich die Vernunft zur Grundlage haben. Auch in ihnen gibt es hohe Anteile nicht-rationaler Momente. Insektenstaaten fehlt dagegen die Einsicht in ihr Tun völlig, ihre "Völker" sind durch angeborene Verhaltensweisen bestimmt, deren Flexibilität darin besteht, daß die Umweltbedingungen im Rahmen der angeborenen Verhaltensweisen berücksichtigt werden können. Alle Insekten haben verhältnismäßig starre Instinkte und nur ein geringes Lernvermögen (und was sie haben, ist angeboren). Dies kann gar nicht anders sein, weil ausgewachsene Insekten nur so kurze Zeit im Vergleich z.B. zu Säugetieren leben, daß es biologisch lebensbedrohend wäre, wenn ihr Lernvermögen einen hohen Freiheitsgrad aufwiese. Die Instinktleistungen der Insekten sind dennoch oft erstaunlich.

So regiert die Königin das Volk nicht; sie gibt auch keine Anweisungen. Sie ist Teil des ganzen Bienengefüges (des "Biens"), in dem sie durch unterschiedliche Duftstoffwirkungen eine zentrale Rolle spielt, aber sie wird auch in hohem Maße von anderen Bienen und vom wechselnden Zustand im Bienenstock in ihrem Verhalten gesteuert. Die Arbeiterinnen wandern, alle Einzelzeiten zusammengerechnet, mehr als ein Drittel des Tages auf den Waben umher, um sich über die Zustände im Stock zu orientieren. Bei allem Bienenfleiß dient nur etwa ein Drittel des Tages (Tag und Nacht zusammen) der Arbeit, die restliche Zeit ruhen die Bienen auf den Waben.

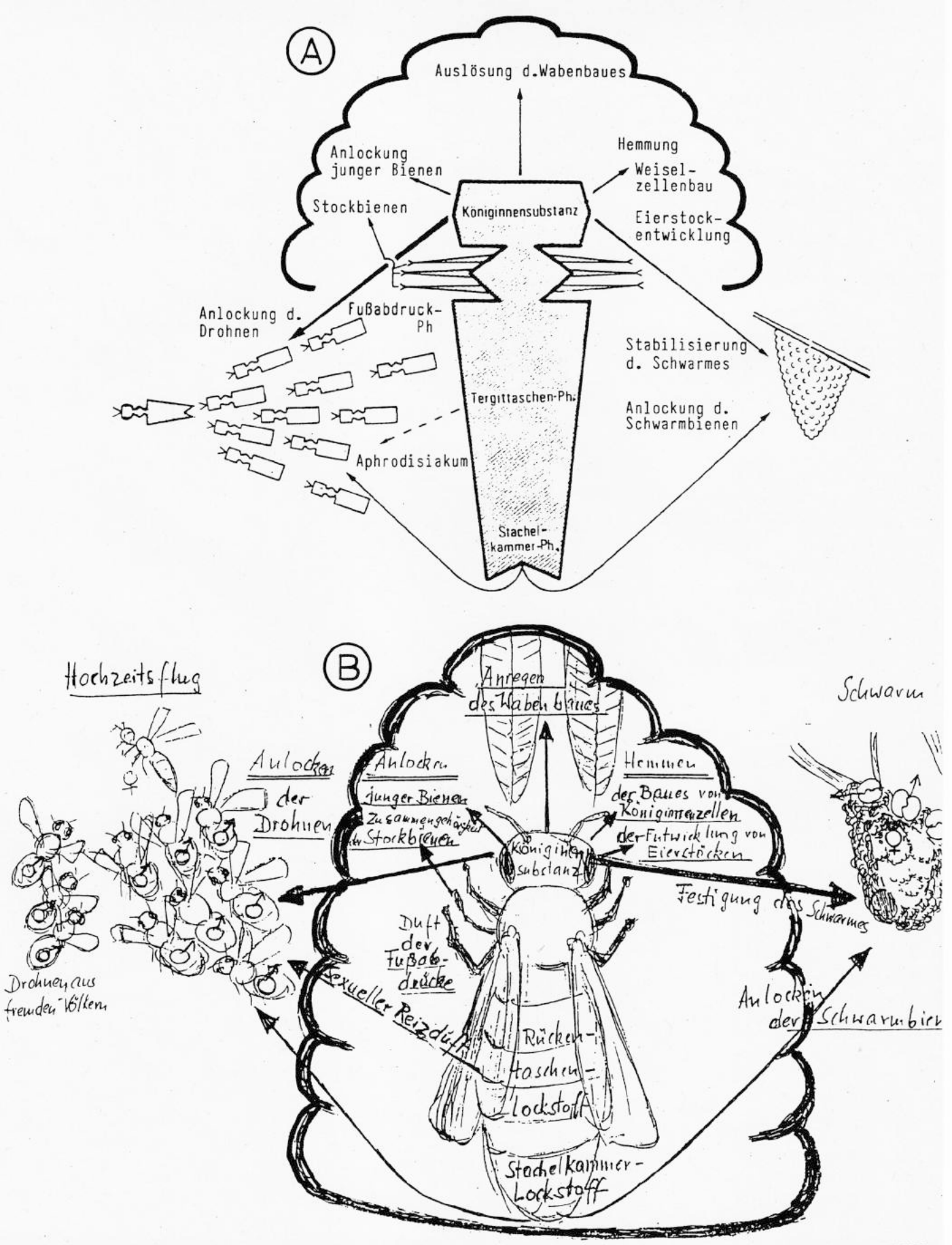
Das Bienenvolk reagiert wie ein Organismus. Die Stoffwechsel- und Steuerungssignale werden dabei nicht wie bei Wirbeltieren durch das Blut- oder Nervensystem weitergeleitet, sondern von Biene zu Biene. Dies kann an den Pheromonen dargestellt werden, die die Königin absondert und dadurch das Geschehen im Bienenvolk steuert. Pheromone sind "Duftstoffe", die in unvorstellbar kleiner Menge Nachrichten überbringen. Vielfach locken Insekten den Sexualpartner über solche Pheromone manchmal kilometerweit an, z.B. Apfelwickler, Buchdrucker, Kupferstecher. Aber auch Ameisen legen eine Pheromonspur, die wie eine Schiene auf andere Ameisen wirkt.

Tafel 9 stellt die Wirkungen der steuernden Pheromone dar, die die Königin abgibt. Die Forschung ist noch im Fluß, aber soviel ist schon erkannt, daß die Königin durch mehrere solcher Duftstoffe wichtige Abläufe im Bienenleben bestimmt:

Im normalen Ablauf des Stockgeschehens gibt die Königin aus den Oberkieferdrüsen eine "Königinnensubstanz" ab, die sie über ihren Körper verteilt und die dann von den Stockbienen durch Belecken aufgenommen und über den ganzen Stock verteilt wird. Sie ist gleichzeitig fördernd wie hemmend.

Fördernd:
- Sie gibt den Stockbienen ein Zusammengehörigkeitsgefühl; sie sind "ruhig".
- Jungbienen werden zum "Hofstaat" und zur Pflege der Königin angelockt.
- Sie löst Wabenbau aus.

Hemmend:
- Der Bau von Königinnenzellen wird verhindert.
- Die Eierstöcke der Arbeiterinnen werden nicht zur Funktion entwickelt. Diese Hemmung fällt fort, wenn die Königin umkommt.



Tafel 9

Die Wirkungen der Königinnenduftstoffe

A) Schemadarstellung (Quelle: Schweizer Bienenvater)

B) Darstellung als Handskizze

Der Duft ihrer Fußabdrücke unterstützt die Zusammengehörigkeit des Volkes im Sinne "Die Königin ist unter uns". Außerhalb des Stockes lockt die "Königinnensubstanz" die Drohnen zum Hochzeitsflug an. Diese Wirkung wird verstärkt durch den Stachelkammerlockstoff. Hinzu kommt anscheinend noch ein sexueller Reizduft (Aphrodisiakum) aus den Rückentaschen der Königin. Beim Hochzeitsflug wird aber auch die Königin selbst von einer Drohnensubstanz angelockt, die sich offenbar jahrelang an den Drohnensammelplätzen hält.

Hierzu muß man wissen, daß sich die Drohnen in jedem Jahr an denselben Plätzen versammeln und die Königinnen beim Hochzeitsflug diese Sammelplätze aufsuchen. Wie die Drohnen diese Sammelplätze jährlich wiederfinden, ist ungeklärt; es könnte sich um Pheromone handeln, die über Jahre frisch bleiben.

Nach dem Schwärmen wiederum lockt der Stachelkammer-Duftstoff die ausgeschwärmten Bienen an. Die "Königinnensubstanz" dagegen sorgt anschließend für die Festigung und den Zusammenhalt des Schwarmes. Der Schwarm bekommt dabei ein bestimmtes Gefüge: Innen bilden sich lockere Ketten aus jungen, etwa 12-17 Tage alten Bienen, außen bildet sich eine dichte Schicht von älteren Bienen, die sogar nur ein Flugloch nach innen freilassen. Die Königin hält sich im Inneren auf. Spurbienen, die verschiedene neue Behausungen aufgesucht haben, beginnen oben auf der Schwarmtraube mit ausdauernden Mitteilungstänzen.

Diese Tänze geben Richtung und Entfernung an, in der neue Wohnhöhlen liegen. Im Verlauf dieser Tänze wird aus dem konkurrierenden Durcheinander ein immer einheitlicheres Miteinander, bis sich nach Stunden oder Tagen der Schwarm immer deutlicher für eine Siedlungsstelle entschieden hat. Die Tänze, die sonst der Mitteilung von Futterquellen dienen, übernehmen jetzt die Mitteilung von geeigneten Wohnungen. Dauert die Suche zu lange, beginnen die Jungbienen im Inneren schon mit dem Wabenbau. Meistens allerdings fängt der Imker den Schwarm ein. Fast immer wird die neue Wohnung akzeptiert.

Wie ist man auf diese unheimlich komplizierten Sachverhalte gestoßen? Man wollte wissen, ob die Königin wirklich das Volk zusammenhält, entnahm die lebende Königin und legte statt dessen täglich eine frisch getötete hinein. Die Bienen benahmen sich, als sei alles in Ordnung. Sie legten weder Weiselzellen über Eiern von Arbeitsbienen an, noch übernahmen Arbeitsbienen die Rolle einer "Afterkönigin". Von da an war man den Pheromonen auf der Spur. Als nächstes fand man heraus, daß die Duftstoffmenge der Königin nur für eine bestimmte Anzahl von Bienen reicht. Gruppen, die

nicht mehr versorgt werden, sind die Keimzellen der Schwarmstimmung. Die Forschungen zu diesem Themenkreis sind noch relativ neu, sie machen auch jetzt noch fast jährlich Fortschritte in der Analyse der verschiedenen Duftstoffe.

3. Arbeitsmittel für den Unterricht mit Bienen

3.1 Unterrichtsarbeit ohne eigene Bienenhaltung

Die Honigbiene tritt an zwei Orten in Erscheinung:
Einmal gleichsam in der Öffentlichkeit, wenn sie Nektar und Pollen sammelt; zum anderen für die Allgemeinheit mehr im Verborgenen auf dem Bienenstand, dem die meisten Menschen bekanntlich gern aus dem Wege gehen.

Die Beobachtung von Bienen und Experimente mit Bienen bedürfen nicht der eigenen Bienenhaltung. Es genügt, wenn im Schulgelände ein paar Pflanzen stehen, die viel Nektar und Pollen spenden, etwa Schneeheide im Vorfrühling, Obstbäume im Frühling, Himbeeren im Hochfrühling, Sedum-Arten, Dahlien, Goldrute. Wo man nur eine einzige Biene bei der Arbeit findet, lassen sich durch Anlocken und Aufstellen von Futterschalen bald hundert versammeln, markieren, beobachten. Sogar einzelne Individuen kann man kennzeichnen und wieder begrüßen. Die Bienen lassen sich mit der Lupe beobachten, ohne daß sie wegfliegen. Man kann sie einfangen, ansehen und wieder freilassen, kurz: es läßt sich ein ganzes Spektrum von Beobachtungen aufbereiten, ohne daß man auch nur weiß, woher die Bienen kommen.

Diese Beobachtungsmöglichkeiten ohne Bienenhaltung werden im schulpraktischen Teil (Kap. 4 und 7) ausführlich beschrieben.

In der Regel sind die Schüler an dieser Form der Bienenbeobachtung so interessiert, daß sie bald den Standort des Imkers herausfinden. Von ihm kann man meistens Wabenmaterial, tote Bienen zur Lupenuntersuchung und dergl. erhalten. Selbst wenn dieser Kontakt nicht zu einem Besuch in der Imkerei oder der Aufstellung eines eigenen Beobachtungsstockes führt, bilden Filme und Modelle in dieser Situation eine sinnvolle Ergänzung der eigenen Beobachtung, weil die Bienen den Schülern als Lebewesen vor Augen getreten sind und nicht nur als "Papierbienen".

3.2 Unterrichtsarbeit mit einem Beobachtungsstock

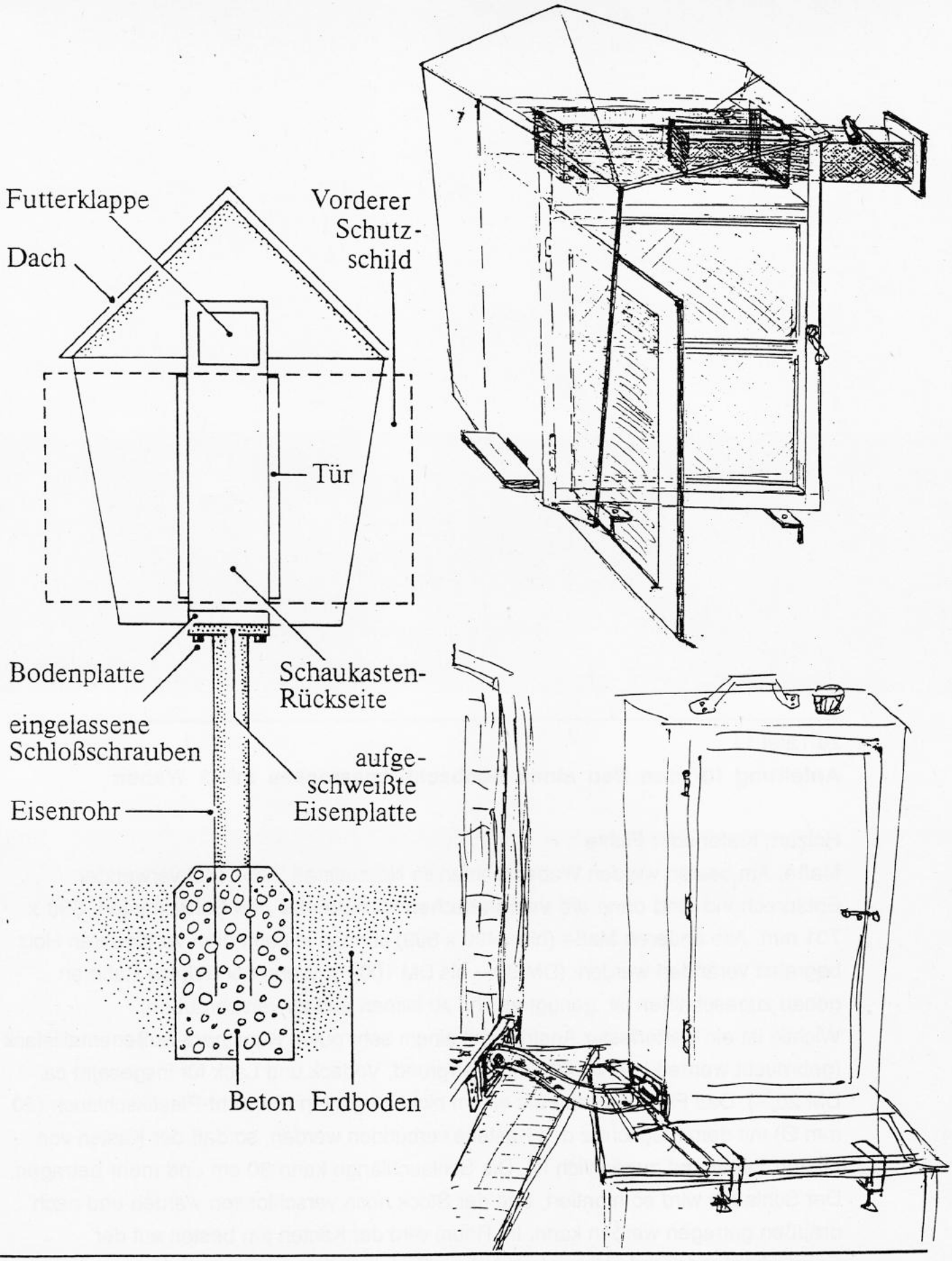
Die unterrichtlichen Möglichkeiten, die sich aus dem Beobachten und Experimentieren mit freifliegenden Bienen ergeben, lassen sich erheblich und dabei relativ leicht erweitern, sobald man selber oder von einem Imker einen Bienenschaukasten, auch Beobachtungsstock genannt, besetzen läßt: Den ganzen Sommer über steht dann hinter Glas ein kleines Bienenvolk zur Verfügung. Dessen gesamte Tätigkeit

und besonders die Tanzsprache der Bienen lassen sich hier beobachten. Bei großen Völkern in geschlossenen Kästen ist das nicht möglich.

Art der Beobachtungsstöcke. Diese Kästen nehmen zwei oder mehr Waben auf, die über- oder nebeneinander gestellt, hinter Glas jeweils beide Wabenseiten zeigen. Der Imkerhandel bietet brauchbare Kästen mit 2 übereinandergestellten Waben an. Manche Imkerverbände stellen sogar kostenlos solche Kästen in Schulen auf, wodurch in großer Breite Verständnis und Interesse für die Bienenhaltung geweckt werden kann.
Noch günstiger gestaltete Beobachtungskästen lassen sich mit Werkgruppen bauen. Tafel 10 und 11 zeigen die Maßangaben für einen Kasten mit zwei bzw. drei übereinandergestellten Waben.

Kästen mit mehr als zwei Waben bieten Vorteile:
- Das Beobachtungsvölkchen kann eine günstigere Volksgröße erreichen, da auf drei Waben mehr Platz für die Brut vorhanden ist als auf zwei.
- Es können mehr Vorräte an Nektar und Pollen gespeichert werden, sodaß das Volk trachtarme Zeiten (Trockenheit, verregnete kühle Sommerperioden, Ferien) besser überdauern kann.
- Beobachtungskästen sind der Auskühlung und Überhitzung ohnehin weit mehr ausgesetzt als eine große Imkerbeute. Jede Wabe mehr mildert diese Schwierigkeit; die Bienen haben es leichter, die Bruttemperatur von etwa 35 °C einzuhalten.
- Krankheiten können sich weniger schnell ausbreiten.
- Je größer das Volk, desto leichter widersteht es dem Räubern durch andere Völker und durch Wespen.
- Das Umsetzen von Waben und das Arbeiten am Kasten, z.B. Einsetzen von quergestellten Wabenstreifen, Einbringen eines Absperrgitters zum Trennen von oberem Honig- und unterem Brutraum, Beobachten einer Baukette, bewirkt geringere Störungen.

Die Kästen sollten für Wabenrahmen von ortsüblicher Größe (meist deutsches Einheitsmaß) eingerichtet sein, damit der betreuende Imker ohne schwierige Veränderungen Waben aus seinen eigenen Völkern in die Beobachtungskästen umsetzen kann. Da im Bienenvolk eine vertikale Gliederung vorherrscht, ist es besser, die Waben übereinander und nicht nebeneinander zu stellen. Das verbessert auch die Beobachtungsmöglichkeiten entscheidend. Will man einen Zweiwabenstock bauen, sind die Maße der Bauanleitung um die Wabenhöhe und Wabengasse zu reduzieren. Die Wabenrahmen müssen nach allen Seiten einen



Tafel 10

Anleitung für den Bau eines Beobachtungsstockes

Grundskizzen

Quelle: Schulgartenhandbuch und Originale

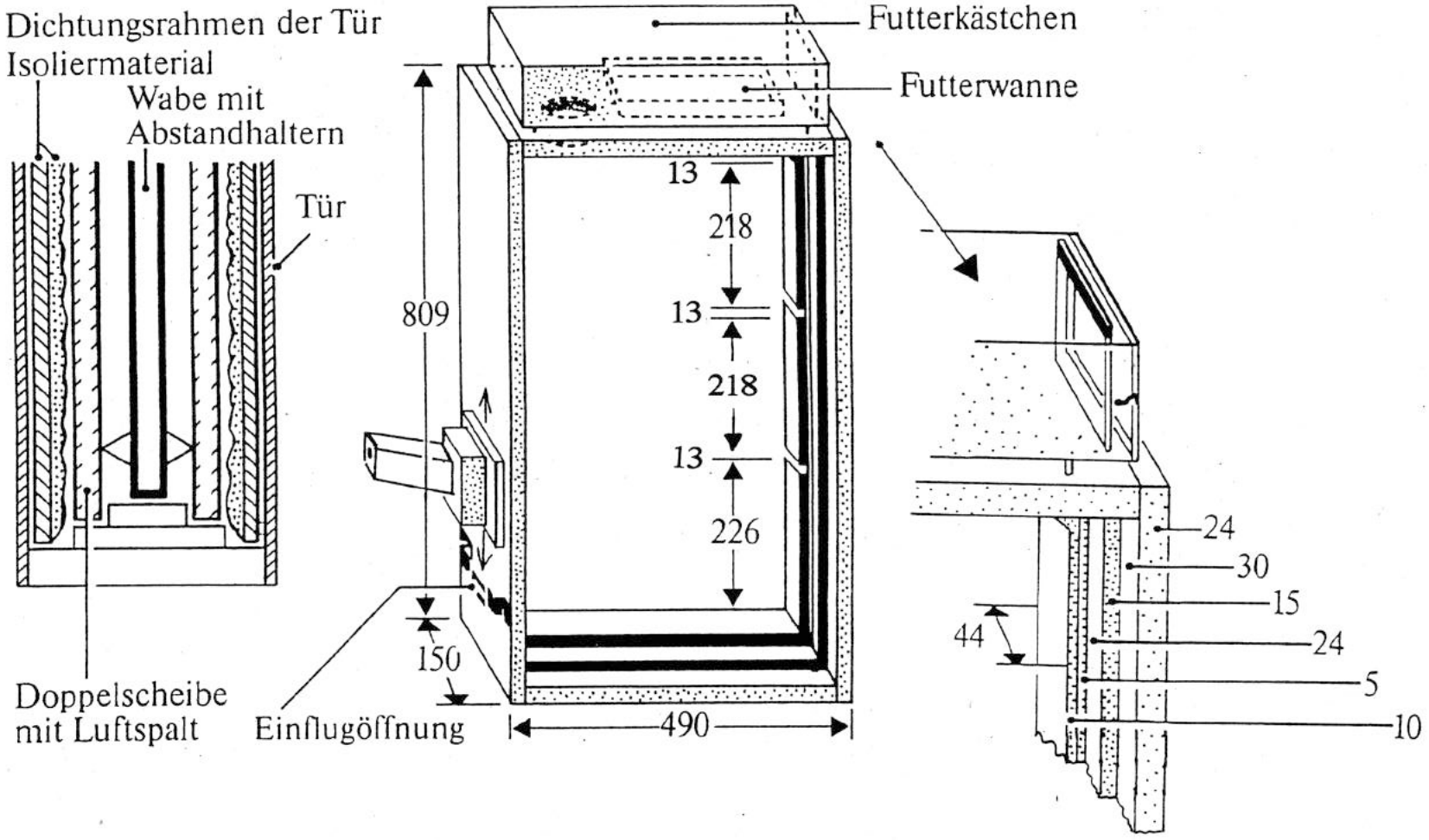
---

zu Tafel 11

Anleitung für den Bau eines Beobachtungsstockes mit 3 Waben

Holzart: Kiefer oder Fichte
Maße: Am besten werden Wabenrahmen im Normalmaß 370 x 223 verwendet. Entsprechend sind dann die **verbindlichen Innenmaße** des Schaukasten: 380 x 701 mm. Alle anderen Maße können je nach dem verfügbaren Holz begrenzt verändert werden. Wenn der äußere Rahmen genau zugeschnitten ist, genügt es, ihn zu leimen und zu verschrauben.
Wichtig ist ein wetterfester Anstrich mit einem sehr guten Kunstharz-Außenemaillelack (gebraucht werden je etwa 400 ml Sperrgrund, Vorlack und Lack). Das Flugloch kann mit einem nicht zu glatten Klarsicht-Plastikschlauch (20 mm Ø) mit dem Flugschlitz des Kastens ver bunden werden, so daß der Kasten von beiden Seiten gut zugänglich ist. Die Schlauchlänge kann 30 cm und mehr betragen. Der Schlauch wird so montiert, daß der Stock noch verschlossen werden und nach draußen getragen werden kann. Im Raum wird der Kasten am besten auf der Fensterbank oder auf einem gleichhohen Tisch montiert. Es genügt, den Fensterrahmen mit einer Bohrung von etwa 1 cm Durchmesser zu versehen. (Quelle: Schulgartenhandbuch)

Anleitung für den Bau eines Beobachtungsstockes mit 3 Waben



Abstand von rund 7 mm einhalten, damit die Königin überall gut durchkommt, zugleich aber ohne Schwierigkeiten von einer zur anderen Wabe überwechseln kann. Beidseitige Doppelverglasung (mit Schwitzwasserabsorptionsmittel in den Abstandsgebern) schützt die Brut vor zu starker Abkühlung, wenn größere Schülergruppen einige Zeit beobachten sollen und dabei die Türen öffnen müssen. Die käuflichen Kästen werden leider meistens nur mit Einfachverglasung geliefert und lassen sich auch nicht umrüsten.

Jede Seite wird mit einer Tür mit guter Wärmeisolation (z.B. Styroporplatten) versehen. Das Warmhalten ist die Hauptaufgabe, nicht das Abdunkeln. Bienen lassen sich leicht an das volle Tageslicht im Stock gewöhnen. Direkte Sonneneinstrahlung allerdings muß verhindert werden; die Waben würden schmelzen.

Die Schaukästen können in geschlossenen Räumen mit einem Laufgang nach außen, z.B. durch ein kleines Loch im Fensterrahmen oder im Freien aufgestellt werden. Während die kleinen Völker unter einigermaßen günstigem Witterungsverlauf in Räumen sogar überwintern, sind sie im Freien zu starken Temperaturschwankungen ausgesetzt und würden erfrieren, wenn der Imker sie nicht mit einem Standvolk vereinigt. Bereits im Sommer treten in unserem Klima so starke Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen auf, daß eine schattengebende Überdachung, die auch Regenwasser ablaufen läßt, die Haltung erheblich verbessert.

Zum Aufstellen im Freien brauchen die Kästen eine kräftige Bodenplatte, um sie windsicher - ca. 1 m über der Erde - auf einem Träger verschrauben zu können. Die Vorderseite wird zweckmäßig mit einer großen Sichtblende versehen, um das Verfliegen der Bienen während der Beobachtung durch Schüler einzuschränken. Die geöffneten Türen und die farbige Kleidung der Schüler können die Bienen so stark irritieren, daß sie nicht mehr in das Flugloch einfliegen.

Besetzen des Schaukastens. Als günstig hat es sich erwiesen, Kontakt zum örtlichen Imkerverein aufzunehmen, um einen interessierten Imker zu finden. Der Schaukasten wird von ihm mit einer Brutwabe voller Jungbienen und mit einer Honigwabe besetzt. Es müssen Maden vorhanden sein, die jünger als drei Tage alt sind. Aus diesen ziehen sich die Bienen durch Überbauen einzelner Brutzellen und durch Weiterfüttern mit Futterdrüsensaft eine neue Königin heran, falls der Imker nicht eine Königin aus eigener Zucht zusetzt. Ist ein fachkundiger, schulfreundlicher Imker gefunden, wird er für optimales Besetzen des Schaukastens sorgen. Es muß gesichert sein, daß der Imker im Laufe des Bienenjahres einige

Male nachschaut bzw. bei auffallenden Veränderungen (Krankheitserscheinungen, Brutmangel, Räubereien u.a.) eingreift. Der Lehrer sollte sich in das Füttern der Kleinvölker einweisen lassen. In den ersten Tagen nach der Besetzung sollten die Völker in Ruhe gelassen werden.

Zur besseren Durchsiedelung des Volkes wird die Honigwabe unten, die Brutwabe oben bzw. in der Mitte eingehängt, also gerade umgekehrt wie es im Bienenverhalten vorgesehen ist. Besetzt werden kann erst, wenn keine Frostgefahr mehr besteht, etwa ab Mitte Mai, je nach Gegend und Lage der Schule. Es dauert etwa zwei Wochen bis zur Anzucht einer Königin und weitere zehn Tage bis zum Hochzeitsflug; das ist abhängig von der Witterung.
Etwa sechs Wochen nach dem Besetzen kann mit den ersten Jungbienen im Stock gerechnet werden. Aber während dieser Zeit sind dennoch das Leben der Bienen und besonders auch das Tanzen zu beobachten.
Verkürzen läßt sich diese Zeit nur durch das Zusetzen einer Königin. Bei einer jungen, unbegatteten spart man zwei Wochen ein. Manchmal kann man Ende Mai einen kleinen Schwarm erhalten. Auch mit ihm läßt sich der Beobachtungsstock besetzen. Hierzu sollte man aber - wenigstens beim ersten Male - unbedingt einen Imker zu Rate ziehen.

Erfahrungen mit Bienenbeobachtungskästen. Seit fast drei Jahrzehnten werden im Schulbiologiezentrum Hannover jährlich wenigstens fünf Schaukästen besetzt. Auch bei weniger günstigem Verlauf des Sommerwetters war es immer möglich, von Mitte Mai bis Mitte September den Ablauf des Volkslebens, das Verhalten markierter Bienen und die Bienentanzsprache zu beobachten. Freilich bedurfte es auch eines erfahrenen Imkers, um den Bedrohungen der kleinen Völker, vor allem in den Sommerferien stets zuvorzukommen. Auch wenn nur ein einziger Kasten zur Verfügung steht, können in Gruppenarbeit ständig Schülergruppen Dauerbeobachtungen durchführen oder einen Eindruck von der Vielfalt der Bienentätigkeit bekommen.

Beobachtungsstock im Klassenraum. Die perfekte Form der Beobachtung von Bienen ist der Schaukasten im Biologieraum. Dies ist relativ leicht zu bewerkstelligen, indem der ganz normale Beobachtungsstock in der Nähe eines Fensters fest auf einen Tisch montiert wird. Der Abstand zum Fenster kann 30-50 cm betragen. In den Fensterrahmen muß ein Loch von mindestens 2 cm Breite und ca. 7 mm Höhe gebohrt werden. Dieses verbindet man mit dem Flugloch bienendicht, durch einen durchsichtigen Plastikschlauch (2-5 cm Durchmesser) oder einen rechteckigen Kanal. Zur Belüftung müssen oben ein paar feine Öffnungen in den

Laufgang gebohrt werden. Auf diese Weise zieht sich das Geschehen am Flugloch weit auseinander und kann mit der Lupe beobachtet werden.

Der einzige Nachteil dieser Unterbringung ist, daß man schlecht am offenen Volk arbeiten kann, weil sich die Bienen an den Fenstern zu Tode fliegen. Im geschlossenen Zustand kann man dieses Volk ungestört das ganze Jahr hindurch beobachten. Die Bienen ziehen sich kaum zur Wintertraube zusammen, brüten sehr lange im Herbst und sehr früh im Frühjahr. Die Versorgung mit Zuckerwasser bietet keine Probleme, die Versorgung mit Pollen dagegen erhebliche. Die Beobachtungsvölker im Klassenraum werden wesentlich stärker als die im Freiland, was für die Beobachtung manchmal hinderlich ist.Die Aufstellung sollte immer erst nach Rücksprache mit dem zuständigen Schulamt erfolgen, damit die kleine bauliche Veränderung (Anbohren der Fensterrahmen) keinen Mißmut hervorruft.

3.3 Der Bienenfuttergarten

So wie der Beobachtungsstock eine Möglichkeit bietet, das Leben im Bienenvolk zu beobachten, so lassen sich durch geeignete Maßnahmen auch die Beobachtungsmöglichkeiten im Freiland erweitern: Durch Anpflanzen geeigneter Pflanzenarten. Da es im vorliegenden Buch vor allem um Arbeit mit der Honigbiene geht, sind Pflanzen ausgelassen, die andere Insekten anlocken wie z.B. Phlox: langrüsselige Nachtfalter; Disteln: Hummeln und Schmetterlinge; Kerbel: Fliegen und Käfer.
Will man Bienenbeobachtungen gezielt vornehmen, so muß man ca. acht Wochen vorher Phacelia aussähen, zehn Wochen vorher Borretsch. Für beide Arten ist der Same im Handel erhältlich. Im übrigen hat es sich bewährt, im Schulgelände oder im Schulgarten Bienenfutterpflanzen anzusiedeln. Die meisten locken außer den Honigbienen auch andere Insekten an. Die nachfolgende Tabelle S. 31 nennt die deutschen Namen und nur die Arten, die mit Sicherheit Bienen anziehen.

3.4 Eigene Bienenhaltung

Der Lehrer war früher häufig entweder der Obstfachmann seiner Gegend oder der Imker. Das ist nicht mehr so. Aber ist die Bienenhaltung im Schulgelände wirklich abwegig? Nachfolgend kann keine Einführung in die Imkerei gegeben werden. Wer imkern will, muß den Kontakt mit einem Imker und dem örtlichen Imkerverein

aufnehmen und sich darüber hinaus wenigstens eines der imkerlichen Standardwerke zulegen.

Geeignete Bienenfutterpflanzen

Erläuterungen:
+ = besonders geeignet für Bienenfutterbeete
1 = gering, 2 = mittel, 3 = gut, 4 = sehr gut

Pflanze	**Nektar**	**Pollen**	**Pflanze**	**Nektar**	**Pollen**
Stauden u.Kräuter			**Gehölze**		
Krokus +)	2	4	Weiden	4	4
Taubnessel	3	1	Roßkastanie	3	2
Bärenklau	3	1	Spitzahorn	3	2
Esparsette +)	4	4			
Hederich	3	2	Apfel	4	4
Kleearten +)	3-4	3	Birne	2	3
Luzerne	3	1	Kirsche	4	4
Mohn +)	-	3	Pflaume	2	2
			Stachelbeere	3	2
Sonnenblume +)	3	3	Himbeere +)	4	3
Steinklee	4	3	Linden	3	1
Wegerich	-	3	Efeu +) (als Busch!)	3	1
Sedum spectabile	4	3	Besenheide	4	1
Borretsch +)	3	2	Schneeheide +)	3	1
			Buddleia	3	1
Hahnenfuß	2	3			
Löwenzahn	3	4			
Raps +)	4	4			
Salbei +)	3	1			
Buchweizen	4	2			
Goldrute +)	3	2			

Voraussetzungen. Wo im Schulgelände ein ruhiger Platz ist, lassen sich Bienen aufstellen. Vermeiden sollte man den Nordausflug wegen fehlender Frühjahrssonne und den Westausflug wegen des Regenschlages. Die Einflugschneise muß frei von Störungen sein. Um die Bienen schnell in die Höhe zu bringen, ist ein Gebüsch von 2 m Höhe in 5-8 m Fluglochentfernung gut geeignet. Damit wird auch die Gefährdung von Nachbarn entscheidend vermindert. Der Imker selber hält mit den Bienen Haustiere.

Haustiere müssen gewartet und gepflegt werden. Wenn die Biene auch ein wildtierähnliches Haustier ist, muß der Zustand des Volkes doch von Zeit zu Zeit überprüft werden. Bienen binden den Halter nicht so stark wie Hund oder Katze, kommen aber nicht ohne Betreuung aus. Vor Beginn der Haltung muß man sich vergewissern, daß man auf Bienengift nicht allergisch reagiert. Ansonsten werden die Bienen ihren Halter schon erziehen.

Das Rahmenmaß. Um das richtige Rahmenmaß und die beste Beute wird seit über hundert Jahren unter den Imkern heftig gestritten. Da wird über den "idealen Brutkörper" diskutiert, über die Wärmestruktur im Winter, über die Honigkränze und Pollenwaben. Das wiederum wird in ein Verhältnis zu Bienenrassen und Trachtfolgen gesetzt. Wer anfängt zu imkern, wird über das Rahmenmaß leicht in ein Freund-Feind-Denken hineingezogen. Die wichtigsten Rahmenmaße sind:

Name	**Maß**	**Kreisförmige Brutfläche/Wabe**	**Anzahl der Zellen/Wabe**
Normalmaß	370 x 223 mm	336 qcm	6.200
Freudenstein	338 x 200 mm	266 qcm	5.000
Zander	420 x 220 mm	314 qcm	6.800
Kuntsch	350 x 250 mm	437 qcm	6.200
Gerstung	410 x 260 mm	467 qcm	8.000
Dän. Trogbeute	320 x 280 mm	547 qcm	6.800

Man sieht schon Unterschiede. Im Schulbiologiezentrum haben wir uns für das Normalmaß entschieden, das allerdings von gut beobachtenden Imkern besonders heftig angegriffen wird. Es ist dennoch heute das verbreiteteste Maß und für Schule gut zu handhaben.

Beuten. Hier muß sich ein Imker wiederum entscheiden, ob die Waben im Kalt- oder im Warmbau stehen sollen. Warmbau bedeutet, daß die Waben quer zum Flugloch gestellt werden, beim Kaltbau zeigen alle Waben auf die Fluglochfront. Im Naturbau zeigen die Waben vorwiegend Kaltbau. Für das Imkern mit Schülern hat man mit beiden Formen keine Probleme. Dann aber kommt die folgenreichste Entscheidung: **Welche Beuten?**

Es gibt den Typus der Oberbehandlungsbeute, auch Magazinbeute genannt und den Typus der Hinterbehandlungsbeute. Die **Magazinbeuten** bestehen aus einem Bodenbrett, auf das Magazineinheiten - heute meist aus Styropor bestehend - gestapelt werden. Die Rähmchen werden eingehängt, und die Beuten mit einem Deckel abgedeckt. Die Bienen überwintern in einer Magazineinheit, als Honigraum werden halbe oder volle Einheiten aufgesetzt. Magazinbeuten eignen sich besonders für den Freistand. Bei der Bearbeitung hat man alle Bienen der Beute um sich. **Hinterbehandlungsbeuten** sind meist als sogenannte Blätterstöcke ausgebildet. Man arbeitet im Sitzen hinter der Beute und zieht die Waben einzeln oder alle auf einem gemeinsamen Schlitten heraus. Diese Kästen sind aus Holz und haben einen fest installierten Honigraum. Sie lassen sich stapeln und stehen natürlich in einem Haus am besten. Im Schulbiologiezentrum Hannover wird eine Beute verwendet, die sich extrem gut für den Unterricht eignet: Sie heißt "Martins Auszugbeute" Die Normalmaßrahmen sind im Warmbau aufgehängt. In eine Öse wird bei der Bearbeitung ein Kasten eingehängt und mit einem Handgriff werden sämtliche Waben ohne jede Gefährdung der Bienen in diesen Kasten gezogen. Dieser wird abgehängt und auf einen Tisch gestellt, um den die Schüler sitzen. Jetzt kann wie aus einer Magazinbeute Wabe nach Wabe hochgenommen und betrachtet werden. Am Schluß werden alle Waben wieder in die Beute geschoben. Bis heute haben wir für die Unterrichtsarbeit nichts besseres gefunden.

Für welche Beute sich ein Lehrer auch entscheidet: Er sollte nur ein einheitliches Rahmenmaß benutzen.

In der Lüneburger Heide hat sich eine sehr ursprüngliche Form der **Korbimkerei** erhalten: Man ließ die sehr schwarmfreudigen Bienen schwärmen, so daß zur Haupttrachtzeit die dreifache Anzahl an Völkern zur Verfügung stand. Für die Überwinterung dezimierte man die Völker und entnahm vor allem Scheibenhonig und Wachs. Diese Betriebsform ist in der Schule nicht zu empfehlen.

Bienenrassen. Die heutigen Bienen sind oft nicht mehr eindeutig Rassenkreisen zuzuordnen. Lediglich das Merkmal der Heidebiene, zwei gelb gefärbte Hinterleibsringe, findet man noch öfter. Galt vor 50 Jahren die dunkelschwarze NigraRasse als das Ideal, später die graue Carnica-Biene, so darf man sagen: Wichtigstes Merkmal für Schulbienen ist ihre Friedlichkeit, ihre geringe Stechbereitschaft. Zwar spielt die Arbeitsweise und Zuchtwahl des Imkers hierbei auch eine Rolle, in erster Linie liegt jedoch eine genetische Disposition vor. Alle anderen Eigenschaften, wie Brutbeginn, Brutfreudigkeit, Schwarmfreudigkeit, Sammeleifer spielen für die Schule eine weitaus geringere Rolle als die der Friedlichkeit.

Arbeits- und Schutzgerät. Solange nur mit dem Schaukasten geimkert wird, kommt man in der Schule fast ohne Geräte aus. Der Imker wird jeweils das Notwendige mitbringen. Im Hinblick auf die mögliche Erweiterung der imkerlichen Arbeit wird hier kurz das wichtigste aufgelistet; die unbedingt notwendigen Gegenstände sind angekreuzt (x):

Gegenstand	**Verwendung**	**Cirka-Preis 2012 in Euro**
Imkerhaube x)	Für Schüler; für kurzzeitige Imker-arbeiten am geöffneten Stock und vor dem Flugloch; an Blüten und am Futter-tisch überflüssig	10,--
Imkerhut dazu Bindeschleier	Für langzeitige Imkerarbeit, luftig, besonders an heißen Tagen angenehm	10,-- 25,--
Imkerhandschuhe Ganzleder mit Ärmelstulpen (Gummihandschuhe kosten die Hälfe, aber man schwitzt trotz Trikoteinlage zu sehr)	Für Arbeiten am geöffneten Stock und vor dem Flugloch; am Futtertisch hinder-lich und meist überflüssig. Ein erfahrener Imker arbeitet ohne Handschuhe	15,--
Imkerjacke, hell mit Wulstkragen (Schüler tragen zweck-mäßigerweise eine nicht zu dunkle Jacke mit Kragen)	Für Arbeiten am geöffneten Stock; alte Stoffjacke tut es auch	30,-- bis 35,--
Gänsefedern o.ä. x)	Zum schadlosen Abstreifen der Bienen von den Waben	
Selbstraucher mit Uhrwerk-gebläse oder Smoker mit Blasebalg x)	An Stelle einer Imkerpfeife, damit der Lehrer ungehindert sprechen kann	25,--
1kg Bienen-Kräutertabak x)	Zum Zurückdrängen und zur Ablenkung der Bienen.	7,--
Magazin-Absperrgitter, verzinkt, stabil, z.B. 430 x 430 mm (aber auch schmaler z.B. für Schaukästen) x)	Zum Fernhalten der Königin vom Honigraum	7,--

Gegenstand	Verwendung	Cirka-Preis 2012 Euro
Normalmaßrähmchen x) mit Trageohren, in Teilen zugeschnitten	Wabenrahmen für Schaukästen und Magazinbeute	1,--
1 kg Mittelwände x)	Zum Einlegen in die Wabenrahmen, Verhindern von Wildbau, mehr Brut, schnelleres Eintragen	13,--
Stockmeißel x)	Zum Lösen der Waben	6.-- bis 8,--
1 l Wasser-Zerstäuber x)	Zum Besprühen der Bienen, z.B. mit dünner Zuckerlösung zum Zurückdrängen der Bienen	4,--
Ausfreßkäfig x)	Zum Zusetzen einer Königin	2,--
Zeichenrohr mit Netz und Schieber x)	Zum Zeichnen von Königinnen, zum Ausdrücken der Honigblase bei Arbeiterinnen	8,--
Abfangglas x)	Zum Herausnehmen der Königin zum Zeichnen u.ä.	3,50
10 g Anisöl, Pefferminzöl u.a.	Zum Anlocken an einen Dressurtisch	3,--
50 g Thymiangeist	Zum Vereinen von Völkern	4,--
Schwefelschnitten (500 g)	Zum Ausräuchern	5,--
1 kg Nektapoll (zur Vorbeugung gegen Nosema-Seuche kann ein Heilmittel beigegeben werden)	Zufutter bei Mangel	3,50
Segeberger Kunststoffbeute Boden, 2 Zargen, Deckel x)	Bienenwohnung	70,-- bis 80,--

Krankheiten und Gefahren für ein Bienenvolk

Ein gut entwickeltes Bienenvolk verfügt über eine hohe antibiotische Abwehrlage und Regenerationsfähigkeit, die durch ständige Reinigungsarbeiten der Bienen unterstützt werden. Vorbeugen durch optimales Halten der Bienen und Ausmerzen

kranker schwacher Völker versprechen bei den vielerlei Mischinfektionen die beste Chance, gesunde Völker zu erhalten. Medikamente haben nur begrenzten Wert. Hier kann nur auf die häufigsten Gefahren für die Völker hingewiesen werden:

Nosema-Seuche (Nosema apis wird durch eine Protozoenart hervorgerufen). Der Erreger befällt die Mitteldarmschleimhaut. Die Königin bleibt häufig durch eigene Abwehrstoffe verschont.
Die Ansteckung durch den in Europa weit verbreiteten Erreger tritt besonders im April/Mai in Erscheinung. Bei ungünstiger Witterung koten die Bienen im Stock und stecken sich gegenseitig an.
Typische Krankheitszeichen sind formlose braune Kotflecken auf dem Flugbrett anstelle von strichartigen. Zur Zeit gibt es kein wirklich wirksames Heilmittel.

Innere Milben (Acarapis woodi). Diese blutsaugende Milbe schmarotzt im Unterschied zu anderen ausschließlich in den Brusttracheen und kann meist nur 1-4 Tage alte Jungbienen befallen. Bei einer Entwicklungsdauer der Milben von rund drei Wochen besteht die Hauptausbreitungsgefahr besonders bei der Umstellung des Volkes im Spätsommer auf Winterbienen. Stark befallene Völker gehen im Winter ein.
Ein Verdacht ist gegeben bei Flugunfähigkeit eines Teiles der Bienen zu Beginn der Reinigungsflüge im Frühjahr. Es besteht keine Anzeigepflicht mehr beim Veterinäramt, aber eine Behandlungspflicht.

Kalkbrut wird durch einen Pilz hervorgerufen (Ascophaera apis). Die Maden liegen kalkweiß verpilzt in den Brutzellen. Die Krankheit tritt besonders bei schwachen Völkern und einem feucht-kühlen Standort auf.

Varroa. Mitte der 70er Jahre breitete sich die Varroa-Milbe (Varroa destructor), die ursprünglich nur auf der Indischen Biene lebte, auf die Honigbiene aus. Innerhalb von 15 Jahren verbreitete sie sich dergestalt, daß heute praktisch kein Bienenstand mehr verschont ist. Die Milben saugen "Bienenblut" (Hämolymphe), wodurch sie den Wirt stark schwächen können. Die Eier werden vorwiegend auf Maden - mit Vorliebe auf Drohnenmaden - abgelegt. Innerhalb von 8 Tagen entwickelt sich die Milbe, nachdem die Copula noch in der geschlossenen Zelle erfolgte. Die ca. 2 mm großen Milben können den Wirt wechseln. Sie überwintern auf Bienen inmitten der Wintertraube. Da sich die Bienen nicht wehren können, kommt es früher oder später zum Zusammenbruch des Volkes.

Eine Bekämpfung der Milben ist heute möglich. Die Behandlungsmethoden und Wirkstoffe haben sich im Laufe der Jahre aber immer wieder geändert. Die immer wieder hohen Bienenvölkerverluste sind auch darauf zurückzuführen, daß die Milben Viren übertragen, wie den Flügeldeformationsvirus oder eine Art „Alzheimervirus“, der die Bienen nicht in den Stock zurückfinden läßt. Hinzu kommt eine allgemeine Schwächung der Bienen durch Umweltgifte. (Vergl. den Schülertext S. 177 und 181 ff.).

Biene und Blüte

Honigbienen nehmen als Nahrung ausschließlich Blütenpollen und süße Säfte auf. Die Säfte werden aus den Nektarien der Blüten und dem Honigtau gewonnen. Gelegentlich beuten sie Blattnektarien aus (Kirsche).

Honigtau besteht aus Säften, die kleine Schnabelkerfe (Rhynchota), z.B. Rindenläuse, Schildläuse, Blattflöhe und Blattläuse ausspritzen. Diese Arten benötigen geringe Mengen Zuckerstoffe für ihren Betriebsstoffwechsel und viel Eiweiß zur Produktion ihrer zahlreichen Nachkommenschaft. Der Pflanzensaft, den sie saugen, enthält aber weitaus mehr Zucker- als Eiweißstoffe. Um ausreichend Eiweißstoffe herausfiltern zu können, müssen sie deshalb viel mehr zuckerhaltige Pflanzensäfte saugen als sie verarbeiten können. Der überschüssige Zucker wird z.B. bei den Rindenläusen vor der Darmpassage durch eine sogenannte Siebplatte ausgefiltert und durch zwei seitliche, hörnchenartige Gebilde ausgeschieden. Bei der Passage durch den Läusekörper entstehen offenbar durch Fermentation eine Reihe von Zuckerarten und organischen Säuren, die im Pflanzensaft zunächst gar nicht enthalten waren, so daß Honigtau nicht nur die drei in Blüten vorwiegenden Zuckerarten - Rohr-, Trauben- und Fruchtzucker - enthält, sondern dazu meist auch noch Maltose, Trehalose, Fruktomaltose, Melizitose. Der ausgespritzte Blattlaussaft setzt sich als wasserreicher Saft auf Blättern und Nadeln ab. Sofort wird er von den Bienen eingetragen. Sogenannter Tannenhonig ist reiner "Läusehonig", dem Blütenhonig völlig gleichwertig. Auch von Eichen, Linden und Birken wird Honigtau gesammelt. Durch Verdunsten dickt er bis auf 35-50 % Trockenmasse ein und bildet damit eine attraktive Nahrungsquelle für Bienen und zahlreiche andere Insekten. Honigtau zeigt sich auf Blättern in zunächst kleinen klaren Tröpfchen. Sie bilden beim Eintrocknen einen lackartigen Überzug auf den Blättern. Steht er zu lange, wird er vor allem von schwarzen Rußtaupilzen besiedelt, wodurch die Blätter aussehen, als ob sie jemand in den Schornstein gehängt hätte.
Nektar wird überwiegend aus den Saftdrüsen der Blüten aufgenommen, aber Nektarien kommen auch an anderen Pflanzenteilen vor. Ursprünglich waren Nektarien wohl eine Art Saftventil, und erst bei Entstehen der Insektenbestäubung traten diese Drüsen zunehmend in Blüten als Lockstoff auf. Alle Kirscharten haben dort, wo die Blattspreite auf den Stiel trifft, zwei Nektardrüsen, die in manchen Jahren von Bienen beflogen werden. Bei den Passionsblumen gar wird von den am Blattstiel befindlichen Nektarien stets ein großer Nektartropfen ausgeschieden, dessen Süße leicht zu prüfen ist. Honigbienen können nur die drei Zuckerarten, die im Nektar vorkommen und die weiteren des Honigtaues bis auf die Maltose verwerten.
Im Laufe der Evolution der Honigbienen und auch der Hummeln und anderer

Blütenbesucher sind lediglich diese Kohlenhydrate von ihnen als wahrnehmbar kodiert worden. Die hohe spezielle Leistungsfähigkeit des Arbeiterinnengehirns (Oberschlundganglion) mit seinen lediglich etwa 850.000 Nervenzellen erklärt sich aus der Beschränkung auf das jeweils Wichtige ihrer ökologischen Einnischung.

Der **Pollen** liefert vor allem essentielle Aminosäuren und Eiweißstoffe, daneben auch Fette und Fettsäuren, außerdem die erforderlichen Mineralstoffe. Der Pollen liefert damit die Baustoffe, die für die erfolgreiche Aufzucht der Brut benötigt werden; die ausgewachsenen Tracht- und Winterbienen kommen mit Nektar oder Zuckerwasser als Betriebsstoff aus. Daher bereitet die Wintereinfütterung mit Rohrzuckerlösung (meist 2 kg Zucker auf 1 l Wasser) keine Schwierigkeiten, aber es gibt bis heute noch keinen vollwertigen Pollenersatz: Pollenmangel läßt sich vorübergehend durch Ersatzprodukte überbrücken; sie bestehen z.B. aus Sojamehl, Höselhefe und Magermilchpulver und Zucker; im günstigen Fall werden sie gehöselt und eingetragen.

Die Futtermenge, die ein Bienenvolk im Jahreslauf sammelt und verbraucht, richtet sich nach mehreren Faktoren. Die Größe des Volkes spielt die Hauptrolle. Man geht wohl nicht fehl, wenn man den Jahresbedarf eines Bienenvolkes mit 60-80 kg Honig angibt, wovon ca. 12 - 15 kg als Wintervorrat reichen. Die Pollenmenge schwankt ebenfalls und kann grob mit 20-40 kg jährlich angegeben werden. Die eine Hälfte wird dabei zum Aufbau des "Sommervolkes" verbraucht, die andere zum Aufbau der "Winterbienen", die im allgemeinen besser mit Eiweiß versorgt werden als die Sommerbienen.

Da die Honigbienen auf Blütenprodukte und Honigtau angewiesen sind, sind sie, verglichen mit einigen anderen Blütenbesuchern, z.B. langrüsseligen Hummeln, vielen Schwärmern, Tagfaltern usw., nur gering auf bestimmte Blüten spezialisiert. Soweit die Blüten nicht spezielle Formen aufweisen, bei denen den Bienen wegen der Blütengestalt oder wegen ihrer geringen Rüssellänge der Nektar nicht zugänglich ist, machen sie von der ganzen Palette der Blüten Gebrauch, ausgenommen weiße Blüten mit Aasgeruch (Fliegenblüten) oder aber intensiv rote Blüten ohne UV-Reflexion, die in unseren Breiten jedoch selten sind. Selbst nicht zugängliche Blüten beuten Bienen aus; indem Hummeln die Kronenröhre aufbeißen und Bienen diese für den Bestäubungsablauf nicht vorgesehene Futterquelle entdecken, nutzen sie sie auch. Diese geringe Spezialisierung entspricht dem großen Sammelbedarf individuenreicher Bienenvölker und bedarf eines Nachrichtensystemes, das darauf ausgerichtet ist, Massentrachten anderen Bienen mitzuteilen.

Weit verstreut stehende Einzelblüten, etwa an einem Feldrain, können entweder der Richtung oder aber der Entfernung nach nicht geortet und ihr Standort nicht mitgeteilt werden.

Die Bienensprache ist auf Honigtaubäume, Baumblüte und Lichtungspflanzen gerichtet. Wie zielgerichtet die Orientierung ist, geht daraus hervor, daß benachrichtigte Bienen eines Stockes solange nur eine Seite eines größeren blühenden Obstbaumes anfliegen, als dort genügend Tracht zu finden ist. Ein anderer Teil desselben Volkes besucht u.U. zur gleichen Zeit die andere Seite desselben Baumes.

Dieses Verhalten ist darauf gerichtet, eine Massentracht gründlich auszubeuten und das garantiert der Pflanze eine möglichst vollständige Bestäubung. Hier liegt also eine ausgesprochene Symbiose vor, die der Mensch sich zu Nutze gemacht hat, besonders mit der Wanderimkerei.

Über die Bestäubungsleistungen mit und ohne Bienen wird im Kap. 4.5 berichtet.

Die wichtigsten Zahlen über das Bienenvolk und die Tracht sind auf Tafel 12 unter dem Titel "Lehrsätze der Bienenzucht" zusammengefaßt.

4.1 Bau und Funktion der Blüte

Im Jahre 1793 veröffentlichte Christian Konrad Sprengel sein Buch "Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen" und entdeckte gleichsam die Sexualität der Pflanze und den "Sinn" der Blütengestalt. Was bei uns heute Lehrstoff der Grundschule ist - daß die Staubblätter der männliche Teil der Blüte, die Fruchtblätter der weibliche Teil sind - war z.B. für Goethe noch eine Offenbarung. Sprengel begründete insbesondere die Blütenökologie, indem er entdeckte, daß Blüte und Bestäuber sich in erstaunlicher Weise aufeinander eingestellt haben: Blüten und Insekten gehören zusammen, sind eine "Einheit". Sicher gibt es auch Blütenpflanzen, die den Transport der männlichen Geschlechtszellen durch das Wasser regeln, viele nutzen den Wind. In den Tropen gibt es gar ganze Familien (Eucalyptus), die die Fledermäuse oder kleine Beuteltiere in ihren Dienst stellen. Andere nutzen größere oder kleinere Vögel als Boten, z.B. fast alle Fuchsien. Aber die Insekten schlagen an Menge die anderen doch aus dem Felde.

Tafel 12

Lehrsätze der Bienenzucht

Quelle: Bienen-Meier

Die wichtigsten naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen

Lehrsätze der Bienenzucht

Ein Bienenschwarm		Die Königin legt Eier vom Februar bis August täglich 300–2000, im Jahre ca. 130 000, im ganzen Leben gegen 500 000.
besteht aus	wiegt Kilogramm	
1 Königin 0–500 Drohnen 7000–25 000 Arbeitern	1–3	

Entwicklungszeit der Biene als					Lebensdauer	Es betragt		
	Ei	Larve	Nymphe	Zusammen		die Länge	d. Flügelweite	das Gewicht
	Tage					Millimeter		Gramm
Königin	3	5–6½	7–8½	16	3–5 Jahre	16–18	24	0,16–0,21
Drohne	3	6–7	14–15	24	Mai bis Juli	15	28	0,23
Arbeiter	3	6	12	21	1½–9 Monate	12–13	23	0,11

Ein Bienenvolk von	kann zur Zeit der Volltracht tägl. sammeln	liefert jährlich			braucht im Winter Honig
		Honigernte	Schwärme	Wachs	
	Kilogramm	Kilogramm		Kilogramm	Kilogramm
20 000 Arbeitern	¼–1	0	0	¼–½	7
30 000 Arbeitern	¾–1½	4	1		8
40 000 Arbeitern	2–3	10	2		9
50 000 Arbeitern	3–5	25–65	3		10

Ein starker Stock enthält zur Schwarmzeit		Zu 1 Kilogramm Wachs brauchen die		Spezifisches Gewicht von
		Bienen	Kilogramm	
Königin	1	Honig	10	Honig 1,39–1,45
Drohnen	300–3000	Blütenstaub	1	Wachs 0,96–0,97
Arbeiter	30 000–60 000			
brutbesetzte Zellen	40 000–60 000			
königl. Nymphen	1–18			

Auf 1 Quadratdezimeter befinden sich an beiden Seiten der Wabe	Wachs		Temperatur im Bienenklumpen	Die Biene		
	wird geschmeidig bei	schmilzt bei		erstarrt bei	hört auf zu arbeiten bei	fliegt am fleissigsten bei
Arbeitszellen 830–850 Drohnenzellen ca. 510 enthält 12 Gramm Wachs	30°C	63°C	Im Winter 20–22°C Im Sommer 25–35°C	+7–10°C	+37°C	+22–25°C

Die Arbeiterzelle	Die Drohnenzelle	Die Königinzelle	Eine Honigzelle	Eine Pollenzelle
ist 11–12 mm tief 5,5–6 mm weit	ist 15 mm tief 6,6–7 mm weit	ist 20–24 mm lang 9 mm weit	(0,3 cm³ Inhalt) fasst 0,4–0,5 g Honig 1 dm³ = ⅓ kg Honig 3 dm³ = 1 kg Honig	fasst 0,4 g Pollen dazu braucht es 20 Höschenpaare

Eine Trachtbiene bringt	Zu einem kg Pollen	Zu einem kg Honig
40 mg Nektar + 20 mg Pollen befliegt 200–300 Blüten braucht dazu 15–30 Min.	braucht es 50 000 Höschenpaare, die in 2500 Zellen untergebracht werden.	braucht es 3 kg Nektar 100 000 Ausflüge 150 Millionen Blüten
Eine Trachtbiene macht je nach Witterung pro Tag	**Ein starkes Volk sendet pro Tag**	**An ganz guten Trachttagen fliegt die Trachtbiene 20–30 mal aus**
2–30 Ausflüge, im Durchschnitt 6	10–15 000 Feldbienen auf Tracht aus	= 200–300 000 Ausflüge, was einem Honigertrag von 2–3 kg entspricht (Ausnahmen bis 6 kg)
In der Schweiz vertretene Bienenrassen: Mellifica, Carnica, Ligustica, Caucasia		

Bienen-Meier, 5444 Künten

Urs Zuber AG, Buch- und Offsetdruck, 5734 Reinach

Bei der Beschäftigung mit dem Bau und der Funktion der Blüte, sollte man in der Schule eine gewisse Reihenfolge einhalten:

1. Die Schüler sollten zunächst draußen Blüten sammeln, sie benennen, vor allem aber an den Blüten riechen und den Duft **beschreiben**. Wenn das Beschreiben auch nur unvollständig gelingen wird, so ist die Tätigkeit als solche von Wert. Sie läßt sich zu einem Spiel mit verbundenen Augen entwickeln: Blüten am Duft wiedererkennen.
2. Die Schüler sollten bei einigen Blüten prüfen, wo sich der Nektar befindet. Das ist bei allen Blüten mit Röhren (Petunie, Phlox, Tabak, Salbei, Taubnessel) leicht zu erproben, weil er am Grunde der Röhre sitzt. Sie sollten selber den Nektar heraussaugen.
3. Die Schüler zerlegen Blüten und ordnen die Teile in männlich, weiblich und Lockapparat und/oder Fruchtblatt mit Narbe, Stempel und Fruchtknoten, Staubblatt mit Staubbeutel und Staubfaden, und Kronenblatt und Kelchblatt. Hierzu enhält jedes Biologiebuch gute Anleitungen.
4. Tafel 13 enthält das Querschnittsbild einer Kirschblüte mit Insekt und eine Schemazeichnung. Dieses Blatt soll den Schülern vorgelegt werden mit dem Auftrag, den dargestellten Vorgang mit ihren Worten zu beschreiben.
5. Tafel 14 enthält die schematische Darstellung einiger einfacher Bestäubungsvorgänge, bei denen hauptsächlich die Honigbiene beteiligt ist. Das Arbeitsblatt wird den Schülern vorgelegt. Sie sollen den Prozeß beschreiben. Es wurden Blüten ausgewählt, die sich leicht beschaffen lassen.

4.2 Bienenbeobachtungen an Blüten

Bienen begegnen uns an Blüten. Wir sehen, wie sie die Blüten anfliegen, scheinbar hastig umherlaufen, Pollen abstreifen, sich manchmal geradezu im Pollen wälzen, so daß sie vollkommen überpudert erscheinen. Auf anderen Blüten stecken sie unentwegt den Rüssel in den Kelch, fliegen manchmal sofort wieder auf, manchmal erst nach halben oder ganzen Minuten. Offenbar ist ein Teil der Bienen damit beschäftigt, Pollen zu sammeln. Wir sehen dann immer wieder (besonders gut an blühenden Büschen) einzelne Bienen wie kleine Helikopter in der Luft nahe bei den Blüten stehen, die Hinterbeine oft in heftiger reibender Bewegung, ohne daß wir genau erkennen können, was da geschieht. Nur der Zeitlupenfilm kann zeigen, wie sich die Biene den Blütenstaub aus dem Haarpelz kämmt und mit ihren Sammelvorrichtungen den Pollen in die Körbchen an den Hinterbeinen befördert (s. Untersuchung toter Bienen, Kap. 6.2.1). Andere Bienen saugen offensichtlich Nektar und kümmern sich überhaupt nicht um die Pollen in den Blüten. Blüten, die

oft nur Bruchteile von Sekunden besucht werden, sind schon leergesaugt - sie füllen sich erst langsam wieder auf, sofern sie nicht bereits bestäubt und im Abblühen sind. Dieses Bild ergibt sich an sonnigen warmen Tagen überall, wo blühende Kräuter, Gartenblumen oder Blütenbüsche stehen.

Beobachtungsanleitung (s. Tafel 15 - Arbeitsblatt):

Aufgabe: Zwei Schüler sollen in Partnerarbeit jeweils eine Biene so lange von Blüte zu Blüte verfolgen, bis sie zum Stock zurückfliegt. Insgesamt sollen etwa fünf Bienen verfolgt werden.

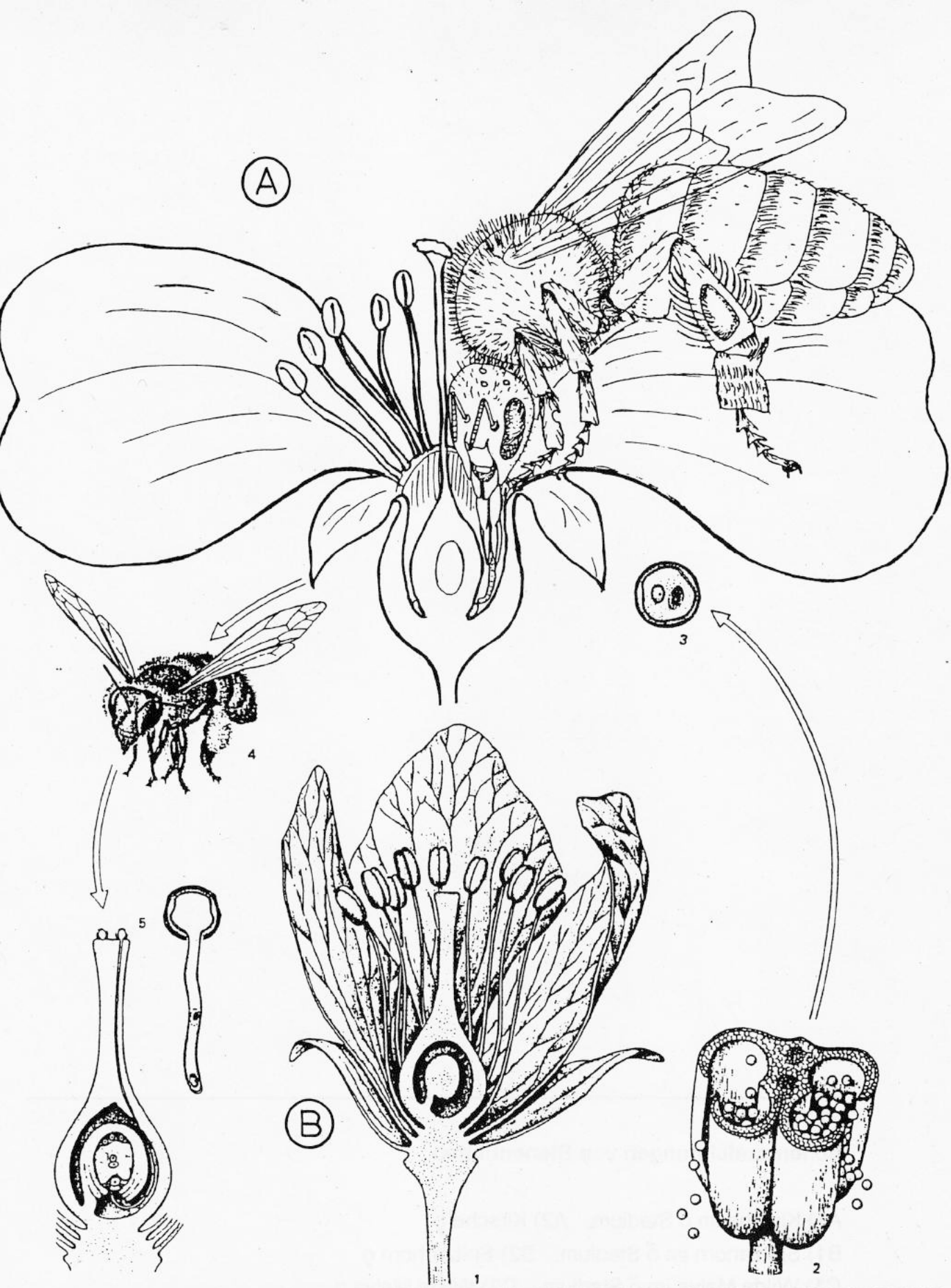
Sinn dieses Arbeitsauftrages ist, durch die Beobachtung einzelner Bienen die Tatsache ihrer Blütenstetigkeit herauszufinden. Dabei nehmen die Schüler lebende Bienen wahr, eine wichtige Voraussetzung für das spätere Untersuchen von toten Bienen. Ein Schüler beobachtet eine Biene; durch langsames Zählen (1-, 2-, 3-, 4, ...) ermittelt er, wieviel "Sekunden" oder "Zähleinheiten" die Biene an der einzelnen Blüte gesaugt oder dort Pollen gesammelt hat. Er teilt seinem Partner die Dauer mit und auch, wenn einmal eine Biene die Pflanzenart wechselt. Der Partner notiert beides. Nach dem Beobachten von 2-3 Bienen tauschen die Partner ihre Rollen. Das Zählen muß eingeübt werden; es sollte nicht 21, 22, 23 gezählt werden, das verwirrt jüngere Schüler und führt zu falschen Angaben. Auch eine Stoppuhr ist unbrauchbar, da die Blüten oft im schnellen Wechsel besucht werden.

Am einfachsten gelingt die Beobachtung an Blütenbüschen oder Blumenrabatten. In einer blühenden Wiese ist es schwer, einer einzelnen Biene zu folgen, von der Fülle der Arten ganz zu schweigen; allerdings ist die Beobachtung dort spannender.

Im Klassenraum werden einige Blütenstengel der vorkommenden Arten aufgestellt und der Name in den nächsten Tagen mehrfach wiederholt.

Schwierigkeiten:

- Welche Blüten kommen in Frage?
  Gut geeignet sind fast alle Obstblüten, Korbblütler, Phacelia, Goldrute, Sedum spectabile usw. (vergl. Bienenfuttergarten S. 31).
- Was ist für Schüler "eine" Blüte?
  Sonnenblumen und andere große Korbblütler sind, da sie Sammelblüten sind, nicht gut geeignet, weil sich die Bienen auf ihnen manchmal 10 min aufhalten, auch Blütenstände mit winzig kleinen Blüten, z.B. bei Geißbart (Aruncus



Tafel 13

Die Bestäubung der Kirsche

A) Biene beim Sammeln in der Kirschblüte

B) Bestäubung und Befruchtung

Quelle: Barth

zu Tafel 14

Schemazeichnungen von Bienenblüten

A1) Kirsche im ♂ Stadium, A2) Kirsche ♀

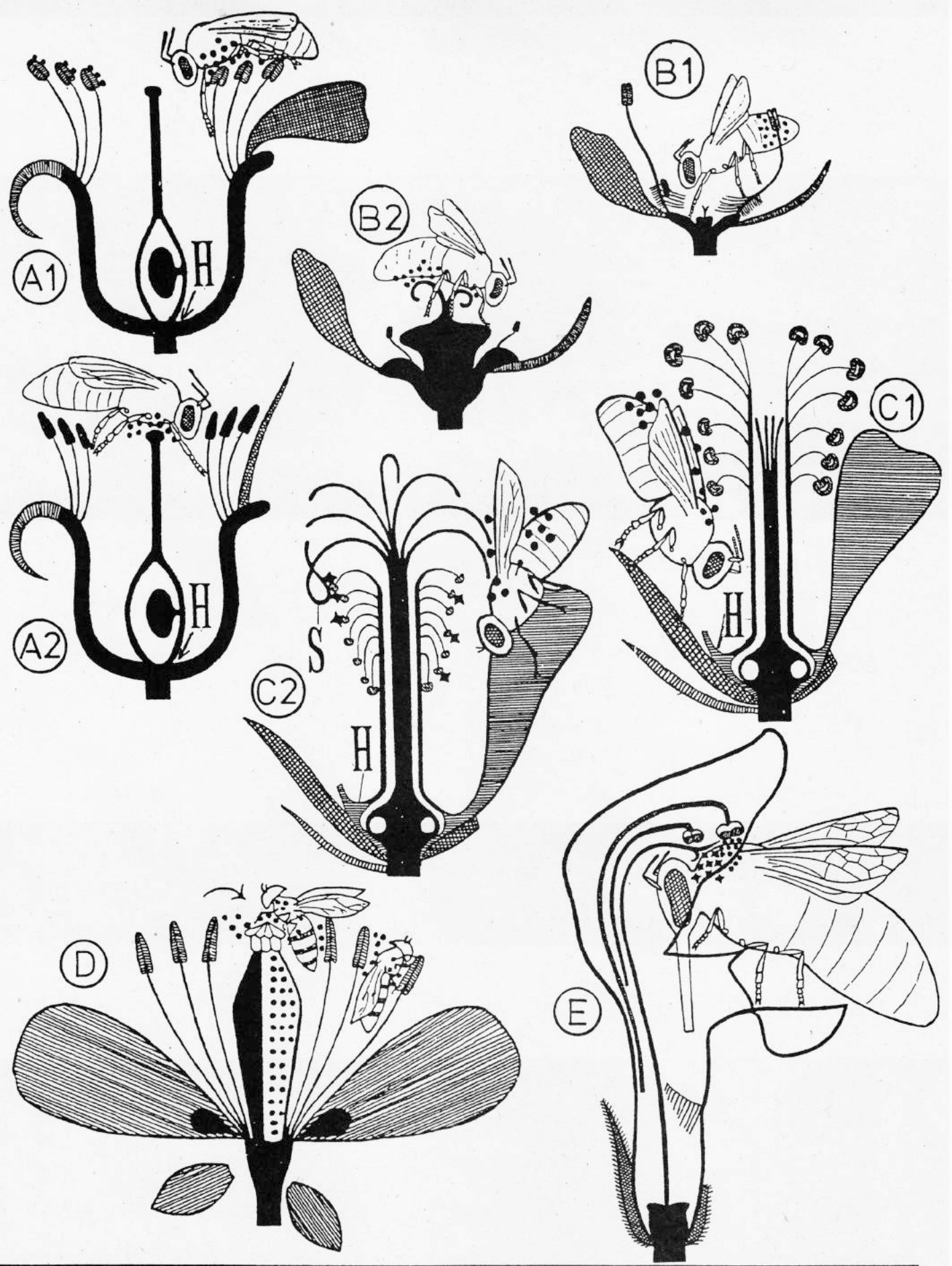
B1) Spitzahorn im ♂ Stadium, B2) Spitzahorn ♀

C1) Wilde Malve im ♂ Stadium, C2) Wilde Malve ♀

D) Mohn als Pollenblume

E) Taubnessel als bienenangepaßte Blütenform

Quelle: Schoenichen 1902



Tafel 14

Schemazeichnungen von Bienenblüten

Blütenarten	Biene	Wieviel Zähleinheiten bleibt die Biene an jeder Blüte:									
Aster	**0**	**4**	**19**	**2**	**18**	**14**	**3**	**1**	**1**	**22**	**3**	**Af.**
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											

(die erste Zeile ist ein Beispiel, Af. bedeutet: Abflug)

Auswertung

Wieviel Blüten flog die einzelne Bienen in 100 Zähleintheiten an?

Nummer der Biene	0	1	2	3	4	5	6
Zahl der Blüten in100 Einheiten							

Was holen die Bienen?

Pollen							
Nektar							

Beschreibe, wie sie das gemacht haben!

_____

_____

_____

Die Bienen flogen Blüten an: (ankreuzen) eine Art ( ) mehrere Arten ( )

Auf einigen Blüten bleiben die Bienen lange Zeit sitzen, auf anderen nur ganz kurz. Kannst Du das erklären?

_____

_____

_____

_____

Tafel 15

Arbeitsblatt: Bienenbeobachtung an Blüten

silvestris) scheiden aus. Kleine Korbblütler, wie z.B. Löwenzahn, Herbstastern, Cosmeen (Schmuckkörbchen) u.a. können als eine Blüte gewertet werden. Blütenstände mit genügend großen Einzelblüten, wie Salbei oder Rittersporn, sind ebenso geeignet wie alle Einzelblüten. Bei solcher Blütenbeobachtung wird der Lehrer zunächst oft anleiten und sich überzeugen, ob jede Gruppe auch wirklich genügend Bienen an Blüten findet und ohne Verwechslung erfaßt, was bei einer Pflanzenart als Einzelblüte gelten soll. Eine Aster gilt für die Bienenbeobachtung als Einzelblüte, aber ein Blütenstand des Felberichs muß als aus vielen Einzelblüten bestehend erfaßt werden. Die Ungenauigkeit der Aussage, die sich ausschließlich bei Korbblütlern ergibt, sollte in Kauf genommen werden, weil sich für den Unterricht sonst fast unüberwindliche Schwierigkeiten auftürmen - jedenfalls für Klasse 4-7, die mit diesem Arbeitsauftrag betraut werden sollten. Es ist empfehlenswert, daß sich die Schüler weiträumig verteilen, denn wenn eine größere Schülergruppe eine einzelne Blumenrabatte umgibt, führt das dazu, daß die Bienen in kurzer Zeit alle verschwunden sind.

Auswertung nach der biologischen Bedeutung:
Die Auswertung der etwa 15-25 minütigen Arbeit ergibt im allgemeinen folgende Beobachtungen:

- Honigbienen wechseln nur in 1-3 % der Fälle die Blütenart (echter Wechsel oder häufig ein Beobachtungsfehler): Sie sind blütenstet. Diese Blütenstetigkeit sichert die reichliche Mehrfach-Bestäubung aller Blüten und damit die Befruchtung aller Eizellen im Fruchtknoten und damit den vollen Fruchtansatz.
- Weist eine Blütenart verschiedene Farben auf (Zinnien, Astern u.a.), so bleibt die Biene zwar bei dieser Art, wechselt aber dauernd die Farbe. Das weist darauf hin, daß für das Finden in der Nähe der Duft und der Geschmack ausschlaggebend sind und nicht die Farbe.
- Die Schüler teilen mit, daß Honigbienen an ganz verschiedenen Blütenarten vorkommen, also keine Futterspezialisten sind.

- Die Blüten werden nach dem Grad ihres Nektarangebotes mehr oder weniger lange besucht. Leere Blüten werden sofort abgelehnt. Das liegt daran, daß nicht nur der Rüssel und die Fühler, sondern auch die Vorderfüße Schmeckvermögen haben.

- Die Bienen besuchen auf einem Sammelflug zahlreiche Blüten. Bei kleinen Blüten werden viel mehr besucht als bei großen.

- Bestimmte Pflanzenarten werden auffallend stark beflogen: Manche Blüten "honigen" besonders stark. Aber das Nahrungsangebot hängt auch von der Tageszeit und vom Blütenzustand ab.

- Die große Bienenzahl legt nahe, daß die Bienen für die Tracht ein Nachrichtensystem ausgebildet haben.

Ergänzung:
Unter günstigen Verhältnissen - große Blüten, starke Nektarabsonderung, ruhiger Beflug an kühleren Tagen - ist es möglich, Bienen an Blüten mit Farbpunkten zu markieren, um zu erfassen, daß immer wieder dieselben Bienen zu den Blüten kommen (s. Kap. 7.1.2).

Aus dem Unterricht entsteht meistens eine ganze Reihe von Fragen, die entweder vom Lehrer beantwortet werden oder Anlaß für neue Beobachtungen sind, z.B.:

- Wie finden die Bienen den Ort, an dem die Pflanzen stehen?
- Warum bekämpfen sich die Bienen beim Sammeln nicht, obgleich sie doch eigentlich Nahrungskonkurrenten sind?
- Wie verhalten sich Bienen, wenn man die Blüten mit Parfüm verfremdet?
- Wie oft wird eine Blüte insgesamt wohl besucht?
- Warum sieht man niemals Drohnen auf Blüten?

4.3 Andere Blütenbesucher (Arbeitsblatt Tafel 16 - 18)

Neben der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft ist die ökologische besonders interessant. Pflanzen und Tiere gleicher Standorte bilden durchaus Ähnlichkeiten aus. Dies gilt auch für Pflanzen, die sich für die Bestäubung auf bestimmte Methoden eingestellt haben. Im Zusammenhang mit der Honigbiene interessieren nur die allgemeinen anderen Angepaßtheiten, nicht so sehr die sensationellen wie die Bestäubung von Feige durch die Yuccamotte oder die der Ophrys-Arten.

Windübertragung. Der Pollen wird in großen Mengen erzeugt, trägt keine Fortsätze zum Anheften, wird meistens an der Spitze der Pflanze oder außen angelegt. Windblütlerpollen ist fast allgegenwärtig. Beispiele sind: Hasel, Erle, Buche, alle Nadelbäume, alle Gräser, der Wegerich.

Wasserübertragung. Vor allem bei Vallisneria bekannt, wo sich die männlichen

Blüten insgesamt lösen und wie ein Floß zu den festsitzenden weiblichen schwimmen. Andere Nutzer des Wassers sind Hornkraut und das Seegras.

Hummeln. Sie haben wie die Bienen nur einen Rüssel von ca. 5-6 mm Länge, können Rot nicht von Grau unterscheiden, dafür aber Ultraviolett wahrnehmen. Entweder bieten Bienenblumen den Nektar verhältnismäßig frei an (Kirsche, Apfel) oder sind z.B. der Hummelform besonders gut angepaßt (Taubnessel, Sturmhut, Rittersporn, Akelei, Springkraut, Besenginster). Bienen- und Hummelblumen sind weiß, gelb, auch rosa oder blau und niemals rot.

Im Arbeitsblatt ist der Sturmhut abgebildet, der sehr giftig ist. Der Nektar ist in einem regelrechten Nektarkännchen verborgen, das nur zu erreichen ist, wenn die Hummel sich kräftig festhält, und zwei feste, den Raub verhindernde aber den Körper führende Kronenblätter zur Seite schiebt. Die abgesonderte Nektarmenge ist beträchtlich. Hierbei belädt sich die Hummel mit Pollen. Die Blüte ist zunächst männlich. Erst später wächst in der Blüte die Narbe nach, auf der dann eine andere Hummel den Pollen abgibt.

Fliegen und Käfer haben nur sehr kurze Mundwerkzeuge: Lecker und Tupfer, bzw. Kauer und Beißer. So muß das Nektarangebot für sie auf einer offenen Schüssel liegen. Efeu und Eßkastanie, auch viele Doldenblütler sind Beispiele. Einige, wie der Aronstab oder die Osterluzei fangen gar kleine Fliegen.

Im Arbeitsblatt wurde Ehrenpreis gewählt. Alle Arten der Gattung zeigen die Saftmale, die das Insekt leiten, und lediglich zwei Staubgefäße. Sie werden von Schwebfliegen bestäubt. Diese verharren im Fluge vor der Blüte und umfassen die Staubgefäße mit den Vorderbeinen. Sie tupfen sich den Blütenstaub auf die Bauchseite. Bei der nächsten Blüte wird der Staub von der Narbe "abgeleckt". Die Ehrenpreisarten sind zunächst weiblich, erst nach der Bestäubung reifen die Staubgefäße. Der Vorgang hat also eine andere Reihenfolge als beschrieben.

Tagfalterblumen bieten den Bestäubern in der Regel einen Lande- und Sitzplatz an. Dabei kann dieser von einer Einzelblüte gebildet werden wie bei Kornrade oder Karthäusernelke oder auch aus vielen Blüten bestehen wie bei Disteln oder Korbblütlern. Der Rüssel von Weißlingen, Perlmutterfaltern, Tagpfauenaugen ist knapp 2 cm lang. Die Blütenfarbe, die Tagschmetterlinge bevorzugen, ist oft ein fahles Rot.

Im Arbeitsblatt saugt der Falter den Nektar vom Blütengrunde der Karthäusernelke. Dabei pudert er die Kopfpartie mit Blütenstaub ein. Wenn alle Staubgefäße hochgewachsen sind, wächst erst die Narbe in die Region, die vom pollenbefrachteten Insektenkopf eingenommen wird; der Pollen wird übertragen. Während die Karthäusernelke vormännig ist, um eine Selbstbestäubung zu verhindern, reifen bei der Kornrade die männlichen Teile meist zuerst, oft aber auch zusammen mit der behaarten Narbe, so daß es bei Ausbleiben des Schmetterlingsbesuches zur Selbstbestäubung kommt.

Nachtfalterblumen bilden meistens eine lange Blütenröhre. Schwärmer unserer Fauna haben Rüssel bis 8 cm (Windenschwärmer) Länge. Alle Nachtfalterblumen duften stark, sind häufig von blasser Farbe und sondern Duft und Nektar vor allem in der Nacht ab. Einige Arten sind: Seifenkraut, Phlox, Nachtkerze, Petunie, Maiglöckchen, Geißblatt, Sansevierie, Kaffee, Winden, Ziertabak. Der Nektar befindet sich meist am Grunde der Kronenröhre, Pollen und Narbe am Eingang.
Das Arbeitsblatt enthält das Beispiel Nachtkerze. Sie öffnet sich in der Dämmerung innerhalb einer Minute. Zunächst hängt die Narbe schlaff herunter. Der Falter pudert seinen Kopf mit Blütenstaub ein. In der zweiten Nachthälfte strafft sich die Narbe. Beim Anflug tupft der Falter nun Blütenstaub auf die Narbe. Anders beim Geißblatt. Hier steht die Narbe zunächst etwas vor den Staubgefäßen und nimmt den Pollen auf. Der Rüssel des Schmetterlings wird mit Pollen dieser Pflanze jedoch ebenfalls beladen. Die Pflanze ist gleichzeitig männlich wie weiblich. Altert die Blüte, senkt sich die Röhre nach unten und bringt zur Selbstbestäubung sogar die Narbe mit den eigenen Staubgefäßen in Berührung.

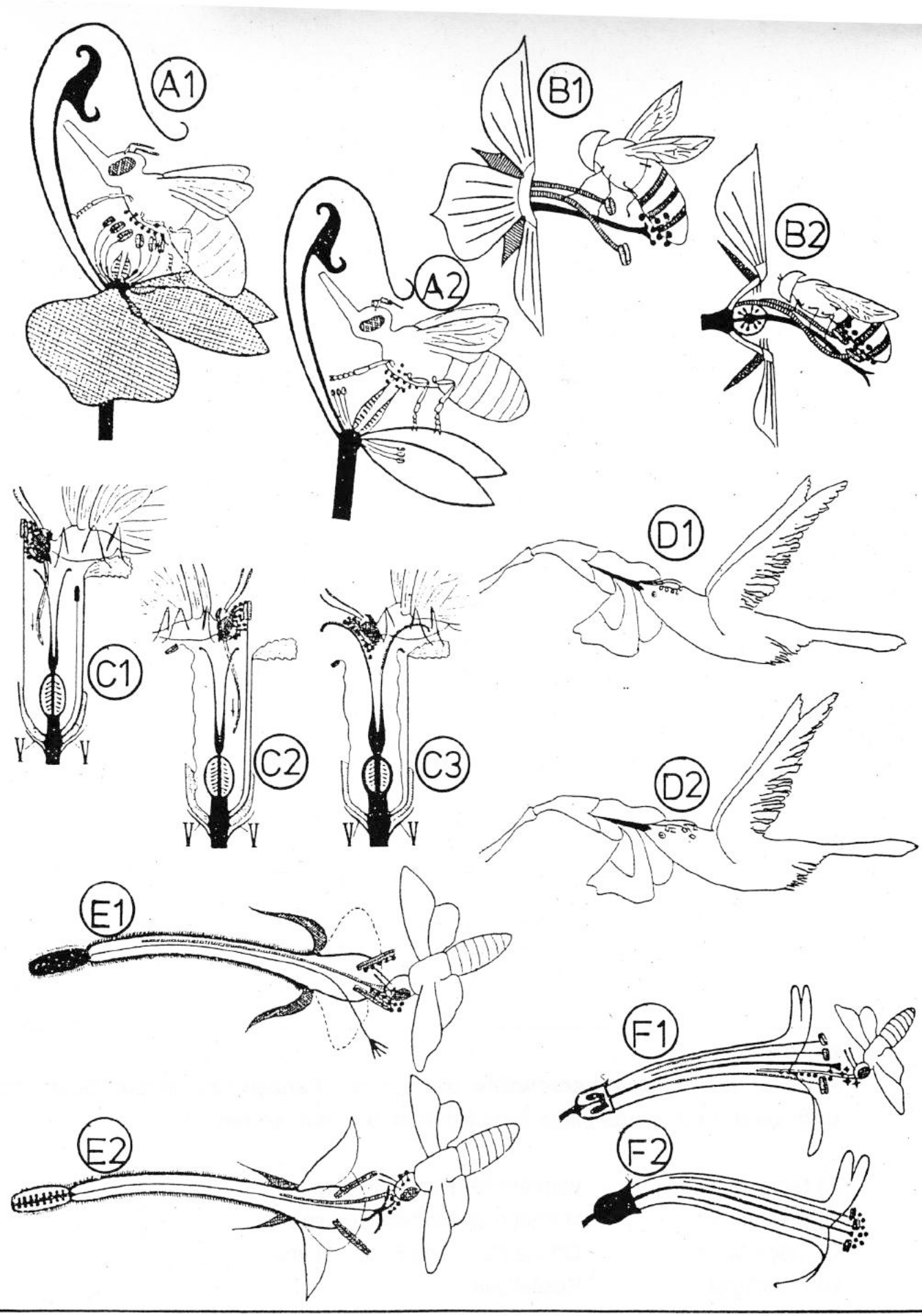
---

zu Tafel 16

Bestäubungsverläufe von Sturmhut, Ehrenpreis, Karthäusernelke, Feuersalbei, Nachtkerze und Geißblatt

A1) Sturmhut männliches, A2) Sturmhut weibliches Stadium
B1) Ehrenpreis weibliches, B2) Ehrenpreis männliches Stadium
C1) Karthäusernelke männliches, C2) Karthäusernelke männliches, C3) Karthäusernelke weibliches Stadium
D1) Feuersalbei männliches, D2) Feuersalbei weibliches Stadium
E1) Nachtkerze männliches, E2) Nachtkerze weibliches Stadium
F1) Geißblatt weibliches, F2) Geißblatt männliches Stadium; (Hier ist die Pflanze zuerst weiblich)

Quelle: Schoenichen 1902, Feuersalbei Tack



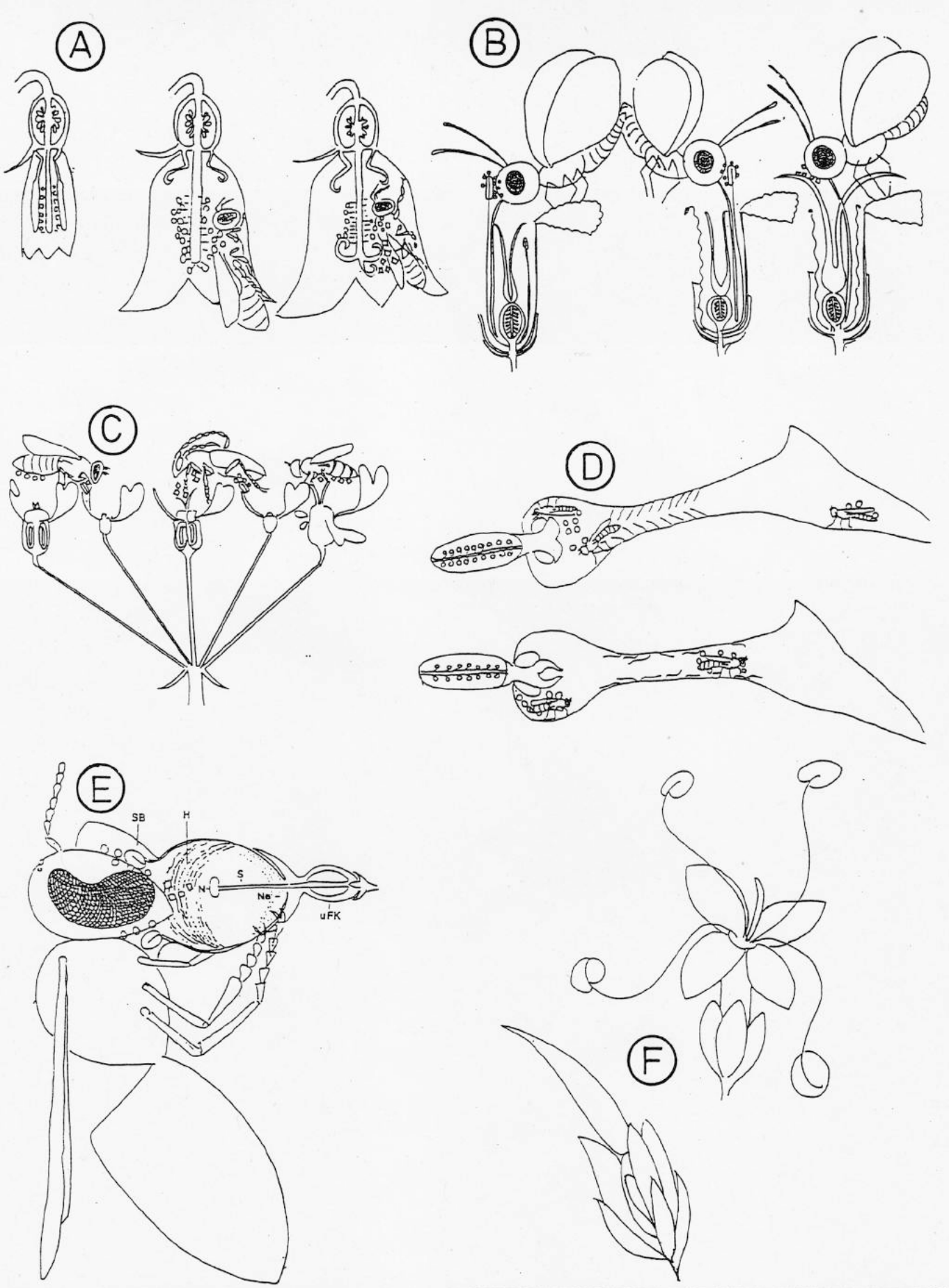
Tafel 16

Bestäubungsverläufe von Sturmhut, Ehrenpreis, Karthäusernelke, Feuersalbei, Nachtkerze und Geißblatt

zu Tafel 17

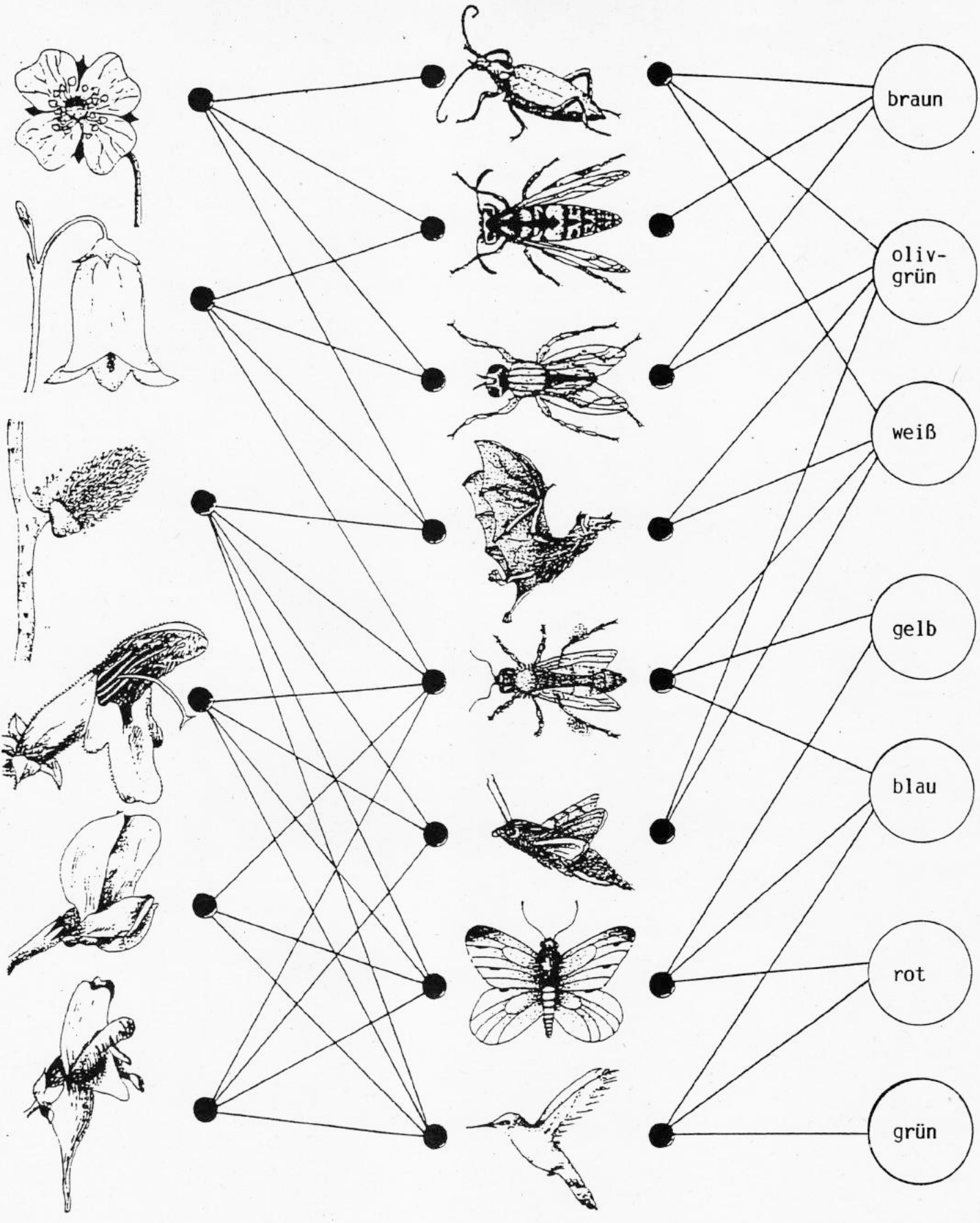
Arbeitsblatt: Blütenquerschnitte bekannter Pflanzen, zu denen Bestäuber und Bestäubungsvorgang beschrieben werden sollen

A) Glockenblume: vormännige Hummelblume
B) Seifenkraut: vormännige Nachtfalterblume
C) Wilde Möhre: Offene Käfer und Fliegenblume
D) Osterluzei: Kesselfalle
E) Schneebeere: Wespenblume
F) Wegerich: Windbestäubung



Tafel 17

Arbeitsblatt: Blütenquerschnitte bekannter Pflanzen, zu denen Bestäuber und Bestäubungsvorgang beschrieben werden sollen



Tafel 18

Arbeitsblatt: Blütenformen (links), Blütenfarben (rechts) und die Besucher (mitte)

Quelle: D. Heß

Blumenvögel gibt es in unseren Breiten nicht. Dennoch gibt es fast 1.400 Vogelarten, die sich aus Blüten ernähren und mit dem Nektar häufig auch Insekten aufnehmen. Das Farbspektrum der Vögel entspricht dem des Menschen. Sie bevorzugen rote Farben. Vogelblumen müssen robust sein. Ein paar Beispiele sollen wenigstens genannt werden: alle Fuchsien, alle feuerroten Salvien, viele Kakteen, Orchideen haben sich auf die Bestäubung durch Vögel eingestellt. Im Arbeitsblatt wurde als Art der Feuersalbei aufgenommen.

Andere Bestäuber. Es lassen sich z.B. regelrechte Wespenblumen erkennen oder auch solche, die durch Fledermäuse bestäubt werden (Nektar in Blütenschüsseln zum Lecken - Eucalyptus, Cobaea, die Glockenrebe) Ein Beispiel ist in Tafel 17 aufgenommen.

Arbeit mit den Arbeitsblättern (Tafel 16 bis 18)

Ziel: Die Schüler sollen erkennen, daß zwischen dem Bau der Blüte, dem Blühverlauf, dem Bau und dem Verhalten des Bestäubers Beziehungen bestehen. Aus diesem Grunde sind Schemabilder von solchen Pflanzenarten ausgewählt, die im Schulgarten gleichzeitig vorzufinden sind (etwa Anfang Juli, kurz vor den Sommerferien). Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Tafeln als Arbeitsblätter einzusetzen.

1. Die Schüler erhalten die Schemazeichnungen und werden aufgefordert, den Bestäubungsprozeß darzustellen. Nachdem sie ihre Deutung vorgetragen haben, wird sie korrigiert. Im Anschluß müssen die Arten in der Natur oder wenigstens als Teilpflanze bekanntgemacht werden.
2. Die Schüler erhalten von sechs Arten eine Blüte mit dem Auftrag, Bestäuber und Bestäubungsvorgang herauszufinden. Das wird erst ab Klasse 6 gelingen. Sie bekommen nach ihrem eigenen Versuch das Blatt mit den Schemabildern und werden sie wahrscheinlich schnell durchschauen und verstehen. Die Schwierigkeiten liegen vor allem darin, daß es für Schüler ungewohnt ist, sich den Blühvorgang als einen Prozeß vorzustellen und mit den Begriffen vormännig (oder : erst männlich) und vorweibig sinnvoll umzugehen.

Stehen die Blüten des Arbeitsblattes nicht zur Verfügung, wären folgende für Schüler besonders interessant: Berberitze, Knabenkräuter, Ginster, Lupine, Kornblume, Iris und Jungfer im Grünen.

Zur freien Verfügung sind als Erweiterung dieses hochinteressanten Themas zwei Tafeln angefügt: Tafel 17 (Arbeitsblatt) enthält Schemazeichnungen weiterer Bestäubungsvorgänge. Tafel 18 (Arbeitsblatt) faßt die Bestäubungsangepaßt-

heiten nach Blütenformen und Blütenfarben zusammen, wobei die Farben nur in Worte gefaßt werden konnten. Eine Arbeitsaufgabe könnte sein, eine Fotokopie dieses Blattes zu kolorieren.

4.4 Die Blütenuhr

Zur Versorgung des in steter Entwicklung befindlichen Bienenvolkes ist die Blütenstetigkeit der Bienen eine wichtige Bedingung. Sie allein reicht aber nicht aus: Die Blüten verschiedener Pflanzenarten öffnen sich zu unterschiedlichen Tageszeiten und geben auch dann nicht immer gleiche Mengen von Nektar und Pollen ab. Für Honigbienen und andere Bestäuber ist es deshalb wichtig, daß sie lernen können, wann verschiedene Blumenarten ergiebige Nahrungsquellen sind. Der Klatschmohn (Papaver rhoeas) z.B. öffnet seine Blüten um 5 Uhr früh, schließt sie aber schon um 10 Uhr morgens wieder. Sich für den Rest des Tages zur Ruhe zu begeben, wäre für das Bienenvolk eine schlechte Nutzung seiner Arbeitskräfte.

Bienen verfügen über eine "absolute" innere Uhr, d.h. ohne äußere Hilfe erscheinen sie auf die Minute genau am Futterplatz. Diese Fähigkeit ist sehr sinnvoll, erscheinen die Bienen doch zu den Öffnungszeiten der Blüten, wenn diese die größtmöglichen Mengen Nektar oder Pollen bereitstellen.

Man hat herausgefunden, daß Bienen sich nicht nur eine einzige Blühperiode einprägen, sondern bis zu fünf verschiedene Zeitintervalle im Tageslauf, zu denen sie Sammelflüge unternehmen. Darüber hinaus ist es ihnen möglich, an bis zu vier Tageszeiten Futter an vier verschiedenen Trachtplätzen zu suchen und sich dabei auch vier verschiedene Duft- und Geschmacksstoffe einzuprägen. Auf diese Weise kann die Tracht optimal ausgenutzt werden.
Das Phänomen der "Blütenuhr" hat schon Linné herausgefunden, als er im Botanischen Garten Upsala ein Beet als Blütenuhr anlegte. (s. Tafel 20) Die Nachforschungen ergaben zwar, daß Regenwetter und Kälte die Periodik beeinflussen, daß in anderen Gegenden die Zeiten sich verschieben: Insgesamt wurde aber die Tatsache bestätigt.

Arbeitsaufgaben. Vorstehend ist eine Tabelle mit Blühzeiten gegeben worden (Tafel 19). Sie besteht aus Namen, die den Schülern nichts sagen. Deshalb kann die Tabelle mehrfach genutzt werden.

Uhrzeit	Blüten öffnen sich bei folgenden Arten	Blühzeit
vor 6.00	**Bocksbart** (Tragopogon pratensis)	VI
	Klatschmohn (Papaver rhoeas)	VI
6.00 -7.00	**Roter Pippau** (Crepis aurea)	VI - VIII
	Weiße Seerose (Nymphaea alba)	VI -VIII
	Wegwarte (Cichorium intybus)	VII - VIII
7.00 - 8.00	**Huflattich** (Tussilago farfara)	III - IV
	Traubige Graslilie (Anthericum liliago)	V - VI
	Ackerwinde (Concolvulus arvensis)	VI - IX
	Echtes Johanniskraut (Hypericumperforatum)	VII - VIII
8.00 - 9.00	**Löwenzahn** (Taraxacum officinale)	V
	Stengelloser Einzian (Gentiana clusii)	V - VIII
	Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis)	VI - X
	Echtes Tausendgüldenkraut (Centaurium erythraea)	VII - IX
9.00 - 10.00	**Gartentulpe** (Tulipa gesneriana)	IV - V
	Acker-Ringelblume (Calendula arvensis)	V - X
	Karthäusernelke (Dianthus carthusianorum)	VI - IX
10.00 - 11.00	**Rote Schuppenmiere** (Spergularia rubra)	V - IX
	Zierliches Tausendgüldenkrau (Centaurium pulchellum)	VII - IX
	Eiskraut (Mesembryanthemum crystallinum)	
11.00 - 12.00	**Blutwurz** (Potentilla erecta)	VI - VIII
	Tigerlilie (Lilium tigrinum)	VII - VIII
18.00 - 19.00	**Jelängerjelieber** (Lonicera caprifolium)	V - VI
	Gemeine Nachtkerze (Oenothera biennis)	V - VI
19.00 - 20.00	**Weißer Stechapfel** (Datura stramonium)	VI - X
20.00 - 21.00	**Nickendes Leinkraut** (Silene nutans)	VI - VIII

Tafel 19/I

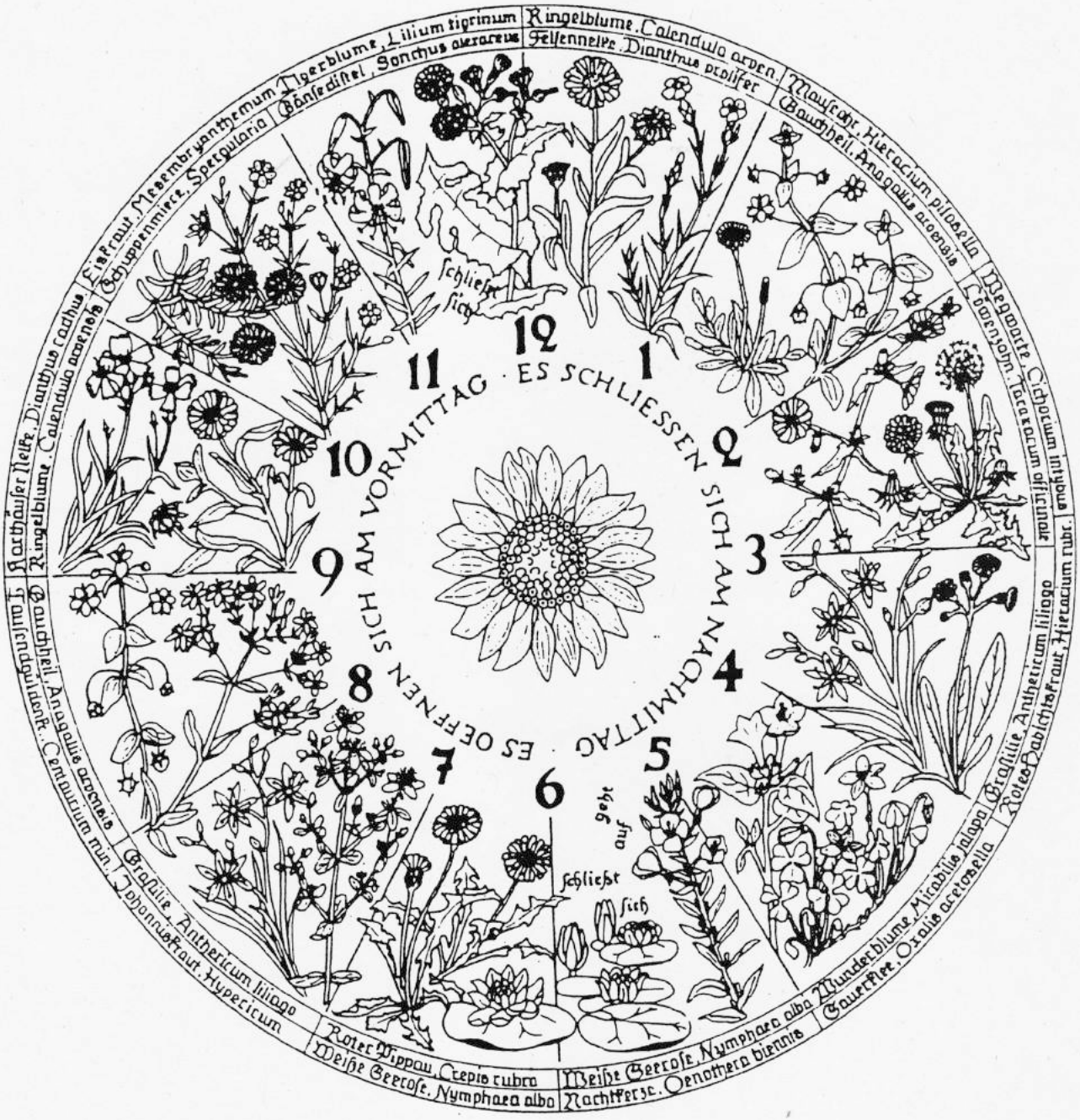
Öffnungszeiten bei Blüten

Quelle: Schulgartenhandbuch

Uhrzeit	Blüten schließen sich bei folgenden Arten	Blühzeit
10.00 - 12.00	**Klatschmohn** (Papaver rhoeas)	VI
	Bocksbart (Tragopogon pratensis)	VI
12.00 - 13.00	**Acker-Ringelblume** (Calendula arvensis)	V - X
	Kohl-Gänsedistel (Sonchus oleraceus)	VI - X
	Sprossende Felsennelke (Petrorhagia prolifera)	VI - X
13.00 - 14.00	**Kleines Habichtskraut** (Hieracium pilosella)	V - X
	Acker-Gauchheil (Anagallis arvensis)	VI - X
14.00 - 15.00	**Gemeiner Löwenzahn** (Taraxacum officinale)	IV - VIII
	Wegwarte (Cichorium intybus)	VII - VIII
15.00 - 16.00	**Traubige Graslilie** (Anthericum liliago)	V - VI
	Orangerotes Habichtskraut (Hieracium aurantiacum)	VI - VIII
16.00 - 17.00	**Wald-Sauerklee** (Oxalis acetosella)	IV - V
	Wunderblume (Mirabilis jalapa)	
17.00 - 18.00	**Weiße Seerose** (Nymphaea alba)	VI - VIII
	Eiskraut (Mesembrianthemum)	

Anmerkung:
Die Römischen Ziffern geben einen groben Anhalt für die Zeit (Monate), in der mit blühenden Exemplaren zu rechnen ist.

Tafel 19/II
Schließzeiten bei Blüten
Quelle: Schulgartenhandbuch



Tafel 20

Blumenuhr nach Linné, der 1747 in Uppsala ein Beet in dieser Weise bepflanzen ließ

Quelle: Schulgartenhandbuch

1. Die Schüler (Kl. 7-8) erhalten die Tabelle mit der Wettkampfaufgabe, möglichst viele dieser Arten zu beschaffen und für die Schule mitzubringen. Sie sind dabei auf die Hilfe von Fachleuten angewiesen. An den Sammelauftrag sollte sich ein Beobachtungsauftrag anschließen.
2. Die Schüler werden beauftragt, aus Botanischen Büchern Fotos der genannten Arten herauszukopieren und selber mit Hilfe dieser Bilder eine Blumenuhr zu entwerfen. Diese Arbeit kann auch mit der ganzen Klasse geleistet werden. Gruppenarbeit hat sich besonders bewährt.
3. Die Schüler einer "Eigenheimgegend" werden beauftragt, Arten ausfindig zu machen, deren Blüten sich im Tageslauf öffnen und schließen. Ein guter Termin dazu ist die Zeit, wenn Krokus und frühe Tulpen blühen, ein zweiter im Sommer, der allerdings oft in die Sommerferien fällt.
4. Sind Schüler sehr interessiert, können sie für weitere Arten das Öffnen und Schließen feststellen.

4.5 Die Bedeutung der Bienenbestäubung

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Honigbiene wird im allgemeinen auf die Honig- und Wachsernte bezogen, auf den Ertrag also, den der Imker gewinnt. Dieser Ertrag hält sich in Grenzen; vom betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkt aus lohnt sich die Bienenhaltung heute nicht mehr oder erst ab 300 Völkern. Das ergibt eine einfache Rechnung, die nicht einmal betriebswirtschaftlich angelegt ist, sondern nur einen sehr groben Wert gibt.

Der Durchschnittserfolg pro Volk und Jahr kann etwa mit 30-40 kg Honigertrag angesetzt werden, wobei "Wanderimker" weit höhere Erträge erzielen können. Das Kilo Honig kann heute mit einem Preis von 8-10 € angesetzt werden. Pro Volk sind also etwa 240 bis 400 € Einnahmen zu erzielen. Das macht für eine Imkerei von 20 Völkern 4.800 bis 8.000 € jährlich; für eine Großimkerei von 100 Völkern 24.000 bis 40.000 € . Allein für die Winterfütterung müssen etwa 12 - 15 kg Zucker aufgewendet werden. Jedes Volk muß 4-5 mal im Jahr kontrolliert werden. Das Honigschleudern kostet Zeit. Die Seuchenbekämpfung ist kostspielig. Eine gute Bienenbeute kostet bis zu 150 €. Kurz: Arbeitszeit am Band wird weit höher bezahlt als die Arbeitszeit eines Imkers. Im Nebenerwerb kann sich die Bienenhaltung auszahlen.
Für die Volkswirtschaft gibt es jedoch einen Punkt, der ökonomisch über die Maßen bedeutsam ist, aber im allgemeinen nicht beachtet wird: Gemeint ist die Bestäubertätigkeit der Bienen und ihr Nutzen für den Obstertrag. Er übertrifft den Nutzen für den Imker um ein Vielfaches. Setzt man z.B. den Ertrag an Äpfeln, die unter einem

Zeltdach ausschließlich von Honigbienen bestäubt werden, gleich 100 %, so erhöht sich der Ertrag bei freiem Zuflug aller Insekten nur um ca. 11 %. Sperrt man alle Insekten aus, schrumpft der Ertrag durch Selbstbestäubung auf 12 %. Man darf also schätzen, daß etwa 82-85 % der Apfelernte allein der Honigbiene zu verdanken ist.

Nachfolgend ist eine Tabelle aus verschiedenster Literatur zusammengestellt, die nicht ganz einheitlich aufbereitet werden konnte. Manchmal wird der Ertrag bei freiem Zugang gleich 100 % gesetzt, manchmal der Ertrag unter Schutzzelten, die nur von Bienen beflogen werden konnten. Auch fällt auf, daß bei Sonnenblume und Mohn der Ertrag bei freier Zugänglichkeit niedriger liegt als bei gelenkter. Dies hängt mit der Methode der Versuche zusammen. Bei freier Zugänglichkeit schwanken die Werte bei vielen Versuchen infolge der Wetterabhängigkeit des Fluges in großer Breite, so daß der Durchschnitt unter 100 % zu liegen kommen kann.

Ergebnisse über den Einfluß von Insektenbesuchen auf den Ertrag in %

Art, Autor	Ertrag bei Ausschluß aller Insekten (Selbstbestäubung)	Ertrag bei Zugang nur für Honigbienen	frei abgeblüht, Zugang aller Insekten
Apfel (Loevel u. Weiß)	**12,2 %**	**100 %**	**111 %**
Birne (versch. Autoren)	**1,65 %**	**-**	**100 %**
Kirsche (versch. Autoren)	**16,6 %**	**-**	**100 %**
Schwarze Johannisbeere (Pritsch)	**-**	**100 %**	**insbes. Hummeln 144 %**
Raps (versch. Autoren)	**68,7 %**	**100 %**	**114 %**
Sonnenblume (versch. Autoren)	**36,7 %**	**100 %**	**96 %**
Mohn (versch. Autoren)	**72,0 %**	**100 %**	**85,9 %**
Rotklee (Fechner u. Schlecht)	**0,33 %**	**100 %**	**insbes. Hummeln 172 %**
Weißklee (versch. Autoren)	**3,2 %**	**-**	**100 %**

Für den Unterricht ergibt sich aus diesen Fragen folgender Versuch:

Ziel: Die Bestäubungsleistung der Bienen soll experimentell ermittelt werden.
Vorgehen: Eine ganze Pflanze, bei Obstbäumen ein größerer Zweig, wird mit feinem Gardinentüll oder Wasserflohgaze vor der Blüte bienendicht eingehüllt. Bei exakten Versuchen wird die Zahl der Blütenknospen gezählt. Nach der Blüte wird die Gaze abgenommen. Die Ernteerträge gleichgroßer Zweige, gleichgroßer Pflanzen, gleichvieler Blüten werden miteinander verglichen.

Es muß sich um Pflanzen handeln, die Fremdbefruchter sind. Gute Ergebnisse werden erzielt bei Äpfeln, Birnen, Zwetschen, Kirschen, Heidelbeeren, Himbeeren, Brombeeren, Preißelbeeren, Weißdorn, Faulbaum, Schlehe, Eberesche oder bei den Ölfrüchten Raps und Rüben. Diese Versuche dauern bei Holzgewächsen ca. 4-5 Monate, bei Kräutern ca. 2 Monate.
Nach der Tabelle (siehe oben) und ohne Versuche lassen sich folgende Berechnungen anstellen:

1.) Ein mittlerer Schrebergarten bringt seinem Besitzer etwa 400 kg Äpfel, 100 kg Birnen, 75 kg Kirschen und 10 kg Schwarze Johannisbeeren. Rechne aus, wie hoch der Ertrag wäre, wenn im Flugumkreis des Gartens keine Bienen mehr vorhanden wären! Die Selbstbestäubungsrate liegt bei etwa 12 %.

2.) Ein Kilo guter Tafeläpfel soll etwa 3,00 € kosten.
Wie hoch würden die Kosten klettern, wenn es in der Nähe der Obstplantage keine Honigbienen mehr gäbe und der Ertrag deshalb auf 15 % der bisher geernteten Menge zurückginge? Der Verkäufer soll keinen Verlust erleiden.

5. Untersuchen von Waben

Die Beobachtung von Bienen an Blüten läßt allenfalls Vermutungen über das Bienenvolk zu, von dem die Schüler in der Regel nur unsicheres Vorwissen haben.

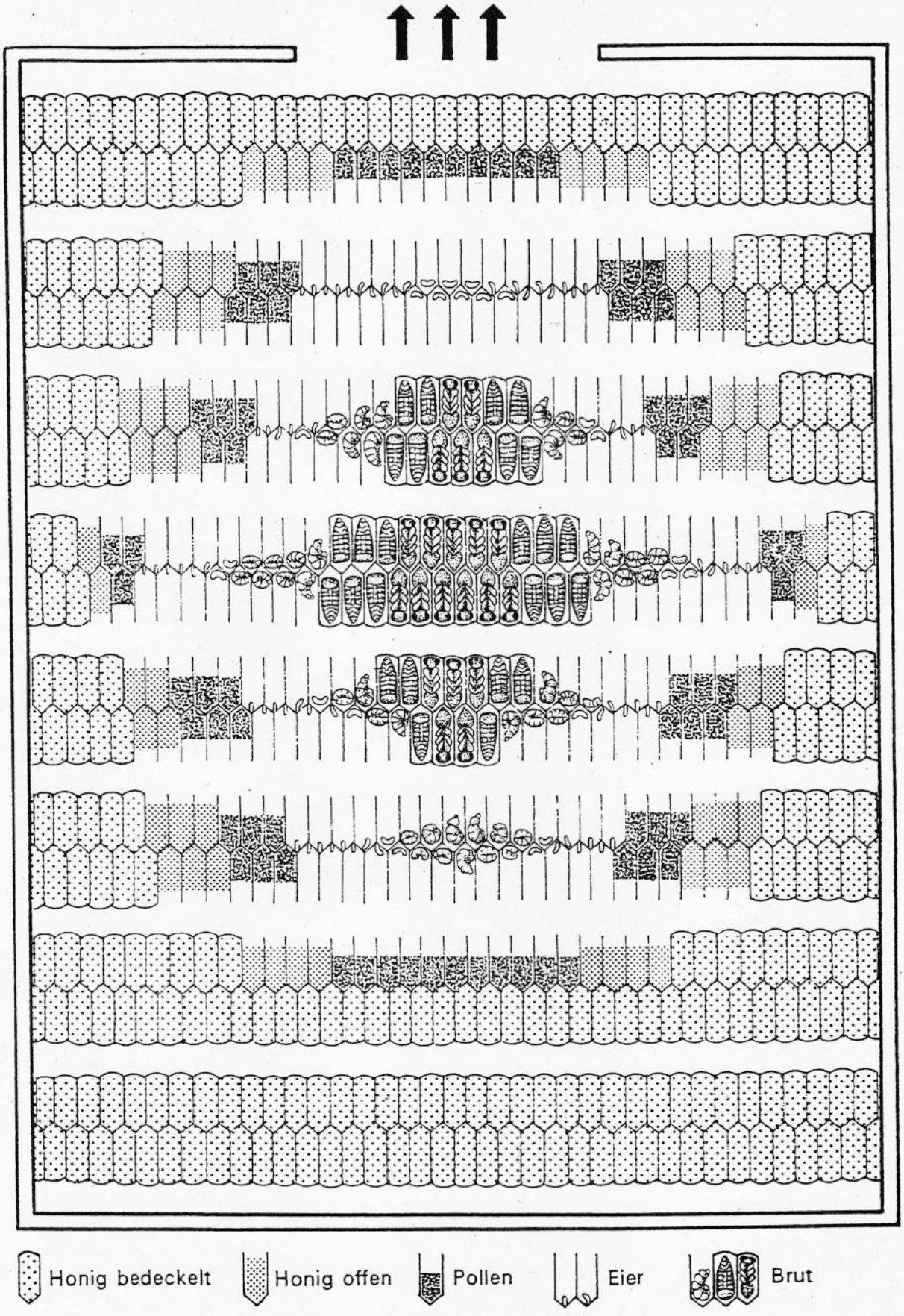
Auch wenn kein eigenes Bienenvolk und kein Imker zur Verfügung stehen, ist es verhältnismäßig leicht, über den örtlichen Imkerverband ausreichendes Wabenmaterial zu beschaffen, an dem sich viele Tätigkeiten bzw. Leistungen des Bienenvolkes ablesen oder demonstrieren lassen; man ist also keineswegs von vornherein auf audiovisuelle Medien angewiesen.

Material:
Folgende Waben, am besten in Holzrahmen, werden benötigt:
- Leerwabe mit Arbeiterinnenzellen
- Brutwabe mit Honig- und Pollenzellen
- Leerwabe mit Arbeiterinnen-, Drohnen- und Königinnenzellen
- Volle Honigwabe (muß u.U. erworben werden)
- Frische, helle Bauwabe (Baurahmen)
- Wabenrahmen mit unbebauter Mittelwand

Dieses Material reicht für viele Jahre bei entsprechender Lagerung: Aufhängen der Waben mit Abstandgebern in einer Holzkiste, die zur Abdichtung evtl. mit Plastikfolie auszukleiden ist. So werden die empfindlichen Wachswaben vor Beschädigung geschützt. Besonders wichtig ist der Schutz vor Mottenfraß. Unterläßt man dies, werden die Waben in kürzester Zeit von Wachsmottenbrut zerstört!

Außer diesen großen Waben beschafft man sich Stücke von alten Waben, schneidet sie passend und steckt sie in flache Plastikdosen. Kleingruppen können diese Stücke untersuchen, ohne daß sie sofort abgegriffen werden (s. Kap. 5.2).

Von einem größeren Brocken ausgeschmolzenen Bienenwachses nehmen Schüler gern Stücke zum Kneten in die Hand. Es lassen sich daraus reizende Figuren formen; der Duft dabei ist fast allen Schülern angenehm.



Tafel 21

Informationen über die Waben 1

Schema einer idealen Nestordnung, wie sie vor allem im Frühjahr auftritt. Die Wabe hat danach viele Aufgaben zu erfüllen; Quelle: Schweizer Bienenvater

5.1 Beobachtungen am Material (hierzu Tafel 21 und 22)

Bereits die **Arbeiterinnen-Leerwabe** gibt einen Eindruck von der dichten, gleichmäßigen Bauweise, die ein geordnetes Zusammenleben vieler Tiere auf engstem Raum ermöglicht. Das Auszählen der Zellen (lat. cella) ergibt beim Deutschen Einheitsrahmen ca. 2.400 Zellen auf jeder Seite (Genaueres weiter unten).
An einer **Brutwabe** mit einem Kranz verdeckelter Zellen im Mittelfeld läßt sich die Entwicklung eines Bienenvolkes sehr anschaulich darstellen. Sie kann nur für ca. 10-15 Min. einem lebenden Volk entnommen werden und ist nicht aufzubewahren. Die Tafel 21 zeigt eine Situation des Bienenvolkes in kühleren Jahreszeiten, insbesondere im Frühjahr: Die Königin beginnt an der wärmsten Stelle im Stock, also etwa auf der Mitte der mittleren Wabe, Eier an den Boden der Zellen zu heften und belegt in einer Rechtsspirale Zelle auf Zelle. Der Kranz verdeckelter Zellen zeigt an, wie weit die Königin in einer bestimmten Periode das Brutnest erweitert hat. Die Abbildung der Seitenansicht würde die kugelige Form des ganzen Brutnestes zeigen. Mit zunehmend wärmerem Wetter wird das Brutnest ausgedehnt, bis es schließlich unter günstigeren Umständen die ganze Wabe einnimmt und die Königin bei kontinuierlicher Eiablage - auch nachts - in 24 Stunden nahezu 2.000 Eier ablegen kann. In unseren Breiten steigt die Zahl kaum über 1.500 pro Tag.

Ein Ei wiegt etwa 1/8 Milligramm (0,132 mg), 2.000 Eier also rund 1/4 Gramm, das ist gerade so viel wie eine Königin durchschnittlich selber wiegt (0,23 g).

Scherzhafte Veranschaulichung: Wieviel Kinder müßte eine Mutter zur Welt bringen, wenn sie es dem Gewicht nach einer Bienenkönigin gleichtun müßte?
z.B. Gewicht der Mutter 60 kg
Gewicht der Neugeborenen 3 kg

Danach müßte eine Mutter an jedem warmen Sommertag 20 Kinder gebären, mithin in jedem Jahr mehrere 100 Kinder.

Biologisch ist ein solcher Vergleich nicht statthaft. Warum nicht, sollten die Schüler herausbringen. (Jedes Lebewesen ist auf seine Nachkommenschaft im Verlaufe der Evolution eingestellt. Ein Karpfen hat 1 Mio. Eier, ein Elefant 4-5 Junge im ganzen Leben).

Ein menschliches Ei hat laut Brockhaus etwa einen Durchmesser von 0,1 mm. Das Gewicht läßt sich berechnen, wenn man für das Ei eine Kugelgestalt annimmt und sein spezifisches Gewicht dem Wasser gleichstellt. Die Formel heißt: $\frac{4}{3}\pi\ r^3$, wobei r = 0,05 mm ist. Da das spez. Gewicht = 1 ist, heißt die Antwort $0{,}524 \times 10^{-3}$ mg (= 0,0005 mg). Das sind 0,000 000 000 5 kg. Bei 5 kg Geburtsgewicht wäre das Gewicht verzehnmilliardenfacht. Die Rechnung mutet so abenteuerlich an, daß man sie mit Hilfe eines Taschenrechners nachvollziehen möge. Ein Bienenei wiegt 0,132 mg. Abgerundet zu 0,1 mg erreicht eine Biene bei 0,1 g Gewicht nach 3 Wochen eine tausendfache Gewichtszunahme.

Die Königin müßte nach Ablauf eines Tages eigentlich völlig verbraucht sein, wenn sie ihr ganzes Gewichtsäquivalent in Eier umsetzt: Nur durch pausenloses Füttern mit Futtersaft der sie betreuenden Jungbienen, dem "Hofstaat", ist es möglich, daß sie bei 2.000 Eiern täglich alle 43 Sek. ein Ei absetzen kann.

Diese Zahlen geben auch Anlaß über den Namen und die Aufgaben dieses einzigen "Eierstockes" des ganzen Volkes nachzudenken. Ursprünglich hieß die Königin **der** Weisel, der Drohn aber **die** Drohne. Man konnte sich in einer patriarchalischen Gesellschaft nur vorstellen, daß ein männliches Wesen das Bienenvolk so weisheitsvoll regiert und die Drohnen nichtsnutzig und weiblich - der höfischen Gesellschaft nachempfunden - seien. Dabei ist die Königin, wie wir heute wissen, nicht viel mehr als eine "Eierlegemaschine", gleichsam eben der "Eierstock des Biens". Das Bienenvolk besitzt keine einem Menschenvolk oder Menschenstaat vergleichbare Führung, es wird lediglich durch bestimmte Duftstoffe der Königin

---

zu Tafel 22

Informationen über die Waben II

A) Baurahmen mit Arbeitsbienen-, Drohnen- Königinzellen
Quelle: Büdel-Herold, Schema: Jordan

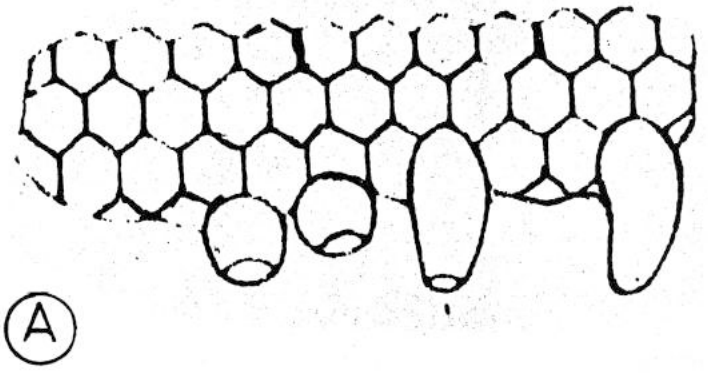
B) Stück einer Wabe mit Arbeitsbienen-, Übergangs- u. Drohnenzellen
Quelle: Leuneberger

C1+2) Zellaufsicht, Zellgrößen
Quelle: Lampeitl

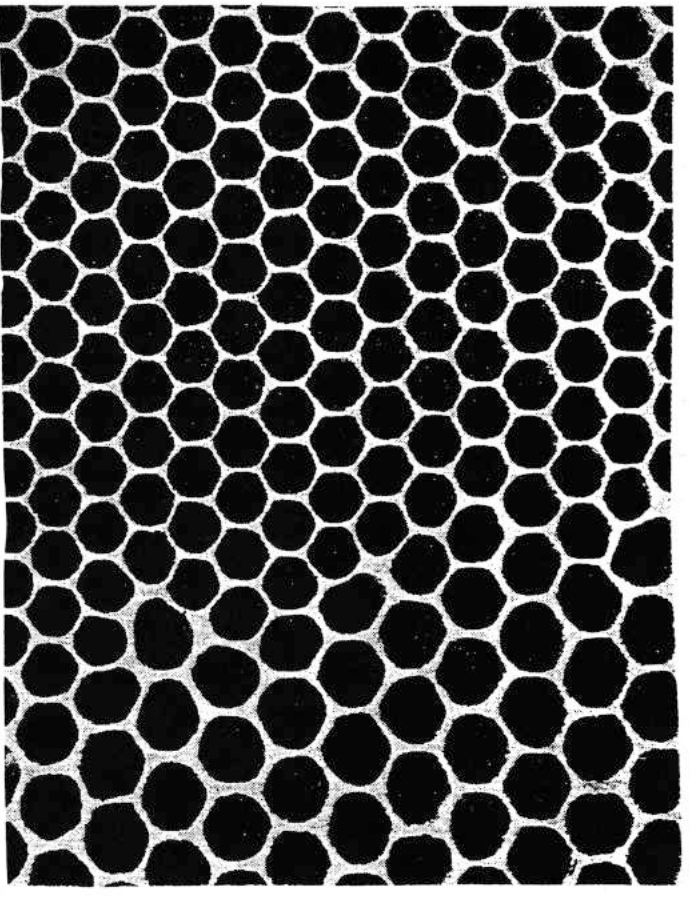
D1) Biene beim Abheben der Wachsplättchen von den Bauchschuppen

D2) Übernehmen der Wachsplättchen von den Kiefern

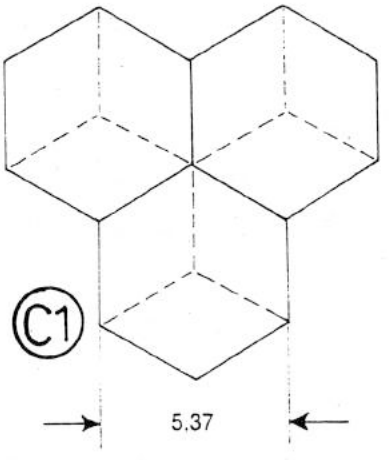
D3) Hinterbein mit Wachsschüppchen
Quelle: Zander-Weiß



A

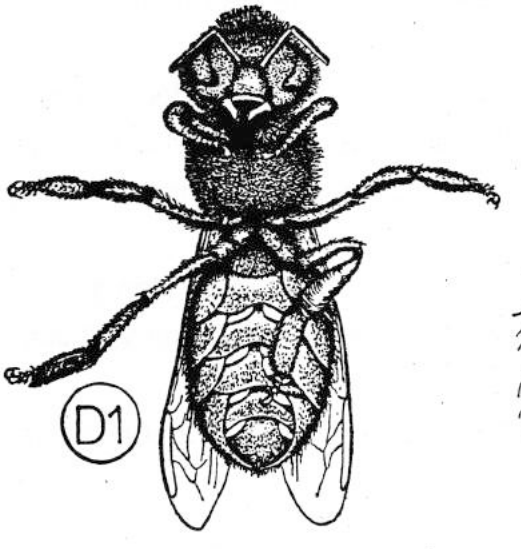


B

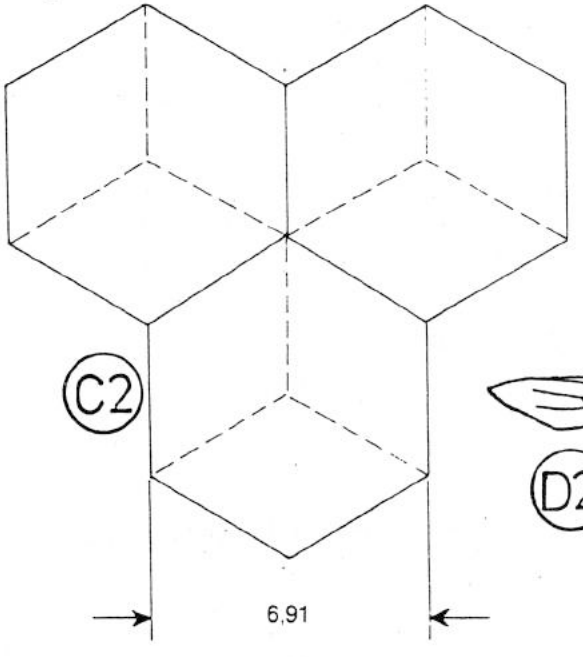


C1

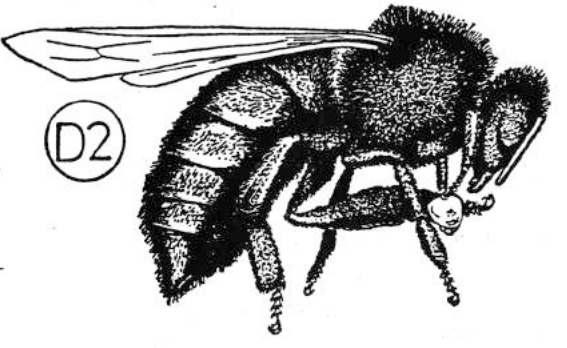
Durchmesser (mm) einer Arbeiterinnenzelle.



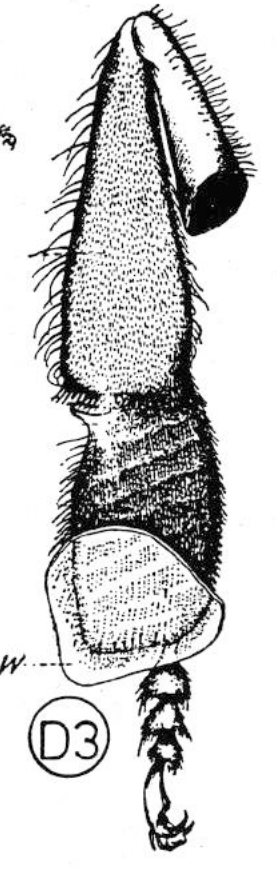
D1



C2



D2



D3

Durchmesser (mm) einer Drohnenzelle.

Tafel 22

Informationen über die Waben II

zu Tafel 23

Lösungen (Annäherungen):

1. 100.000 Flüge = 10.000.000 - Blüten

2. 30.000.000 - 300.000.000 Blüten

3. 200.000 - 300.000 Flüge pro Flug 50 mg Nektar
= 10.000.000 mg = 10.000 g = 10 kg Nektar
= 15.000.000 mg = 15 000 g = 15 kg Nektar

4. 10 kg Nektar = 3,5 kg Honig
15 Kg Nektar = 4,25 Kg Honig

5. Sie stimmen nicht mit der Wirklichkeit überein, weil diese Berechnungen keinerlei Störungen berücksichtigen wie niedrige Temperaturen, ungünstige Windverhältnisse, mangelndes Angebot.

7. 2,7 kg - 0,2 kg = 2,5 kg Honig
5 Gläser kann man damit vollfüllen

8. 2.500 g Honig = 2.500.000 mg Honig
= 5.000.000 mg Nektar

$$= \frac{5.000.000 \text{ mg Nektar}}{50 \text{ mg Honigblase}}$$

= 100.000 Honigblasen x 400 Blüten
= 400.000.000 Blüten

9. Bei 75 kg muß die Berechnung aus der vorhergehenden Aufgabe mit 30 multipliziert werden

10. 40 kg Pollen $= \frac{40.000.000 \text{ mg Pollen}}{20 \text{ mg Pollen/Höschenpaar}}$
= 2.000.000 Höschenpaare

Ein mittelgroßes Bienenvolk hat 10.000, ein sehr großes etwa 20.000 Flugbienen. Jede Biene fliegt im Durchschnitt 6-10 mal täglich, bei guter Tracht bis 20 mal täglich aus. Sie besucht zur Füllung ihrer Honigblase voll Nektar 100 -1000 Blüten. Eine volle Honigblase enthält im Durchschnitt 50 mg Nektar. Dieser ist noch stark wasserhaltig. 1 kg Nektar ergeben etwa 0,35 - 0,5 kg Honig. Beim Sammeln von Pollen wiegt ein Höschenpaar ca. 20 mg.

Fragen:

1. Wieviel Blüten besucht ein mittelgroßes Bienenvolk im Durchschnitt täglich?
2. Wieviel Blüten besucht ein starkes Bienenvolk bei guter Tracht?
3. Wieviel Nektar kann ein starkes Bienenvolk täglich eintragen?
4. Wieviel Honig kann aus dieser Nektarmenge hergestellt werden?

5. Warum stimmen diese Rechnungen nicht mit der Wirklichkeit überein?

6. Ihr erhaltet eine mit Honig gefüllte Wabe. Nehmt sie in die Hand und schätzt ihr Gewicht.
   Ich schätze das Gewicht auf _____kg.
7. Nun nehmt eine Waage, wiegt die Honigwabe und zieht vom Gesamtgewicht das Gewicht einer leeren Wabe ab.
   In der Wabe sind _____kg Honig.
   Man kann damit _____ Gläser voll Honig füllen.

8. Angenommen, die Bienen hätten im Durchschnitt zur Füllung einer Honigblase 400 Blüten anfliegen müssen.
   Wieviele Blüten mußten die Bienen anfliegen, um diese Wabe voll zu füllen, wie sie jetzt ist?
   Alle notwendigen Angaben findest Du unter 1.)

9. Ein Bienenvolk verbraucht für sich insgesamt jährlich etwa 60-80 kg Honig. Rechne die Anzahl der Flüge aus und die ungefähre Zahl der besuchten Blüten.

10. Ein Bienenvolk verbraucht pro Jahr ungefähr 30-50 kg Blütenstaub, Pollen. Wieviel Flüge werden für ein Kilogramm benötigt, wieviel für die gesamte Jahresmenge.

Tafel 23

Arbeitsblatt zur Arbeitsleistung der Bienen

zusammengehalten und gelenkt. Dabei üben die zahlreichen Aktivitäten eines Bienenstaates die einzelnen Bienen aus, die sich eher wie Zellen eines zusammenhängenden Organismus verhalten und nicht wie Individuen.

Die Brutwabe enthält rings um das Brutnest Zellen, die mit festgestampftem Blütenstaub in verschiedenen Farben gefüllt sind. Bienen eines Volkes befliegen gleichzeitig verschiedene Arten von Pollenquellen. Dies widerspricht nicht der geschilderten Blütenstetigkeit.
An den äußeren Rändern der Wabe, besonders oben, finden sich gelblichweiß verdeckelte Honigzellen. Im Gegensatz dazu liegen die meist mattbraun verdeckelten Brutzellen in der Wabenmitte. Fütternde Bienen haben die Larvennahrung immer nahe bereitliegen; das spart nicht nur Wege, sondern konzentriert besonders bei kühler Witterung alle Energie. Die Brut ist auf eine gleichmäßige Temperatur von etwa 35° C angewiesen.
Reinen Honig gewinnt der Imker, indem er in der unteren Wabenetage den Brutraum so eng hält, daß diese Waben weitgehend mit Brut belegt werden müssen. Ein darüber gelegtes Absperrgitter versperrt der Königin den Weg und zwingt die Arbeiterinnen, die Honigbereitung hauptsächlich in den darübergelegenen Wabenetagen vorzunehmen.

Die Leerwaben mit Arbeiterinnen-, Drohnen- und Königinnenzellen. Waben ohne Mittelwände werden mit Arbeiterinnen- oder Drohnenzellen ausgebaut. Im Frühjahr bauen die Bienen zunächst Arbeiterinnenzellen, später dann 100 bis 500 große Drohnenzellen, meist deutlich voneinander abgehoben, und danach errichten sie einzelne nach unten gerichtete Königinnenzellen mit äußerem verlaufenden Wabenmuster. Diesen Zellen entsprechen die drei Körperformen, die offenbar auch das Maß für die Zellgröße abgeben, nur werden alle drei Formen allein von den Arbeiterinnen gebaut (Tafel 22).

In den Maßen stimmen alle Arbeiterinnenzellen mit einem lichten Durchmesser von 5,4 mm überein. Alle Drohnenzellen haben 6,9 mm Durchmesser. Die Königinnenzellen bilden einen Zapfen von ca. 20 mm Länge. Bis heute ist unbekannt, wie die Einhaltung der Maße gesteuert wird. Interessant sind besonders jene Stellen, wo die Bienen vom Arbeiterinnenmaß ins Drohnenmaß überwechseln (Tafel 22).
Bei entsprechender Entwicklung des Volkes werden etwa ab Mai Drohnenzellen gebaut. Um dies unter Kontrolle zu behalten, hängt der Imker eine völlig leere Wabe ein, den Baurahmen. Er kann ihn ausschneiden oder belassen. Beim Ausschneiden kann er auch den Befall mit Varroa-Milben kontrollieren.

Die Größe der Zellen ist für die Königin mit Anlaß, **unbefruchtete** Eier zu legen. Bis heute weiß niemand so recht, wie die Königin merkt, ob sie befruchtete oder unbefruchtete Eier legen muß. Wahrscheinlich ist, daß die größere Drohnenzelle den Hinterleib zu einer anderen Krümmung zwingt als die Arbeiterinnenzelle und hierdurch die Samenblase geschlossen bleibt.

Die Eier, die in Königinnenzellen gelegt werden, unterscheiden sich in nichts von den Eiern in Arbeiterinnenzellen, aus denen bei Fortfüttern des Futtersaftes nach Überbauen der Zellen vollwertige Königinnen heranwachsen könnten. Sie sind befruchtet, also auf die Entwicklung einer weiblichen Biene ausgerichtet. Die Entscheidung, ob eine Königin oder Arbeiterin entsteht, hängt ausschließlich vom Futter ab. Arbeiterinnen werden dennoch zu Unrecht als verkümmerte Weibchen bezeichnet: Ihre Eierstöcke bleiben zwar in der Anlage stecken, wachsen aber bei Ausfall der Königin und Mangel an Larven, die noch keine drei Tage alt sind, teilweise heran. Die dann folgende Eiablage führt, da eine Begattung nicht stattgefunden hat, zur Drohnenbrütigkeit. Innerhalb der gleichen Art, Apis mellifica, gibt es eine Unterart, die Apis mellifica capensis, die regelmäßig parthenogenetisch sogar Weibchen hervorbringt, also nicht drohnenbrütig wird.

Die vielfältigen im angeborenen Rahmen zum Teil sogar dressierbaren Handlungen, die im Bienenvolk ablaufen, werden fast ausschließlich von den Arbeiterinnen ausgeführt, dazu gehören u.a. die Aufzucht, das Bauen, Nahrungsuchen und - anzeigen, die Honig- und Wachsbereitung, die Führung des Schwärmens und die Verteidigung.

Eine **volle Honigwabe** enthält 5-6 Pfund Honig; verständlicherweise wird sie bei der Beschaffung deshalb oft auch bezahlt werden müssen; sie sollte besonders vorsichtig und nicht zu warm aufgestellt werden, am besten in Klarsichtfolie verpackt. Die Zellen sind oft weit über die Rahmentiefe hinausgezogen, also tiefer als die Brutzellen. Meist ruft das enorme Gewicht einer Honigwabe bei Schülern Staunen hervor; vorherige Schätzungen sogar nach Anheben der Wabe im Vergleich mit einem 500 g Honigglas liegen meist bei 1-2 Glas und weniger.

Mit einer Haushaltswaage läßt sich aus der Differenz zwischen dem Gewicht der Honigwabe und dem einer Leerwabe leicht die Honigmenge ermitteln.

Eine Sammelbiene (Gewicht 1/10 Gramm) muß z.B. etwa 100 Apfelblüten oder 1.500 Kleeblüten besuchen, um einmal ihre Honigblase zu füllen; sie enthält dann etwa 0,04 g Nektar (vergl. Tafel 12).

Aus drei Teilen Nektar entsteht durchschnittlich ein Teil Honig. Um 500 g Honig zuzubereiten sind ca. 50.000 Sammelflüge erforderlich, bei denen evtl. über 50.000.000 Blüten besucht werden müssen. Diese enorme Leistung kann bei guter Tracht von einem starken Volk in kurzer Zeit erbracht werden. Bei ca. 10.000 Trachtbienen pro Volk läßt sich das leicht ausrechnen. Tagesleistungen von 3-5 kg Sammelgut sind auf sogenannten Waagstöcken gemessen worden. Eine **Bauwabe** zeigt die schürzenartig nach unten spitz zulaufende Wabenplatte aus hellem, fast weißem, brüchigem Wachs (Tafel 22).

Es wird daran deutlich, daß die Bienen ganz von selber gleichmäßige Wabenflächen bauen und dabei keinerlei imkerlichen Hilfe bedürfen. Daß sie sich der Rahmenvorgabe des Imkers bedienen, liegt nur daran, daß die natürlichen Abstände in den Rahmenmaßen beachtet wurden. Abweichungen kommen in begrenztem Umfang vor.
Die Bienen bauen von oben nach unten. Zahlreiche Bienen hängen sich zu einer Baukette aneinander, deren Form an der Gestalt der im Bau befindlichen Wabe abzulesen ist. Die zehn bis zwölf Tage alten "Wachsbienen" nehmen die Wachsplättchen von ihren Hinterleibsdrüsen ab und reichen sie den über zwölf Tage alten Baubienen weiter (Tafel 22).

Diese kneten das Wachs mit ihren Kauzangen (Mandibeln) zurecht und fügen Stück für Stück den ineinander verzahnten Zellen an. Die neue Zellwand ist 0,1 mm stark. Das helle Wachs der Bauwabe steht in Kontrast zu den oft dunkelbraunen Zellen älterer Waben: Die Bienen schleppen allen Unrat, z.B. abgestorbene Maden, aus dem Stock und putzen nach dem Schlüpfen der jungen Bienen als erstes die Brutzelle. Die Puppengespinste verbinden sich aber fest mit den Zellwänden, so daß sie in der Zelle bleiben, diese braun färben und deren Maße im Laufe vieler Nutzungen verringern. Die Gespinste lassen sich einfach veranschaulichen, indem man ein Wabenstück an der Sonne (im Wachsschmelzer) ausschmilzt. Noch besser und deutlicher werden die Hüllen sichtbar, wenn man ein altes Wabenstück in Benzin legt, bis alles Wachs herausgelöst ist.

Bienen sind also sehr sauber; nur das Material muß im Laufe der Zeit erneuert werden. Wild lebende Bienen ziehen auch deshalb in neue Höhlungen um.

Ein Wabenrahmen mit unbebauter Mittelwand zeigt, wie der Imker die Bienen veranlaßt, sich einem vorgegebenen Schema anzupassen, das freilich, so weit wie möglich, den natürlichen Verhältnissen entsprechen muß. Die Mittelwand spart Bauenergie zu Gunsten der Sammel- und Bruttätigkeit.

Die Wachsproduktion verbraucht immer Honig. Wachs ist ein Fettprodukt, das zu seiner Produktion die fünffache Menge Zucker verbraucht. Die Bienen nehmen übrigens sogar Mittelwände aus Plastik an, wie sie teils in Amerika Verwendung finden. Je nach der "Stimmung" muß der Imker manchmal auch vollständig fertige, leere Waben in das Volk einhängen. Das geschieht dann, wenn fehlende Tracht die Wachserzeugung einschränkt, er aber dennoch z.B. das Brutnest erweitern will (Zu diesem Kapitel gehört als Arbeitsblatt Tafel 23).

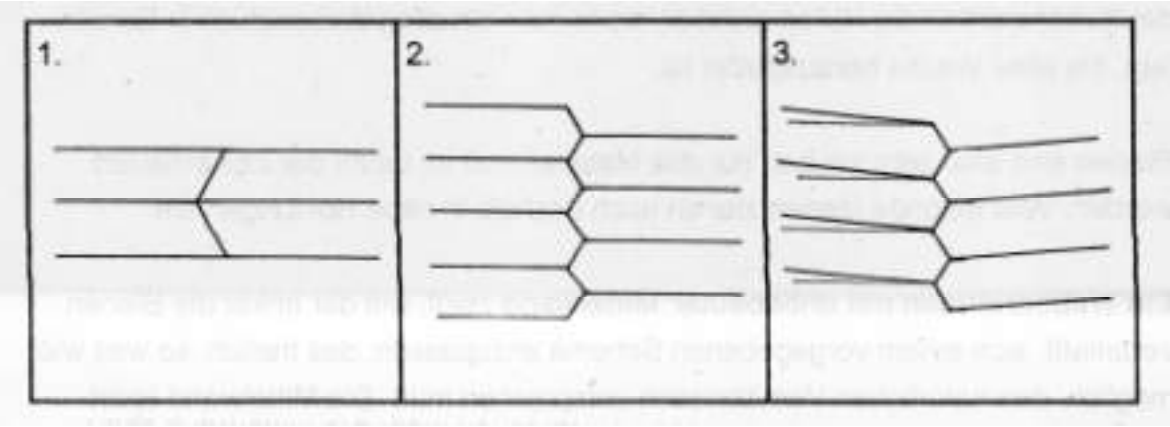
5.2 Bauweise der Zellen

Es hat sich bewährt, den Schülern Wabenstücke in flachen Plastikdosen zur Untersuchung in die Hand zu geben, wodurch die Waben vor dem sofortigen Beschädigen durch Abgreifen geschützt sind. Man verwendet Dosen, die in etwa der Dicke einer Wabe entsprechen. Bei etwas flacheren Dosen kann man evtl. Klötzchen als Abstandgeber verwenden und die Dosenränder verkleben. In der Aufsicht wird die sechskantige Bauweise meist schnell erkannt, auch wenn viele Zellen von oben zunächst eher rund erscheinen, bedingt durch die Verdeckelung.

Läßt man 10-15 Zweiergruppen je zehn Zelldurchmesser (von einer Seite zur

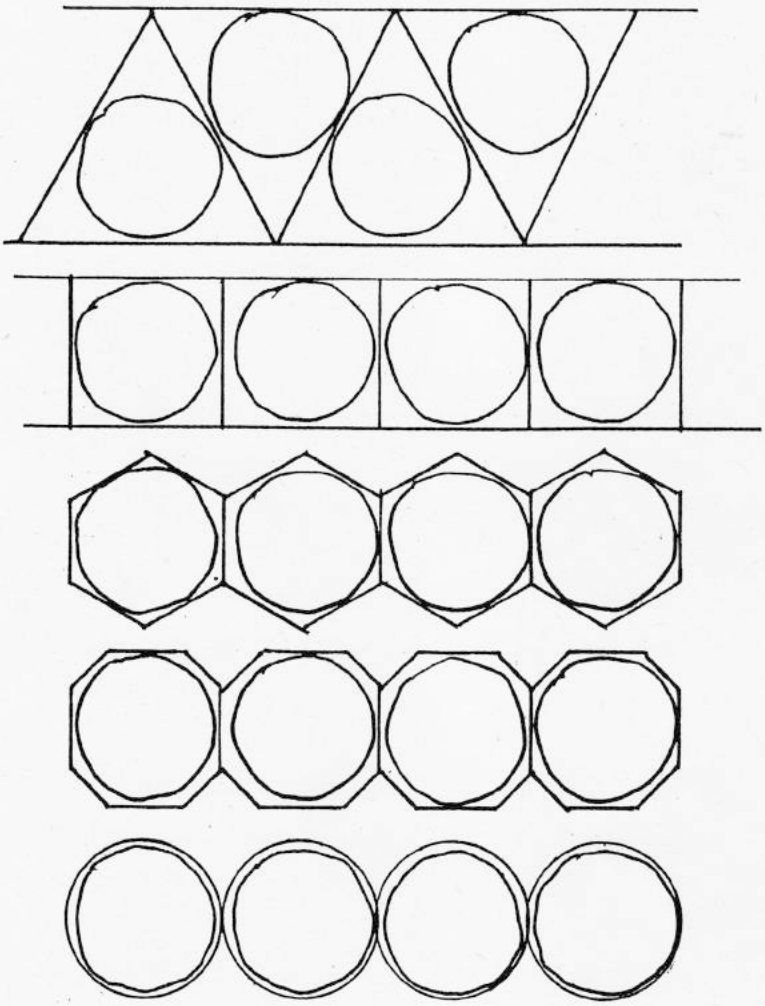
---

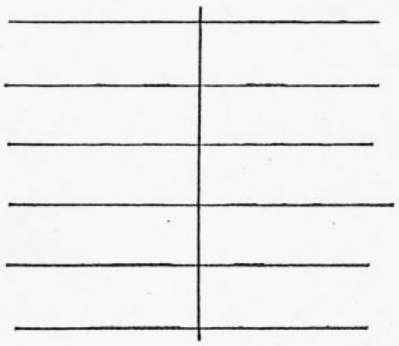
zu Tafel 24
Arbeitsblatt zur Form der Bienenzelle
Aufgabe 6
1. und 2.: mögliche Korrekturen der Schüler
3. endgültige Form



Arbeitsblatt

Nachfolgend sind einige geometrischen Figuren aufgezeichnet, in die jeweils ein Kreis eingeschrieben ist. Der Kreis stellt die Bienenmade dar. Untersuche die Formen. Welche kommen der Rundung am nächsten, haben den geringsten Flächenbedarf, den geringsten Materialaufwand und sind am stabilsten? Zeichne alle Formen weiter zu einem Stück Bienenwabe.





1. Welche Figuren passen lückenlos ineinander?
2. Welche Formen davon kommen der Kreisform am nächsten?
3. Ordne die Formen nach der Menges des Materialaufwandes für die Wände für je drei Zellen.
4. Versuche, die Formen nach ihrer Stabilität zu ordnen.
5. Welche Form stellt den besten Kompromiß dar?

Daneben sind Zellen im Schnitt als Kästchen dargestellt.

6. Korrigiere die Kästchenform so, daß bei sparsamstem Materialverbrauch eine größere Stabilität erreicht wird

---

Tafel 24

Arbeitsblatt zur Form der Bienenzelle

gegenüberliegenden Seite) messen und vergleichen, so ergibt sich große Übereinstimmung. Fehlmessungen fallen sofort auf. Das erste Ergebnis: Die Bienen bauen sehr gleichmäßig. Auch der Durchmesser ergibt sich, wenn auch einschließlich der Wandstärke von 0,1 mm. In der Durchsicht gegen das Licht wird deutlich, daß die Zellen zwar sechs Seiten gemeinsam mit je einer angrenzenden Zelle haben, aber nur eine der drei Grundflächen, die in die hintereinander liegenden Zellen verzahnt sind (Zum folgenden Text Tafel 24 - Arbeitsblatt).

Hat man genügend Waben, sollte man sie längs schneiden, dann entdecken die Schüler, wie die Zellen beider Wabenseiten miteinander verzahnt sind. Außerdem ist dann zu erkennen, daß die Zellen leicht nach schräg oben geneigt sind. Bei sehr alten Waben sind die Bodenkanten stark abgerundet, so daß die Schüler den Bau der Zelle nicht mehr genau erkennen können; frische Drohnenzellen zeigen den Aufbau besonders gut.

Da das Zeichnen der Struktur schwierig ist, kann man z.B. von nebenstehender Vorgabe ausgehen, die die Schüler dann in zwei Schritten korrigieren (Tafel 24).

Diese Arbeit ergibt die Einsicht, daß durch diese Bauweise mit geringstem Materialaufwand und Gewicht (jede Wand wird zweiseitig genutzt), eine statisch optimale Bodenverzahnung mit höchstmöglicher Stabilität und lückenloser Platzausnutzung erreicht wird, die übrigens auch für die Wabenformung z.B. im Flugzeugbau Vorbild gewesen ist. Dort wird allerdings sehr starres, festes Baumaterial benutzt. Dagegen ist Bienenwachs bei 35 ° C außerordentlich weich. Das läßt die Festigkeit einer Bienenwabe, sie kann 3 kg Honig aufnehmen, noch erstaunlicher erscheinen.

Man kann mit aufeinandertreffenden Seifenblasen zeigen, daß kugelige Formen unter Druck sich entsprechend verformen. Am besten verwendet man für die Blasen eine Mischung von zwei Teilen Spülmittel und einem Teil Glyzerin, die einmal durch einen Strohhalm frei abgeblasen, ein andermal aber in ein Marmeladenglas eingeblasen werden.

Daß die sechskantige Wabenform aber nicht zwangsläufig entsteht, zeigen zum Beispiel die runden Brutnäpfe der Hummeln, denen es freilich bei der geringen Volksgröße nicht auf optimale Platznutzung ankommen muß. Auch die Königinnenzellen weisen deutlich das Sechseckmuster auf der Außenfläche auf, wo es anscheinend als Wandverstärkung wirkt, ohne daß es hier speziell dieses Musters bedurft hätte. *Die Bienen bauen offenbar erbkoordiniert Sechseckzellen. (s. S. 62)* Die optimale Flächennutzung durch die Sechseck-Bauweise läßt sich leicht durch

Übereinanderprojizieren verschiedener regelmäßig gleichseitiger geometrischer Formen gleicher Größe zeigen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Zellen der runden Form so nahe wie möglich kommen müssen, da einerseits die Maden und Puppen einen kreisförmigen Querschnitt haben und andererseits die Reinigung der Zellen, aber auch Einlagerung und Entnahme von Honig und Pollen durch spitzwinklige Ecken behindert würden.

Drei-, Vier- und Sechs-Ecke passen zwar lückenlos aneinander, aber nur das Sechseck bieten den Maden fast lückenfreien Wandkontakt und weist nur stumpfwinklige Ecken auf. Alle anderen Formen einschließlich des Kreises bilden tote Zwickel.

5.2.1 Wabenbau - Geometrie

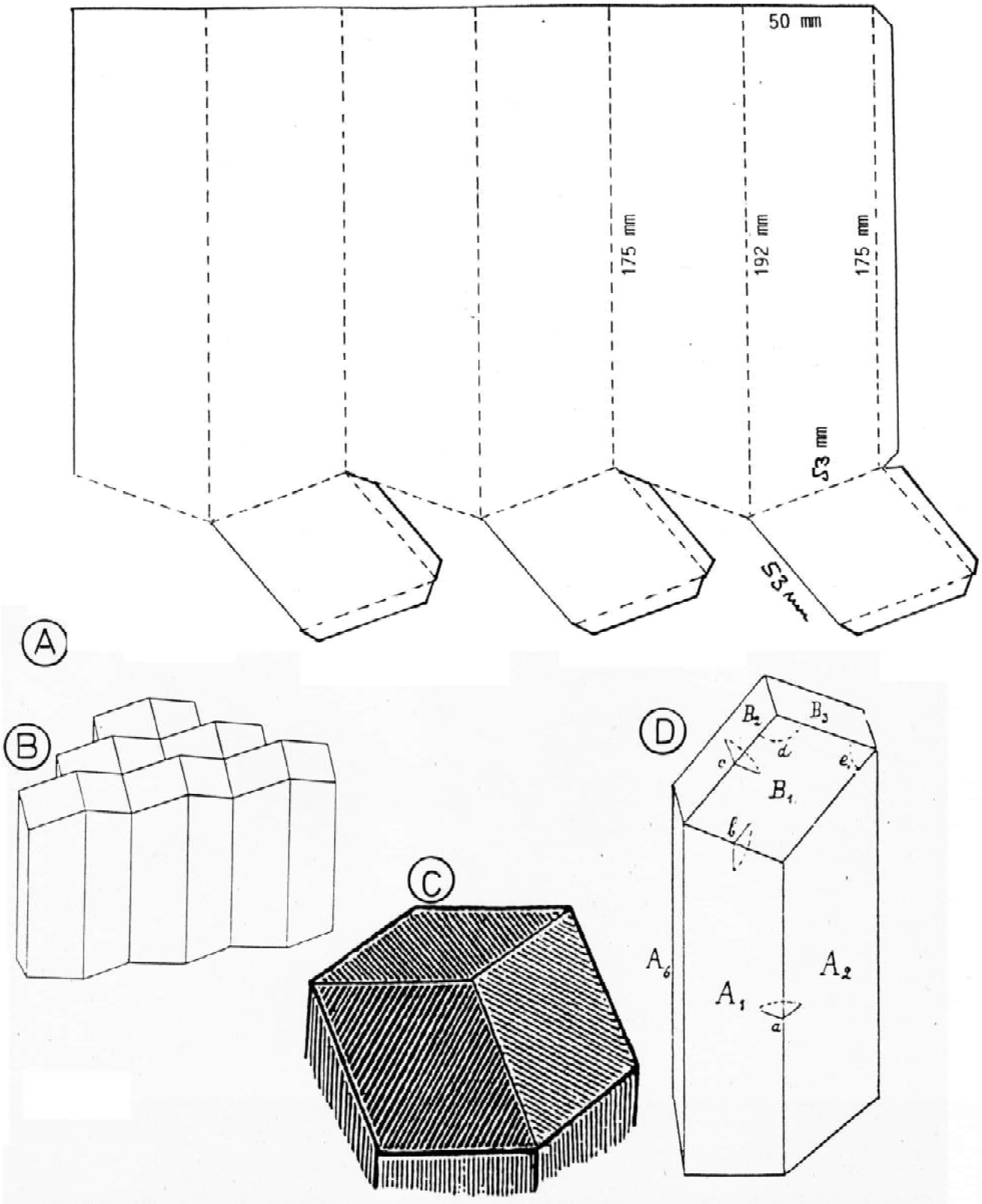
Die fertige Wabe ist von zwei Schichten von Hohlkörpern, den Zellen, lückenlos erfüllt. Alle diese Körper sind deckungsgleich (kongruent). Die Verzahnung der Schichten wird deutlich, wenn man eine Wabe genau senkrecht durchschneidet. Hält man ein Wabenstück gegen das Licht, zeigt sich, daß die sechsseitige Zelle nicht durch 6, sondern nur durch 3 Rhomben verschlossen ist. Die vorliegende Verzahnung der beiden Zellschichten ist bei sechsseitigen Prismen nur möglich, wenn eine Maraldische Pyramide aufgesetzt ist (Giacomo Maraldini, ital. Astronom 1665-1729; hierzu Tafel 25 - Arbeitsblatt).

---

zu Tafel 25

Schnittmusterbogen zum Nachbau einer einzelnen Bienenzelle

A) Schnittmusterbogen zum Nachbau einer einzelnen Bienenzelle
   Die Maße beziehen sich auf eine 10fache Vergrößerung
B) Stück einer halben Bienenwabe
   Quelle: Allgem. Imkerzeitung
C) Vergrößerung der Maraldischen Pyramide
   Quelle: Leuenberger
D) Die Flächenwinkel einer Bienenzelle
   Quelle: Zander-Weiß



Tafel 25

Arbeitsblatt: Schnittmusterbogen zum Nachbau einer einzelnen Bienenzelle

Für die Bienen bedeutet diese Bauweise der Waben den geringstmöglichen Aufwand an Baumaterial. Trotz des geringen Eigengewichtes der Wabe sind Tragkraft und Festigkeit außerordentlich hoch. Im Flugzeugbau wird von der günstigen Eigenschaft einer derartigen Konstruktion Gebrauch gemacht, meist allerdings ohne die komplizierte Maraldische Pyramide.

5.2.2 Wabenbau. Ablauf und Modellbogen

Beim **Bau der Waben** verwenden die Bienen vier Techniken:
- Wachs **anheften** durch anpressen mit den Kauzangen
- Wachs **abnagen** oder abschaben
- Wachs fein **verteilen**, durch Aufteilen von Krümchen
- Wachs **glätten**, indem sie die halbgeöffneten Kiefer über den Untergrund schieben.

Den Bienen ist es nicht möglich, die uns geläufige Technik des Modellierens zu nutzen, sie können das Wachs also nicht durch Druck und Zug zurechtformen.

Beginn des Wabenbaues: "Der wahre Anfang einer Wabe ist ein regelloses Feld von Wachstupfen, von denen einer größer wird als die anderen und die Gestalt eines kurzen, plumpen Kieles gewinnt, der vom Dach der Behausung nach unten weist und alsbald eine erste seitliche Vertiefung bekommt" (Ulrich).
Der Wabenbau geht nun folgendermaßen weiter: Am Rande der wachsenden Wabe bleibt ständig der Kiel mit seitlichen Vertiefungen bestehen. Der Imker kann die Bautätigkeit anregen, indem er Waben kielartig "anschärft". Die Bienen heften immer erneut Wachsklümpchen unten an und schaffen seitliche Vertiefungen, sie "kuhlen". Solche Kuhlen werden von allen Seiten weiter ausgearbeitet, bis das Mittelwandmuster entsteht, von dem aus später die Zellen aufgebaut werden.

Soweit sich dies Vorgehen überhaupt schildern läßt, reicht es nicht aus, das Entstehen des Wabengefüges zu erklären.

Anders als bei menschlicher Arbeitsweise scheinen die Bienen in unstetem Durcheinander zu bauen. Am ehesten läßt sich das Bauen der Bienen als eine rhythmische Tätigkeit verstehen, die kein planmäßiges Bauwerk zustande bringt, sondern lediglich ein Muster produziert, daß da endet, wo es an Grenzen wie den Rahmen stößt.

Nach dem **beigegebenen Modellbogen** (Tafel 25) können die Schüler leicht eine ganze Serie von Bienenzellen bauen, die miteinander verklebt das Wabenmuster einer Seite ergeben. Läßt man 2 Partien verkleben, dann können beide mit den **Böden** zusammengesetzt ein vollständiges Wabenstück darstellen.
Entsprechend lassen sich in vergrößerter Form solche Zellen aus durchsichtigem gelben Plexiglas herstellen. Plexiglasverarbeiter besorgen den Zuschnitt und auch das Verschweißen.

Für ein maßstabgerechtes Bauen kann man die Bauvorlage leicht mit Hilfe eines Fotokopierers so vergrößern, daß sie genau dem gewünschten Maßstab entspricht. Im Modellbogen sind die absoluten Zahlen für eine zehnfache Vergrößerung des originalen Zellenmaßes angegeben.

Ergänzung: Inzwischen hat man herausgefunden, dass die Sechseckform der Zellen mit den physikalischen Eigenschaften des Wachses zusammenhängt: Die Bienen bauen runde Zellen, erhitzen diese aber mit ihrer Körpertemperatur auf etwa 40° C, woraufhin das Wachs seine kristalline Form ändert und aufgrund der Spannung mit den Nachbarzellen platte Wände ausbildet: die Sechseckform. (vergl. TAUTZ, S. 161 ff: Der Wabenbau)

6. Die Arbeitsbiene

Je nach Witterung und Blütentracht können Schüler Bienen in aller Ruhe an Blüten beobachten. Sie können dann zwar nicht viele Einzelheiten erkennen, aber einen lebhaften Eindruck von den kleinen Tieren bekommen. Ehe der Körperbau untersucht wird, sollten die Schüler das eifrige Umherlaufen auf einer Blüte, das Vorstrecken des Kopfes und Saugen mit dem Rüssel, das Herumwühlen im Pollen oder das plötzliche Auffliegen in kreisendem Flug beobachten. Trotz der starken Körperbehaarung erfassen die Schüler dabei die Dreiteilung des Bienenkörpers und auch die wichtigsten äußeren Organe.

Dieser Eindruck von dem kleinen Tier könnte als Motivation für die Beschäftigung mit Leben, Entwicklung und Orientierung der Bienen reichen. Danach sollte man jedoch einige Insekten vom Bau- und Leistungsplan her buchstäblich unter die Lupe nehmen. Die Biene, die unter allen Kerbtieren die wissenschaftlich am besten untersuchte Tierart ist, kann als Modellfall für ein Insekt gelten. Der Vergleich mit anderen Insekten oder auch Wirbeltieren gibt über gleichartige und unterschiedliche Lösungen der Bau- und Funktionsbeziehungen Auskunft.

6.1 Beobachten lebender Bienen mit der Lupe (geeignet ab Klasse 4)

Bienenbeobachtung, lebende Bienen
Ziele: Kennenlernen des Körperbaus einer lebenden Biene. Erste einfache Beobachtungen, Abbau der Angst vor Bienen.

Durchführung: Mit Deckel und Boden einer Petrischale nimmt man (Lehrer oder Schüler) von gut beflogenen Blüten für je zwei Schüler eine Biene ab (s. Arbeitsblatt links oben, Tafel 26).

Die Bienen dürfen nicht länger als 20 Minuten in der Dose bleiben, da sonst die Gefahr besteht, daß sie eingehen. Sie leiden zwar keinen Luftmangel; aber der Isolierstreß führt zum Verbrauch aller Kraftreserven.

Nach der Betrachtung und Untersuchung öffnen die Schüler im Freien die Dose und lassen die Biene abfliegen. Dabei ist gut zu beobachten, wie die einzelne Biene zunächst in Orientierungskreisen aufsteigt, um dann in ihren Stock zurückzukehren. Manchmal sind die Bienen dann geschwächt und träge. Man läßt sie dann mit einem Ruck auf Beete oder Büsche fallen, nicht aber auf Wege, wo sie zertreten werden könnten.

Lupen mit bikonvexen Linsen und 6-8-facher Vergrößerung sind für die Beobachtung besonders geeignet. Standlupen sind bei sich bewegenden Objekten ungeeignet.

Der Umgang mit der Lupe muß geübt werden. Meist werden sie viel zu weit weg vom Auge gehalten. Das führt zu störenden Spiegelungen und zur optisch unzureichenden Nutzung der Vergrößerung und des Sehfeldes. Die richtigen Abstände Objekt-Lupe-Auge betragen ungefähr **je 3 cm**! Auf einen guten Lichteinfall von der Seite ist zu achten.

Vor dem Einfangen der Bienen muß festgelegt werden, worauf sich die Beobachtung richten soll: **Gliederung des Körpers** (sie ist durch Behaarung erschwert zu erkennen); **sichtbare Organe** wie Rüssel, Flügel (meist sind sie nur als ein Paar zu erkennen); **Hinterleib** (alle Beine nach Gliederung und Bewegungsweise).

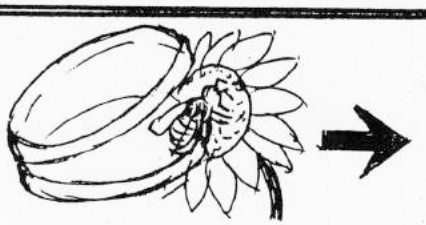
Besondere Beobachtungen, wie Duftsterzeln einer Biene, Putzen der Fühler sollte der Lehrer anregen. Als besonders ergiebig haben sich drei spezielle Beobachtungen erwiesen:

- Wohin stellt die Biene die Vorderbeine, wenn sie Honig saugt?
  Unterscheide den Beginn und den Verlauf der Nahrungsaufnahme!
- Wie bewegen sich die Fühler bei der Nahrungsaufnahme?
  Mit den Armen läßt sich das gut nachahmen.
- Wie saugt die Biene den Honig?
  Zweckmäßig werden die Petrischalen mit den Bienen **umgekehrt** auf einen hellen Untergrund, z.B. Schreibpapier gestellt. So wird verhindert, daß die Schale aus Versehen geöffnet wird. Die Unterlage soll das dunkle Objekt aufhellen.

Die Beobachtungen müssen besprochen und festgehalten werden. Tafel 26 gibt die Grundlage zu selbsttätigen Beobachtungen. Dabei soll der Vergleich mit den Beobachtungen der Mitschüler zur Kennzeichnung des typischen Verhaltens führen, das im Einzelfall anders verlaufen kann, weil die Bienen unterschiedlich alt sind, unterschiedlichen Nektarvorrat haben und noch andere nicht feststellbare Einflüsse eine Rolle spielen.

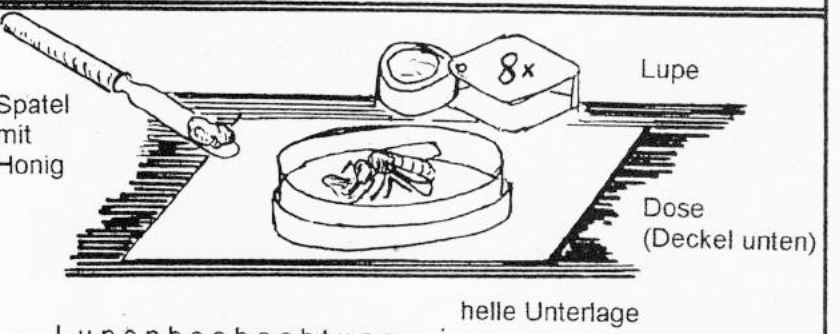
Einzelhinweise: Das Erkennen der Körpergliederung wird durch die starke Behaarung junger Sammelbienen erschwert: Bei alten Bienen wirkt besonders der Hinterleib - abgesehen von Rassenunterschieden - dunkel und glatt durch den

Bienenbeobachtung in einer Petrischale

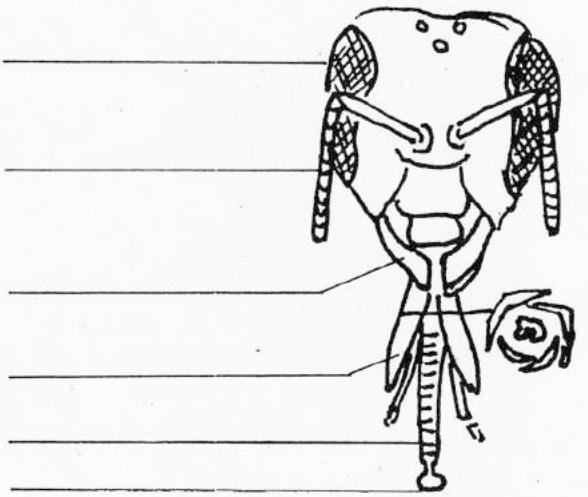


Fange eine Biene an einer Blüte mit einer Sichtdose!

Lasse sie nach etwa 20 Min. wieder fliegen!



Lupenbeobachtung einer Biene



Gliederung	äußere Organe
vorne (Kopf)	1.
	2.
	3.
	4.
Mitte (Brust)	1.
	2.
hinten (Hinterleib)	1.

Gib nach einigen Minuten vorsichtig einen Tropfen Honig in die Schale.

1. Wohin stellt die Biene beim Honigsaugen die Vorderbeine?
   Zu Beginn: _____ Beim weiteren Saugen: _____
   _____
2. Womit schmecken die Bienen?
   _____
3. Wie saugt die Biene Honig? Nimm eine Lupe. Beschreibe!
   _____
4. Wie bewegt die Biene die Fühler am Honig? Ahme es mit beiden Armen nach!
   Was bedeutet das? Womit riecht sie?
   Ergänze nach dem Bericht Deiner Mitschüler!
   _____
   _____

Arbeitsblatt: Bienenbeobachtung in einer Petrischale

Verschleiß der Behaarung. Kopf, Fühler, Rüssel und Behaarung sind gut zu erkennen. Die Augen heben sich nur schwach ab, ebenso die Zangen. Bei lebenden Bienen sind die drei Stirnaugen auch mit der Lupe kaum auszumachen.

Brust: Wesentlich ist, den Ansatz aller drei Beinpaare am Bruststück zu erkennen. Die Gliederung der Beine und ihre spezielle Ausformung muß der Untersuchung toter Bienen vorbehalten bleiben. Oft wird bemerkt, daß die Fühler mit den Vorderbeinen geputzt werden, ohne daß die Putzscharte zu erkennen wäre. Ebenso ist die Doppelpaarigkeit der Flügel bei lebenden Bienen nur schwer zu entdecken.

Hinterleib: Die fünf Ringe sind gut zu erkennen. Gelegentlich ist das Duftsterzeln zu beobachten: Dabei kann man deutlich sehen, daß am hoch erhobenen Hinterleib das Endglied auf der Oberseite einen glänzenden Wulst freigibt, die Duftdrüse. Die Biene verbreitet diesen Duft mit Flügelschwirren, um andere Bienen anzulocken.

Der Stachel bleibt verdeckt in der Hinterleibspitze, man könnte ihn sichtbar machen (Vergl. dazu S. 166 ff.).

Füttern: Gibt man ein Tröpfchen Honig in die Petrischale, wird die Biene sofort angelockt, wenn sie nicht zufällig vollgesogen ist, und verweilt viel länger an dem Tropfen, als wenn man ihr eine verdünnte Lösung von Honig oder gar nur von geruchlosem Zucker gäbe. Der Lehrer sollte selber füttern, da die Bienen oft sehr aufgeregt sind, so daß sie beim einseitigen Anheben des Deckels der Schale sofort durch den Luftzug angezogen werden und entweichen: Wenn sich die Biene auf der einen Seite befindet, hebt man den Deckel auf der gegenüberliegenden Seite ganz kurz an und schmiert rasch mit dem bereitgehaltenen Spatel etwas Honig auf die Bodenfläche.

Beobachtungen am Futter: Vorderbeine: Wenn die Schüler konzentriert beobachtet haben, werden sie berichten können, daß die Biene beide Vorderbeine oder auch nur eins in oder auf den Honig gestellt hat und nach einiger Zeit die Vorderbeine hochhebt und dann nur noch auf vier Beinen vor dem Honig steht. Dies ist ein scheinbar merkwürdiger Vorgang, den man sich ohne anatomische Kenntnisse des Körperbaus zunächst nicht erklären kann: Die Bienen haben unter den Vorderfüßen Geschmacksorgane, mit denen sie zuckerhaltige Stoffe wahrnehmen. Die Vorderbeine heben sie hoch, sobald diese Sinnesorgane durch zu große Süße überreizt worden sind.

Ein Vergleich: Hätte es für einen Menschen Sinn, eine Hand ins aufgetischte Essen zu legen in der Hoffnung, daß man es schmecken kann? Wir Menschen haben an unseren Händen wohl Tast-, Wärme-, Kälte- und Schmerzorgane, aber keinen Geschmackssinn. ... Wir nehmen das Essen mit Auge, Nase und Zunge wahr, die Biene kann das mit den Beinen.

Fühler: Die Fühler der Bienen sind vielseitige Sinnesorgane. Da von dem Honig in der Dose ein starker Duft ausgeht, macht die Biene meist keinen Gebrauch von der Möglichkeit des "Fühlens" als Tasten und Berühren, sondern schwenkt die Fühler nur über dem Honig hin und her. Was sollte ein Organ, das durch seine Bewegungsweise deutlich Wahrnehmungen erkennen läßt, ohne den Gegenstand zu berühren, wohl anderes tun als den Geruch aufnehmen? Es sind gleichsam Fühlernasen. Die Schüler können mit vorgestreckten abgewinkelten Armen gut Biene spielen.

Rüssel: Mit der Lupe läßt sich deutlich erkennen, wie die braunrötliche Zunge des Rüssels lang ausgestreckt über den Honig streicht und dann wieder eingezogen wird. Am unteren Ende ist er zum "Löffelchen" verbreitert. Bei so fester Nahrung werden die starren Teile des Rüssels seitlich abgespreizt (s. Arbeitsblatt Tafel 26). Sehr gut ist das auch von unten bei hochgehobener Petrischale zu sehen. Im Schulbiologie-zentrum Hannover füttern wir die Bienen regelmäßig auch auf der Hand. Das gelingt insbesondere im August leicht, am besten mit Honig. Es setzt aber Erfahrung und sanfte Bienen voraus. Dann jedoch ist diese Art des Angstabbaus für viele Schüler eine Art Schlüsselerlebnis. Das mag sogar für BiologielehrerInnen gelten.

6.2 Andere Untersuchungen und Beobachtungen

6.2.1 Der Körperbau der Honigbiene (Morphologie)

Zum genauen Erfassen der Gestalt benötigt man tote Bienen. Obgleich eine Biene im Sommer nur 6 Wochen lebt, ist sie ein Lebewesen, das uns moralisch angeht und gesetztlich unter das Tierschutzgesetz fällt. Danach sind Versuche, bei denen Tiere getötet werden müssen, nur für Forschung und Lehre erlaubt, was dazu führt, das in einigen Bundesländern ganz allgemein das Töten von Tieren für Unterrichtszwecke verboten ist. Dabei werden nur selten Unterschiede für die Arten bedacht. Was für Meerschweinchen und Mäuse gedacht ist, gilt dann auch für Regenwürmer, Mückenlarven und Pantoffeltierchen.

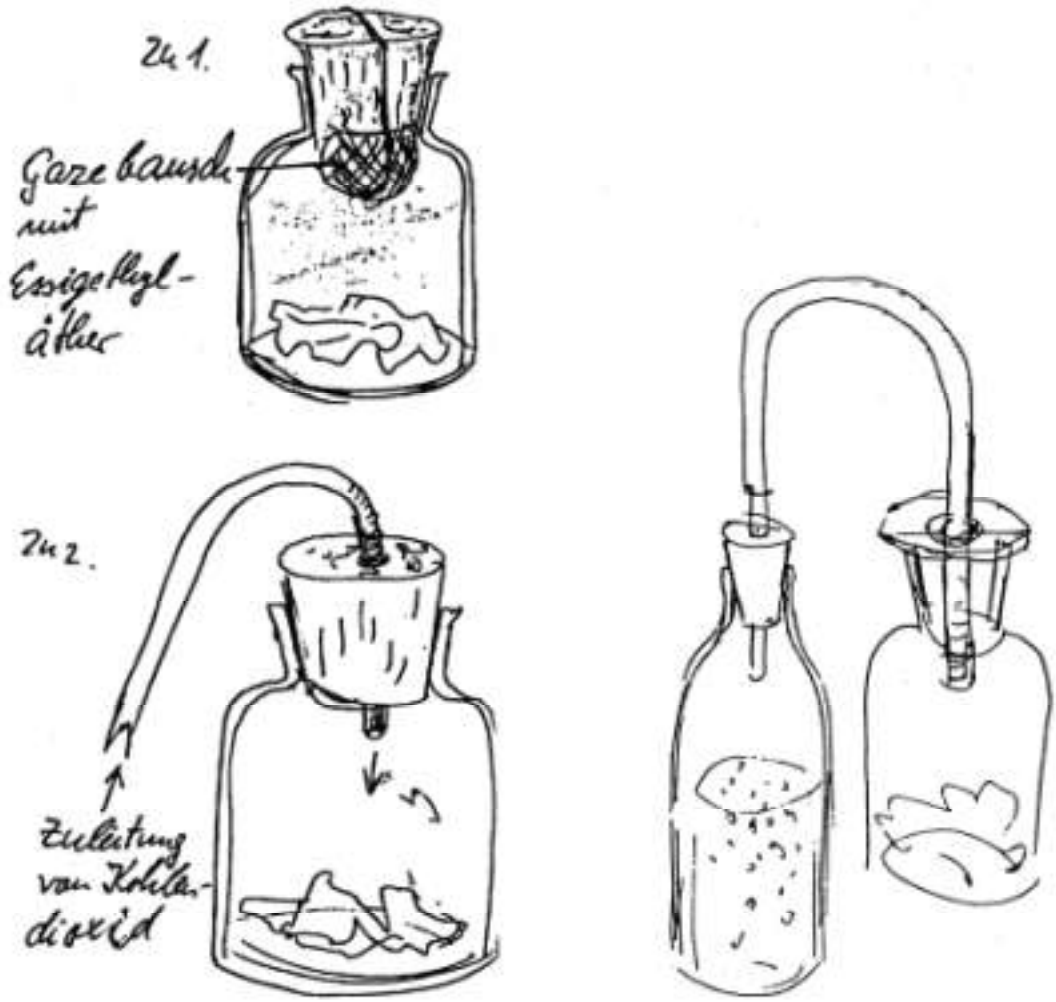
In der Tat kann man nicht für Umwelterhaltung und Artenschutz werben und dann für den Unterricht Tiere töten. Jeder Lehrer steht hier also vor einem Dilemma, das er nur unter Zuhilfenahme der Verordnungen für die Schule und seiner eigenen Gewissensbefragung lösen kann. Bei frisch getöteten Bienen läßt sich der Körperbau besser untersuchen als bei getrockneten abgestorbenen Winterbienen. Auf keinen Fall darf das Abtöten vor den Augen der Schüler geschehen, und das "Opfer" muß durch eine ausgiebige, gründliche Untersuchung gerechtfertigt werden. Manchmal müssen Imker ein Volk abtöten, so daß die Beschaffung dann leicht ist. In jedem Fall ist die Verordnungslage, die für den Ort gilt, zu prüfen.

Materialbeschaffung durch Abtöten von Bienen

1. ***Essigäthyläther*** *(Apotheke, Laborhandel)**.** An einer Futterstelle oder von Blüten werden pro Schüler nicht mehr als eine Biene eingefangen. Unter dem Stopfen einer Weithalsflasche wird ein gazeüberzogener Wattebausch befestigt. In das Glas legt man ein zerknülltes Stück Filterpapier. Den Wattebausch tränkt man mit Essigäthyläther - ohne daß er tropfnaß wird -, gibt einige Bienen in die Flasche und verschließt sie für etwa zehn Minuten.*

2. ***Kohlendioxid:*** *Man bereitet eine Weithalsflasche so vor, daß man einen Schlauch lose durch den Stopfen einleiten kann. Sodann leitet man Kohlendioxid ein. Das Gas schläfert die Bienen ein ohne sie zu quälen. Wenn keine Gasflasche mit Kohlendioxid vorhanden ist, genügt es, eine Flasche Mineralwasser über einen Schlauch mit dem Tötungsglas zu verbinden (vorher ca. 1/4 des Mineralwassers abgießen). Durch leichtes Schütteln treibt man die Kohlensäure aus. Der Schlauch darf bei beiden Anordnungen nur lose in der Abdeckung des Tötungsglases hängen, damit der Äther bzw. das Kohlendioxid die Luft verdrängen kann. Nach etwa zehn Minuten sind die Bienen tot. Das Töten der Bienen darf unter keinen Umständen im Beisein von Schülern geschehen.*

Wenn es einen Imker in der Nähe gibt, dann erhält man von ihm tote Bienen. Das Schulbiologiezentrum hält ebenfalls tote Bienen vor. Insofern ist dieses besondere Verfahren (mit den Zeichnungen auf der nächsten Seite) nicht notwendig und auch nicht konform mit dem Tierschutzgesetz.



Abgestorbene Bienen:
Im Herbst und Winter sterben zahlreiche Bienen ab. Da ihre Honigblase und der Darm meist leer sind, faulen sie nicht. Auf eine Bitte hin werden Imker solche Bienen sammeln.

Lagerung und Bearbeitung des Materials:
Frisch getötete Bienen müssen möglichst bald untersucht werden, da sie schnell verfaulen, verpilzen und dann stinken. Tote Bienen vom Imker dagegen sind mehr oder weniger ausgehungert, lassen sich trocknen und in **offener** Schale an einer warmen Stelle verwahren, die man evtl. mit Gaze abdeckt. Getrocknete Bienen kann man lange in einer verschlossenen Schale aufbewahren; aber es muß unbedingt von Zeit zu Zeit gegen den Fraß durch kleine Schadinsekten (Museumskäfer u.ä.) kontrolliert werden.

Vor der Untersuchung legt man eine entsprechende Menge getrockneter Bienen für zwei Tage in einem Gazesieb o. ä. auf feuchten Sand in einem verschlossenen Einmachglas u.ä.
Zwei Tage dauert es etwa, bis die Chitinhäute der äußeren Organe wieder erweicht sind, bei Berührung also nicht sofort abbrechen. Bei längerem feuchten Lagern schimmeln die Bienen und lassen sich nicht mehr untersuchen. Abgestorbenen Bienen fehlen häufig Körperteile, so daß die Arbeit mit ihnen auch nicht unproblematisch ist.

Untersuchungsgerät: Aplanatische Standlupe, 8-fach; besser Stereolupe 10- bis 20-fach. Man kann nur an einem Fensterplatz arbeiten oder mit Leuchte. (Die Deckenbeleuchtung reicht bei dem dunklen Objekt Honigbiene meist nicht aus).

Ein Mikroskop mit Beleuchtung und einer Vergrößerung 50 bis 200 fach ist ausreichend für die Untersuchung der feineren Einzelheiten aller äußeren Organe.

Federpinzette (Labor- oder Insektenhandel). Kleine Präparierschere, Präparier- und Lanzettnadel, Zeichenpapier und **Bleistift** (Kugelschreiberzeichnungen lassen sich nicht korrigieren), Schale mit toter Biene und helle Unterlage.

Der Umgang mit dem Material
Die Biene wird zunächst als ganzes Objekt betrachtet. Dabei wird auffallen, daß oft einzelne Fühler, Beine, Flügelstücke abgebrochen sind, was vor allem bei der Lagerung und dem Transport getrockneter Bienen kaum zu vermeiden ist.

Eine angemessene Haltung gegenüber dem Tiermaterial erfordert, daß die Zergliederung der Tiere nach Anweisung und Absprache vorsichtig und ohne Herumspielen geschieht. So sollten auch die Reste nach der Untersuchung in einer Schachtel gesammelt und entfernt werden und nicht einfach vom Tisch gefegt werden.

Zubereitung des Materials

Zur Betrachtung der Biene und ihrer äußeren Organe mit Lupe und Stereolupe bedarf es keiner besonderen Zurichtung.

Zur näheren Untersuchung jedoch müssen die Anhangsorgane wie Beine, Fühler usw. an ihrem Ansatz abgetrennt werden. Zum Mikroskopieren bedürfen alle Organe einer vorherigen Bearbeitung; es lassen sich danach aber auch leicht Dauerpräparate herstellen. Da der Bienenkörper sehr stark ausgefärbt (melani-

siert) ist, legt man die abgetrennten Organe in 10 %ige Natronlauge. Nach einigen Stunden sind sie stark aufgehellt. Sie können nach kurzem Auswaschen unter fließendem Wasser betrachtet werden. Will man Dauerpräparate anfertigen, schließt man sie in einen Gazebeutel ein, wässert sie länger und führt sie durch die Alkoholreihe. Sie kommen dann einige Tage in ein kleines Glas mit Methylbenzoat, bis sie von selbst untertauchen. Die Glieder müssen dabei schon möglichst flach ausgebreitet werden, da sie am Ende des Entwässerungsvorganges sehr hart und brüchig sind.

Anschließend werden sie kurz abgetupft und in **Caedax** eingebettet.

Bei den Flügeln kann man auf die Aufhellung verzichten, sie werden einfach trocken in Caedax eingebettet. Wegen der Dicke der Organe ist es erforderlich, die Deckgläser bei der Herstellung von Dauerpräparaten z.B. mit kleinen Bleistücken zu beschweren, ohne daß Caedax verschmiert wird. Nach einigen Tagen sind die Präparate genügend angetrocknet.

Beim Mikroskopieren dürfen die Objektive nicht mit Caedax in Berührung kommen. Dauerpräparate herzustellen ist eine Aufgabe für einen Leistungskurs. Da interessierte Lehrer dafür meist an der Hochschule ausgebildet sind, ist hier auf eine rezeptartige Anleitung verzichtet.

Zeichnen: Die spezifische Ausformung der Anhangsorgane und des Körpers der Biene kann verbal nur unzureichend dargestellt werden. Zudem fordert ein so exakt gegliedertes Tier wie die Biene geradezu heraus, es zu zeichnen.

Zeichnen erfordert immer erneutes Hinsehen, um Gestalt, Größe, Gelenkformen usw. einigermaßen treffend darzustellen. Als Zeichenhilfe kann der beigefügte **Umriß einer Biene** dienen; es ist nicht leicht, die Proportionen richtig wiederzugeben (Tafel 27).

Untersuchen einer Biene (Tafel 27 und 28)

Die Grundgliederung in Kopf, Brust und Hinterleib und deren Größenverhältnisse zueinander werden erst nach mehrfachem Hin- und Herwenden des Objektes erfaßt; die Behaarung ist dabei zunächst hinderlich.

Dennoch wird der Begriff Insekt, das "Eingeschnittene", hierbei ganz deutlich, wenn auch manche unbehaarte Insekten, z.B. Wespen, Ameisen noch deutlicher die ein-

Tafel 27

Arbeitsblatt: Stark vergrößerte Arbeitsbiene ohne Bezeichnungen

Die Zeichnung ist als Kopiervorlage für den Lehrer oder die Schüler gedacht

zu Tafel 28

Grundgliederung, Kopf und äußere Kopforgane der Honigbiene

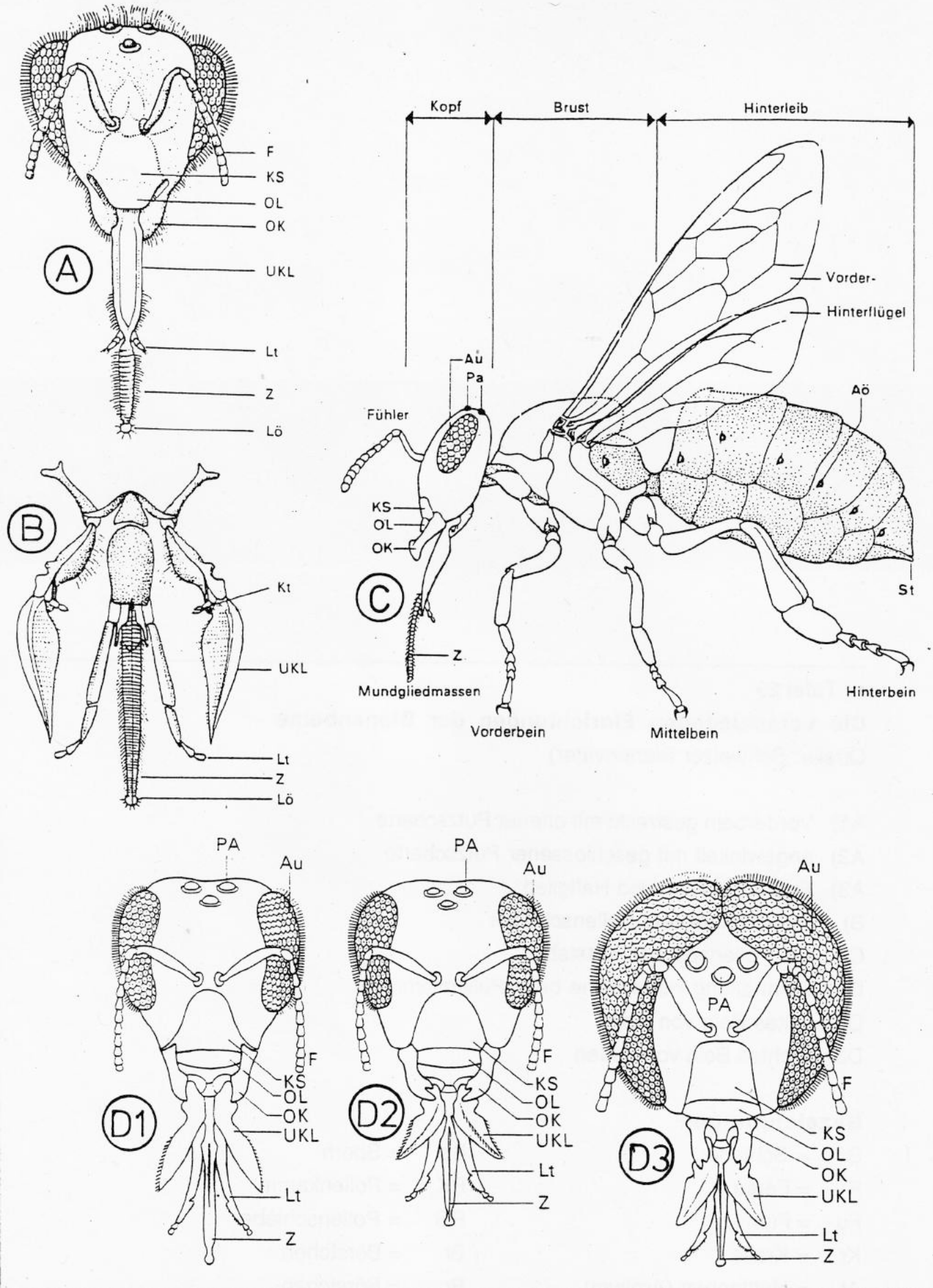
(Quelle: Schweizer Bienenvater)

A) Kopfansicht Arbeiterin
B) Mundgliedmaßen präpariert
C) Körperabschnitte und ihre Anhänge

D1) Frontalansicht von Arbeitsbiene
D2) Königin
D3) Drohne

Bezeichnungen

F	= Fühler	Z	= Zunge
Ks	= Kopfschild	Lö	= Löffelchen
OL	= Oberlippe	Kt	= Kiefertaster
OK	= Oberkiefer	Au	= Augen
UKL	= Unterkieferladen	Pa	= Punktaugen
Lt	= Lippentaster	Aö	= Atemöffnung
		St	=Stachelöffnung



Tafel 28

Grundgliederung, Kopf und äußere Kopforgane der Honigbiene

zu Tafel 29

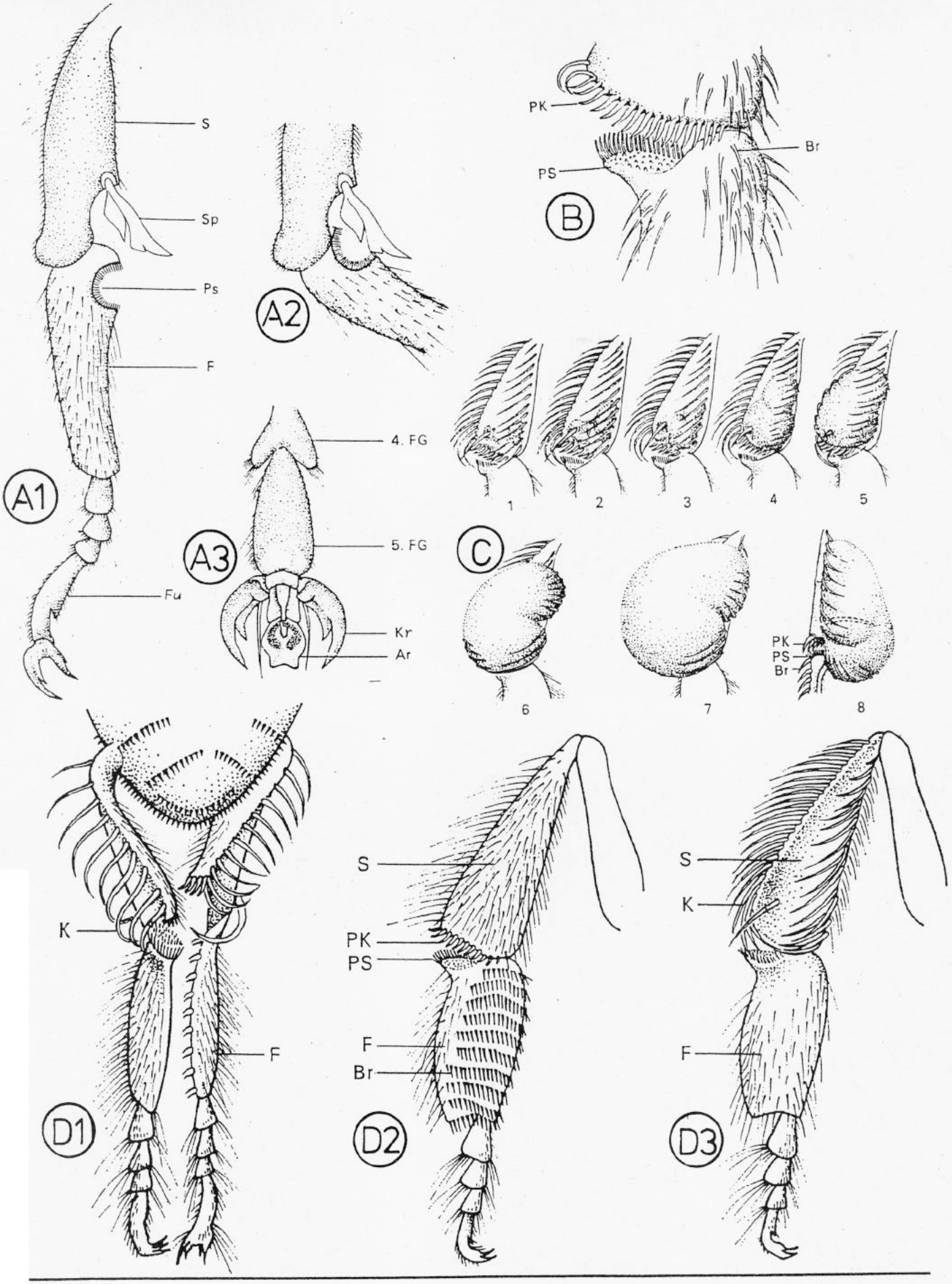
Die verschiedenen Einrichtungen der Bienenbeine

Quelle: Schweizer Bienenvater)

A1) Vorderbein gestreckt mit offener Putzscharte
A2) angewinkelt mit geschlossener Putzscharte
A3) Fuß mit Krallen und Haftglied
B) Pollenkamm und Pollenschieber
C) Ein Pollenhöschen entsteht
D1) Beinhaltung Hinterbeine beim Pollensammeln
D2) linkes Bein von innen
D3) rechtes Bein von außen

Bezeichnungen

S	= Schiene	Sp	= Sporn
F	= Ferse	PK	= Pollenkamm
Fu	= Fuß	PS	= Pollenschieber
Kr	= Kralle	K	= Körbchen
Ar	= Haftlappen (Arolium)	Br	= Börstchen
Ps	= Putzscharte	FG	= Fußglied



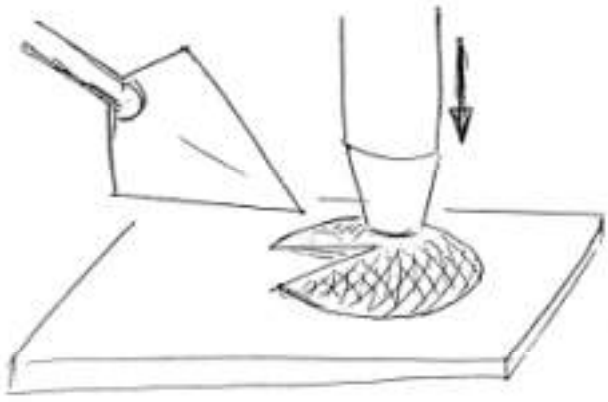
Tafel 29

Die verschiedenen Einrichtungen der Bienenbeine

zelnen Körperabschnitte erkennen lassen. Der deutsche Begriff "Kerbtiere" drückt umfassender aus, daß die Gliederfüßer (Arthropoden), wie auch die Gliederwürmer (Anneliden, Neritiden, Regenwurm u.a.) deutliche Segmentierung zeigen.
Rüssel: Die Teile des Rüssels sind mit ihrer Muskulatur und zwei Chitinspangen hoch in der Kopfkapsel verankert. Um die Teile unverletzt zu erhalten, wird am besten der abgetrennte Kopf unmittelbar unter den Fühlern mit einer Lanzettnadel quer zerteilt und die Einzelelemente herausgezupft. Zur genaueren Untersuchung empfiehlt sich sofort eine mikroskopische Vergrößerung. Dazu werden die Teile übersichtlich nebeneinander auf einem Objektträger angeordnet, wenn nicht in Caedax, so doch in Glyzerin gebettet; es hellt auf und verhindert ein Durcheinanderschwimmen, wenn man ein Deckglas auflegt. Zum Verständnis der Funktionsweise gehört unbedingt die vorhergehende Lupenbeobachtung lebender Bienen. Als Rüsselquerschnitt sind für Schulzwecke nur die käuflichen Präparate anzuraten. Er zeigt das Ineinandergreifen der vier Halbrinnen mit der ebenfalls rinnenförmigen Zunge.

Fühler: Bei zehnfacher Vergrößerung bereits erschließt sich deren Gliederung: Wenn die Schüler die zehn Geißelglieder abzählen (außer dem Wendeglied) haben sie ein gutes Beispiel für die Konstanz der Körpergliederung in der Stammesgeschichte der Gliedertiere. Die Lage der Sinnesorgane ist an der großen Zahl heller Punkte auf den Geißelgliedern ab 50-facher Vergrößerung zu erkennen. Fühler wie auch Rüssel sind voll von Sinnesorganen, deren Auflistung den Rahmen der Schule sprengt. Auch bei den Fühlern spielt die Lebendbeobachtung eine wichtige Rolle.

Augen: Mit einem Tangentialschnitt wird die äußere Augenkapsel abgeschnitten, aufgelegt und an einer Seite bis zur Mitte aufgeschnitten und mit einer nicht zu breiten Beschwerung flachgedrückt. Ein Teil der Augenbehaarung sollte erhalten bleiben. (vgl. Absch. 7.2.1).



Beine: (hierzu Tafel 29). Sie werden unmittelbar am Körper abgetrennt, so daß das Hüftglied (Coxa) erhalten bleibt. Schon bei der Lebendbeobachtung konnte beobachtet werden, daß die Bienen ihre Fühler manchmal durch einen Knick in den Vorderbeinen ziehen. Die Erklärung ist, daß die Ferse (Tibia) des Vorderbeines

eine Putzscharte für die Fühler aufweist. Beim Anwinkeln des Putzbeines legt sich der Sporn der Schiene (Femur) über die Scharte. Die verschiedenartigen Sinneszellen der Fühler können nur bei größter Sauberkeit reagieren - so wie wir mit geputzter Nase besser riechen können. Den Bienen sind "die Taschentücher" gleich angewachsen, ebenso der Sammelapparat.

Bei den Hinterbeinen werden am besten zwei Exemplare nebeneinander, eins mit der Außenseite nach oben und das andere umgekehrt, eingebettet. Vorher sollten sie bereits so weit abgewinkelt sein, daß Pollenkamm und -schieber gut zu sehen sind. Die Hinterbeine bürsten im Flug den Blütenstaub aus der Körperbehaarung und schieben dann mit den Schenkelborsten den Pollen zu dem Sammelbein auf der anderen Körperseite. Sie kneten und drücken ihn durch den Kamm in die von langen Borsten umstandene Mulde. Trockener Blütenstaub wird dabei mit einigen Tröpfchen Nektar angefeuchtet; nur so ist es möglich, daß er zusammengeballt werden kann und zu einem dicken Pollenpaket als "Höschen" im Körbchen haftet (Tafel 29).

Bastelaufgabe: Aus alten Kammstücken, Borsten, Nagelbürsten, Klötzchen und ein paar Stoffstreifen können Schüler das Schema eines Bienenhinterbeines basteln und vorführen. Es kommt dabei auf die Funktion und nicht auf die anatomische Genauigkeit an.

Flügel: Vorder- und Hinterflügel werden nebeneinander angeordnet, so daß sie von der Oberseite her zu betrachten sind und Haftfalte wie Häkchenreihe erkannt werden können. Da Vorder- und Hinterflügel (Bienen haben im Gegensatz zu den Fliegen zwei Flügelpaare) bei jedem Niedersetzen nach hinten zusammengelegt werden, müssen sie beim Auffliegen automatisch wieder ineinandergreifen, damit die Bienen ohne Verzögerung auffliegen können (hierzu auch Tafel 34).

Systematik: Die Flügeladerung bietet ein reizvolles graphisches Muster. Sie gibt zugleich einen Hinweis auf die wissenschaftliche Systematik, die bei allen Insekten die Flügeladerung als wichtiges Unterscheidungsmerkmal heranzieht.

Eine **Zeichenvorlage** (Tafel 34) macht es jedem Schüler möglich, die Adern einzuzeichnen, die den hauchdünnen Flügeln im Flug Festigkeit geben.

Es ist wichtig zu erkennen, daß alle großen Adern und Verzweigungen bei allen Bienenflügeln gleich sind. Es kann diese Gleichheit daher benützt werden, um die vielen Bienen und Wespenarten an ihren Flügelmustern zu unterscheiden und aus

den Abwandlungen einzelner Adern Hinweise auf die stammesgeschichtliche Herkunft zu erhalten. Kleine Abweichungen an den einzelnen Flügeln, die z.B. die Bienenrassen betreffen, können von Schülern nicht erfaßt werden. Gut wäre es, die Flügel von Wespen, Hummeln und anderen Hautflüglern zum Vergleich heranzuziehen.

Haare: Schneidet man kleine Striche aus der Kopfpartie z.B. zwischen den Fühlern, aus, läßt sich die Verzweigung der Haare erkennen, die das Festsetzen der Pollenkörner ermöglicht.

Hinterleib: Deutlich treten vier Ringe hervor, dazu ein vorderer schmaler und der kleine des spitzen Hinterendes. Es ist zu erkennen, daß die Ringe aus sechs Rückenspangen bestehen, die die entsprechenden sechs Bauchspangen überlappen. Der Stachel ist im Hinterleib verborgen (s. Kap. 6.2.3).

6.2.2 Maden und Puppen, Drohn und Königin

Sachinformation (hierzu Tafel 30 - 31)
Raupen nennt man di e Vorstadien zum Schmetterling. Sie haben Beine ausgebildet. Insektenvorstadien, die beinlos sind, nennt man Maden. Sie leben immer in oder auf ihrem Nährsubstrat. Bienenlarven zählen zu den Maden. Beide Ausdrücke sind für sie korrekt.

Bei allen drei Bienenwesen (Königin, Drohne, Arbeiterin) dauert es drei Tage, bis sich in der Wärme von ca. 35° eine Larve entwickelt hat. Das ist sehr rasch, denn die Königin befruchtet bekanntlich das Ei erst im Augenblick der Eiablage, so daß die Teilungsschritte, die zur Made führen, erst in diesem Augenblick einsetzen. Die ausschlüpfende Made wiegt ca. 0,3 mg und weist als Innenorgane Nerven, Herz, Mund und Darm usw. aus. Innerhalb von sechs Tagen wiegt sie 155 mg, das ist über das 500-fache des Geburtsgewichtes. Schüler beeindruckt, wenn man ihnen vorrechnet, daß ein menschlicher Säugling eine Woche nach der Geburt 1.500 kg wiegen müßte.

Im wesentlichen ähneln sich die Fütterung von Königin, Drohn und Arbeitsbiene in den ersten drei Tagen dadurch, daß alle als Futter einen Kopfdrüsensaft erhalten. Er ist zwar unterschiedlich zusammengesetzt, doch so ähnlich, daß in den ersten drei Tagen aus Arbeitsbienenlarven noch Königinnen herangezogen werden können. Drohnen entstehen in der Regel aus unbefruchteten Eiern.

Die Arbeitsbienenlarven erhalten nach den drei Futtersafttagen noch drei Tage ein Gemisch aus Honig, Pollen und Futtersaft. Die Königin erhält etwas kürzer nur königlichen Futtersaft aus den Kopfdrüsen der Futterbienen. Die Drohnenlarven erhalten ebenfalls eine Zufütterung aus Pollen und Honig. Insgesamt birgt die Fütterung der Larven noch manches Geheimnis (hierzu Tafel 5).

Noch als Rundmade werden deren Zellen durch einen porösen Wachsdeckel verschlossen. Das ist am sechsten Lebenstag nach dem Schlupf aus dem Ei der Fall. Die Königin wird etwas eher verdeckelt, die Drohne gleicht bis hier im Zeitverlauf der Arbeitsbiene.

Jetzt streckt sich die Made in die Länge und sondert zum ersten Male Kot ab. Ist das geschehen, so spinnt sie vermittels einer Spinndrüse am Kopf ein Puppenhemd, einen Kokon, der wie eine Seidentapete die Zelle auskleidet und die entstehende Biene auch von ihrem Kot trennt. Dieser Vorgang ist mit oder unmittelbar nach dem Verdeckeln abgeschlossen. Nach nur zwei bis drei Tagen nimmt die Streckmade die Gestalt der Vorpuppe an. Das ist schon ein kleines Wunder, denn nun werden die Körperorgane der Biene sichtbar. Man kann sich dies im Bilde etwa folgendermaßen vorstellen: Bei einem Gummihandschuh seien alle Finger nach innen gestülpt. Bläst man ihn auf, stülpen sich die Finger als Körperanhänge nach außen. Das kaum Ver-

---

zu Tafel 30

Die Entwicklung zur Biene

A) **Entwicklung des Eies von oben nach unten**

EK = Eikern DR = Darmrudimente
D = Dotter VD, MD, ED = Vorder-, Mittel- u. Enddarm
DZ = Dotterzellen Quelle: Leuenberger

B) **Larve von außen**

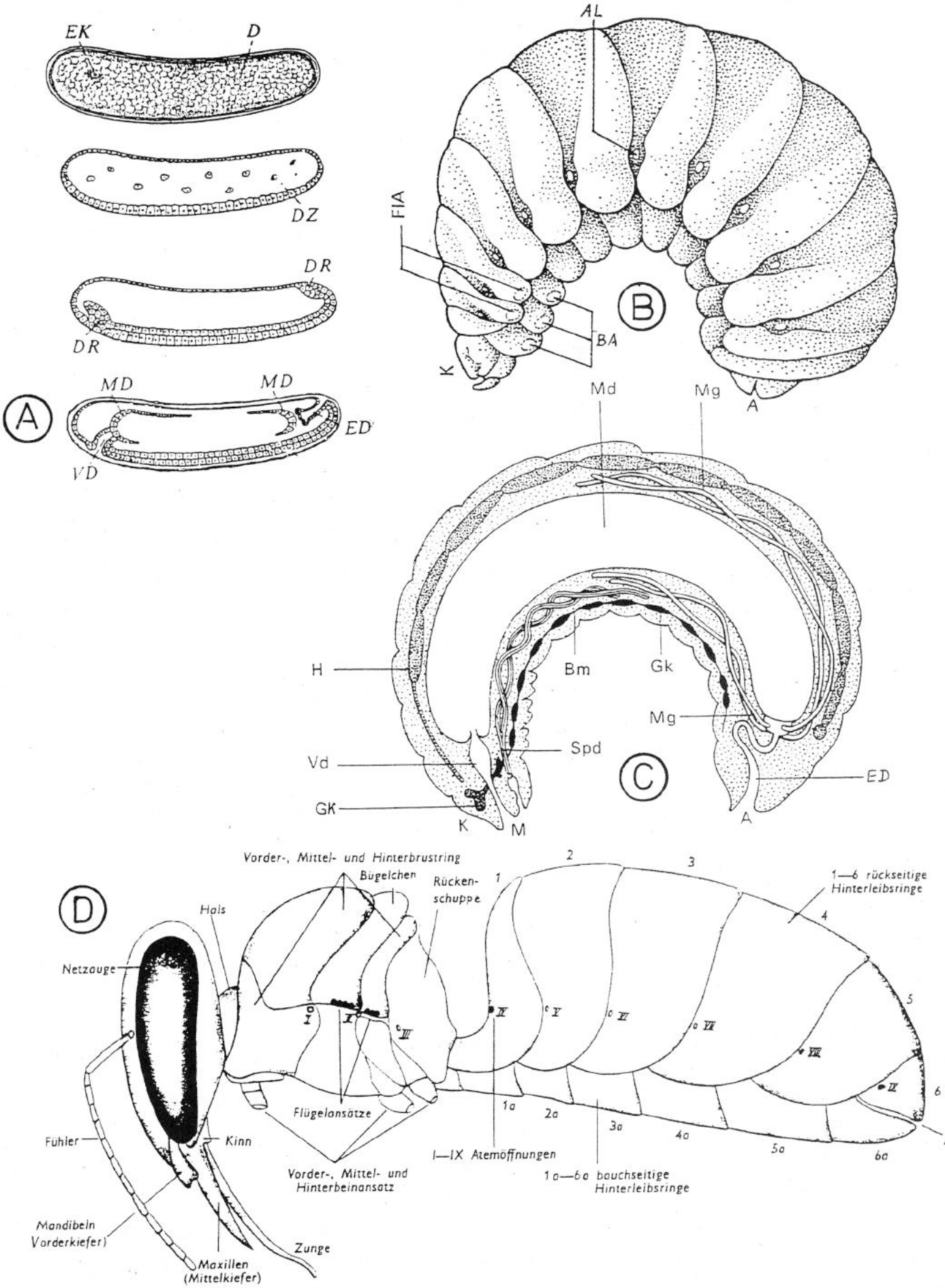
K = Kopf Al = Atemlöcher
FlA = Flügelanlagen A = After
BA = Beinanlagen Quelle: Schweizer Bienenvater

C) **Larve von innen**

M = Mund Bm = Bauchmark
H = Herz Spd = Spinndrüsen
Mg = Malpighische Gefäße Quelle: Schweizer Bienenvater
Gk = Nervenknoten

D) **Puppe**

Quelle: Jordan, Bienentafeln



Tafel 30

Die Entwicklung zur Biene

zu Tafel 31

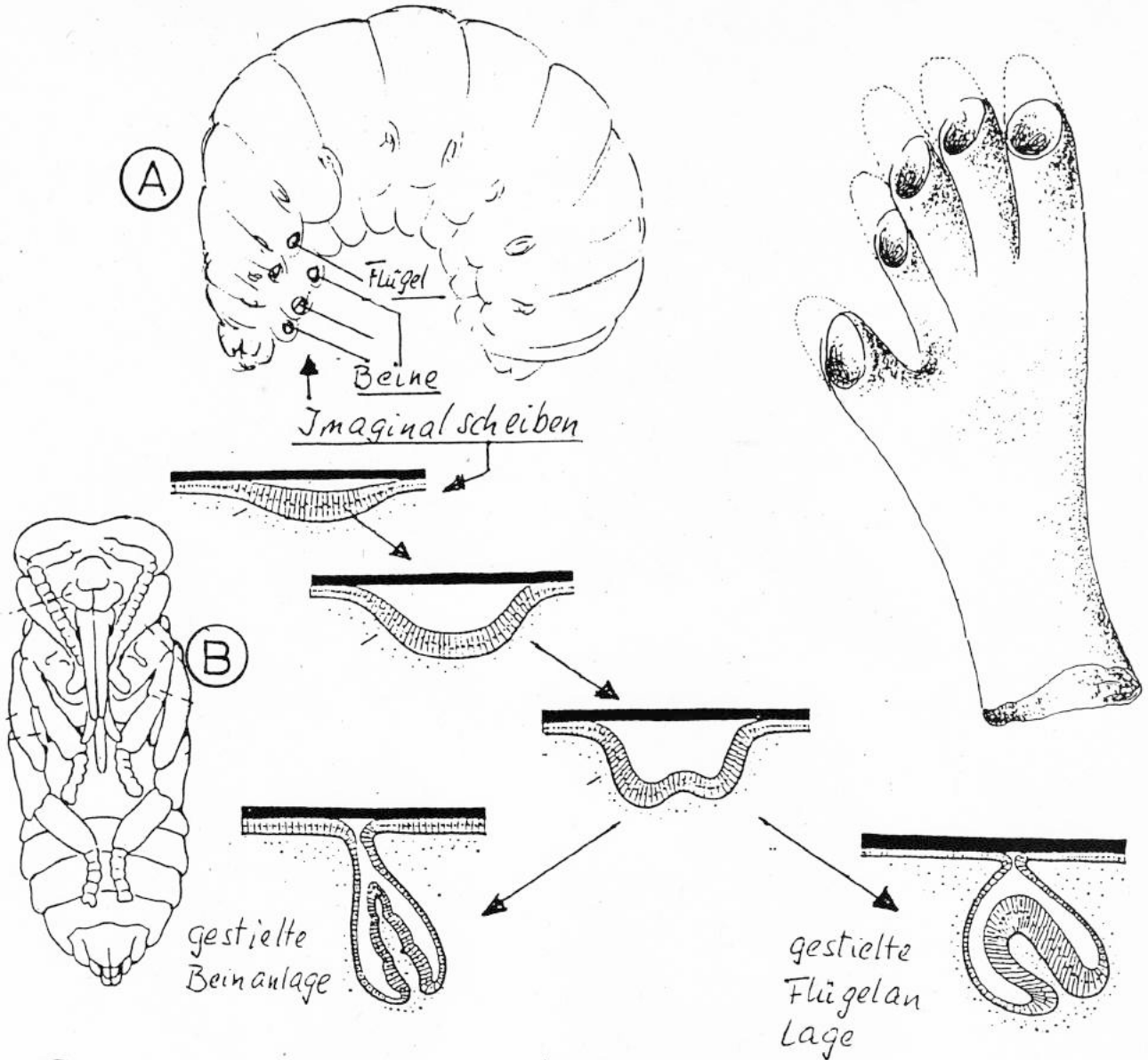
Die Entwicklung der Biene

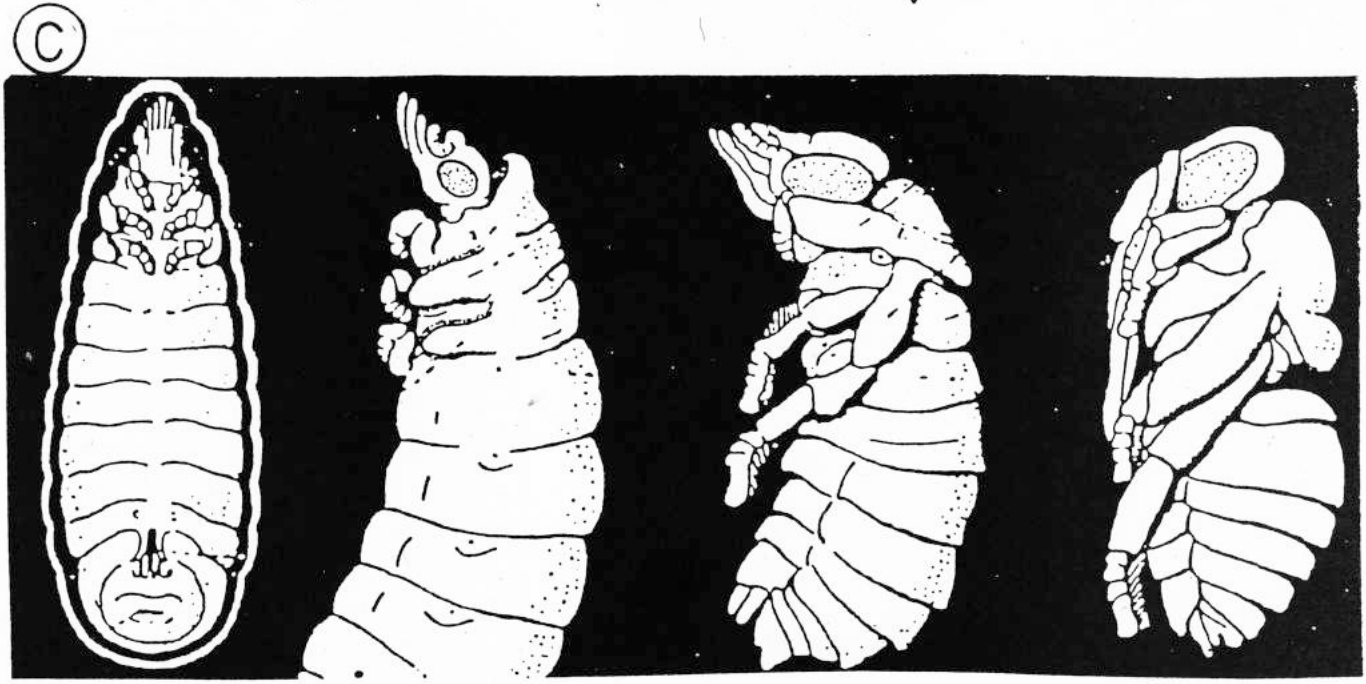
A) Made, daneben Darstellungsversuch des Prozesses vermittels eines Handschuhs

Der Verpuppungsvorgang, der sich unbemerkt in den Imaginalanlagen der Larve vorbereitet, läßt sich am einfachsten mit einem heilen Gummihandschuh mit eingestülpten Fingern verdeutlichen. Man bläst in die Handschuhöffnung bis sich die Finger ruckartig ausstülpen. Sie stellen modellhaft die äußeren Organe dar, die bei der Puppenhäutung plötzlich sichtbar werden.

B) Puppe, ohne Hülle und Wachstum der Bein- und Flügelanlagen

C) Von der Streckmade zur Puppe





Tafel 31

Die Entwicklung der Biene

stehbare ist jedoch, daß die "Ausstülpung" durch Wachstum geschieht. Nach nur zwei Tagen häutet sich die Vorpuppe noch einmal zur eigentlichen Puppe, die Nymphe genannt wird. An ihr erkennt man schon von außen - wie in einem Futteral liegend - die äußeren Teile und Gliedmaßen der Biene. Die Nymphe färbt sich dunkel, auch nach einer strengen Regelhaftigkeit, am 21. Tag nach der Eiablage durchnagt die Biene Kokon und Wachsdeckel und schlüpft aus. Viele Imker sind von dieser Entwicklung wie von einem Wunder angetan. Es wird noch wunderbarer, wenn man bedenkt, daß die Königin, die doch bis zu fünf Jahre lebt, nur 16 Tage für ihre komplette Entwicklung braucht, während die Drohnen nach 24 Tagen schlüpfen (Tafel 31).

Schülerarbeit

So wunderbar die Entwicklung der Bienen ist, so schwer ist sie anschaulich zu machen oder für Untersuchungen zugänglich. Es ist vom Beobachten her fast nichts besonders auffällig.

Wenn möglich, läßt man sich von einem Imker ein Stück Baurahmen geben, auf dem möglichst alle Stadien zu sehen sind. Evtl. nimmt man zwei Baurahmen.

1. Ein Stück **bestifteter Wabe** geht vorsichtig von Hand zu Hand: Die Eier sind nur bei gutem Lichteinfall am Grund der Zellen als ca. 1,5 mm lange leicht gebogene Stiftchen zu erkennen.
2. Eine **Made**, vorsichtig mit einer Federpinzette aus einer offenen Brutzelle herausgeholt, zeigt den fast völligen Mangel äußerer Organe. Sie besteht äußerlich fast nur aus einem schwach geringelten Wurm mit Mundöffnung. An der Rundmade heben sich an jeder Seite vorn fünf kleine Scheiben ab, die Imaginalscheiben. Aus den oberen entstehen die beiden Flügel, aus den unteren drei die Beine. Sollte es gelingen, den Schülern das zu zeigen, kann ein Stück Staunen über die Insektenmetamorphose erreicht werden. Zum Vergleich kann eine Schmetterlingsraupe untersucht werden, z.B. die Raupe des leicht zu züchtenden Eichenseidenspinners, oder eine freilebende Raupe. Die Raupe weist eine wohl ausgebildete Kopfkapsel mit Einzelaugen, Mundwerkzeugen und kurzen Fühlern auf, drei kurze vordere Beinpaare, weitere vier Hautstummelfüße und einen Afterfuß. Maden zeigen alle diese Organe nur in Anlagen, äußerlich kaum zu erkennen. Ihr Darm erhält erst während des Verpuppungsvorganges einen Ausgang zum Abkoten.
3. Nur mit etwas Glück findet man auf dem Baurahmen **Vorpuppen**, die die Organe der Biene erst schwach andeuten. Viel wichtiger ist jedoch, daß man die späteren **Verpuppungsstadien** findet, die bereits die Larvenhaut abgestreift haben. Sie

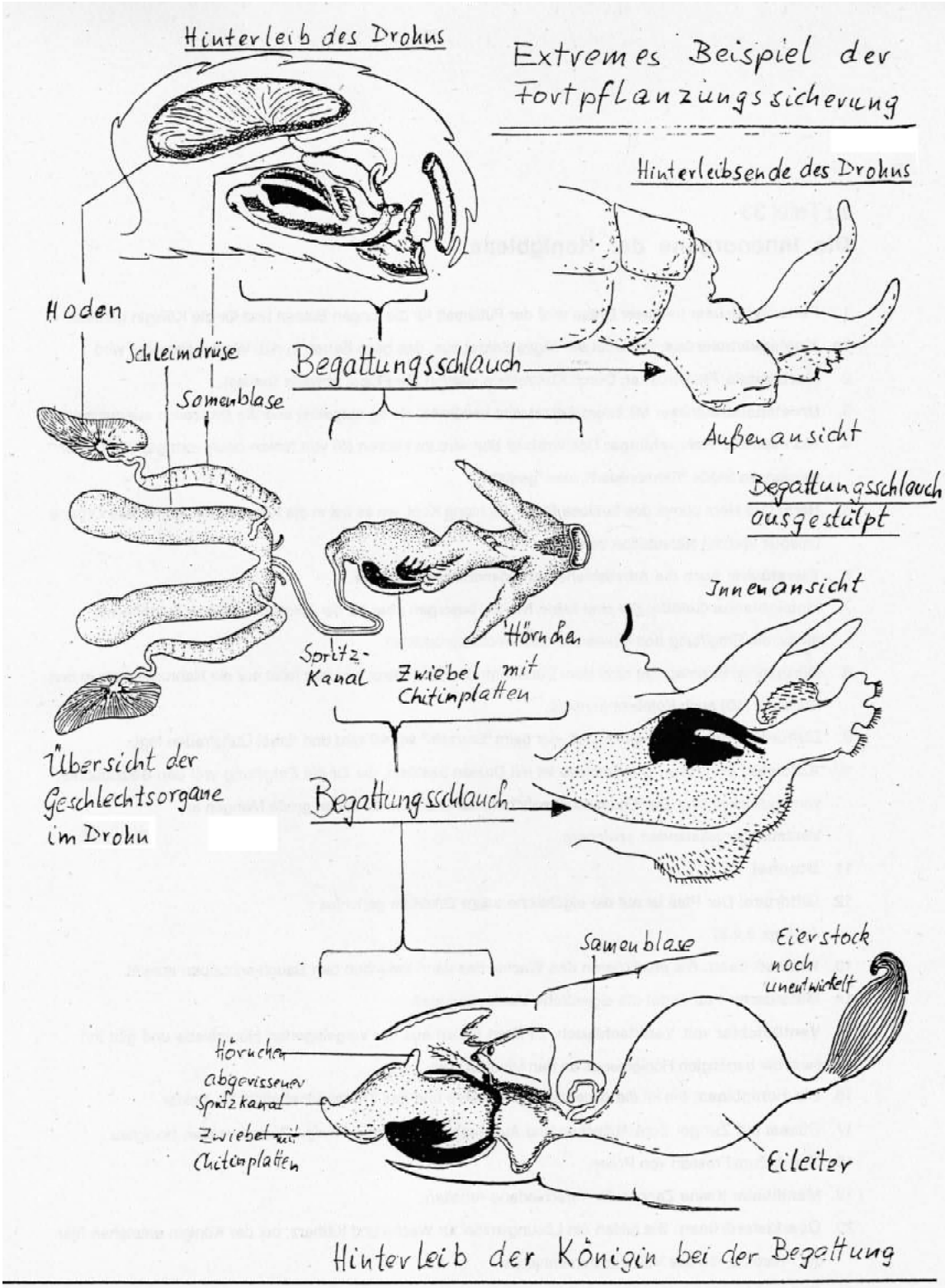
zeigen deutlich die weitgehend ausgebildeten äußeren Organe, nur die Flügel sind noch unentfaltet, wie ein zusammengelegter Fallschirm als Rückensack zu sehen. Die Puppe ist am Anfang der Entwicklungszeit zunächst ganz hell. Erst am Ende beginnt mit den Augen fortschreitend die Ausfärbung.

4. **Drohne und Königin.** Die nachfolgende Beobachtung widerspricht an dieser Stelle zwar der Logik der Gliederung. Sie war andernorts nicht unterzubringen und lohnte kein eigenes Kapitel. Es ist der beobachtbare Teil des Begattungsvorganges gemeint. Die Drohnen haben Drohnensammelplätze, deren Orte über lange Zeiten offenbar konstant sind. Die Königinnen fliegen in diese Drohnenansammlungen hinein. Bei der Paarung in der Luft stülpt die Drohne ihren sehr komplizierten Begattungsapparat in die offene Begattungsscheide der Königin. Diese streift die Drohne ab, der Begattungsapparat reißt an einer vorgebildeten Stelle ab. Auf diese Weise verpaart sich die Königin auf einem oder mehreren Flügen mit ca. 5-6 verschiedenen Drohnen. Die Spermien werden in eine Samentasche gepumpt und über 3-5 Jahre funktionsfähig gehalten. Diesen komplizierten Vorgang kann man Schülern wenigstens an einem der Partner, dem Drohn, verdeutlichen. Einige Drohnen werden von einer Wabe abgenommen. Soweit sie begattungsbereit sind, stülpen sie bei leichtem Druck auf Ober- und Unterseite des Hinterleibes ruckartig den eigenartig gebauten Begattungsapparat aus.

Besser ist es allerdings, einen Drohn mit Äther zu betäuben, wobei er dann meist das Organ ausstülpt. Man kann ihn dann zugleich schmerzlos abtöten, denn nach dem Ausstülpen kann der Drohn ohnehin nicht weiter leben; er ist nicht imstande, das Geschlechtsorgan wieder zurückzustülpen.

Damit es Sinn hat, den Schülern so etwas zu zeigen, sind in einem **Arbeitsblatt** etwas vereinfacht das Geschlechtsorgan und die Vorgänge bei der Begattung wiedergegeben. (Tafel 32). Die Tafel 32 zeigt, daß das Organ bis zum Zwiebelstück ausgestülpt wird, d.h. in natürlicher Funktion in die Hinterleibsöffnung der Königin eindringt, der Imker spricht vom "Verhängen" oder "Verhaken" der Geschlechtspartner.

Der kompliziert gestaltete Begattungsschlauch des Drohns kommt nur bei Honigbienen vor. Andere Hautflügler besitzen meist nur einen geraden Spritzkanal. Das Organ, dessen Funktion durchaus nicht in allen Einzelheiten geklärt ist, dient der sicheren Ankoppelung der Geschlechtspartner, die bei Begattung in der Luft eine wichtige Voraussetzung ist. Außerdem hängt der Fortbestand des Volkes weitgehend von dieser einzigen Königin ab.



Tafel 32

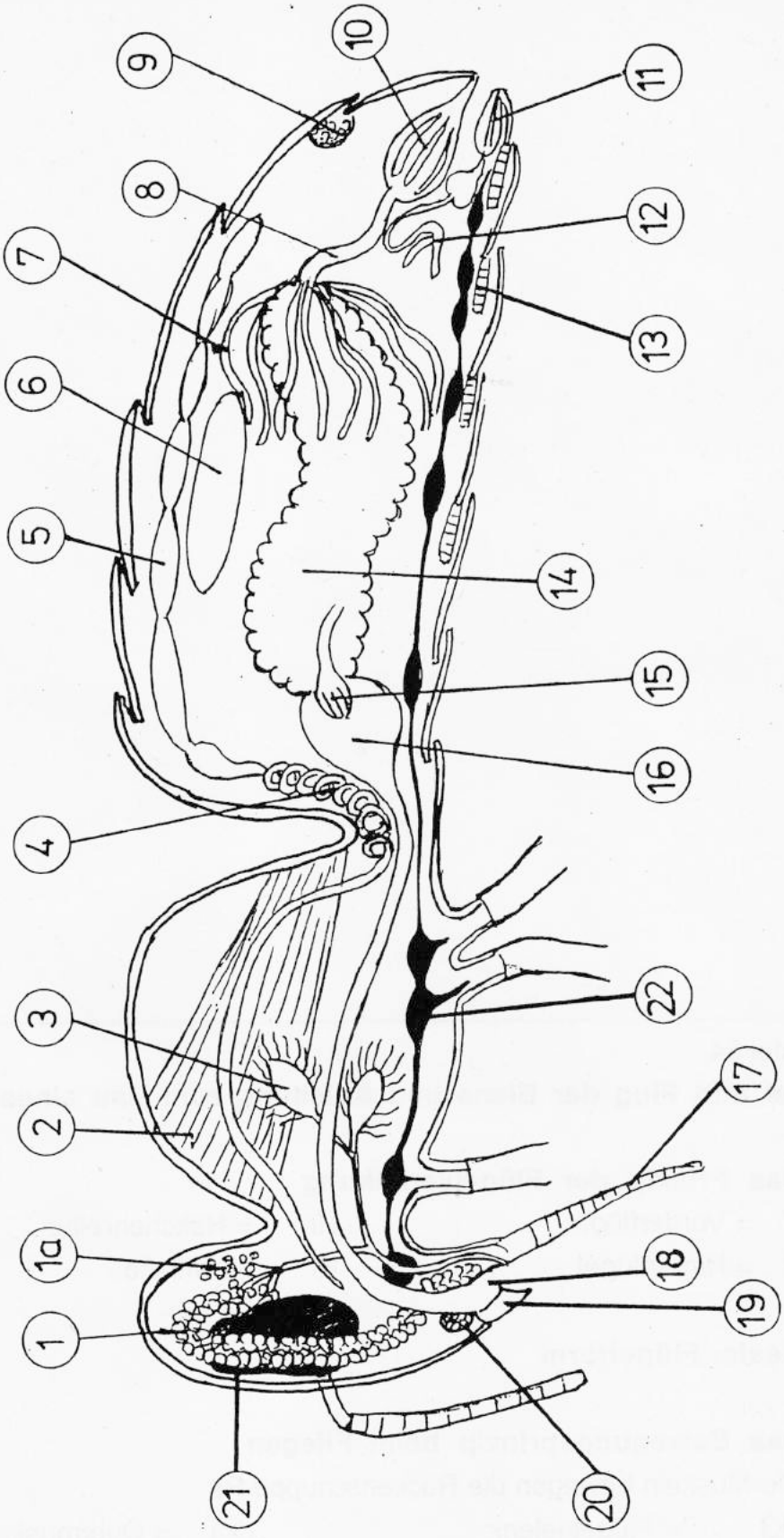
Kopulationsorgane der Drohne

Originalentwurf. Als Quelle: Zander

zu Tafel 33

Die Innenorgane der Honigbiene

1. **Futtersaftdrüse**: In dieser Drüse wird der Futtersaft für die jungen Bienen und für die Königin gebildet.
1a. **Kopfspeicheldrüse**: Scheidet ein öliges Sekret aus, das beim Bauen in das Wachs gemengt wird.
2. **Horizontale Flugmuskel**: Durch Kontraktion werden die Flügel abwärts bewegt
3. **Brustspeicheldrüse**: Mit ihrem Sekret wird kandierter Honig aufgelöst und die Brutzellen ausgepinselt.
4. **Herzspirale, Herzschlinge**: Das farblose Blut wird im Herzen (5) von hinten nach vorne gepumpt. Hier werden die Stöße "harmonisiert", also "geglättet".
5. **Herz**: Das Herz pumpt das farblose Blut in Richtung Kopf, wo es frei in die Körperhöhle eintritt, alle Organe umspült und mit Nährstoffen versorgt.
6. **Eierstöcke**: Auch die Arbeitsbiene hat rudimentäre Eierstöcke.
7. **Malpighische Gefäße**: Sie sind keine Nieren, besorgen aber für die Biene die gleiche Aufgabe wie diese: die Entgiftung des Blutes von Stoffwechselprodukten.
8. **Dünndarm**: Er entspricht nicht dem Dünndarm der Säugetiere, sondem leitet nur die Nahrungsreste in den Enddarm (10) auch Kotblase genannt.
9. **Duftdrüse**: Sie erzeugt einen Duft, der beim "Sterzeln- verteilt wird und dabei Duftstraßen legt.
10. **Kotblase, Enddarm:** Die Kotblase ist mit Drüsen bestückt, die für die Entgiftung und den Salzhaushalt von Wichtigkeit sind. Der Enddarm ist sehr dehnbar und kann im Winter große Mengen an Verdauungsrückständen speichern.
11. **Stachel**
12. **Giftdrüse**: Der Pfeil ist auf die eigentliche saure Giftdrüse gerichtet. (s. Kap. 8.4.3)
13. **Wachsdrüsen**: Sie produzieren das Wachs, das dann zwischen den Bauchschuppen austritt.
14. **Mitteldarm**: Hier findet die eigentliche Verdauung statt.
15. **Ventiltrichter mit Ventilschlauch**: Er filtert Pollen aus der vorgelagerten Honigblase und gibt ihn samt der benötigten Honigmenge an den Mitteldarm ab.
16. **Die Honigblase:** Sie ist die erweiterte Speiseröhre und das Transportbehältnis für Nektar.
17. **Rüssel mit Zunge**: Zum Auflecken und Aufsaugen von Nektar, Honig, Zuckerwasser, Honigtau.
18. **Mund**: Zum Fressen von Pollen.
19. **Mandibeln**: Kleine Zangen für verschiedene Arbeiten.
20. **Oberkieferdrüsen**: Sie bilden ein Lösungsmittel für Wachs und Kittharz; bei der Königin entstehen hier die Pherome, die das Volk zusammenhalten.
21. **Oberschlundganglion**: Es erfüllt die Aufgabe des Gehirns.
22. **Bauchmark**: Es entspricht in den Leistungen unserem Rückenmark, ist also der Hauptnervenstrang der Honigbiene.



Tafel 33

Die Innenorgane der Honigbiene

zu Tafel 34

Flügel und Flug der Biene und Anleitung zum Bau eines Modells

A) Das Prinzip der Flügelverhakung

V = Vorderflügel
H = Hinterflügel
Hr = Häkchenreihe
Hf = Haftfalte

B) Reale Flügelform

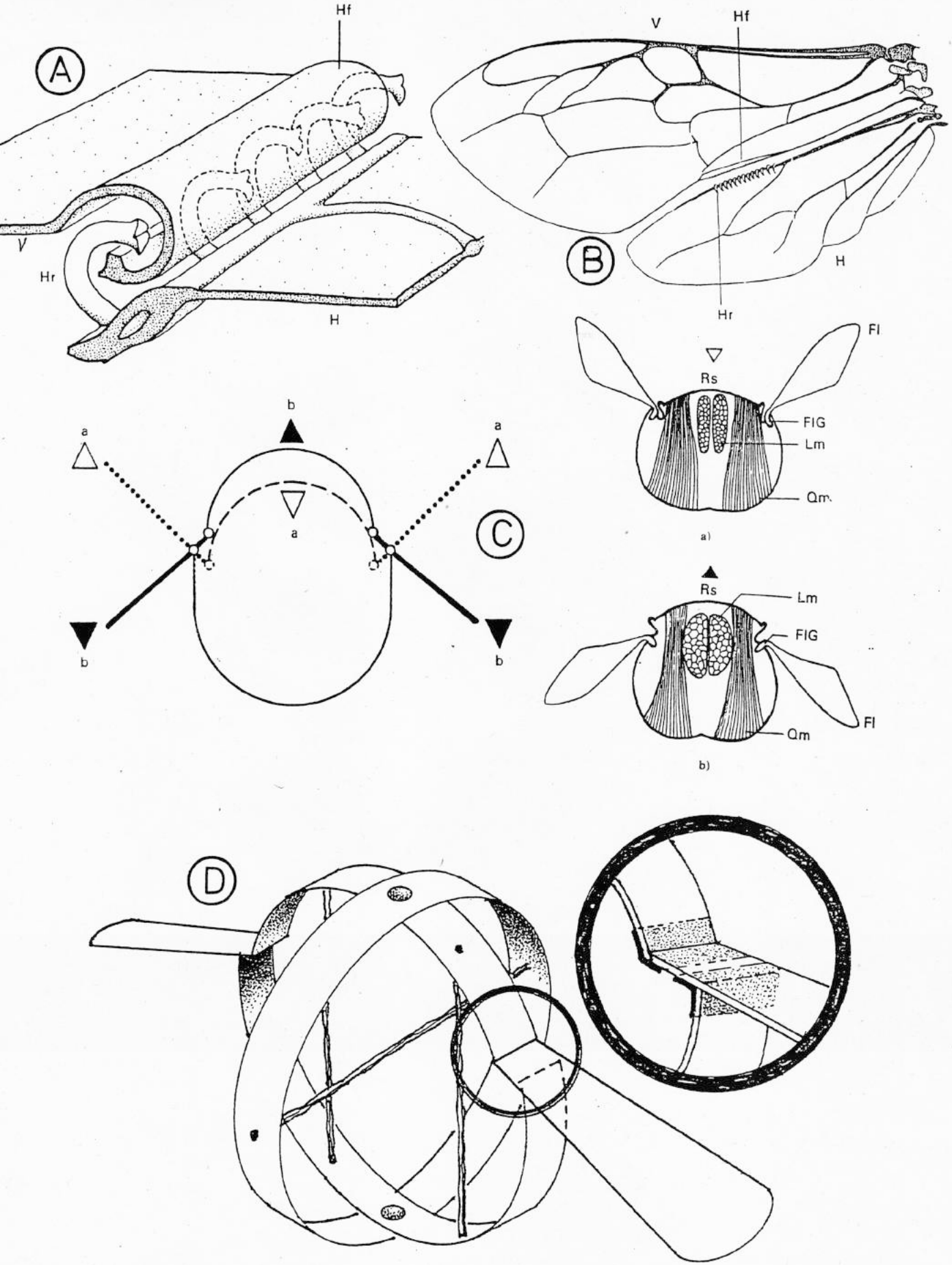
C) Das Bewegungsprinzip beim Fliegen

Die Muskeln bewegen die Rückenschuppe Rs

FlG = Flügelgelenk
Lm = Längsmuskel
Qm = Quermuskel
Quelle: Schweizer Bienenvater

D) Baumodell zum Bienenflug (Erklärung im Text)

Entwurf: Frings, Zeichnung Koenemann



Tafel 34

Flügel und Flug der Biene und Anleitung zum Bau eines Modells

Der Spritzkanal reißt dicht bei der Zwiebel ab, der Drohn fällt aus der Luft herab und stirbt (s. Hochzeitsflug in Abschnitt 2). Die Königin kehrt in den Stock zurück. Erfahrenen Imkern gelingt, das aus dem Hinterleib der Königin herausragende Organteil des Drohns als Begattungszeichen zu erkennen. Die Königin nimmt bei ihren Hochzeitsflügen die Spermapakete von etwa 5-7 Drohnen auf. Ein großer Teil des Samens wird als Überschuß wieder abgestoßen. Der Rest wird in der Samenblase gespeichert und muß für 4-5 Jahre ausreichen. Gespeichert werden etwa 5 Millionen Samenfäden.

6.2.3 Die inneren Organe der Honigbiene (hierzu Tafel 33)

Die Untersuchung der Biene mit Lupe und Mikroskop stützte sich im wesentlichen auf die äußerlich sichtbaren Chitinteile. Das ist insofern sinnvoll, als sie morphologisch sichtbar den Bauplan auf die Leistungen beziehen. Die mikroskopische Untersuchung der inneren Organe ist weitaus schwieriger und in der Schule sicher eine Überforderung. Deshalb wird auf der Folgeseite eine Biene im Längsschnitt vereinfacht dargeboten. Die Schüler können die Biene in Pappe ausschneiden und mit den einzelnen Körperteilen ebenso verfahren. Die einzelnen Teile sollten eingefärbt werden, die Beschriftung sollte von jedem Schüler vorgenommen werden. Der Modellbogen enthält lediglich Nummern. Sie werden im nachfolgenden Text benannt und etwas erläutert, weil das Arbeitsblatt nicht genügend Raum bietet.

6.2.4 Funktionsmodell des Insektenfluges

Der Insektenflug ist wegen der starren Außenhülle der Tiere völlig anders organisiert als bei Vögeln oder Fledermäusen. Nur bei den urtümlichen Insekten mit unvollständiger Verwandlung - z.B. Heuschrecken und Libellen - hebt und senkt die Muskulatur die Flügel direkt. Bei den Bienen werden die gegeneinander beweglichen Thoraxhälften durch die Muskulatur bewegt. Die Flügel sind lediglich wie schwingende Bretter in die Muskeln eingehängt; bei der komplizierten Schwingbewegung sind die Adern als Festigungssystem vonnöten.

Vor dem Abflug werden die Flügel in die seitliche Flugstellung gebracht. Der obere Flügel hat an der Unterkante eine Faltenleiste, in die eine Reihe von 20 Häkchen der Oberseite des Unterflügels einhakt. Dadurch werden beide Flügel mechanisch zu einer einzigen Fläche verbunden, die beim Flug als Einheit schwingt und wirkt. Die Biene fliegt etwa 7 m pro Sekunde, in der Minute 420 m, in der Stunde 25 km. Der

Grenzwert liegt bei 14 m/sek. Hierzu hat sie 75-150 Flügelschläge/sek. nötig. Die Geschwindigkeiten gelten für den Flug ohne Gegenwind.

Während die eigentliche Schlagbewegung der Flügel indirekt erfolgt, greifen an den Flügelwurzeln dagegen kleine Muskeln direkt an, wodurch deren Anstellwinkel verändert werden kann. Das nachfolgende Arbeitsblatt gibt die notwendigen Erklärungen. Da es schwer ist, die Mechanik des Bienenflügels zu verstehen, sollten die Schüler ein Modell bauen. Ein solcher Arbeitsbogen ist angefügt (Tafel 34).

Bauanleitung: Aus biegsamer, elastischer Pappe werden Streifen geschnitten. Ein Streifen wird zu einer Rundung (Kreis) verbunden. Ein zweiter wird so unterteilt, daß zwei Drittel unten, ein Drittel oben zu liegen kommen. Das obere Drittel muß um 1 bis 1,5 cm kleiner sein als das untere. Jetzt wird ein Flügel geschnitten und mit dünnem Stoff wie im Bild sichtbar, eingeklebt. Dann werden insgesamt drei Gummibänder gespannt, jedoch so, daß das Modell dadurch nicht verformt wird. Durch Ziehen in Längsrichtung bewegen sich die Flügel. Das Modell kann dauerhaft auch aus Kunststoff gebaut werden. Die Ansicht des Modells ist auf Tafel 34 dargestellt.

7. Experimente zur Orientierungsleistung der Honigbiene ohne eigenes Imkern

Bei der Suche nach süßen Säften (Nektar, Honigtau), lassen sich die Bienen von vielen Sinnen leiten. Sie registrieren Düfte, Licht, Farben, Schmeckstoffe, ihren eigenen Energieverbrauch, die Zeit, Vibrationen und Temperatur. Deshalb sprechen wir vom Farbsehen, von Geruchswahrnehmungen, vom Geschmack der Bienen. Wie die Bienen Farben, Düfte und Gerüche empfinden, können wir so wenig erfahren, wie wir einem von Geburt an Blinden das Aussehen der Farben Rot oder Gelb vermitteln können.

Insekten dienen in vieler Hinsicht als Modell für allgemeinbiologische Zusammenhänge. Die Drosophila-Forschung z.B. war grundlegend für die ganze Genetik; angeborenes Verhalten ist nirgend im Tierreich besser zu analysieren als bei Insekten.

7.1 Futterdressuren mit Honigbienen

Das Beobachten der Bienen an Blüten führt bereits zu einer Reihe von Erkenntnissen (vergl. 4.2). Künstliche Futterstellen machen darüber hinaus unabhängig von zufälligem Beflug und binden die Bienen länger und in genügender Zahl an einen Futternapf. Solch eine Dressur läßt sich ohne eigene Bienenhaltung oder eine nahe gelegene Imkerei bis in die Nähe der Stadtkerne vornehmen. Solange allerdings reichlich natürliche Tracht für die Bienen zu finden ist, sind sie kaum durch eine künstliche Quelle abzulenken; die Spätsommerzeit (die Zeit nach den Sommerferien) ist besonders geeignet, da die stark angewachsenen Bienenvölker bei spärlicher Blütentracht einen Wintervorrat anlegen müssen.

7.1.1 Anlage von Lockstellen (hierzu Tafel 35)

Anreichern von Blumen. Manchmal schon ab Juni, sicher ab Juli gelingt es, eine Futterstelle anzulegen. Man befestigt eine flache Schale an einem Stock und steckt diesen in ein gut beflogenes Blütenbeet. Dann bindet man einige Blütenstengel, ohne sie abzuschneiden, so an die Schale, daß die Blütenköpfe in Höhe der Oberkante der Schale stehen. Anschließend füllt man die Schale randvoll mit konzentriertem Zuckerwasser, (wegen des Blütenduftes keinen Honig nehmen!) tropft etwas davon auch auf die Blütenköpfe und legt einige Hölzchen in die Schale

als Sitz für die Bienen. Nach einiger Zeit wird auch die Schale gut besucht. Dann kann man sie mit allen Bienen schrittweise vom Beet zu einer geeigneten Beobachtungsstelle versetzen (Tafel 35 C).

Hält der Beflug an, genügt es, alle 2-3 Tage ein kleines Schälchen Zuckerwasser hinzustellen. Damit kann man die Dressur aufrechterhalten.

Künstlicher Futterplatz. Mit einer anderen Methode läßt sich ein Futterplatz frühestens im Juni einrichten, wenn die Tracht nachläßt. Eine ständige Kontrolle des Anlockplatzes erübrigt sich, sobald man folgendermaßen vorgeht:

- An einem geschützten Platz, der von Bienen gut angeflogen werden kann, wird ein Futtertisch (vgl. Tafel 35) aufgestellt.
- Auf einer 20 x 20 cm großen Holzplatte wird mit Fassadenfarbe ein schwarzgelbes Muster aufgetragen; an der Platte werden Holzleisten als Tischbeine befestigt, die in wassergefüllte Konservendosen gestellt werden (gegen Ameisen!). Die Platte wird mit einem Drahtgitter mit untergeschobenen Korkscheiben abgedeckt (als Regenablauf) (Maschenweite 2-3 mm). Auf eine Plexiglasplatte (ca. 7 x 7 cm) legt man einen Stern aus dicker Folie oder fräst entsprechend Rille ein; der Radius der Spitzen soll die Öffnung eines Marmeladenglases um ca. 1 cm überragen.
  - Neben das Futterglas stelle man eine flache Dose, gibt auf den Boden ein paar Tropfen Anisöl. In den Deckel werden mit einer Nadel winzige Löcher gebohrt. Nun kann Lockduft entweichen, aber kein Regenwasser eindringen (vgl. Tafel 35).
- Der Zuckerwasserpegel im Glas wird markiert: Erst wenn er nennenswert gesunken ist, kann man damit rechnen, daß das Glas regelmäßig von Bienen besucht wird - auch wenn während des Kontrollganges gerade keine Bienen am Glas sind. Jetzt lohnt es sich, Schüler längere Zeit und mehrfach zum Beobachten aufzufordern.

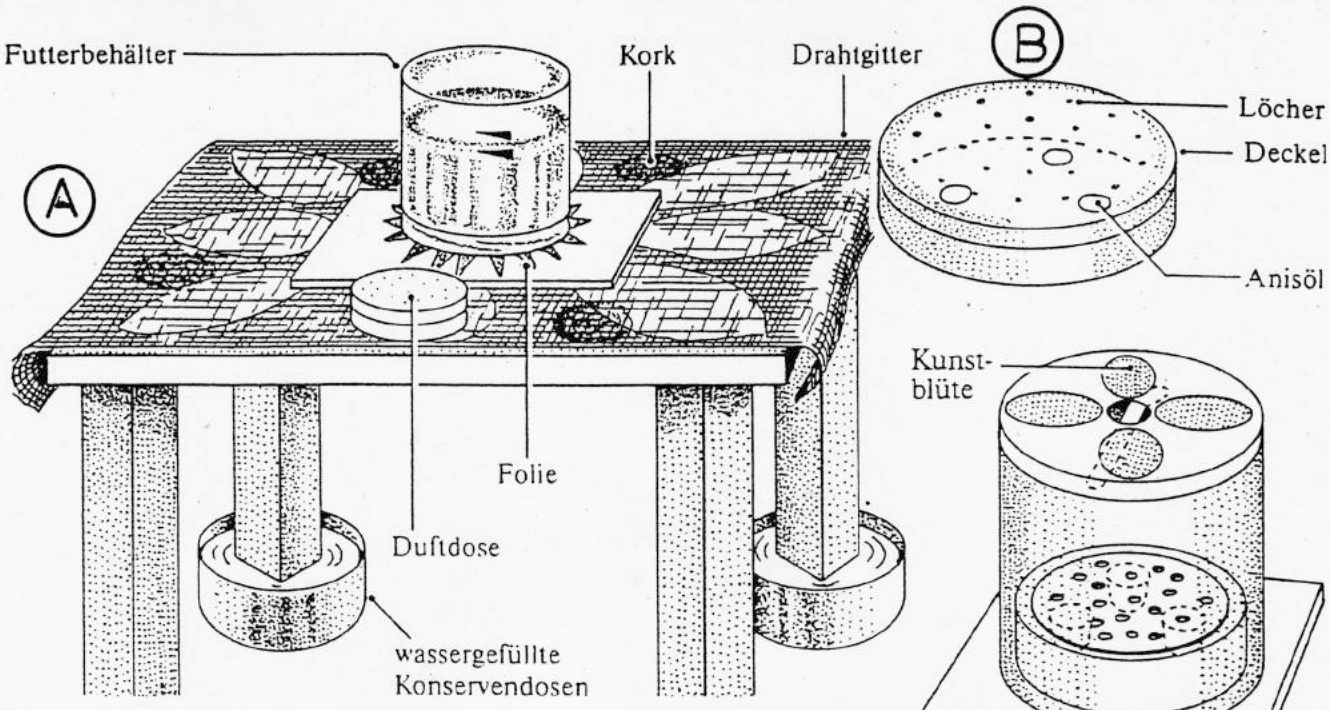
---

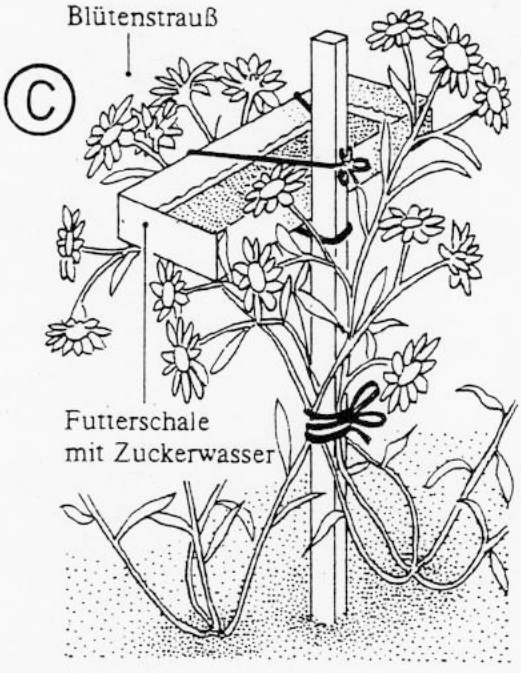
zu Tafel 35

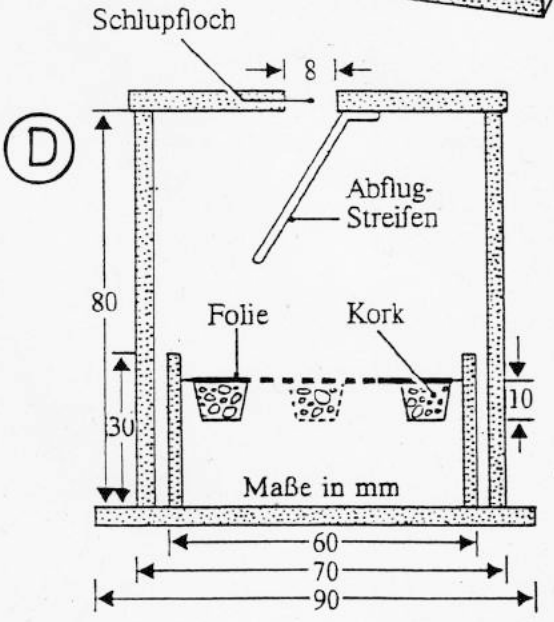
Locktränken und Futterstellen

A) Futtertisch
B) Duftdose
C) Futterschale im Blumenbeet
D) Kunstblüte - Ansicht und Baumaße
E) Muster eines Beobachtungsprotokolls

Quelle: Schulgartenhandbuch







E

Verweildauer und Rückkehrdauer von Bienen am Futterplatz

Biene Nr.	Kenn-zeichen	Beginn des Saugens	Ende des Saugens	errechnete Verweil-dauer	Wieder-ankunft	errechnete Rückkehr-dauer	Entfernung zum Stock
–	–	Std./Min./Sec.	Std./Min./Sec.	Sec.	Std./Min./Sec.		
1	gelb/weiß	11.10.17	11.11.02	45	11.18.20	07.18	495 m
2	blau/rot				–	–	
3							
4							

Tafel 35

Locktränken und Futterstellen

- Das Marmeladenglas wird mit Zuckerwasser gefüllt. Dem Zuckerwasser setzt man einen kleinen Tropfen Anisöl zu (Apotheke) (Auf 1 l Flüssigkeit nur 1 Tropfen, nicht mehr, sonst ist den Bienen das Futter vergällt). Auf das Glas legt man die Plexiglasplatte mit dem Stern, dreht es mit leichtem Schwung um und stellt es auf das gemusterteBrett.

  Das Anlocken der Bienen kann auf die gleiche Weise wie beim ersten Verfahren erfolgen, indem ein Zuckerwasserschälchen zwischen Blumen aufgestellt wird.

Gezielte Anlockung. An dieser Stelle soll auch das Anlocken von Bienen eines bestimmten Stockes beschrieben werden. Auf das Flugbrett wird ein Schälchen mit Futter gesetzt, dessen Zuckerlösung mit etwas Anisöl (auch Zitronenöl, Melissenöl) versetzt wurde. Etwas von der Lösung spritzt man auf das Flugloch. Ist das Glas voll mit Bienen besetzt, verschiebt man es auf einen Ständer, zunächst um Zentimeter, später weiter Meter um Meter - bis man an der gewünschten Futterstelle angelangt ist. Diese Form des Anlockens gelingt aus verschiedenen Gründen nicht immer. Doch ist man manchmal auf sie angewiesen, wenn man gekennzeichnete Bienen im Beobachtungsstock beobachten will. Die Anlockung gelingt, wenn man nur mit 2-3 Bienen an der Futterstelle ankommt.

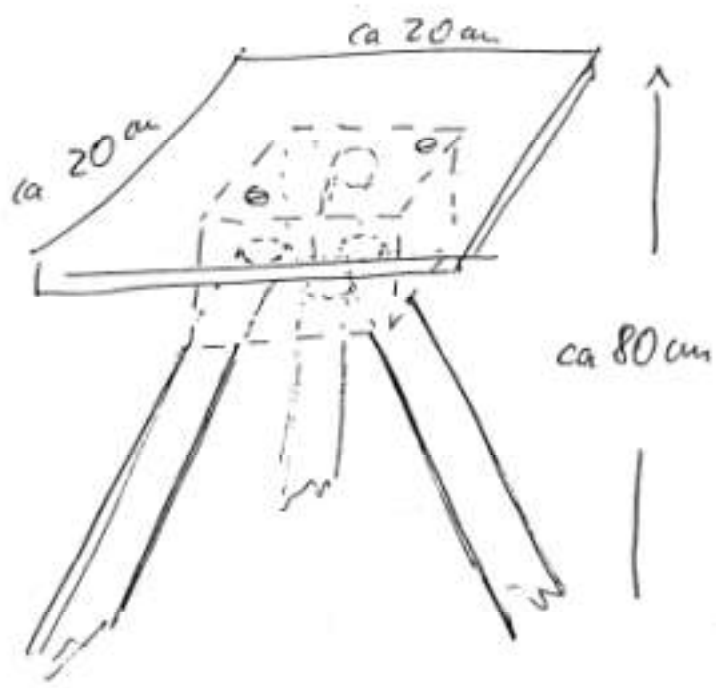
7.1.2 Anlegen eines Bienenkatasters

Durch die Anlage von Futterstellen erfährt man, wie weit Honigbienen bis in die Stadtkerne vordringen oder großflächig Gebiete besiedeln. Solche Untersuchungen ergeben auch, mit welchen Bestäubungsergebnissen z.B. in Schrebergärten für die Obstbäume zu rechnen ist.

Umgekehrt können die regionalen Imkervereine hier helfen, indem sie Schulen Verzeichnisse von Bienenständen ihrer Mitglieder bekanntgeben. Es läßt sich dann von vornherein abschätzen, welche Aussichten für den Beflug von Lock- und Experimentierstellen bestehen. Berücksichtigt werden muß, daß lange nicht alle Hobbyimker den Imkerverbänden angeschlossen sind, d.h. es können auch dort Bienen vorkommen, wo sie zunächst nicht erwartet wurden.

Trägt man die Standorte der Bienenstände auf einer Landkarte ein und umgibt sie mit Kreisen von 500, 1.000, 2.000 und 3.000 Metern, so erhält man die Bienendichten. Die Flugweiten sind für den Frühling mit maximal 1.000 m und den Sommer bis 3.000 m (manchmal 5.000 m) anzusetzen.

7.1.3 Der Futter- und Experimentiertisch



Oft ist es erforderlich, den Futterplatz an eine andere Stelle zu verlegen, sei es bei Arbeiten im Schulgarten, um das Mitgehen der Bienen zu untersuchen oder im Spätsommer bei spärlicher Tracht, um die Menge der Bienen am Futterplatz zu reduzieren.

Bewährt haben sich dabei einfache leichte Dreibeintische. Die Tischplatte kann aus wasserfest verleimtem Holz bestehen. Leichter zu reinigen und als Farbvordressur geeignet sind etwa 20 x 20 cm große farbige Plastikplatten. Das können Abfallstücke bei Kunststoff-verarbeitern sein.

Ein Holzklotz wird schräg angebohrt, so daß drei Rundstäbe eingeleimt werden können. Die Platte wird dann einfach aufgeschraubt.

7.1.4 Der Abbau von Ängsten

Honigbienen verteidigen ihr Wabennest, nicht aber Blüten oder Futter. Es gilt also nur, einen angemessenen Abstand vom Stock zu halten. Je nach Stechfreudigkeit der Rassen ist der Vorsichtsabstand etwa zwischen 10-30 m vom Stock einzuschätzen; bei kleinen Schaukastenvölkern beträgt er nur 2-3 m oder noch weniger.

Am Futterplatz sollte man - ohne Worte - den Schülern demonstrieren, wie harmlos Bienen sind. Wenn das Futterschälchen oder ein größerer Futterbrocken, (z.B.aus Nektarpoll bzw. verkneteter Brei aus 1:1:1 Staubzucker, Milchpulver und Sojamehl mit etwas Wasser) gut beflogen sind, beugt man sich mit dem Gesicht ganz dicht darüber, schüttelt das Futter kräftig, so daß alle Bienen auffliegen. Zusätzlich scheucht man die Bienen mit den Händen fort. Keine Biene sticht, keine setzt sich in die Haare o.ä.. Es ist lediglich darauf zu achten, daß beim Schütteln des Futters nicht eine Biene eingeklemmt wird, sie würde sich mit dem

Stachel wehren. Die Schüler finden so von selbst heraus, daß Bienen an Blüten und an Futterstellen nicht stechen. Diese unvermutete Friedfertigkeit kennzeichnet einen biologischen Zusammenhang:

- Am Futterplatz sind andere angeborene Verhaltensmuster wirksam als am Bienenstock: Es ist kein Volk zu verteidigen.
- Am Futterplatz treten oft Bienen verschiedener Völker auf, wie an Blüten immerzu. Es ist ein zufälliges naturgemäßes Zusammentreffen.
- Die Wächterbienen, deren Verhalten auf Abwehr gerichtet ist, fliegen keine Blüten an.
- An den Blüten lauern viele Feinde: Krabbenspinnen, Bienenwölfe, Hornissen, Vögel u.a. Die Biene muß aufmerksam sein, sie kann deshalb nicht aggressiv sein.

Sobald die Bienen sich wieder am Futter niedergelassen haben, holt man die Schüler möglichst dicht heran und läßt einen Schüler die Bienen aufscheuchen. Einzige Vorsichtsmaßnahme: Die Schüler sollen den Mund zumachen, damit nicht durch einen unglücklichen Zufall eine Biene hineingerät und sticht.

Dieser kleine Versuch ist nicht nur eindrucksvoll; er ist zugleich eine wichtige Voraussetzung für den weiteren Umgang mit Bienen. Bei einem gewissen Vertrauensverhältnis zum Lehrer lassen sich die meisten Schüler zum Mitmachen bewegen. Erwachsene ohne Bienenerfahrung haben es da schwerer.

Seit mehreren Jahren ist im Schulbiologiezentrum Hannover bei dieser kleinen Mutprobe nicht ein Schüler gestochen worden. An den Bienenstöcken gibt es dagegen ab und zu Stiche, vor allem, wenn Bienen sich in den Haaren verfangen. Es ist daher wichtig, den großen Unterschied im Verhalten der Bienen am Nest und am Futter herauszuarbeiten.

7.1.5 Das Erhalten der Dressur

Sowie der Beflug einer Futterstelle gesichert ist - einige Stunden sind ausreichend - genügt es, wenn ein Schüler alle 3-4 Tage einige Milliliter Zuckerwasser mit Duftstoff auf dem Locktischchen bereitstellt, möglichst immer zur gleichen Zeit. Die Bienen merken sich die Futterquelle 1-2 Wochen, wenn sie so lange überleben. Je nach Witterung und Trachtmenge dauert es dann einige Zeit, bis nach stärkerer Fütterung eine größere Anzahl Bienen am Futter erscheinen. An Stelle des großen

Futterglases reicht für die Zwischenfütterung ein Blockschälchen (Salznapf, wie er für Mikropräparate benutzt wird) voll Zuckerwasser. Uhrglasschalen sind zu windanfällig und daher nicht zu empfehlen.

7.1.6 Das Umstellen der Futterdressur auf Experimentalverhältnisse

Für die nachfolgend beschriebenen Experimente ist es erforderlich, mit Duftstoffen oder ohne Duftstoffe, mit unterschiedlichen Zuckerkonzentrationen, mit verschiedenen Farbunterlagen und auch mit verschiedenartigen Futternäpfen zu arbeiten. Die Bienen benötigen oft einige Zeit, um sich auf die neue Situation umzustellen. Bei Trachtmangel und dem großem Sammeleifer im Spätsommer stellen die Bienen sich sehr schnell auf veränderte Situationen um. Daher ist es auch erforderlich, alle Futtergefäße gut zu verschließen, zuzudecken oder unter Büschen zu verstecken. In der frühen Jahreszeit kann es leicht geschehen, daß die Bienen nach Umstellungen fernbleiben. Dann sollte man vermeiden, plötzlich sehr große Veränderungen vorzunehmen; besser ist es, immer schrittweise zu verfahren:

- Zuckerkonzentrationen gestaffelt senken, z.B. 50, 40, 30, 25, 20, 17, 14, 10, 8, 6, 5, 4, 3 %, also die Bienen mit immer kleineren Mengen an ihre Reaktionsgrenze heranführen. Die Anzahl der auffliegenden Bienen läßt sich durch Hinauf- oder Herabsetzen der Zuckerkonzentration beeinflussen; dies ist aber im Schulalltag meist eine Überforderung, da nicht abzusehen ist, wann die Bienen ganz ausbleiben.
- Duftstoffe entsprechend schrittweise verdünnen oder mit geringsten Spuren beginnen. Der Zusatz von Duftölen sollte nicht verändert werden, abgesehen von speziellen Experimenten hierzu.
- Gestalt- und Farbveränderungen über Zwischenstufen vornehmen. Bienen, die auf Futteraufnahme unten am Glas oder auf Blockschälchen dressiert sind, müssen sich erst umstellen.

Der Beflug am Futtertisch läßt sich leicht in Grenzen halten, wenn man mit dem Futtertisch wandert, je nach Jahreszeit jeweils 1 m im Sommer oder gleich 10-20 m im Spätsommer.

7.1.7 Die Zunahme des Bienenbesuches nach Beginn der Fütterung

Nach der Lockfütterung lassen wir eine Pause, z.B. 1/2 Stunde, eintreten. Bei erneutem Nachfüllen des Futterglases sind entweder keine oder nur wenige Bienen in der Nähe.

Beobachtungsaufgabe: Es soll notiert werden, in welchen Zeitabständen mehr Bienen auftreten. Um zu statistischen Ergebnissen zu kommen, müssen Zeitintervalle festgelegt werden. Sie richten sich nach der Gesamtsituation, d.h. nach Witterung, Jahreszeit, Entfernung der Völker und dem natürlichen Futterangebot. Manchmal hat sich schon nach 10 Minuten, manchmal erst nach einer halben Stunde die Zahl der Bienen erheblich vergrößert. Man zählt z.B. alle 5 Minuten die Anzahl der saugenden Bienen und überträgt die Ergebnisse in eine Kurve. Inzwischen können andere Beobachtungsaufgaben erledigt werden, z.B. kann die Art des Abflugs beobachtet werden.

Beim Anflug auf das Futter bringt es das Benachrichtigungssystem mit sich, daß die Bienen zunächst in Schüben auftauchen und auch wieder in Schüben mit gefülltem "Sozialmagen" (Honigblase) verschwinden und deshalb manchmal minutenlang fehlender Besuch registriert wird. Das Benachrichtigungssystem mobilisiert allerdings die Bienen nur bei lohnender Tracht, verhindert also eine Verzettelung der Volkskräfte.

7.1.8 Individuelles Markieren der Bienen am Futterplatz

(hierzu Tafel 36)

Für den Beobachter ist Biene zunächst mit Biene identisch. Er kann sie nicht an individuellen Eigenschaften unterscheiden. Natürlich möchte jeder Schüler wissen, ob "seine" Biene wiederkommt und ob tatsächlich Bienen anfliegen, die über die Futterquelle benachrichtigt worden sind. Zu diesem Zweck lassen sich die Bienen individuell markieren, ohne daß sie dadurch behindert wären.

Material: feine spitze Haarpinsel

Durchführung: Plakafarben: weiß, blau, rot, gelb, grün.
Die Plakafarbe wird mit etwa 1/3 Wasser verdünnt. Zweckmäßig verwahrt man die Farben in Plastikröhrchen von ca. 25 mm Durchmesser und ca. 6 cm Höhe. Die Deckel werden so durchbohrt, daß die Pinselstiele darin festsitzen. Das obere

Ende der Pinselstiele schneidet man so weit ab, daß die Pinsel beim losen Aufsetzen der Deckel nicht umkippen. So ist die Farbe immer griffbereit, wenn man die Farbröhrchen in einem Block oder einem Kästchen festsetzt. Plakafarbe haftet gut im Bienenpelz, ist ungiftig, trocknet schnell, hält dauerhaft und ist preiswert.

Markieren: Das Markieren gelingt am besten an einem Futterglas mit Rillenplatte. Wenn die Bienen nicht weiter beunruhigt werden, saugen sie ganz ruhig, so daß es ohne weiteres möglich ist, sie mit zwei oder drei Punkten (vgl. Abb. C auf Tafel 36) zu markieren. Der Pinsel muß senkrecht gehalten und die Hand am Tisch abgestützt werden (Abb.). Es gehört einige Übung dazu, die Punkte sauber auf das Bruststück zu setzen, ohne Kopf oder Flügel zu beschmieren.

Beim individuellen Kennzeichnen kann man mit fünf Farben logischerweise fünf Bienen kennzeichnen. Bei zwei Punkten auf dem Rücken kann man z.B. gelb mit je einer Farbe kombinieren. Das sind dann die Bienen 6, 7, 8, 9, 10, wenn man für die Nummern 1-5 nur einen Punkt verwendet hat. Die Farbe Rot erbringt dann die Nummern 11, 12, 13, 14, 15.

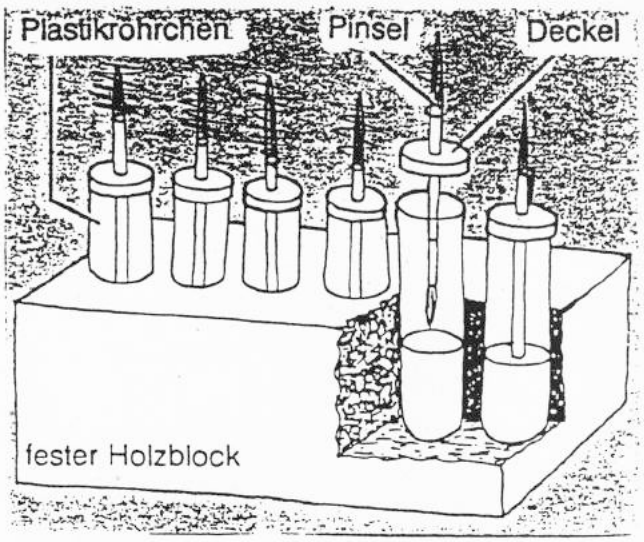
Natürlich muß man sich die Kombinationen aufschreiben. Insgesamt lassen sich mit zwei Punkten und je zwei Farben 30 Bienen kennzeichnen. Es ist leicht auszurechnen, daß man bei drei Punkten und fünf Farben auf 150 Ziffern kommt.

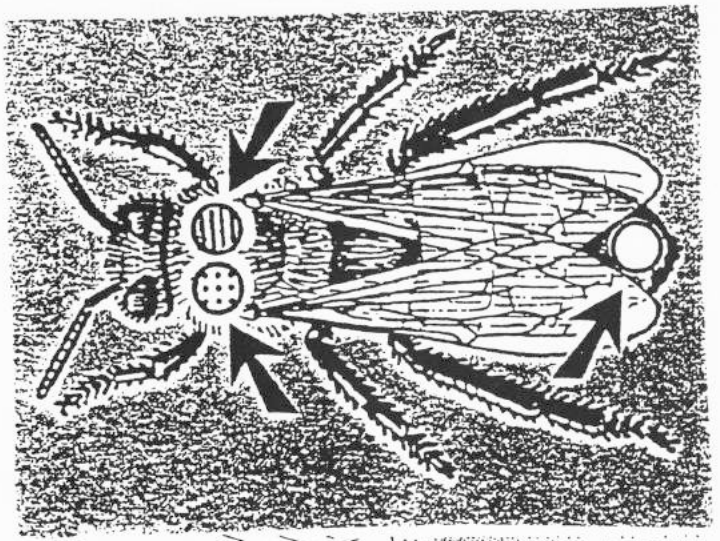
Mehr lassen sich von Schülern keinesfalls überschauen, in der Regel kommt man mit 30 aus. Es ist immer wieder ein Erlebnis, wenn eine gekennzeichnete Biene an der Futterstelle einfliegt und eine ungezeichnete kurz darauf mit gleicher Sicherheit landet (Genaue Angaben S.124).

7.1.9 Die Verweildauer an der Futterquelle

Zunächst nimmt jeden Schüler das Wiederkommen "seiner" Bienen und das Zeichnen selber gefangen. Ist ihre ursprüngliche Neugier befriedigt, lassen sich ein paar Beobachtungen anschließen:

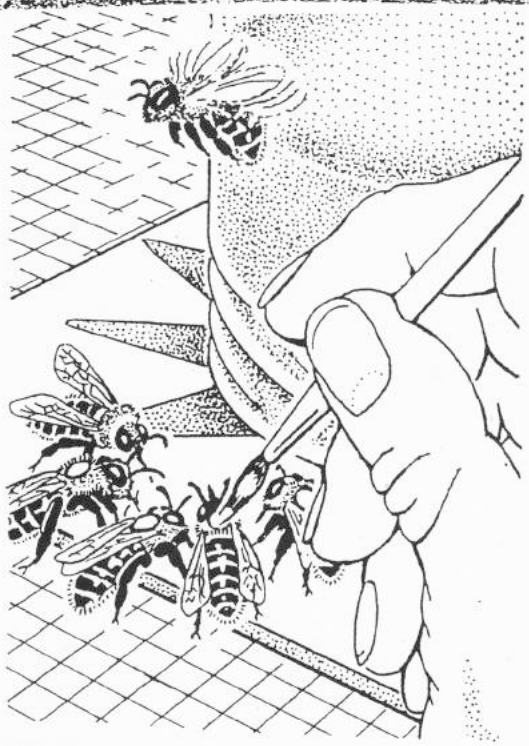
1. Wie unterscheiden sich Anflug und Abflug von markierten und unmarkierten Bienen?
2. Wie lange saugen einzelne Bienen am Zuckerwasser?
   Bis zu drei Bienen können die meisten Schüler nebeneinander verfolgen. Für den Unterricht interessieren die längste und kürzeste Verweildauer und die



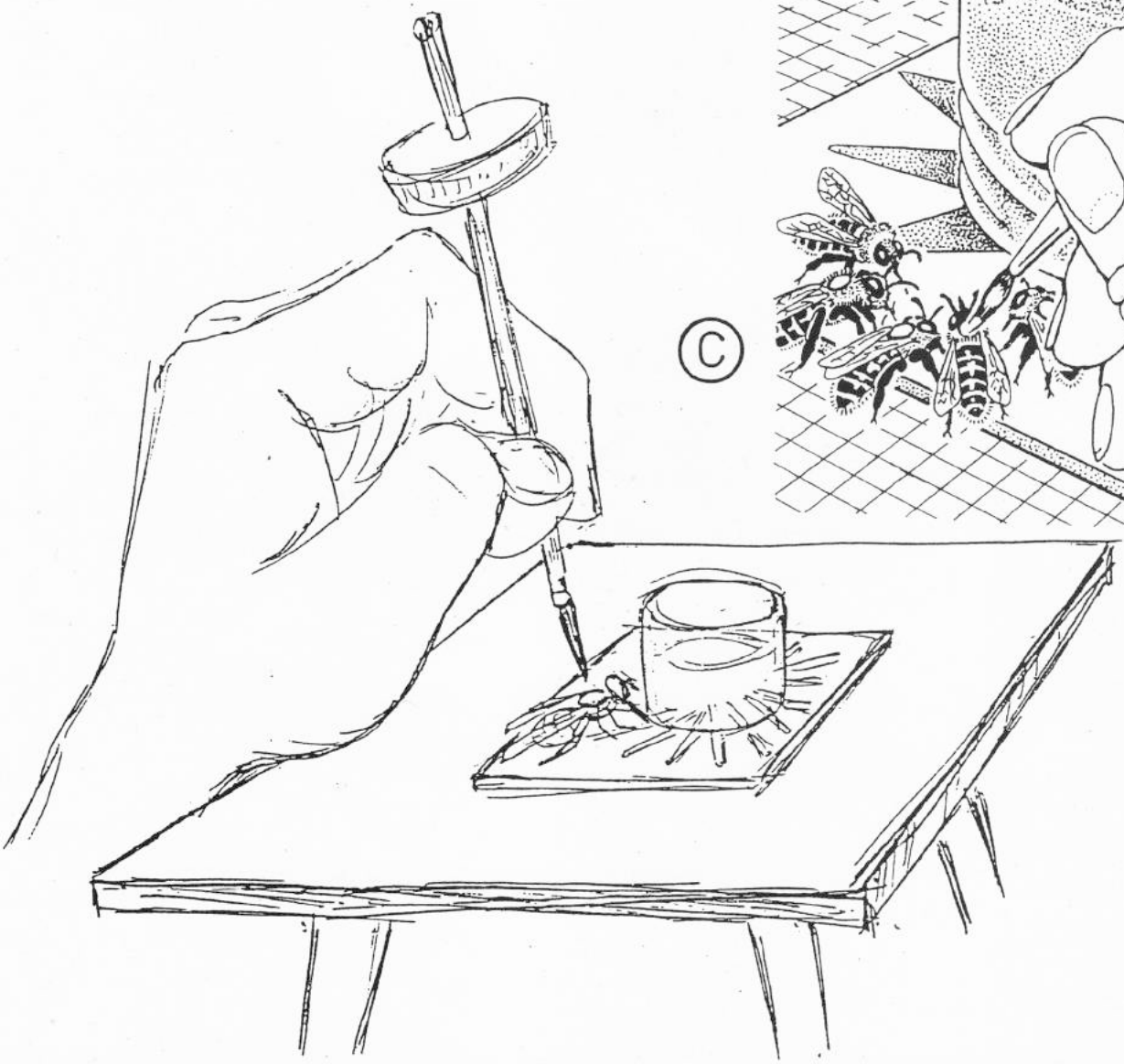


A

B



C



Tafel 36

Anleitung zur Kennzeichnung der Bienen Quelle: Schulgartenhandbuch

A) Block für Farbbehälter

B) Zeichenorte der Biene

C) Zeichnen der Bienen auf einem einfachen Futtertisch

errechnete mittlere Verweildauer. Um ein statistisches Ergebnis zu erhalten, muß man Klassen bilden: Etwa die Verweildauer 0-20 sek., 20-40 sek., 40-60 sek. usw.

3. Ein Vergleich mit der Dauer des Besuches von Blüten ist quantitativ wenig ergiebig. Qualitative Einsichten ergeben sich aus der Intensität des Besuches der Futterstelle, wenn man dazu das Wetter, die Temperatur oder die Tracht in Beziehung setzt.

7.1.10 Woher kommen die Bienen am Futterplatz?

Hat der Schüler Bienen "individualisiert", möchte er meistens auch wissen, wo sie wohnen. Das ist nicht einfach zu ermitteln, gelingt aber auf 50-100 m unter günstigen Umständen genau.

Ziel: Herausfinden des Heimatbienenstandes.
Material: Meßtischblatt, noch besser ist ein Plan 1:5000, wie er in den zuständigen Bauämtern als Grundlage der amtlichen Karte vorhanden ist, eine Uhr.
Durchführung: Eine Biene fliegt auf dem Hinflug: 8 m/sek., auf dem Rückflug: 7 m/sek.im Durchschnitt.
Ihre Verweildauer im Stock beträgt bei gutem Angebot an Tracht etwa 5 Minuten. Eine Biene, die nach 7 Minuten wieder auftaucht, hat daher für die reine Flugzeit 7 minus 5 Minuten = 2 Minuten verfügbar. Für den gleich langen Hin- und Rückweg ergibt sich bei gemittelter Geschwindigkeit: 7,5 x 120 s = 900 m zurückgelegte Weglänge. Diese ist zu halbieren. Der Bienenstock müßte daher in einer Entfernung von etwa 450 m zu finden sein. Die Abflugrichtung der Bienen ist vor allem bei Windstille gut zu sehen. Bei mehreren Rückflügen schätzt man eine mittlere Abflugrichtung ab, nordet die Karte genau ein und trägt Richtung und Entfernung ein. Dann sucht man den Ort auf und fragt nach dem Bienenhalter.

Es ist schon ein besonderes Erlebnis, wenn die Schüler - evtl. nun mit einem Schutzschleier versehen - "ihre" Bienen einfliegen sehen, vor allem Kontakt mit dem Imker aufnehmen und u.U. sogar die Verweildauer der Bienen selber bestimmen können.

Verweildauer und Rückkehrdauer von Bienen am Futterplatz							
Biene Nr.	**Kenn-zeichen**	**Beginn d. Saugens**	**Ende d. Saugens**	**errechnete Verweil-dauer**	**Wieder-ankunft**	**errechnete Rückkehr-dauer**	**Entfernung zum Stock**
---	---	Std./Min./Sek.	Std./Min./Sek.	Sek	Std./Min./Sek		
1	gelb/weiß	11.10.17	11.11.02	45	11.18.20	07.18	495 m
2	blau/rot				**---**	---	
3							
4							

Muster für ein Protokoll

Dies alles gestaltet sich natürlich viel einfacher an einem eigenen Schaukasten mit vorgesetztem Laufgang. Die Flugdauer und Verweildauer der Bienen läßt sich dann sehr genau bestimmen.

7.1.11 Die Zeitdressur

Die meisten Blüten sondern ihren Nektar zu ganz genau bestimmten Tageszeiten ab. Wer pünktlich zur Stelle ist, darf ernten. Entsprechend haben die Bienen einen absoluten Zeitsinn. Der Sonnenstand ist ihnen so fest einprogrammiert, daß ihre Uhr auf die Minute genau geht. Hieraus ergibt sich eine interessante Dressuranordnung am Futterplatz.

Ziel: Die Schüler sollen den Zeitsinn der Bienen prüfen.
Material: Die normale Futterstelle.
Durchführung: Die Schüler einigen sich zunächst auf eine bestimmte Uhrzeit, zu der das Futter auf den Futterplatz gebracht werden soll. Es kann 10.oo Uhr genau so gut sein wie 11.13 Uhr. Schon nach drei Tagen erscheinen die ersten Bienen kurz vor der Futterzeit, in der übrigen Zeit nicht. Hier schließen sich nun die einzelnen Experimente an:

1. Wie genau geht die Bienenuhr?
   Man muß dazu die Ankunft der an den Vortagen markierten Bienen aufzeichnen.
2. Wieviele Zeiten können sich Bienen merken?
   Das Futter wird zu 3-5 genau festgelegten verschiedenen Zeiten gereicht.

3. Was geschieht, wenn eine außerhalb der Dressurzeiten liegende Zwischenmahlzeit angeboten wird?
4. Was geschieht, wenn die Bienen zu den Dressurzeiten ein leeres Schälchen vorfinden?

7.1.12 Die Füllung des "Sozialmagens" einer Honigbiene (Honigblase)

Beim Besuch zahlreicher Einzelblüten füllt die Biene ihre Honigblase mit Nektar. Nur geringe Mengen davon gelangen als Betriebsstoff durch den Ventiltrichter in den Verdauungsmagen der Biene. Das Messen der Füllmenge der Honigblase ist Schülern möglich und gibt Aufschluß über die Sammelleistung, die ein Bienenvolk erbringen muß, um Brut zu versorgen, Wintervorräte anzulegen oder uns zum Honiggenuß zu verhelfen.

Ziel: Die Schüler sollen selber die Füllmenge des Honigmagens experimentell messen.
Material: Meßpipette 0,1 ml/100, Zuckerwasser und eine Versuchsanordnung wie Tafel 37.
Versuchsaufbau: Eine Plexiglasscheibe wird an einem Ende mit einem auffallenden farbigen Blütenmuster unterlegt. Über dessen Mittelpunkt wird in der Scheibe mit dem Fräskopf einer Bohrmaschine oder einem 8-10 mm Stahlbohrer eine Vertiefung angebracht. Man darf aber nur leicht mit dessen Schräge vorn anschneiden, keinesfalls durchbohren. Zwei Klötzchen unterschiedlicher Höhe werden auf der Scheibe befestigt, so daß eine Meßpipette 0,1 ml/100 mit Klemmfedern in leichter Schräglage fixiert werden kann.

Durchführung: (Vergl. bei Penner 1982). Zunächst werden einige Bienen mit einem Tropfen Zuckerwasser in der Vertiefung auf das Blütenmuster dressiert. Danach erst wird die Meßpipette zweckmäßig mit 20%iger Zuckerlösung gefüllt. Um besser ablesen zu können, färbt man entweder die Lösung mit einem Lebensmittelfarbstoff (Proben von Untersuchungsämtern) an oder setzt an der Oberfläche der Füllung einen Pappreiter auf. Die nächste anfliegende Biene wird dann mit einem großen Becherglas vor weiteren anfliegenden Bienen abgeschirmt. Sie lernt schnell, an der Pipettenspitze zu saugen. Aus mehreren Messungen ergibt sich ein Mittelwert, der bei etwa 0,05 ml je Honigblasenfüllung liegt. Aus dieser Messung ergeben sich interessante Berechnungsmöglichkeiten:

20 Flüge ergeben 1 ml Nektareintrag.
20.000 Flüge sind damit für den Eintrag von 1 l Nektar vonnöten.
1 l 20%iges Zuckerwasser enthält 200 g Zucker.
1 l Nektar enthält bis zu 500 g Zucker, im Durchschnitt 250-350 g.
Es wird im Stock bis auf etwa 800 g Zucker je Liter Honig verdickt.
600 ml bzw. 300 ml Wasser müssen im Stock verdunstet werden.

Daraus läßt sich die Anzahl der erforderlichen Sammelflüge für ein Honiglas berechnen. Die Rechnung muß mit Annahmen arbeiten, da der Zuckergehalt im Nektar zwischen 30 und 60 % variiert. Imkerhonig darf nicht mehr als 20 % Wasser enthalten.

7.1.13 Das Bestimmen der Rüssellänge

Für die Bestäubung verschiedener Blüten (z.B. Rotklee, Inkarnatklee, Weißklee) ist die Rüssellänge der Biene der entscheidende Faktor. Für Oberstufenschüler kann es deswegen interessant sein, beim Saugen die Rüssellänge zu messen.

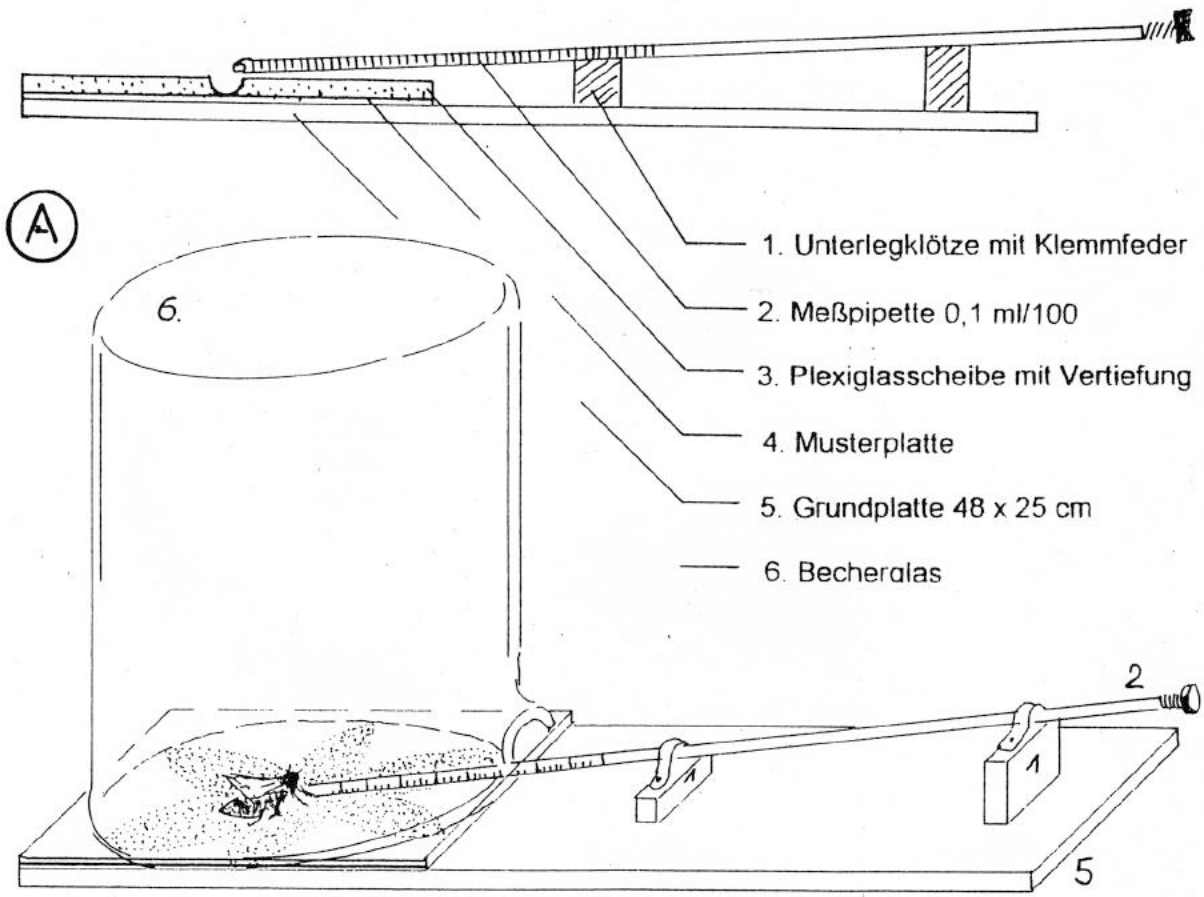
Ziel: Messen der Rüssellänge während des Saugens.

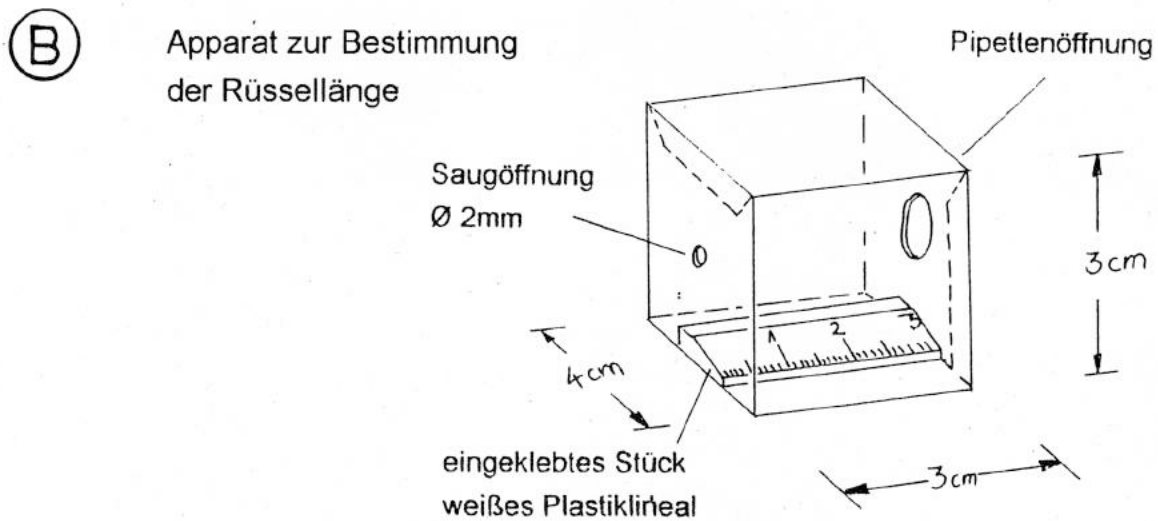
Material und Durchführung: (Tafel 37): Man muß sich zunächst eine Versuchsanordnung wie in 7.1.12 für die Füllung des Honigmagens herstellen. Ihr wird eine Lochsperre vorgeschaltet.

Aus starker Klarsichtfolie (Bürohüllen) klebt man einen kleinen Kasten, der aus einem Stück geschnitten wird.

Die Saugöffnung (2 mm Ø) wird 5 mm hoch an der Vorderwand angebracht, an der Rückwand die Öffnung für die Meßpipette. Parallel unter die Linie Saugöffnung-Pipettenöffnung klebt man ein 3 cm langes Stück Plastiklineal oder Millimeterpapier auf den Boden des Kästchens. Die Anordnung darf sich nicht verschieben lassen. Die Meßpipette wird so fest eingeklemmt, daß sie nicht von selbst verrutschen kann. Am besten stellt man die Dressur vorher auf 20%iges Zuckerwasser mit Duftstoff (Anisöl oder anderes, nur 1 Tropfen auf 1 l Wasser) ein, damit die Bienen leichter den Zugang zur Pipette finden. Man schiebt die Pipette zunächst unmittelbar an die Saugöffnung heran. Beim Saugen einer Biene zieht man nun unter Sichtkontrolle die Pipette vorsichtig so weit zurück, bis der deutlich erkennbare Kontakt zur Rüsselspitze unterbrochen wird; man kann auch umgekehrt an

Apparat zur Bestimmung der Magenfüllung der Honigbiene





Tafel 37

Experimentieranleitung zur Saugmenge der Honigbiene (A) und zur Rüssellänge (B)

den Rüssel herangehen. Jetzt kann man die Rüssellänge leicht ablesen, wenn man die Pipettenspitze senkrecht über dem Lineral abliest. Je nach Rasse werden 6-7 mm gemessen.

Die Rüssellänge der Bienen spielt in der imkerlichen und landwirtschaftlichen Praxis eine große Rolle. So ist der Nektar des Rotklees (Trifolium pratense) für die Bienen nicht erreichbar, während der Weißklee genau im Grenzbereich ihrer Rüssellänge liegt. Hier ist es gelungen, durch Züchtung Kleerassen zu entwickeln, deren Nektar den Bienen zugänglich ist.

Gelegentlich stößt man auch auf völlig unvorhergesehene Nutzungsverhältnisse. So wird der Klebrige Salbei (Salvia glutinosa) von kleineren Hummelarten besucht. Die großen passen nicht in die Blütenöffnung und müßten außen vorbleiben, wenn sie nicht tausendfach (!) die Kronröhren am Grunde seitlich aufbeißen würden, um an den reichlichen Nektar zu gelangen. Für das Aufbeißen sind die Kiefer der Bienen zu schwach. Aber auch sie lernen, die seitliche Öffnung zu nutzen, und so beuten auch sie unter Umgehung des richtigen Einganges den Nektar aus. Die meisten Hummelarten haben erheblich längere Rüssel als die Bienen.

Das Messen der Rüssellänge hat vor allem als Methode Wert, weil es deutlich machen kann, daß scheinbar nebensächliche Daten von der biologischen Seite her große Bedeutung erlangen können.

7.2 Das Farben- und Formensehen der Bienen

(hierzu die Tafeln 38 bis 40 und 50 bis 55)

Jeder weiß heute, daß Fledermäuse z.B. Ultraschall orten können, für den unser Ohr nicht empfindlich ist. Welche Empfindungen die Tiere dabei haben, ist uns schlechterdings nicht vorstellbar. Dieser Aspekt ist fast beliebig erweiterungsfähig. Die Empfindlichkeit der Fische für Wasserdrücke, mancher Schmetterlinge für Düfte, von Schlangen für Infrarot, von Vögeln für Magnetismus: Man kann sich die Sinneswelt dieser Tiere kaum vorstellen, weil die "Gefangenschaft im Käfig der eigenen Sinneswahrnehmungen" nur schwer zu durchbrechen ist. Das gilt auch für das Sehen von Formen.

Blumen sind auch für uns bunt und formenreich. Es liegt die Annahme nahe, daß ihre Besucher dafür ein Wahrnehmungsvermögen haben. Alle Beobachtungen sprechen dafür. Aber erst die gleichermaßen einfache wie geniale Anordnung, Bienen auf farbige Futterplätze zu dressieren und gegen andere Farben und

Graustufen auszutauschen und dabei das Verhalten der Bienen zu beobachten, brachte Bewegung in die Forschung. Karl v. Frisch verdanken wir auch hier die grundlegenden Versuche, die ergaben, daß Bienen uns gegenüber ein "verschobenes" Farbspektrum haben, die Welt also zwar farbig, aber anders wahrnehmen als wir und Grautöne von bestimmten Farben nicht unterscheiden können. Seine Forschungen dazu haben viele Forschungen mit anderen Lebewesen angeregt. In der Folge ist es sogar möglich geworden, die Erregungspotentiale selber zu messen, so daß die klassische Verhaltensforschung in ihren Ergebnissen heute von der Neurophysiologie unterstützt wird.

---

zu Tafel 38

Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene

A) Bienenauge im Schnitt
Auk = Augenkeil H = Hornhaut
S = Sehnerv K = Kristallkegel
N = Sehstab Quelle: Schweizer Bienenvater

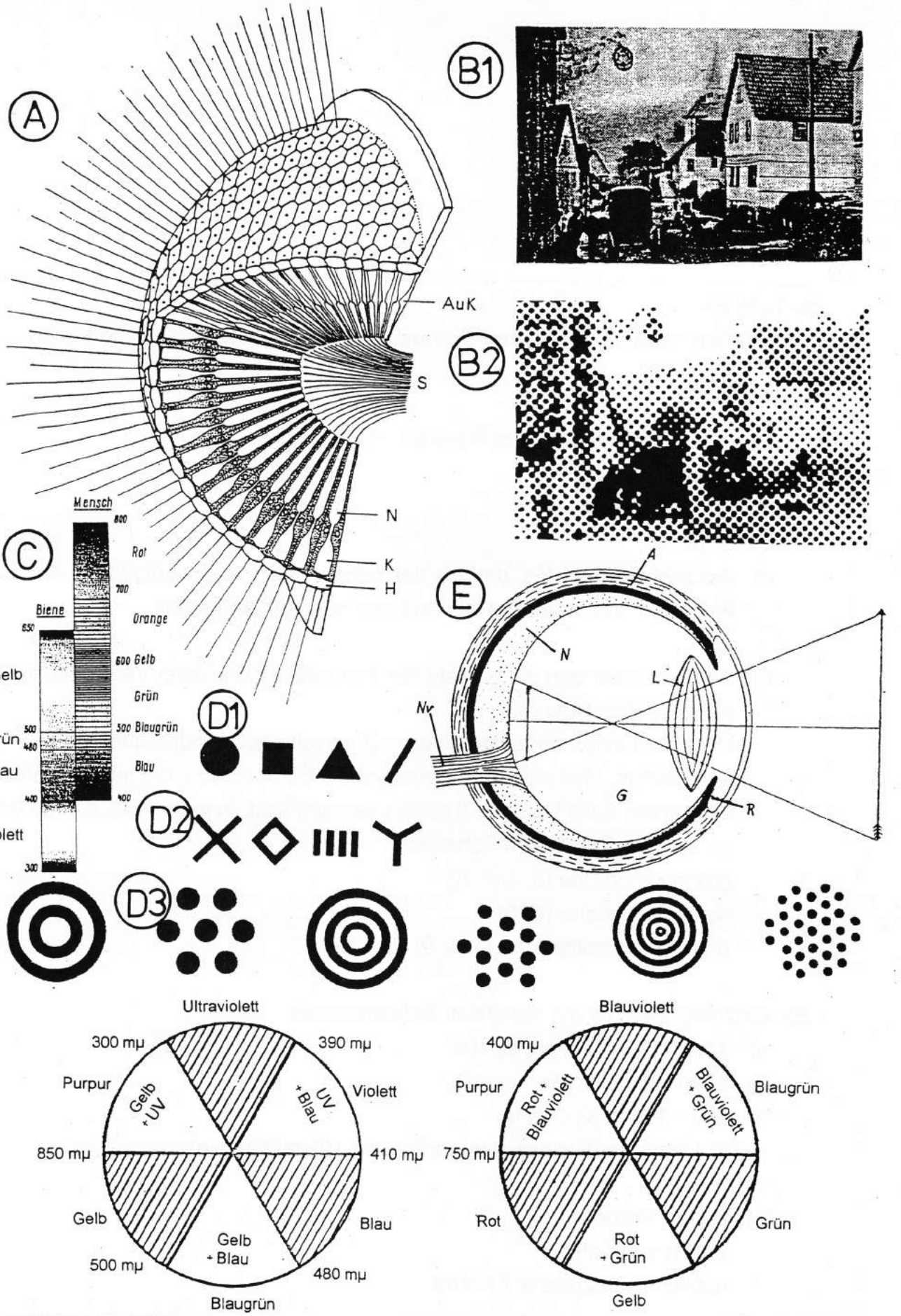
B1) Bild einer Dorfstraße als Foto = Menschenauge
B2) grob gerastert = Bienenauge
Quelle: Büdel-Herold

C) Sichtbereiche von Bienen- und Menschenauge
Quelle: Büdel-Herold

D) Figurenmuster: Bienen unterscheiden nur die Reihe D1 von D2 und reagieren in der Reihe D3 jeweils intensiver auf die Muster von links nach rechts
Quelle: Dustmann

E) Schnitt durch ein Menschenauge
H = Hornhaut N = Netzhaut, Sehzellen
L = Linse A = Aderhaut
G = Glaskörper Nv = Augennerv
R = Regenbogenhaut

F) Die unterschiedlichen Farbkreise von Biene (links) und Mensch (rechts)
Quelle: Dustmann



Tafel 38

Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene

zu Tafel 39

Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene (Quelle: Barth)

A) Einzelne Sehkeile aus dem Auge der Honigbiene

a) Linse;

b) Kristallkegel;

c) Sehzelle;

d) der zentrale Sehstab, der aus den feinen Membranausstülpungen der einzelnen Sehzellen besteht und das Sehpigment enthält;

e) Fortsatz, über den die Signale der Sehzelle zur nächsten Verarbeitungsstation geleitet werden.
Rechts ist eines der Einzelaugen auf verschiedener Höhe quer geschnitten. Man sieht den Aufbau aus 9 Sinneszellen, die mit Ausnahme der kurzen Zelle Nummer 9 in sich verdreht sind. In jedem Einzelauge gibt es alle drei Typen von Sehzellen:
grünempfindliche (3, 4, 7, 8);
blauempfindliche (2, 6);
ultraviolettempfindliche (1, 5, 9).

B) Einzelner Sehkeil mit parallelen Schnittebenen

a) 100 μm Dioptrischer Apparat

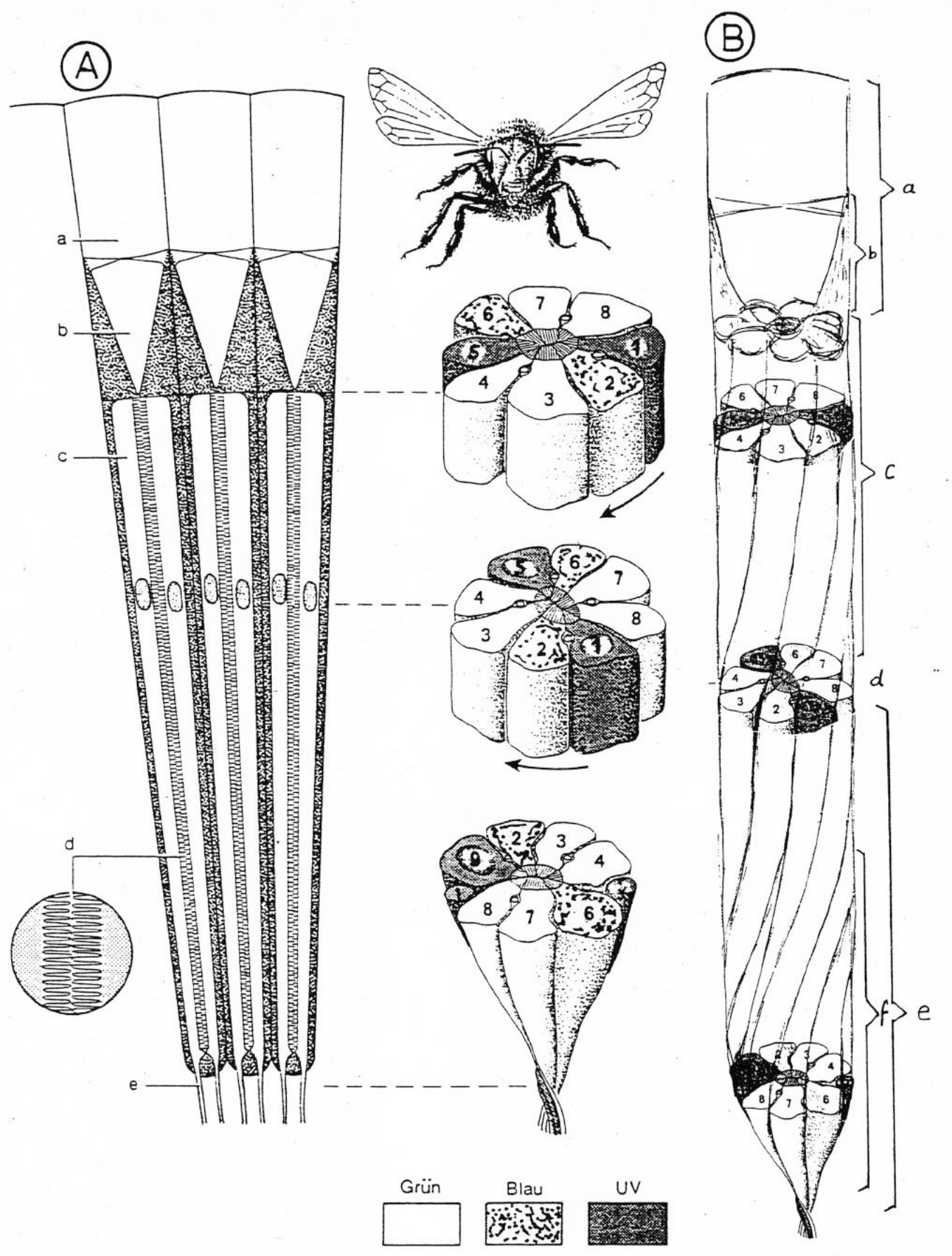
b) 50 μm Pigmentzone

c) 100 - 150 μm Kernzone
(2 Kerne der Retinazellen parallel zur Mikrovilliachse)

d) max. 4 Kerne
Zellen verbreitert
restliche wenigstens 2 Kerne

e) 100 - 150 m tubuläre Zone mit Neurotubuli (17)

f) 50 - 70 m Neunte Zelle



Tafel 39

Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene

Karl v. Frischs Dressurversuche mit Bienen zur Unterscheidungsfähigkeit von Farbabstufungen haben neurophysiologische Untersuchungen vorzüglich bestätigt. Die Unterscheidung von nahe beieinanderliegenden Farben kann nur stattfinden, wenn die Rezeptoren für wenigstens zwei verschiedene Wellenbereiche gereizt werden. In der Dressur ergab sich entsprechend, daß die Unterscheidungsfähigkeit im Blaugrünbereich am größten ist. Dort liegen die Empfindlichkeitsbereiche zweier Rezeptoren nahe beieinander. Daß die Reizwirksamkeit dort am geringsten ist, spielt hierbei keine Rolle. Das zweite Unterscheidungsmaximum liegt zwischen dem UV- und dem Blaubereich. In den Bereichen der höchsten Rezeptorempfindlichkeit muß die Unterscheidungsfähigkeit gering sein, weil mit zunehmender Nähe zweier Reizwellenlängen nur noch ein einziger Sehzellentyp gereizt wird (Tafel 38 und 39).

Das Bienenauge besteht aus etwa 5.500 Sehkeilen, deren jeder wieder aus acht langgestreckten, leicht verdrillten Sehzellen und einer neunten kurzen zusammengesetzt ist. Paar- bzw. doppelpaarweise stellen sie die drei Rezeptortypen dar. Jede Sehzelle hat zur Mitte hin einen Saum winziger Röhrchen (Mikrovilli) in denen das Sehpigment liegt. Die Säume aller Sehzellen bilden den zentralen Sehstab (Rhabdom). Die Linse jedes Augenkeiles sammelt das Licht, so daß es den Sehstab entlangläuft und dabei über die ganze Länge seinen Reiz ausübt. Im komplexen Gesichtsfeld entstehen lauter trichromatische Sehpunkte.

7.2.1 Der Farbkreis von Mensch und Biene.

Beim Regenbogen erleben wir Menschen das Farbspektrum als ein breites Band von Farbstreifen von Rot bis Violett. Die bunte Welt unserer Lebenswirklichkeit läßt uns alle Farbkompositionen als eine Einheit erscheinen und nicht in einer bestimmten linearen Anordnung. Daher hat man die Farben auf einem Kreis angeordnet (Tafel 38).

Beim Menschen entstehen durch additives Mischen der Grundfarben Blauviolett, Grün und Rot Zwischentöne, die die reinen Farben verbinden. Die Grundfarben der Biene sind Ultraviolett, Blau und Gelb.

Jeweils gegenüberliegende Abschnitte bilden die Komplementärfarben: Grün und Purpur sind solche Komplemente, wobei Purpur als eigene Farbe aus der Mischung von Violett und Rot entsteht. Entsprechend ist Bienenpurpur aus Ultraviolett und Gelb als eigene Farbe unverwechselbar, auch wenn uns verschlossen bleibt, wie Bienen dabei empfinden.
Wie uns die anteilmäßig richtige Mischung aller Grundfarben als Weiß erscheint,

so vermutlich den Bienen die Mischung aus Ultraviolett, Blau und Gelb. Fehlt das Ultraviolett, so sehen die Bienen als Mischfarbe unser Blaugrün.

7.2.2 Farbwahlversuch 1

Können Bienen Blau und Gelb als Farbe unterscheiden?

Ausgehend von der Frage, ob Bienen überhaupt Farben unterscheiden können, sollte man das Problem einengen: Können Bienen Blau von Gelb unterscheiden? Man sollte die Schüler wissen lassen, daß dies der einfachste Einstieg in das Problem ist. In der Methodenfrage sollte man den Schülern Freiraum geben und unmittelbar Schülervorschläge zum Zuge kommen lassen z.B.

- zwei Futtertische mit einem blauen und einem gelben Farbpapier, bzw. entsprechend farbigen Platten, mit Futternäpfen aufzustellen
- oder auf einem Tisch mit neutralem braunen oder grauen Untergrund zwei Futternäpfe zu stellen, die mit einem blauen bzw. gelben Blütenstern aus Farbpapier unterlegt sind usw. Die Vorschläge werden ausgeführt.

Ziel: Die Schüler sollen durch Experimente feststellen, ob Bienen die Farben Blau und Gelb unterscheiden können.
Material: Futtertisch, Zuckerwasser, zwei Futterschalen, gelbe und blaue Pappe, etwa 15 x 15 cm groß.
Durchführung: Indem nur auf einer Farbe Futter angeboten wird, sollen die Bienen lernen, ausschließlich diese Farbe anzufliegen. Die Frage wird also durch Erfolg oder Nichterfolg der Dressur geklärt.

Folgende Hinweise sind wichtig und zu beachten:

- beide Futterstellen mehrfach umstellen, den Platz umtauschen;
- bei großem Bienenandrang mit dem Tisch u.U. um mehrere Meter weiter wandern;
- Futterschalen mit nur wenig Zuckerwasser füllen; es kann dann nach kurzen Futterpausen alle 5 -10 Minuten etwas nachgefüllt werden;
- Tische und Näpfe sauberhalten; der Bienenduft haftet sehr nachhaltig;
- etwa 2 m Abstand vom Experimentalaufbau von Schülern freihalten, insbesondere die Einflugschneise; die Schüler stehen im Halbkreis "hinter" dem Tisch;
- die Zuckerkonzentration richtet sich nach dem Beflug: 5 % Zuckerlösung bei starkem, über 30 % bei schwachem Beflug wählen;
- das Markieren der Bienen ist bei diesem Vorversuch nicht erforderlich, kann aber zur Kontrolle durchgeführt werden.

Bereits nach ca. 30 Minuten, manchmal kürzer, kann die Dressur auf eine Farbe hinreichend stark sein. Die Schüler stellen jetzt saubere aber leere Futternäpfe auf und erneuern die farbige Papierunterlage. Sie beobachten in reichlicher Entfernung. Bei schwachem Beflug wird jede Biene gewertet, wohin sie sich setzt, bei Massenbeflug ist das nicht möglich.

Die Bienen schwirren nun über der veränderten Farbstelle hin und her. Es kann 5 Minuten dauern, bis sie beginnen, sich auf der andressierten Fläche niederzulassen. Manchmal zeichnet sich dabei ab, daß die Dressurzeit nicht ausreichend war. Notfalls muß dann durch Futtergabe weiterdressiert werden. Es ist bei uns auch vorgekommen, daß sie sich hartnäckig durch irgendeinen Versuchsfehler an der "falschen" Stelle niederließen. Die Farbdressur findet individuell an der Futterstelle selbst statt; Farben können im Stock nicht mitgeteilt werden. Alle neu ankommenden Bienen sind durch die Tänze im Stock nur über die Lage der Futterstelle, nicht aber über deren Farbe informiert und untersuchen den ganzen Bereich. Besonders im Spätsommer ist diese Suche sehr intensiv.

Hinzu kommt, daß der Bienenduft selber sie anlockt. Wo eine Biene landet, gesellen sich oft andere dazu; die Sozialattraktion ist sehr groß; sie tritt deutlich meist nur bei Massenbeflug in Erscheinung. Auch in der Luft bilden die Bienen manchmal einen ganzen Schwarm, der über der Dressurstelle hin- und herschwirrt.

Ausgang des Versuches:
Die Bienen setzen sich nach einiger Zeit zunehmend an der farbrichtigen, aber futterfreien Dressurstelle nieder und suchen hier Futter.

Schülern genügt dieses einfache Experiment meist schon zum Nachweis der Farbsehfähigkeit der Bienen. Oft wird aber auch auf die unterschiedliche Helligkeit der beiden Farbstellen hingewiesen. Wäre sie ausschlaggebend, könnten Bienen nur Grautöne unterscheiden. Der einfache exakte Nachweis des Farbsehens scheitert u.a. daran, daß es nur mit hohem Aufwand möglich ist, im Experiment Farben völlig gleicher Helligkeit anzubieten. Es ergibt sich daraus, daß das Farbsehen nur dann exakt geprüft werden kann, wenn Farben und Grautöne miteinander kombiniert angeboten werden.

7.2.3 Farbwahlversuch 2

Überlegungen zur Veränderung der Experimentalsituation
(hierzu Tafel 40, z.T. auch Tafel 35)

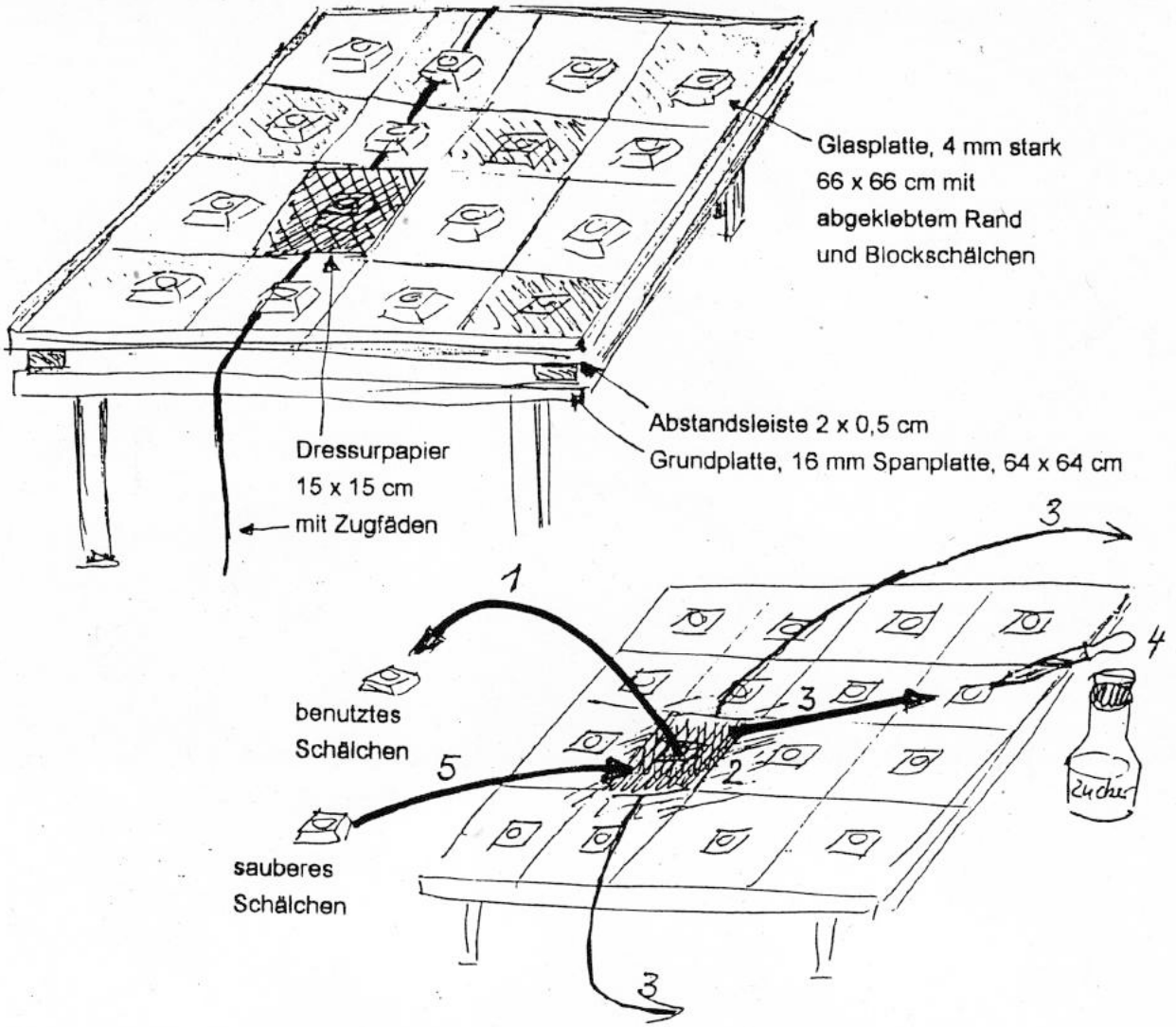
Wenn exakt untersucht werden soll, ob Bienen Farben sehen können, muß auf die Konkurrenz mehrerer Farben verzichtet werden. Es kann nur darum gehen, Helligkeit gegen Farbe zu setzen. Unterschiedliche Helligkeiten lassen sich als Graustufen von Weiß bis Schwarz darstellen. Bei einer genügenden Anzahl kann man davon ausgehen, daß eine von ihnen dem Helligkeitswert der Dressurfarbe so nahe kommt, daß Bienen beide nach ihrem Grauwert nicht unterscheiden können. Gelingt ihnen die Unterscheidung, ist bewiesen, daß Bienen die Farbe als Farbe, nicht als Graustufe sehen.

Man kann zwar auch versuchen, Bienen auf eine Graustufe zu dressieren, der Lehrer sollte aber besser einfach darüber informieren, daß von Frisch trotz zahlreicher Versuche eine solche Dressur nicht erreichen konnte. Die Unterscheidungsfähigkeit für Grauwerte kann höchstens sehr schwach ausgebildet sein. Es besteht bei den Bienen einfach keine Notwendigkeit, sich in der Dämmerung durch Schwarz-Weiß-Sehen zu orientieren.

Die ursprünglichen Versuche wurden durch K.v. Frisch auf einer großen Platte von 60 x 60 cm Größe durchgeführt, die 16 quadratische Felder in verschiedenen Grautönen erhielt. Ein Feld wurde durch ein Farbfeld ersetzt. Jedes Feld wurde mit einem leeren Futterschälchen besetzt, das Farbfeld mit einem gefüllten. Bei der Dressur wurde das Farbfeld samt Futterschälchen in kurzen Abständen versetzt. Später wurde auch auf das Farbfeld ein leeres Schälchen aufgesetzt (Tafel 40).

Diese Versuche sind sehr anschaulich, im Aufwand aber sehr hoch. Nachdem im Schulbiologiezentrum über Jahre diese klassische Methode praktiziert wurde, suchten wir Vereinfachungen für die Schule.

Viel einfacher in der Handhabung und viel genauer in der zahlenmäßigen Auswertung unter Ausschluß der Sozialattraktion haben sich Registriernäpfe, sogenannte Kunstblüten anstelle der Graustufenplatten erwiesen, die Renner (1959) und Penner (1982) entwickelt haben.



Protokolliere jede gezeichnete Biene nach ihrem Anflug mit einem Kreuz!

Dressurfarbe	Anzahl der Bienenanflüge
Graustufe I	
Graustufe II	
Graustufe III	
Graustufe IV	
Graustufe V	
Graustufe VI	
Graustufe VII	
Graufstufe VIII	

Tafel 40

Arbeitsblatt: Versuchsanordnung für Farbexperimente mit verschiedenen Graustufen

Bauanleitung für Registriernäpfe (Tafel 35; Maße dort)

Eine Grundplatte mit einem aufgeklebtem oder aufgeschweißtem Stück Rohr stellt das Futtergefäß dar. Ein etwas weiteres Rohrstück mit aufgeschweißter oder aufgeklebter Deckplatte, die in der Mitte ein Loch von 8 mm Durchmesser besitzt, dient als überstülpbare Haube.

Als Material verwendet man undurchsichtiges dunkles PVC von Kunststoffverarbeitern oder Herstellern von Industriemodellen; auch Fallrohre kleiner Dachrinnen ergeben ein gutes Ausgangsmaterial. Im Futterring befindet sich eine etwa 1 mm starke Kunststoffplatte mit Löchern von 3 mm Durchmesser. Die Platte muß biegungsfest sein, damit keine Bienen darunter schlüpfen können. Unter die Platte werden drei 2,5 cm lange Plastikstäbe als Ständer geklebt. Von diesem Modell stellt man fünf Stück her. Eine weitere Platte eines Registriersatzes (s.u.) erhält statt der festen Füße drei Schwimmer: abgesägte Korken werden untergeklebt.

Diese Schwimmplatte muß im Versuch bis etwa 5 Gramm Gewicht tragen ohne unterzugehen (Gewicht von 50 Bienen). So viele werden es meist nicht sein, aber An- und Abflug steigern die Belastung.

In die Haube wird ein Abflugstreifen aus Folie eingeklebt. Die Deckplatte erhält zunächst einen mittelgrünen Grundanstrich und darauf ein stilisiertes Blütenmuster. Je Satz werden fünf Blüten in Grau und einer in Farbe angefertigt. Die Grauen müssen abgestuft von Weiß bis Dunkelgrau getönt sein. Schwarz erübrigt sich, da die farbigen Muster zur Dressur erheblich heller sein müssen. Fünf Graustufen reichen für Schulzwecke aus, je mehr Stufen es aber sind, desto überzeugender fallen die Experimente aus. Der gesamte Anstrich der Deckplatte sollte möglichst glatt sein (staubfrei arbeiten), damit sich der zäh haftende Bienenduft besser abwaschen läßt. Diese Registriernäpfe herzustellen ist eine einmalige Arbeit. Sie stehen dann auf Abruf bereit. Es hat sich als günstig erwiesen, wenn man für jede Grundfarbe einen eigenen Napf herstellt.

Durchführung der Farbexperimente mit Registriernäpfen: Dressiert wird auf einen Farbnapf, z.B. blauviolettes oder orangegelbes Blütenmuster zwischen lauter Graustufen. Nach vollzogener Dressur werden andere saubere Näpfe - vorher abwischen oder Zweitsatz nehmen - alle ohne Futter, aufgestellt. Geprüft wird, ob die Bienen auch jetzt nur die Dressurfarbe aufsuchen oder auch helligkeitsgleiche Graustufen.

Die Bienen müssen vorweg vom bisherigen kleinen Futtertisch auf die Registriernäpfe umdressiert werden. Das geschieht, indem das Futter so lange abgesetzt wird, bis nur noch vereinzelte Bienen zum Futterplatz kommen. Dann setzt man an die Stelle des Futtertisches einen größeren Tisch, stellt die sechs oder mehr Dressurnäpfe auf, regellos verteilt und den farbigen nicht immer in die Mitte.

Während der Dressurphase wird jedem Napf eine Schülergruppe zugeteilt. Das Futtergefäß mit dem Farbmuster wird halb mit Zuckerwasser gefüllt, die übrigen so, daß gerade der Boden bedeckt ist: Wenn die Lochplatten eingesetzt sind, können die Bienen nicht an das Zuckerwasser der Graustufen, das ist nur auf der Schwimmplatte im Farbnapf zu erreichen. Dadurch wird ausgeschlossen, daß irgendein anderer Reiz als der des Süßschmeckens den Farbtopf auszeichnet. Je nach Beflug werden die Plätze der Näpfe alle drei bis zehn Minuten vertauscht: alle Näpfe sind also mit Futter beschickt, aber nur in einem ist das Futter erreichbar.

Zum Nachfüllen werden die Hauben der Näpfe abgehoben. Die Bienen werden durch leichtes Anstoßen, Anblasen oder mit einem Stöckchen von der Lochplatte gescheucht. Soweit erforderlich, wird Zuckerwasser nachgegossen. Das ist nur im Farbnapf notwendig. Die wieder verschlossenen Näpfe werden dann an eine andere Stelle gesetzt, um eine Ortsdressur zu vermeiden.

Bei starkem Beflug sind die Bienen sehr zudringlich, besonders im Spätsommer. Nach Entfernen der Bienen sollten die Schüler sich mit dem Napf einige Schritte vom Tisch entfernen und erst, wenn alle Gruppen fertig sind, die Näpfe gleichzeitig in vertauschter Ordnung aufstellen. In den Graunäpfen darf kein Zuckerwasser die Lochplatte benetzen.

Nimmt der Beflug überhand, dann hilft nur das Weiterwandern mit dem Tisch oder ein Herabsetzen der Zuckerkonzentration (s. Abschn. 7.1.6).

Besondere Beachtung muß dem sauberen Arbeiten gelten:
Möglichst keine Zuckerwassertropfen dürfen auf den Tisch oder außen an die Näpfe verspritzt werden; sonst müssen sie unbedingt gründlich abgewischt werden. (Unter dem Tisch sollte man eine rote Schüssel mit sauberem Lappen und Wasser mit Spülmittel bereitstellen, dazu Trockentücher).

Gezählt werden ausschließlich Bienen, die durch das Mittelloch in einem Napf verschwinden - heraus müssen ohnehin alle wieder. Der Durchmesser der Öffnung ist so gewählt, daß immer nur eine Biene einschlüpfen kann. Ein Schüler der Gruppe notiert Uhrzeit und Anzahl der jeweils in einer Minute einschlüpfenden Bienen. Beim Umstellen erfolgt jeweils eine kurze Unterbrechung.

Wenn deutlich wird, daß nach dem Umstellen die Bienen sofort wieder den Farbnapf bevorzugen, kann die Dressurphase abgebrochen werden.

Wer sicher gehen will, setzt wenigstens einmal einen neuen sauberen gleichfarbigen Dressurnapf auf, um zu verhindern, daß der am alten haftende Bienenduft die Bienen leitet und dann eben nicht die Farbe. Da es im Schulbereich oft nicht möglich ist, vor Beginn der Dressur alle Bienen farbig zu markieren und nur diese zu zählen, muß man damit rechnen, daß bei starkem Beflug ständig neue Bienen hinzukommen, die von der Farbe nichts wissen können, sondern lediglich durch Tänzer auf Suche geschickt worden sind. Hier wirkt sich besonders im Spätsommer nachteilig aus, wenn Bienenstände in der Nähe stehen. Rückt man dann mit dem ganzen Versuchstisch ein Stück weiter, dann kommen die Bienen, die dressiert worden sind, schneller nach als die andern. Man kann sie beim Weiterwandern in den Näpfen sitzen lassen.

Für die nächste Phase räumen die Schüler die alten Näpfe ab, stellen sie weit genug z.B. unter Büschen fort oder decken ein Tuch darüber.

Man kann jetzt in großer Ruhe weiterarbeiten, die Bienen behalten die vollzogene Dressur längere Zeit. Dann setzen die Schüler gleichzeitig einen neuen Satz sauberer aber leerer Näpfe auf. Hat man nur einen Satz, muß dieser zum Entduften gründlich abgewaschen werden.

Protokolliert wird wie vorher, beliebig lange, bis der Beflug nachläßt. Auch jetzt müssen die Näpfe in gleichen Perioden umgestellt werden. Bei starkem Beflug bilden die Bienen im Flug über dem Dressurtisch einen kleinen Schwarm, der hin- und herschwingt und oft erst nach längerer Zeit die Dressurfarbe aufsucht. Kleine Duftspuren, Futterspritzer, Farbtupfer u.a. können evtl. dazu führen, daß sich die Bienen scheinbar ganz unverständlicherweise an einer beliebigen Stelle des Tisches niederlassen und zusammenballen. Hier hilft nur: aufscheuchen, säubern, wandern und die Zuckerkonzentration senken.

Zur Zeitersparnis kann die Dressurphase am Tag vorher von einer Kleingruppe evtl. ohne Zeit-Zahlen-Protokoll vorgenommen werden. Vor der Nachweisphase jedoch sollten die Bienen rechtzeititg angelockt werden.

Auswertung: Am Ende der Dressurphase, die oft nicht mehr als eine halbe Stunde beansprucht, und in der Nachweisphase ist oft schon überzeugend zu sehen, daß sich die Bienen nach jedem Platzwechsel nur für den Farbnapf interessieren. Damit wäre die Frage, ob Bienen Farben sehen können, eindeutig positiv entschieden.

Das protokollierte Zahlenmaterial gibt aber weit mehr her als die nackte Alternativ-frage: Farbsehen ja oder nein?

Die eigenen Experimente zeigten immer wieder deutlich die allmähliche Verstärkung der Dressur, die beim Umsetzen der Näpfe anfangs noch Unsicherheit anzeigte. Ebenso ergab sich immer wieder ein allmähliches Abklingen der Dressur.

Die hier schon stark vereinfachte Methode mag dennoch kompliziert erscheinen und abschrecken. Was nützt es aber, wenn Schüler im Film den Abschluß eines eleganten Farbdressurexperimentes sehen und nun "Bescheid wissen". Die Mühe, die Fehlerquellen, das Verhalten der Tiere verlangen vom Beobachter immer aufs Neue den Einsatz seines Nachdenkens, seines Engagements, seines Willens. Das allein führt zur Achtung vor der Natur, aus der positives Umweltverhalten genährt wird. Die vielfache Durchführung dieser Experimente konnte diese Meinung nur verstärken.

7.2.4 Weitere Experimente zur Farbtüchtigkeit der Bienen

Nach diesem Experiment sagen Schüler oft: "Bienen können Farben sehen", ohne zu bemerken, daß nur eine einzige Farbe überprüft worden ist. Dies festzustellen, ist besonders wichtig im Hinblick auf die Verschiebung des Wahrnehmungs-spektrums vieler Insekten ins kurzwellige Licht.

Wichtig wäre deshalb, in weiteren Dressurversuchen wenigstens Rot und Ultra-violett zu überprüfen. Hierzu muß man passende Farben haben. Malerfarben sind zwar durchaus brauchbar, aber viele reflektieren Ultraviolett und sind daher für die meisten Versuche unbrauchbar. Die Namen der Farben wechseln, und über das Reflexionsspektrum ist meistens nichts Sicheres zu erfahren. *Deshalb folgt hier*

ausnahmsweise eine Adresse ***für definierte Farben (Angaben von 1993!!!):***
Firma Simon & Werner, Hardbergstraße 39, 6231 Schwalbach a.Ts.
Diese Großhandelsfirma gibt Muster ab, die für unsere Zwecke ausreichen:

Artikel	***Artikel-Bezeichnung***	
Rot 550 N	*12s4907*	*Bienenschwarz, absorbiert UV*
Sicopalblau 660	*---*	*Bienenblau, rein blau, keine UV Reflexion*
Echtgelb 51 PN	*---*	*Bienengelb, rein gelb, ohne UV-Reflexion*
Pigmentweiß S	*77R2101*	*gleich Bienenweiß, reflektiert UV*
Titandioxid	*R17938*	*absorbiert UV, erscheint Bienen deshalb blaugrün*

Man kann als Bienenweiß auch die Malerfarbe Bleiweiß und als Bienenblaugrün die Malerfarbe Zinkweiß (Consolan, für uns ebenfalls weiß) verwenden.

Farbwahlversuch: Rot

Der Versuch, Bienen auf reines Rot (Bienenschwarz) zu dressieren, mißlingt. In der Dressurphase finden die Bienen meist nach jedem Umstellen der Näpfe durch Sozialattraktion schnell den gefüllten Futternapf; aber in der Nachweisphase suchen sie desorientiert in allen Näpfen. Es ist im Gegensatz zur sicheren Farbwahl bei anderen Dressuren sehr eindrucksvoll, das völlige Versagen der Bienen bei einer Farbe zu erleben, die für uns als Signalfarbe so große Bedeutung hat. Auf rote Mohnblätter lassen sich Bienen dagegen leicht dressieren; Mohn gehört zu den wenigen roten Blüten bei uns, die Ultraviolett reflektieren. Hier sehen die Bienen also nicht das Rot, sondern das reflektierte Ultraviolett.

Farbwahlversuch: Ultraviolett

Für Ultraviolett gibt es eine sehr einfache Experimentiermöglichkeit. Bekannt ist den Schülern durch die vorherigen Versuche, daß Bienen Farben sehen können, wenn auch kein Rot und, daß sie keine Graustufen unterscheiden. Für den Versuch stellt man ihnen Registriernäpfe mit weißem Muster zur Wahl. Die Blüte des einen Napfes wird mit ultraviolett **reflektierendem** Weiß (Bienenweiß) und des anderen mit ultraviolett **absorbierendem** Weiß (Bienenblaugrün) gestrichen.

Man dressiert auf Bienenweiß, und so oft man in der Nachweisphase die beiden Näpfe auch umstellt, immer wird nur dieser Napf angeflogen. Beide sehen für uns völlig gleich aus. Dieses Experiment ist noch überraschender, als wir Menschen hier nicht wie beim Rot die Farben unterscheiden können.

Versuche mit einer Graustufenplatte (Tafel 40 - Arbeitsblatt)

Wie schon erwähnt, wurden die ersten Versuche im Schulbiologiezentrum mit Graustufenplatten durchgeführt. Weil die Versuche so anschaulich sind, sollen sie so weit beschrieben werden, daß jeder sie nachvollziehen kann.
Bei diesen Versuchen wird die größere Anschaulichkeit mit einem Mangel an genauer zahlenmäßiger Erfaßbarkeit erkauft.

Als **Versuchsgerät** dient eine **Graustufenplatte**. Eine Grundplatte von 64 x 64 cm, 16 mm stark, wird mit Klappbeinen versehen. Auf die Grundplatte werden 16 Graustufen aufgelegt und mit Tesafilm über die Ränder glatt geklebt. Lichtechte Graustufenpapiere sind im guten Zeichenbedarfshandel erhältlich. Billiger ist es, eine Serie von Fotopapieren in Stufen zu belichten oder die Platte in Graustufen anzustreichen, indem schrittweise schwarze Abtönfarbe zu weiß gemischt wird. Dabei ist eine Vorprobe zu empfehlen.

Auf zwei Seiten werden dann Abstandsleisten im Maß 2 x 0,5 cm aufgeklebt. Auf diese Leisten wird eine Glasplatte gelegt 66 x 66 cm, 4 mm stark. Sie liegt also hohl. Die Ränder der Scheibe werden mit grauem Klebeband angeklebt. Kunststoffscheiben verbiegen sich bei Sonnenerhitzung und verkratzen leicht. Für die Dressur werden Farbpapiere im Format 15 x 15 cm zurechtgeschnitten und an zwei Seiten mit einem grauen Zugfaden beklebt. Das Farbpapier kann zur Verhinderung der Ortsdressur immer wieder leicht auf einen anderen Platz gezogen werden ohne die Glasplatte anzuheben. Die Glasplatte wird nun mit 16 Blockschälchen aus dem Laborhandel besetzt, über jeder Graustufe eins. Weitere saubere Schälchen werden in Reserve gehalten.

Das Schälchen über dem Farbfeld wird mit Futter gefüllt. Die Andressur erfolgt genau so wie bei den Registriernäpfen.

Die Schüler sehen jetzt jedoch unmittelbar, was im Experimentalfeld geschieht. Z.B. erleben sie nach wenigen Wechseln des Farbpapiers, wie die Bienen dem Papier auch dann schon folgen, wenn noch gar kein Futterschälchen aufgesetzt worden ist, so daß hier Dressur- und Nachweisphase fließend ineinander übergehen.

Die Schüler können in wechselnden Gruppen das Umsetzen des Farbfeldes mit Reinigen der Platte und das Nachfüllen des Futters übernehmen.Bei der Graustufenplatte muß eine feste Regel beachtet werden:

Das Futterschälchen darf keinen Augenblick außerhalb des Farbfeldes stehen, denn allein in den zwei Sekunden vor dem Landen und im ersten Moment am Futter wird die Farbe registriert. Der saugenden Biene kann man ruhig eine andere Farbe unterschieben: Für diese Biene ändert sich an der Farbdressur gar nichts.

Reihenfolge für die Dressur:

1. Leeres Schälchen vom Feld der Farbdressur entfernen, bzw. die Bienen vertreiben oder aufscheuchen.
2. Bereich des Dressurfeldes feucht abwischen und nachtrocknen.
3. Farbfläche auf ein neues Feld ziehen.
4. Mit einer Pipette einige Tropfen Zuckerwasser in das Schälchen über dem Farbfeld geben.
5. Sauberes Schälchen auf das alte jetzt graue Dressurfeld stellen.

Es empfiehlt sich, die Reihenfolge der Arbeiten vor dem Experimentieren mit den Schülern durchzuspielen, so daß sie sie gut beherrschen.

7.3 Duftdressuren (Tafel 41)

Bienen leben im Stock im Dunkeln, im Stockdunkeln, wie wir sagen, so daß sie dort ebenso sehr auf ihren Tast- und Geruchssinn wie im Freien auf ihren Farbensinn angewiesen sind. Während sich Tastorgane an vielen Körpergliedern befinden, ist der Geruchssinn auf die Fühler beschränkt. Alle drei Bienenwesen haben eine unterschiedliche Ausstattung ihrer Fühler.

Bei Untersuchungen kann man auf dem Fühler der Arbeitsbiene deutlich acht verschiedene Typen von Sinneszellen unterscheiden, von denen drei Typen Tasthaare und fünf Typen Geruchssinnesorgane darstellen, insgesamt über 10.000 pro Fühler. Die Darstellung der einzelnen Typen, nämlich Haarsensillen, Riechkegel, Porenplatte, Grubenkegel und Sinneskuppel (von noch nicht definierter Bedeutung) würde in diesem Rahmen zu weit führen. Auf jeden Fall sind die Bienen in der Lage, neben Düften auch Schwankungen des Kohlendioxidgehaltes auf 0,5 % des Luftwertes und 5 % relativer Luftfeuchte wahrzunehmen. Das Erstaunlichste leistet die Koppelung von Fühlzellen und Duftzellen. Es ermöglicht den Bienen,

plastisch zu riechen. Eine Wachskugel "fühl-riecht" die Biene anders als eine sechseckige Wachszelle. Das ist für uns überhaupt nicht vorstellbar, am ehestens vielleicht, wenn man an das plastische Sehen des Menschen denkt.

Neben den Duftorganen sind auf den Fühlern auch Geschmacksorgane lokalisiert, die feiner sind als die der Bienenzunge.

Ziel: Erprobt werden soll, ob Bienen verdeckt aufgestelltes Futter, das mit einem Duft kombiniert worden ist, von Futter ohne Duft unterscheiden können und ob sie verschiedene Düfte voneinander unterscheiden können. Es ist sogar möglich zu untersuchen, ob Farbe oder Duft bei Konkurrenz untereinander den Vorrang hat.

Material:

- Futterplatz
- etwa zehn gleiche Kartons, ca. 10 x 10 x 10 cm mit Einflugloch an einer Seite und einer eingeklebten Brücke über dem Loch (Tafel 41)
- Blockschälchen, die auf die Brücke gestellt werden
- verschiedene ätherische Öle z.B. Pfefferminz-, Anis-, Pomeranzen-, Lavendelöl u.a.

  (Je 10 ml reichen aus; sie sind erhältlich in Apotheken)

---

zu Tafel 41

Riechen und Schmecken mit Versuchstabelle

A) Typen von Sinnesorganen auf dem Fühler
   1-3 = Tasthaare
   3,4,5 = Riechorgane
   6,7,8 = verschiedene chemische u. physikalische Reize
   Doppelnennung bedeutet Mehrfachorgan
   Quelle: Schweizer Bienenvater

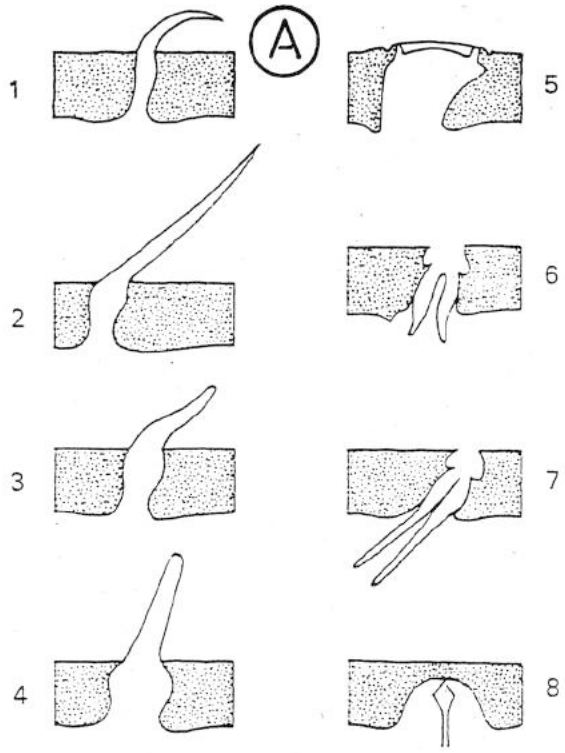
B1) Stück der Fühleroberfläche
   Quelle: Dustmann

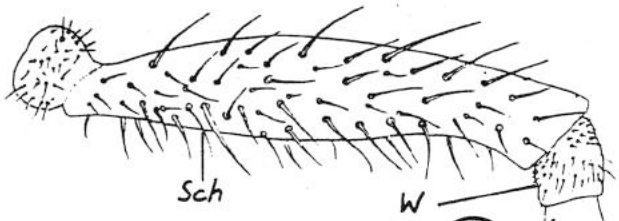
B2) Fühler
   P = Porenplatten (A: Nr. 5) W = Wendeglied
   G = Grubenkegel (A: Nr. 6,7) Sch = Fühlerschaft
   R = Riechkegel vor allem (A: Nr. 4)
   Quelle: v. Frisch

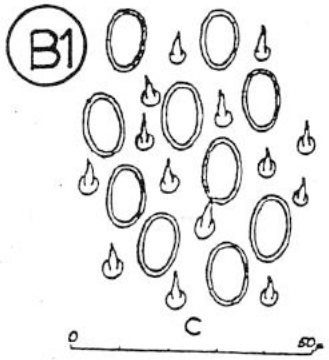
C1) Duftversuch

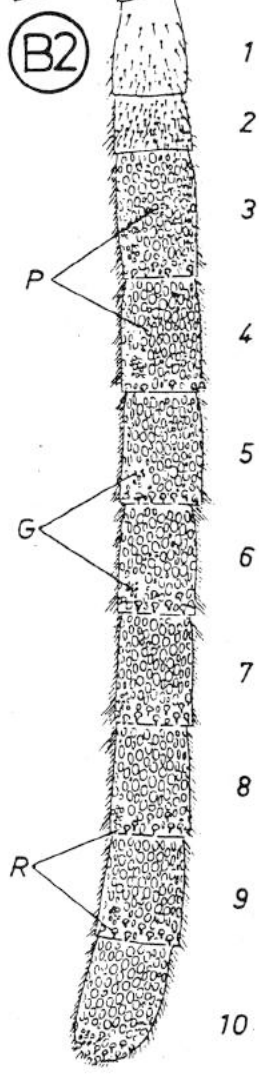
C2) Bau einer Duftversuchsschachtel

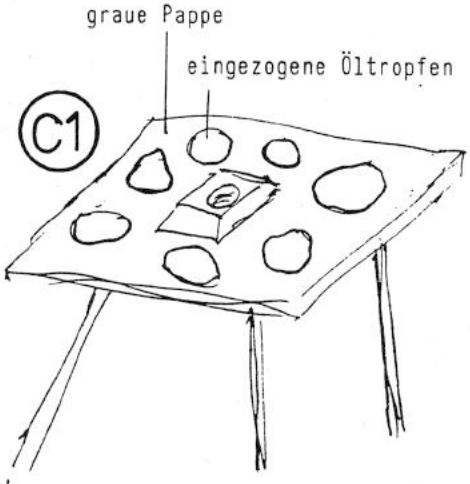
D) Vorlage für das Arbeitsblatt "Schmecken"

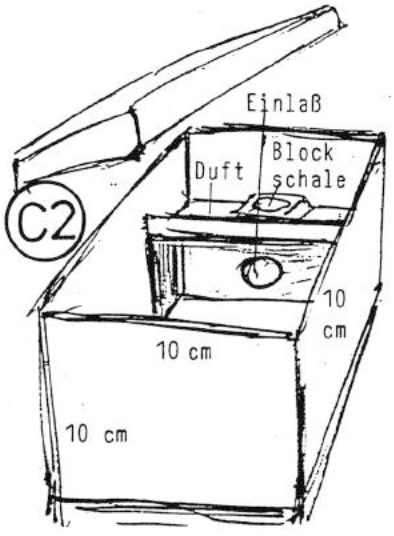












D

Kreuze mit ± an, ob die Biene mehr als 10 Sekunden an den Futtergläsern gesaugt hat.

Biene	2 % Zucker	50 % Zucker	Saccharin	Zucker mit Chinin
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Tafel 41

Riechen und Schmecken mit Versuchstabelle

Durchführung: Am Futterplatz wird ein zweiter Dressurtisch aufgestellt und langsam um 50 m entfernt. Sinn ist die Teilung der Bienen am Futterplatz. Der Dressurtisch erhält dann eine neutral graue Auflage mit einem Futterschälchen voll Zuckerwasser. Neben das Futterschälchen wird an einer Seite ein Tropfen eines beliebigen ätherischen Öles gegeben. Wegen der Duftdichte darf es zunächst nicht mehr sein, um die Bienen nicht zu vergrämen. Nach einigen Anflügen wird der Duft erneuert und verstärkt. Die Wahrnehmungsschwelle der Biene ist der unseren ähnlich und längst nicht so niedrig wie z.B. bei Hunden oder Rehen.

Sobald die Bienen diesen Duftfutterplatz mit z.B. Pfefferminzöl sicher anfliegen, können die eigentlichen Experimente beginnen.

Versuch 1: Richten sich die Bienen beim Suchen nach dem andressierten Duft? Angenommen, die Bienen seien am offenen Futterschälchen mit Pfefferminzöl andressiert worden. Jetzt werden 3-5 der Versuchskästchen aufgestellt, aber nur eines wird innen mit Pfefferminzöl markiert. Nun wird das Suchen der Bienen beobachtet.
Ergebnis: Die Kästchen ohne Duft werden fast ebenso häufig aufgesucht wie die mit Duft.

Versuch 2: Jetzt werden alle Kästchen von innen beduftet, z.B. mit Anis-, Pomeranzen- oder Lavendelöl. Das Kästchen mit Pfefferminzöl und Futter muß natürlich ebenfalls aufgestellt werden. Jetzt finden die Bienen schnell den bekannten Duft heraus und fliegen das Pfefferminzöl an. Bei Anisöl gibt es gelegentlich Schwierigkeiten, besonders im Spätsommer.
Anisduft lockt Kundschafterbienen an, wodurch die Versuche verfälscht werden können.
Das **Ergebnis**, daß Bienen riechen können, ist damit eindeutig zu erzielen.

7.4 Schülerexperimente zum Geschmackssinn (Tafel 41)

7.4.1 Sachinformation

Tiere, die Blütensäfte saugen, lassen eine bestimmte Geschmacksorientierung erwarten, eine Reizreaktion auf bestimmte lösliche, nicht verdampfende chemische Komponenten.

Die Nektardrüsen der Blüten, die von Insekten besucht werden, sondern als Hauptbestandteile das Disaccharid Rohrzucker (Saccharose) und dessen beide

Bausteine Traubenzucker (Glukose) und Fuchtzucker (Fruktose) ab. Im Honigtau, der Ausscheidung von Rindenläusen (Lachniden), der verspritzt wird und einen glänzenden Überzug auf Blättern bildet, sind außer den drei Zuckerarten der Blüten auch reichlich die Trisaccharide Melizitose und Trihalose enthalten. Den Bienen stehen danach zum Ausbeuten fünf Zuckerarten zur Verfügung:

Im Unterschied zum Geruchssinn der Biene, der etwa der Leistungsfähigkeit des Menschen entspricht, reagiert der Geschmackssinn quantitativ und qualitativ unterschiedlich vom Menschen, so daß sich darauf überraschende und zugleich einfache Experimente aufbauen lassen.

Die nachfolgenden Angaben dazu sollen das Gelingen erleichtern: Wer die Schmeckversuche ausgeführt hat, erfährt dabei, daß sie leicht und schnell gelingen und sogar für Schüler einen Überraschungseffekt, der zum Nachdenken anregt, auslösen.

Quantitative Unterschiede beim Schmecken: Je nach Tracht und Vorratslage im Stock liegt der Grenzwert, unter dem eine Zuckerlösung nicht mehr angenommen wird, zwischen 1 mol (rd. 35 %) und 1/8 mol (4,25 %). Sollte dies die "Schmeckspanne" darstellen, so hat der Mensch eine zehnfach höhere Empfindlichkeit; sein Grenzwert für "süß" liegt bei 1/80 mol (0,4 %).

Biologisch wäre es durchaus verständlich, daß Honigbienen, die auf süße Pflanzensäfte fixiert sind, dennoch weit weniger sensibel für Zucker wären als der Mensch und auch viel weniger als Ameisen, Fliegen und Schmetterlinge, die ja keinen Honigvorrat anlegen müssen. Denn der als Wintervorrat eingelagerte Honig braucht eine Konzentration von 70-80 % Zucker, um haltbar zu sein. Würden Bienen in größerer Menge Nektar mit nur 10 % Zuckergehalt eingetragen, müßten sie davon 85 % als Wasserdampf hinausschaffen, "verdampfen". Sie würden geradezu in Feuchtigkeit ertrinken. Auch kann sich ein Bienenvolk solch eine Vergeudung der Energie nicht leisten. Die geringe Schmeckfähigkeit der Biene könnte sich also als schützende Schwelle herausgebildet haben.

Qualitativer Unterschied beim Schmecken: Von 30 Zuckerarten, die für den Menschen mehr oder weniger süß schmecken, sind für die Bienen nur fünf Arten deutlich süß, alle anderen werden nicht wahrgenommen.

Von 19 anderen für uns süßen Stoffen, die wie Saccharin und Dulcin (sog. Süßstoffe) chemisch mit den Zuckern nichts zu tun haben, hat keiner für die Bienen

einen Süßgeschmack, so daß Karl von Frisch schlicht feststellt: "Der Geschmackssinn der Biene ist ... auf die naturgegebene Nahrung eingestellt".

Süß schmeckt für Bienen im wesentlichen nur, was als Zucker in ihrer natürlichen Nahrung vorkommt: Im Nektar Saccharose, Glukose und Fruktose, im Honigtau zusätzlich Melizitose und Trihalose. "Alle für Bienen süßen Zucker können im Stoffwechsel von ihnen verwertet werden" (v. Frisch).

Eine Rohrzuckerlösung, der etwas Traubenzucker und etwas Fruchtzucker beigegeben wird, nehmen die Bienen merkwürdigerweise besser an als reine Lösungen. Eine Begründung steht noch aus (s. Frisch 1965, S. 530) Die Verwendung einer solchen Mischlösung kann in Zeiten reichlicher Tracht helfen, Bienen am Dressurtisch zu halten.

Für Bitterstoffe sind Bienen viel weniger empfindlich als der Mensch. Viel besser als Chinin eignet sich der Bitterstoff Saccharoseoctaacetat („Oktosan“ im Schulbiologiezentrum erhältlich), der in manchen Ländern zum unschädlichen Vergällen des steuerfreien Imkerzuckers verwendet wird. Oktosan ist eine Verbindung von Rohrzucker mit Essigsäure, die für Bienen geschmacklos, für den Mensch aber sehr bitter ist. Der Stoff zersetzt sich allmählich wieder in seine Bestandteile, in Zucker und unmerkliche Spuren von Essigsäure und ist völlig unschädlich.

Für Säuren und Salz dagegen scheint die Schmeckfähigkeit von Bienen und Menschen etwa gleich zu sein. Die Bienen können also Zucker, z.B. Salzsäure und Kochsalz als qualitativ verschiedene Geschmacksarten unterscheiden. Der Geschmack für bitter ist dagegen bei den Bienen unterrepräsentiert.

Die Geschmackssinnesorgane: Sie sind bei der Biene am Rüssel und wohl auch an den Mandibeln und im Inneren des Mundes zu finden. Bienen sind so reich an Sinnesorganen, daß es im Unterschied zu Fliegen, Schmetterlingen und anderen Insekten noch nicht gelungen ist, den Zusammenhang zwischen Bau und Leistung ihrer Sensillen im einzelnen genau zu klären. Ähnlich wie Fleischfliegen und Schmetterlinge können auch Bienen mit den Fußspitzen der Vorderbeine Zuckerlösungen deutlich von anderen Stoffen unterscheiden. Ihre Empfindlichkeit für Zucker ist jedoch an den Füßen nicht sehr groß; auffallend ist aber, daß sie ihre Vorderfüße häufig z.B. auf Honigtropfen stellen, an denen sie saugen, sie aber nach einer Weile hochheben, also nur auf vier Beinen stehen, offenbar weil es ihnen an den Füßen zu süß wird.

Im Unterschied zu den anderen Schmeckeinrichtungen verfügen die Fühler über eine fast extreme Sensibilität für Zucker. Der vielfach überprüfte Schwellenwert liegt bei 1/10.000 mol, was 0,0034 % entspricht. Dieser fast unvorstellbar niedrige Wert wird etwas glaubhafter, wenn man erfährt, daß die Empfindlichkeit z.B. an den Füßen von Fliegen noch um das 2,5-fache höher liegt (1/25.000 mol!). Bienenfühler "schmecken" also rund 300 mal empfindlicher als die menschliche Zunge. Sie haben offenbar die Aufgabe, Spuren von Zucker zu registrieren, um die Biene auf eine Futterquelle aufmerksam zu machen; die Mundorgane entscheiden dann, ob es sich lohnt, das Futter auszubeuten, während die Füße vor allem den Umkreis ergiebiger Futterquellen abschreiten. Wenn Bienen Blüten anfliegen, genügt ihnen daher oft ein flüchtiges Antippen der Blüten mit den Fühlern, um über deren Zustand informiert zu sein. Ist die Biene dann z.B. auf einer Scheibenblüte gelandet, sagt ihr jeder Schritt der Vorderfüße, wo das Saugen lohnt. Das verläuft reaktiv; Zuckerberührung an den Füßen führt unmittelbar zum Ausstrecken des Rüssels.

Wer Bienen an Futtertischen beobachtet, erkennt leicht, welche Mühe Bienen haben, sich auf kleine Veränderungen einzustellen. An den vielgestaltigen Blüten sind sie ganz auf das Zusammenspiel aller Sinnesorgane mit den verschiedenen Leistungen angewiesen, die immer auch Duft, optische Signale und Vibrationen vermitteln.

7.4.2 Schmeckversuche qualitativer Art

Für den begrenzten Zeitraum schulischen Unterrichtes bieten sich nur wenige Stoffe an, um die Differenz der Geschmackssinne von Biene und Mensch aufzuzeigen:

a) **Süßstoffe**, z.B. Saccharin
b) **Bitterstoffe**, besonders geeignet ist Oktosan (s. Seite 107)
c) **Salze**, hier Kochsalz
d) **Säuren**, z.B. Salzsäure

Es genügt nicht, diese Stoffe den Bienen rein in einer Konzentration anzubieten, die für den Menschen entweder angenehm (Süßstoff) oder gerade noch erträglich ist. Denn bei Ablehnung der Stoffe erfahren wir nicht, ob die Bienen sie überhaupt geschmacklich wahrnehmen. Dazu ist es notwendig, jede Lösung in Kombination mit Zuckerlösung von gleicher Konzentration, wie am Futtertisch bisher gefüttert, anzubieten. Wird eine unvermischt abgelehnte Substanz mit Zucker zusammen

angenommen, läßt sich folgern, daß sie geschmacklich indifferent ist, also von Bienen gar nicht wahrgenommen wird: Was weder gut noch schlecht schmeckt, hat für die Bienen gar keinen Geschmack.

Ansetzen der Lösungen: Damit bei der praktischen Durchführung der Experimente alle Futterschälchen den gleichen Duft haben, neu ankommende Bienen also gezwungen sind, sich nur mit den Schmeckorganen vom Inhalt der Schälchen zu überzeugen, versetzt man zweckmäßigerweise vorab die benötigte Menge **Lösungswasser** mit einem Blumenöl, z.B. Anis-, Pfefferminz- oder anderem Öl (in Apotheken erhältlich). Auf 1 Liter wird nur ein Tropfen Öl zugegeben, sonst wird den Bienen das Futter vergällt.

Die Süßstofflösung wird so angesetzt, daß sie für uns deutlich süß ohne unangenehmen Beigeschmack schmeckt. Beim Süßstoff könnte die Schüler das Blumenöl stören.

Oktosan (Saccharoseoctaacetat) ist nur mit 1,3 g je Liter Wasser löslich. Eine halb gesättigte Lösung (0,65 g/l) schmeckt für uns unangenehm bitter.

Die Kochsalzlösung soll deutlichen aber noch erträglichen Salzgeschmack haben.

Eine 1%ige Salzsäurelösung schmeckt sauer, ohne indes schädlich zu sein.

Alle vier Stoffe werden mit und ohne Zucker vermischt hergestellt. Zweckmäßigerweise stellt man sich eine Zuckerlösung her, die man auch zur Dressurerhaltung benötigt und im Kühlschrank aufbewahrt, um die eintretende Gärung zu verzögern. Jeweils in einen Teil der Zuckerlösung gibt man die vier Substanzen in der angegebenen Menge. Man kann dagegen nicht die fertigen Lösungen mit der Zuckerlösung vermischen, da dann die Konzentration der Stoffe herabgesetzt würde. Auf Süßstoff und Bitterstoff sollte man keinesfalls verzichten, da sie qualitative Unterschiede und biologische Zusammenhänge besonders deutlich machen.

Vorbesprechen der Versuche

Die Erwartung der Schüler: Bienen reagieren auf alles, was süß ist. Alternativmeinungen, die den Versuch spannend machen, werden meist nur vorsichtig geäußert. Sehr deutlich wird meist die Frage gestellt:
Haben Bienen das gleiche Schmeckvermögen wie der Mensch?

Sollten sich nicht die Bienen mehr noch als der Mensch von Stüßstoffen in die Irre führen lassen? Sollten nicht Tiere, deren angeborenes Verhalten sie vor Gefahren schützt, Bitterstoffe, die für uns Menschen sehr unangenehm schmecken, völlig ablehnen? Wie werden sie auf Stoffe reagieren, die uns als Würze und als Mageninhaltsstoffe bekannt sind, auf Kochsalz und Salzsäure?

Die Begrenzung auf bestimmte wenige Stoffe sollte begründet werden. Sie zielt auf einen Vergleich mit unseren Geschmacksempfindungen: süß, sauer, salzig, bitter. Schwierigkeiten macht oft, zu verstehen, daß eine eindeutige Antwort im Experiment nur zu erhalten ist, wenn jede Stofflösung mit und ohne Zucker angeboten wird.

Die Schüler erarbeiten:

Wird ein Stoff **nicht** angenommen, kann er **schlecht** oder **gar nicht** schmecken.

Wird derselbe Stoff **mit Zucker** angenommen, kann er **nicht schlecht** schmecken.

Konsequenz: Für einen Stoff, der nicht schlecht und nicht gut schmeckt, besitzt das Tier **kein Wahrnehmungsvermögen**.

Schmeckprobe: Die Schmeckfähigkeiten von Mensch und Biene sollen verglichen werden. Das geht nur, wenn alle Schüler vorher alle Lösungen probiert haben. Es genügt, die Schüler reine Süßstofflösung, Bitterstoff mit Zucker und u.U. noch Salz oder Säure mit Zucker probieren zu lassen. Die Reihenfolge ist wichtig, da z.B. Süßstoff nach dem Bitterstoff zunächst nicht wahrgenommen würde. Auch der Chemiker wird vorsichtig neue Substanzen in Verdünnung geschmacklich überprüfen. Für einzelne Schüler ist das gelegentlich ungewohnt. Es darf auf keinen Fall Zwang angewendet werden, wohl aber ein Appell an die Redlichkeit der Versuchsdurchführung. Bewährt hat sich, jedem Schüler einfach mit einer Pipette einige Tropfen in den Mund zu spritzen. Der Spaß dabei wirkt solidarisierend, und es geht sehr schnell.

Durchführung der Versuche (hierzu auch Tafel 41 D): Das Experiment kann bereits an einem kleinen Futtertisch von ca. 20 x 20 cm durchgeführt werden. Die Farbe des Tisches ist bei diesen Versuchen unwichtig, da die Bienen sich bereits vorher auf den Standort eingeflogen haben. Wichtig ist nur, daß das bisherige Futterangebot (Zuckerwasser) mit dem gleichen Duft versehen wurde wie die Schmecklösungen. Als **Futternäpfe** sind Blockschälchen gut geeignet, die an allen

vier Seiten in großer Schrift die Anfangsbuchstaben der Lösungen tragen, damit sie aus einer Entfernung von ca. 2 m auch von einer größeren Schülergruppe beobachtet und protokolliert werden können.

Die Schüler bilden fünf Gruppen. Sie prüfen: Eine Zuckerlösung als Vergleich, im ersten Durchgang dazu die vier Geschmacksstoffe rein, ohne Zucker. Im zweiten Durchgang die vier Geschmacksstoffe in Zuckerlösung (bis auf Saccharin). Wenigstens einmal müssen die Schälchen während des Experimentes auf dem Tisch umgestellt werden, um den Bienen die Orientierung zu nehmen. Jede Gruppe füllt ihr Schälchen nur halb voll. Auf ein Zeichen werden alle Schälchen gleichzeitig hingestellt. Die Schüler stellen sich sofort wieder in den Halbkreis zurück und beginnen zu protokollieren. Sauberes Arbeiten ist wichtig, da ineinanderfließende Lösungen auf dem Tisch nicht zu kontrollieren sind.

Zwischen dem Fortnehmen der alten Zuckerlösung und dem Hinstellen der Versuchslösungen, auch bei deren Umstellen, können ruhig größere Pausen entstehen. Bei schwachem Beflug sollte allerdings kurz und zügig am Tisch hantiert werden, und es sollten keine langen Unterbrechungen entstehen, da sonst die Bienen ausbleiben.

Protokollieren: Meist kann auch ohne Protokollieren nach einigen Minuten das Reagieren auf die Lösungen eindeutig erfaßt werden. Wichtiger ist dennoch, daß die Schüler durch ein geregeltes Verfahren zu präzisen Angaben kommen. Ein bloßes einmaliges Hinschauen hat z.B. auch den Nachteil, daß nicht geklärt werden kann, warum mal an einem Schälchen viele Bienen sitzen und an einem anderen nur wenige, obwohl beiden die gleiche Zuckerkonzentration beigegeben worden ist. Daher sollten in festgelegten Abständen die Plätze der Schälchen vertauscht werden. Dazu werden die Bienen verscheucht und soweit erforderlich die Schälchen nachgefüllt und gleichzeitig wieder hingestellt. Will man die Experimente z.B. in einem Leistungskurs in ihrem Aussagewert weiter absichern, muß man sicherstellen, daß der evtl. anhaftende Bienenduft beim Besuch keine Rolle spielt. Dann müssen in einem zweiten Durchgang neue, gut gereinigte Schälchen aufgestellt werden.

Protokolliert wird im Abstand von einer oder mehreren Minuten (je nach Beflug) die jeweilige Anzahl der Bienen am Gruppenschälchen. Gewertet werden nur Bienen, die mehr als 10 Sekunden (langsam bis 10 zählen genügt) an einer Lösung saugen. Die Gruppen, die die nichtbesuchten Schälchen beobachten, haben die schwierige Aufgabe, daß sie entscheiden müssen, ob eine Biene saugt oder nur nippt, nur auf dem Rand ausruht oder sich dort putzt.

Auswertung: Jeder Schüler übernimmt die Werte aller anderen Gruppen in sein Arbeitsblatt. Die Summe der Einzelbeobachtungen zeigt, daß alle Lösungen mit Zucker ohne nennenswerten Unterschied beflogen werden, während die anderen unbeachtet blieben. Auf die Frage, woran es liegen kann, daß Süßstoff und Bitterstoff nicht bemerkt werden bzw. keine Reaktion erfolgt, werden halbrichtige Antworten gegeben, die weiter präzisiert werden müssen, z.B.: es sind künstliche Stoffe, sie sind in der chemischen Industrie hergestellt, die Bienen können sie nicht verwenden.

In der Vorbereitung war erarbeitet worden, daß Stoffe, die nicht registriert werden, weder gut noch schlecht schmecken. Diese Antwort läßt die Vermutung zu, die Bienen könnten den Nutzen und/oder die chemische Künstlichkeit erkennen. Das Nachdenken darüber, wo Bienen ihre Nahrung finden, macht deutlich, daß Süßstoffe und Bitterstoffe nicht in Blüten vorkommen.

Anders sieht es mit Säuren aus, die bei feuchtem Wetter - nach Vergären und Veressigen von Blütensäften - den Bienen schaden können.

Die Befunde weisen darauf hin, daß Bienen - ohne jede Einsicht - nur zuckerhaltige Säfte wahrnehmen und aufnehmen. Offenbar hat sich dies Verhalten in der Evolution zwischen zahlreichen Insekten und den Pflanzen im Laufe von vielen Millionen Jahren herausgebildet. Die Pflanzen konnten so ihren Überschuß an Zuckersäften loswerden, indem sie sie in den Dienst ihrer Fortpflanzung stellten. Die Bienen machten sich das gleichfalls zunutze. Beide Seiten haben den Anpassungsnutzen stetig gesteigert. Die sehr zuckerhaltigen Ausscheidungen der Rindenläuse (Lachniden) stehen in einem anderen Zusammenhang, der hier nicht angesprochen werden soll. Die enge Begrenzung des Nahrungsspektrums hat vielleicht noch einen anderen Grund: Das relativ kleine Bienengehirn hat z.B. eine solche Fülle von Sozialleistungen zu bewältigen, daß die verfügbare Nervenmasse gerade dafür ausreicht. Mehr konnte im Bienenhirn vielleicht gar nicht kodiert werden, d.h. alle überflüssigen Leistungen mußten ausgespart werden.

Variation des Experimentes, besonders geeignet bei schlechtem Wetter: Die Schmeckversuche werden mit einzelnen in Petrischalen gehaltenen Bienen im Raum durchgeführt (vgl. 6.1). Je Lösung benötigt man wenigstens 5 einzeln gehaltene Bienen, da nicht sicher ist, ob die abgefangenen Bienen auch hungrig sind. Diese Art der Versuchsdurchführung ergibt ein grobes Ergebnis und kann oft nur zeigen, ob eine Lösung überhaupt angenommen oder abgelehnt wird. Am geeignetsten sind Einmalpetrischalen, da sie viel schneller die Raumtemperatur annehmen als Glasschalen.

Durchführung: Alle Vorbereitungen werden wie im Freilandversuch beschrieben getroffen. Man teilt dann jeder Lösung eine Gruppe zu. Dann werden den Bienen mit einer Pipette einige Tropfen der jeweiligen Lösung ins Glas gespritzt. Falls die Schüler nicht besonders eingeübt sind oder Angst haben, sollte der Lehrer das tun, da sonst zu leicht Bienen entkommen und damit das ganze Experiment in Frage gestellt ist. Allerdings ergibt sich dadurch für den Beginn eine zeitliche Verzögerung.

Die Schüler erhalten den Auftrag, 10 Minuten konzentriert ihre Biene zu beobachten, ohne sie zu stören, auch wenn die Biene sich nicht rührt.

Damit auch alle Schüler genau beobachten, sollte jeder eine Lupe erhalten und inzwischen das Tier sehr genau anschauen. Gewertet werden nur Bienen, die länger als drei Sekunden saugen.Vor der Auswertung der Ergebnisse werden alle Bienen nach etwa 20 Min. wieder freigelassen (vergl. 6.1).

Auswertung: Es ist mit einer deutlichen Unterscheidung zwischen Annahme und Ablehnung zu rechnen. Diese Feststellung wird wie oben interpretiert. Infolge seiner sehr simplen Logik kann dieser Versuch helfen, Methodenreflexion zu betreiben: Die Reaktion einer Biene (bzw. eines Lebewesens) auf eine einzelne Situation beweist nur wenig, erforderlich sind immer mehrere, oft sogar sehr viele Parallelversuche, um zu sicheren Aussagen zu gelangen.

7.4.3 Schmeckversuche quantitativer Art

Da die Bienen ausschließlich auf die Qualität "süßer Zuckersaft" in den Blüten reagieren, liegt zunächst die Annahme nahe, daß auch eine sehr schwache Zuckerlösung noch angenommen wird.

Die Schwierigkeit des Experiments liegt darin, daß ein Konkurrenzangebot von starker und schwacher Zuckerlösung wegen möglicher Versuchsfehler keine Alternative ist. Es ist vielmehr erforderlich, schrittweise die Konzentration einer Zuckerlösung herabzusetzen. Dieser Versuch gelingt nur in trachtarmer Zeit, besonders im Spätsommer. Nur dann werden die Bienen bis an die untere Grenze ihres Geschmackes das Futter annehmen. Zu anderen Zeiten bleiben sie einfach weg und beuten ergiebigere Trachtquellen aus.

Durchführung:

1. Der Beflug einer 50-%igen Zuckerlösung wird registriert.
2. Durch Verdoppelung der Wassermenge setzt man den Prozentgehalt herab z.B.:

50 ml Wasser + 50 g Zucker	=	50-%ige Lösung
100 ml Wasser + 50 g Zucker	=	33-%ige Lösung
200 ml Wasser + 50 g Zucker	=	20-%ige Lösung
400 ml Wasser + 50 g Zucker	=	11-%ige Lösung
800 ml Wasser + 50 g Zucker	=	6-%ige Lösung
1.600 ml Wasser + 50 g Zucker	=	3-%ige Lösung

3. Im Verlauf einiger Stunden wird immer schwächeres Zuckerwasser angeboten. Die Intensität des Befluges zeigt, ob man evtl. eine Stufe überspringen kann. Im Grenzbereich von 6 % und darunter muß längere Zeit am Futtertisch der Besuch genau registiert werden. Bei Futtermangel aus Blüten kommen u.U. zwar noch zahlreiche Bienen an den angestammten Futterplatz, umschwirren das Futterglas und setzen sich, nehmen aber oft die schwache Lösung nicht mehr an. Gewertet werden deshalb auch hier nur Bienen, die länger als 10 Sek. saugen.
4. Zum Vergleich mit den Bienen prüfen alle Schüler an sich selber eine 2-%ige Zuckerlösung. Die schwache Süße wird von ihnen nur geschmeckt, wenn vorher nichts Süßes gegessen wurde. Die Entscheidung fällt leichter, wenn als Kontrast reines Leitungswasser getrunken wird.

Darstellung des Mengenunterschiedes: In zwei leere 1 Litergefäße (Becherglas) füllt man zur Demonstration in eines 4 g Kristallzucker, in das andere 43 g. Dies demonstriert deutlich die zehnfach bessere Schmeckfähigkeit des Menschen.

Auswertung: (vgl. 7.4.1). Man stellt eine 50-%ige und eine 5-%ige Zuckerlösung her und läßt sie in zwei offenen hohen Bechergläsern oder Petrischalen stehen und bestimmt die Zeit bis zum völligen Verdunsten des Wassers und damit Auskristallisierens des Zuckers. Erwartet wird, daß beide Flüssigkeitsmengen, da scheinbar gleich groß, auch gleich schnell verdampfen. In Wirklichkeit enthält die eine aber nur 50 % und die andere 95 % Wasser, was die Schüler von selber herausfinden. Sie erkennen, daß die Bienen sich zu Tode arbeiten würden, wenn sie allzu dünnen Nektar eintrügen. Sie würden im schlecht ventilierten Stock (wie in einer Waschküche) leben. Die hohe Luftfeuchtigkeit würde z.B. die Ausbreitung von Krankheiten und Parasiten extrem begünstigen.

7.5 Zusammenwirken verschiedener Sinnesleistungen beim Aufsuchen neuer Futterplätze

In Experimenten können die Schüler einzelne isolierte Sinnesleistungen der Bienen überprüfen. Diese Reduktion gehört zu den Charakteristika naturwissenschaftlicher Forschung. Es muß ihnen aber deutlich werden, daß bei den Bienen, wie bei allen höher organisierten Lebewesen, stets verschiedene Wahrnehmungen und Verhaltensleistungen zusammenwirken. Diese Vielfalt sichert den Bestand einer so differenzierten Tiersozietät selbst noch in solchen Extremfällen, in denen eine Wahrnehmung durch innere oder äußere Einwirkungen blockiert ist. Wären die Bienen z.B. allein auf die Sonne als Richtungsweiser angewiesen, hätten sie kaum in die gemäßigten Breiten vordringen können, so aber zeigen ihnen bei leichter Wolkendecke noch die Wärmestrahlen den Stand der Sonne an oder aber das polarisierte Himmelslicht gibt ihnen ein Orientierungsmuster, das sie mit der Zielrichtung verrechnen können. Das Zusammenwirken verschiedener Bereiche soll in einem Informationsblatt dargestellt werden, das leicht in ein Arbeitsblatt verwandelt werden kann. Die wichtigsten Leitmomente, die zum Futter und zurück zum Stock führen, sind nachfolgend zusammengefaßt. (hierzu Tafel 42).

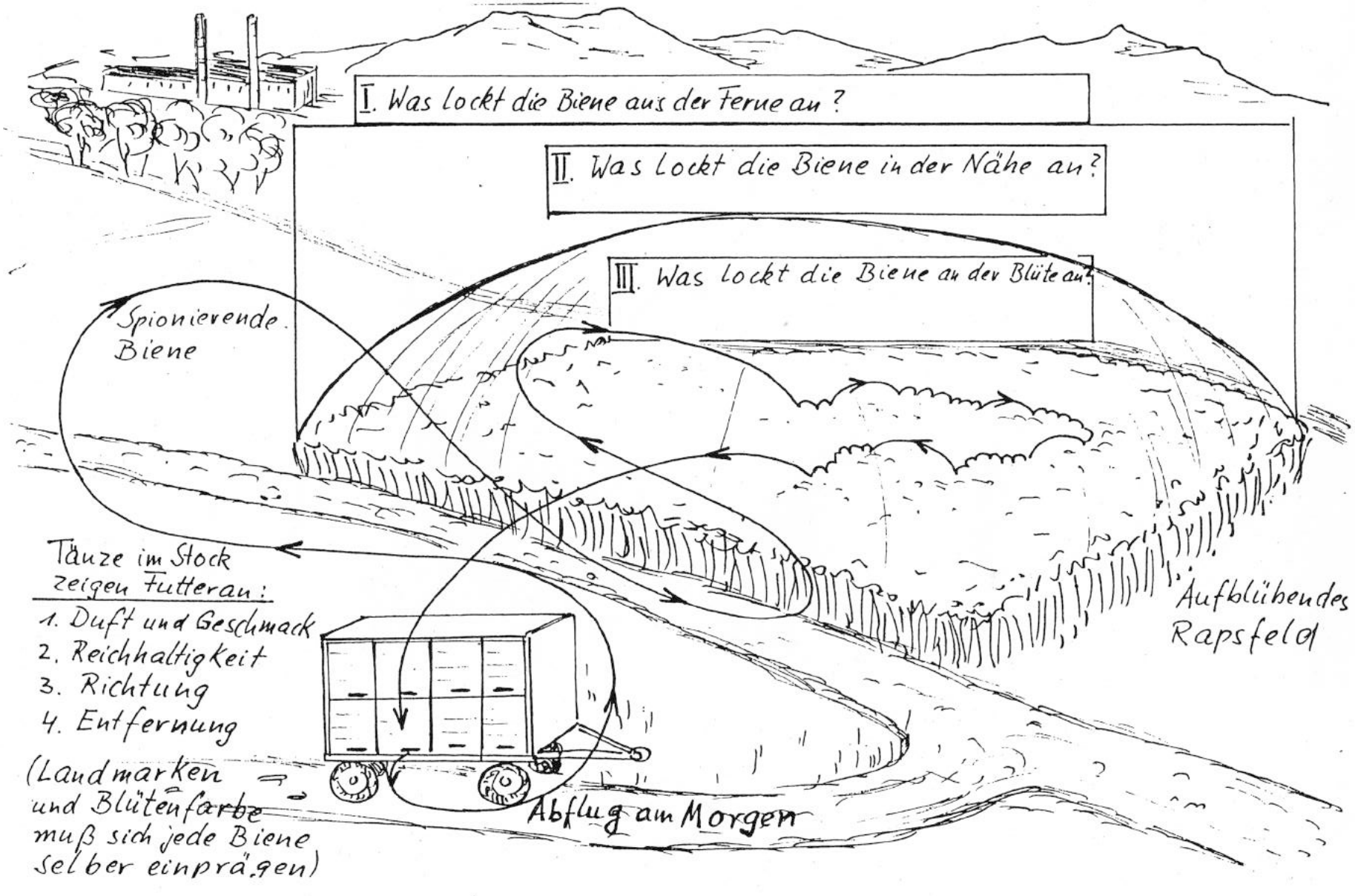
- "spionierende" Biene: z.B. am Morgen
- Appetenzverhalten: Spurbienen sind ein eigener Bienenberuf.
- Fernwirkung: a) Orientierende Landmarken z.B. Waldränder, Wege, Feldmarken, Türme, Bäume. Sie werden gelernt.
  b) Farbflächen, die wie ein Wirtshausschild locken.
- Nahwirkung: Anlockende Düfte, Duftglocken über einem Rapsfeld. Bienen können keine Düfte von ferne wahrnehmen, wie etwa bestimmte Faltermännchen, die Sexualduftstoffe der Weibchen über mehr als 10 km Entfernung wahrnehmen. Viele Blüten haben Duftfelder, die zur Nahorientierung dienen.
- Realisierung: Die Geschmacksprobe entscheidet über die Verwendbarkeit des Blütenangebotes, auch die Nektarmenge wird abgeschätzt.
- Heimkehr: Orientierungsflüge haben das Gelände im Umkreis mehrerer Kilometer nach Landmarken bekannt gemacht, so daß auch dann geflogen werden kann, wenn der Himmel vollständig bedeckt ist, nur getanzt wird dann nicht mehr.

- Tanzsprache: Soweit die Witterung es zuläßt, wird jede neue Futterquelle mitgeteilt. Dabei werden fünf wichtige Nachrichten anderen Bienen mitgeteilt: Duft und Geschmack der Futterquelle, die Reichhaltigkeit des Angebotes, die genaue Richtung und die Entfernung. Die anderen Bienen finden die Futterquelle dann selbständig. Die Tanzsprache ist Thema von Kap. 8.2.

In Wirklichkeit ist das System von Suchen, Auffinden und Mitteilen von Nahrungs-, Wasser- oder neuen Siedlungsplätzen noch viel komplizierter. Wichtig ist für Schüler vor allem, daß das Ineinandergreifen vieler Orientierungsmomente erfaßt wird, d.h., daß die Einzelexperimente wieder in das Gesamtgeschehen eingefügt werden.

Tafel 42

Suchen, Auffinden und Mitteilen einer neuen Blumentracht



8. Das Leben im Bienenvolk (vgl. 3.2)

Ein Bienenbeobachtungsstock erlaubt jederzeit einen Einblick in die soziale Lebensweise eines intakten, wenn auch nur kleinen Bienenvolkes mit ein paar tanzenden Bienen. Zwar kann ein so kleines Volk nur mit Menschenhilfe am Leben erhalten werden, dafür aber zeigt es auch alle Verhaltensweisen, die in einem großen Bienenstock verborgen bleiben und auch in einer großen Glasbeute nur teilweise und selten zu sehen sind, gleichsam "wie im Kino". Ein Bienenbeobachtungsstock ist deshalb die ideale Ergänzung zur bisher beschriebenen Freilandbeobachtung. Der Bau ist Seite 25 bis 29 beschrieben.

8.1 Das Bienenvolk auf den Waben

Zum Schülerverhalten: Bei ruhigen Bewegungen hinter dem Schutzschild der aufgeklappten Türen droht meist keine Gefahr. Zu beachten ist nur, daß die Bienen vor allem an schwülen Tagen aufgeregt herumschwirren und sich dabei leicht in den Haaren verfangen. Durch schnelles Zufassen kann man sie manchmal noch rechtzeitig entfernen, meist ist es aber besser, sie mit leichtem Schlag der flachen Hand zu töten, da sie meist zustechen, wenn sie sich nicht mehr befreien können und dann ohnehin zugrunde gehen.

Die Schüler sollten folgende Regeln beachten:

- nicht vor dem Flugloch vorbeilaufen. Das regt die Wachbienen auf und die heimkehrenden Sammlerinnen.

- Den Schaukasten nicht anstoßen oder die Türen heftig zuschlagen. Das macht das Völkchen aggressiv.

- Bei kühlem Wetter die Türen nur wenige Minuten geöffnet lassen. Das ist besonders wichtig bei Schaukästen, die nur einfache Scheiben haben; die Brut benötigt 35 Grad und kühlt dann schnell aus und stirbt ab. Bei Kästen mit Doppelverglasung und solchen, die in einem warmen Raum stehen, ist das weniger wichtig. Viele Bienen erzeugen auch mehr Wärme als wenige.

Einige einführende Beobachtungsmöglichkeiten: (Tafel 43 - Arbeitsblatt)

- Erwartungsgemäß bestehen die Waben überwiegend aus Arbeiterinnenzellen, nur einigen Drohnenzellen am Rande und gelegentlich vereinzelten Königinnennäpfen.

- Das Brutnest ist im Frühjahr auf die Mitte der mittleren Wabe beschränkt und dehnt sich im Sommer auf die ganze Wabenfläche aus. Im Beobachtungsstock herrscht eigentlich immer ausgesprochene Platznot. Die Waben enthalten verdeckelte und unverdeckelte Brut. Die Eier in den bestifteten Zellen sind auf der meist dicht mit Bienen besetzten Wabe kaum zu sehen. Einzelne Bienen schlüpfen während der Beobachtung. Eine solche Bienengeburt ist sehr aufregend für die Schüler, insbesondere die Beobachtung, wie sie mit den anderen Bienen Kontakt aufnimmt.

- Rings um das Brutnest sind vereinzelte Zellen oder im Herbst auch ein ganzer Kranz halb mit Pollen gefüllt, oft sehr verschiedenfarbig, stumpf körnig erscheinend, zu sehen.

- Nektar und fast fertiger Honig glänzen auffallend und sind meist über dem Brutnest und seitlich davon gelagert.

- Hell verdeckelte Honigzellen unterscheiden sich deutlich von den meist samtbraun verdeckelten Brutzellen.

- Ein Teil der Zellen ist leer, zumal nach kühlen trachtarmen Perioden. Da legt die Königin weniger Eier, und Sammelbienen können wenig eintragen. Die Tracht ist der "Motor" der Entwicklung eines Volkes.

- Die Königin ist meist vom Imker durch einen Farbpunkt mit Nummer auf dem Rücken gekennzeichnet. Für die Weiterzucht ist es wichtig, die Herkunft der bis zu vier (fünf) Jahre alt werdenden Königinnen zu kennen. Die Königin bestimmt sozusagen genetisch die "Qualität" eines Volkes: Sammeleifer, Brutintensität, Schwarmlust, Stechlust usw. Nicht gekennzeichnete Königinnen sind nur schwer zu finden. Die Schüler müssen auf einen Kranz von Bienen achten (Hofstaat genannt), der um eine größere Biene gebildet wird, die dann am langgestreckten Hinterleib als Königin zu erkennen ist. Zu sehen ist oft, wie sie Kopf und Brust in eine Zelle steckt, um sie zu überprüfen. Sie dreht sich dann herum und bestiftet die Zelle mit einem Ei.

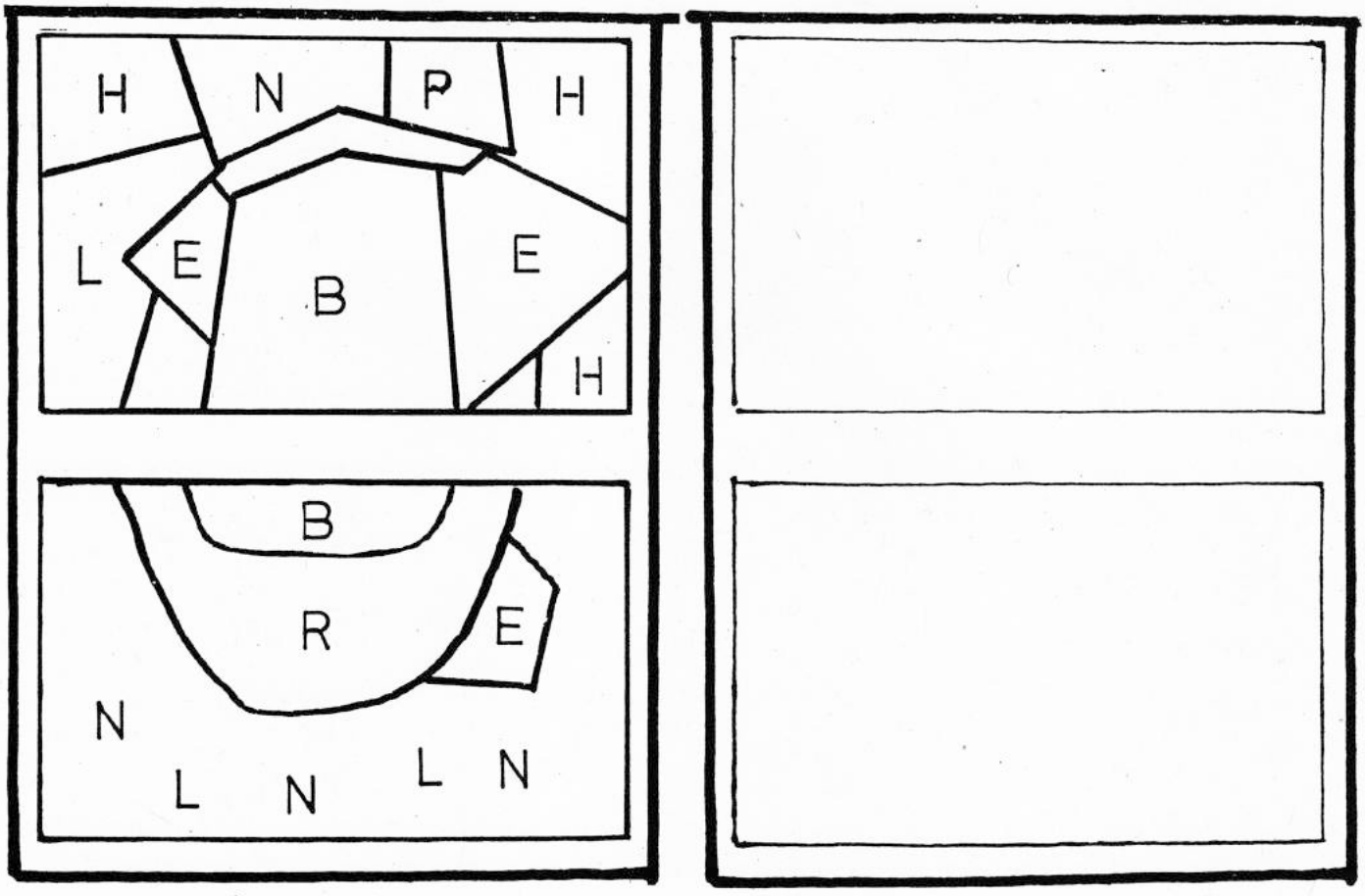
Blick in ein Bienenvolk

I. Kreuze an, was Du genau erkannt hast

Erscheinungsformen der Biene:		**Tätigkeiten:**	
Arbeitsbienen		bestiftende Königin (sie legt Eier)	
Drohnen		schlüpfende Bienen	
Königin (sie trägt meist einen Punkt auf dem Rücken)		Sammelbiene mit Pollenhöschen	
Maden		**Bienentänze:**	
		Rundtanz	
		Schwänzeltanz	

II. Zeichne ein, was Du auf den Waben zwischen den Bienen genau erkannt hast!

Zellen mit Eiern	E
Zellen mit Rundmaden (unverdeckelt, am Grund mit einer weißlichen Made)	R
Brutzellen (dunkel verdeckelt)	B
Honigzellen (hell verdeckelt)	H
Nektarzellen (glänzend, unverdeckelt)	N
Pollenzellen (verschiedenfarbig, matt, unverdeckelt)	P
leere Zellen	L



Tafel 43

Arbeitsblatt: Ein Blick in den Beobachtungsstock

links Muster, rechts für eigene Beobachtung

- Sammelbienen sind daran zu erkennen, daß sie entweder Nektar an die Stockbienen abgeben oder sich mit dicken verschiedenfarbigen Pollenhöschen durch die Menge zwängen, um die Blütenstaubpakete später in eine Zelle abzustreifen.

- Einige Bienen schütteln sich, schwirren mit den Flügeln, um sich zu putzen, zu wärmen oder zu kühlen. Laufen sie dabei im Kreise, so zeigt das Schütteln einen Tanz an. Deutlich sind Rund- und Schwänzeltanz schon bei einfacher Beobachtung zu unterscheiden.

Das beigegebene Arbeitsblatt soll die Beobachtung durch Schüler vereinfachen. In die vorgegebenen Wabenfelder, die einer Schaukastenseite entsprechen, soll die Verteilung der Wabenzustände hineinskizziert und mit den angegebenen Buchstaben bezeichnet werden (hierzu Tafel 43).

8.1.1 Tätigkeit einzelner markierter Arbeitsbienen im Laufe ihres Lebens

Der Blick in ein Bienenvolk zeigt ein scheinbar planloses Gewimmel. Nur die Königin hebt sich infolge ihrer Markierung heraus. Über die verschiedenen Tätigkeiten der Stockbienen und die fortschreitende Veränderung der Aufgabenbereiche erhält man ohne besondere Maßnahmen keine Auskunft.

Individuelles Markieren einzelner Stockbienen. Sobald es die Unterrichtsorganisation zuläßt, besteht nach entsprechender Einweisung keine ernstliche Schwierigkeit, Schüler über einen Zeitraum von 2-3 Wochen individuell markierte Bienen beobachten zu lassen. Sehr schnell erhält man dadurch reiches Zeichen- und Datenmaterial, das zwar nicht alle arbeitsteiligen Aufgaben im Bienenvolk erschließt, aber doch weitreichende Einblicke erlaubt.

Da meist nur ein Schaukasten vorhanden sein wird, können Gruppen von 2-4 Schülern nur halbe Stunden im Wechsel arbeiten.

Das **Markieren** geschieht, indem man eine Scheibe des Kastens vorsichtig herausnimmt. Soweit die auf der Scheibe sitzenden Bienen nicht abfliegen (Sammelbienen), werden sie mit einer Feder vorsichtig in den unteren Laufgang des Kastens abgestreift. Es sind Jungbienen, denen noch jede Orientierung außerhalb des Kastens fehlt; sie müssen daher unbedingt ohne Umweg in den Kasten zurückbefördert werden. Die meisten Jungbienen bleiben ohnehin fest auf den Waben sitzen.

Je nach Wetterlagen sind die Sammelbienen ausgeflogen und müssen evtl. mit Rauch zurückgehalten werden. Ist man erst etwas geübt, kommt man ohne Imkerhaube aus, aber Unerfahrenen gibt die Haube doch mehr Ruhe und Sicherheit bei dieser Arbeit. Ein Imker kann beim ersten Mal helfen. Das Markieren aber sollte man unbedingt selber erlernen und durchführen, und je nach Geschicklichkeit auch die Schüler, damit sie "ihre" Biene auch eigenhändig kennzeichnen.

Einige technische Einzelheiten: Das Markieren sollte an einem warmen nicht zu windigen Tag vorgenommen werden, wenn möglichst viele Sammelbienen draußen sind. Vor Abnahme der Scheibe benennt man die einzelnen Wabenbereiche fest: Bereiche mit Honig, Nektar, Eiern, Rundmaden usw. Jungbienen halten sich vor allem im Brutbereich auf, sind dort aber oft so sehr in Bewegung, daß ein genaues Markieren mit 2 (oder 3) Farbpunkten kaum gelingt. Man markiert dann zunächst Bienen, die ruhig abseits sitzen. Bei der Futteraufnahme an den Nektarzellen saugen sie oft z.B. minutenlang ruhig Futter und lassen sich durch Betupfen mit Farbe nicht stören. Ziel sollte aber sein, Bienen aus allen Bereichen zu markieren. Verwendet werden feine Haarpinsel Nr. 5 und mehrere verschiedene Farben. Das Farbpulver wird mit weißem Schellack zu einem dünnen Brei angerührt. Schellack ist für diese Beobachtungen besser geeignet als Plakafarbe, wie in Abschn. 7.1.8 angegeben, weil die Farbe sehr schnell geruchsfrei auftrocknen muß. Wie dort stellt man die Farben in einem Block bereit und kennzeichnet die Bienen nach dem weiter unten angegebenen System (s. Farbkombinationskarte S. 123). Zügiges Arbeiten ist erforderlich, da die Farbe schnell trocknet und die Bienen nicht lange still sitzen. Bei Aufnahme von Nektar im Stock sitzen die Bienen mit leicht angehobenen und etwas gespreizten Flügeln auf der Wabe.

Farbkarte: Eine vorbereitete Zusammenstellung der zu verwendenden Farbkombinationen ist unerläßlich und verhilft zum schnellen Überblick auf die jeweils folgende Farbkombination. Ein Schüler reicht nacheinander die richtigen Farbpinsel an, so daß der andere ohne Verzögerung markieren kann.

Farbkombinationskarte

Anzahl d. markiert. Bienen		**weiß**	**blau**	**rot**	**gelb**	**grün**
5	1 Punkt - Brust	**w**	**b**	**r**	**g**	**g r**
25	2 Punkte auf der Brust	ww	wb	wr	wg	w gr
		bw	bb	br	bg	b gr
		rw	rb	rr	rg	r gr
		gw	gb	gr	gg	g gr
		gr w	gr b	gr r	gr g	gr gr
25	Je 1 Punkt auf der Brust und Hinterleib	w w	w b	w r	w g	w gr
		b w	b b	b r	b g	b gr
		r w	r b	r r	r g	r gr
		g w	g b	g r	g g	g gr
		gr w	gr b	gr r	gr g	gr gr
	Je 2 Punkte auf d. Brust und	ww w	wb w	wr w	g w	w gr w
	1 Punkt auf dem Hinterleib	ww b	wb b			

Für Schulzwecke müssen die Markierungen kräftig ausfallen, damit die Schüler ihre Biene im Gewühl des Volkes auch wiederfinden. Mehr als zwei Punkte sollten nicht auf der Brust aufgetupft werden. Die Bienen werden durch die Markierung nicht geschädigt oder beeinträchtigt.

Arbeitsaufträge:
1.) Aufzeichnen der Wabenbereiche (Honig, Pollen, Eier, Rundmaden ...).
2.) Verfolgen des Weges einer Biene über einen Zeitraum von 15-20 Minuten.

Hilfen zu 1.) Auf dem **Arbeitsblatt** werden für die beiden Seiten der zwei Schaukastenwaben einfache Wabenschemata vorgedruckt (Tafel 43). In Partnerarbeit zeichnen die Schüler nun die Wabenbereiche in Umrisse ein, wobei im Brutbereich möglichst genau offene und verdeckelte Brut gekennzeichnet werden sollte mit Buchstaben wie angegeben. Dies Verfahren ist für Schüler relativ schwierig und aufwendig. Einfacher ist es, auf der Glasscheibe **Klarsichtfolien** (z.B. Rollen von Tageslichtschreibern) zu befestigen, mit wasserfestem Stift die Wabenbereiche zu umreißen und die Folie auf dem Fotokopierer für jeden Schüler auf Papier zu vervielfältigen (evtl. verkleinern).

Die **Wabenzustandsbilder** müssen jedesmal neu aufgenommen werden, da sie im Laufe der 2-3 wöchigen Registrierzeit erheblichem Wandel unterliegen.

Hilfen zu 2.) Auf Seite 128 ist der Lebensweg der Biene "blau - gelb - rot" aufgezeichnet und ausgewertet. Die Arbeit mit Schülern kann sich daran orientieren. Diese Beobachtung ist auch dem Musterblatt zugrundegelegt worden. Jede Gruppe bezeichnet mit den angegebenen Zeichen die Wege, Tätigkeiten und Zeitabläufe einer ihrer 2-3 Bienen (eine einzige Biene reicht nicht, da sie oft unauffindbar auf den Waben ruht o.ä.) über einen abzusprechenden Beobachtungszeitraum (10-20 Min). Die Beobachtungen werden am besten bei nicht zu kühlem, trockenen Wetter (von Mai bis August) durchgeführt. Steht der Schaukasten ohne Schattenschutz im Freien, ist es evtl. erforderlich, die Sonneneinstrahlung durch ein übergehängtes helles Tuch o.ä. abzuschirmen, denn bei langen Beobachtungszeiten könnten die Waben im Sonnenlicht schmelzen, außerdem laufen die Sammelbienen an der Scheibe hoch und suchen dort irrtümlich den Ausgang (Nach kurzem Schließen der Türen verlassen sie sofort den Stock.). Schließlich werden die Tänze in ihrer Richtung abgefälscht.

Interpretation der Aufzeichnungen:

Vorbemerkungen: Die Aufzeichnungen der Schüler bewegen sich in aller Regel im Vorfeld wissenschaftlicher Zuverlässigkeit. Sie führen aber an die Probleme heran und geben klare Hinweise, die an bestimmten Stellen eindeutige Aussagen erlauben, im übrigen aber im Sinne von Arbeitshypothesen zum Nachdenken anregen. Dies kann zu weiteren Untersuchungen führen, z.B. für "Jugend forscht".

Insbesondere wird aber der Abstand verkleinert, der heute in der Schule zwischen der Darbietung der Forschungsergebnisse einerseits und den Methoden zur Gewinnung dieser Forschungsergebnisse andererseits besteht.

Verstehen und Deuten der Einzelbeobachtungen (Tafel 44 - Arbeitsblatt)

- **Putzen einer Zelle:** Junge Bienen (das sind relativ helle, noch dicht und gut behaarte Bienen) stecken zeitweise den Kopf voran tief in eine leere Zelle im Bereich des Brutnestes. Sie drehen sich ab und zu ein Stück um ihre eigene Achse, machen auch oft etwas ruckartige Bewegungen. Der Hinterleib, der allein zu sehen ist, zeigt kein Pumpen.

- **Füttern junger Maden:** Vom Putzen ist das Füttern oft nicht leicht zu unterscheiden. Aber eine "Ammenbiene" (Futterbiene) sitzt nur halb in die Zelle gebeugt und pumpt mit dem Hinterleib. Eindeutig ist die Beobachtung nur, wenn vor oder nach dem Füttern in der Zelle auch die junge Made zu entdecken ist, was bei dichtem Besatz mit Bienen oft schwierig ist.

- **Füttern älterer Maden:** Die herangewachsene noch gekrümmte Made ist meist gut in der Zelle zu erkennen und daher die Tätigkeit der jungen Ammenbiene leichter zu deuten. Kurze "Fütterzeiten" von wenigen Sekunden bei jüngeren und älteren Maden sind als bloße Überprüfung zu verstehen, die mehrfach am Tage von verschiedenen Ammenbienen vorgenommen wird, ohne daß Futter abgegeben wird. Die Fütterung nimmt stets längere Zeit in Anspruch.

- **Futter aufnehmen** aus Pollen- oder Honigzellen:
  Markierte Bienen, die aber noch nicht ausfliegen (siehe Wegkontrolle), begeben sich gelegentlich zu den außerhalb des Brutnestes gelegenen Vorratszellen.

  Bei den Pollenzellen können die Jungbienen nur Pollen aufnehmen oder **Pollen stampfen.** Beides ist nicht leicht zu unterscheiden und ergibt sich allein aus dem Handlungszusammenhang, der aus den Wegen zu erschließen ist. Selbst bei Fehldeutungen bleibt eindeutig, daß die Jungbienen sich um die Vorratsbildung von Pollen kümmern und den Vorräten auch Futter für die Brut entnehmen.

  Ähnliches ist über die Honigzellen zu sagen: Jungbienen übernehmen von Tänzerinnen, aber auch von anderen Stockgenossen Nektar, stets deutlich am Verharren von zwei Bienen mit ausgestrecktem Rüssel zu erkennen, die sich dann damit gegenseitig berühren. An den unverdeckelten Honigzellen, die durch

ihr Glänzen auffallen, nehmen sie entweder Honig für die Brut auf, in geringem Maße auch für ihre eigene Tätigkeit oder lagern in noch nicht ganz gefüllte Zellen mehr oder weniger eingedickten und fermentierten Nektar oder Honig ab. Beide Tätigkeiten der Jungbienen sind vor allem aus ihrem sonstigen Verhalten zu erschließen.

- **Wärmen oder Kühlen:** Zittern die markierten Jungbienen schnell aber nicht ausgreifend mit den Flügeln, erzeugen sie durch Vibrieren der Flugmuskulatur die notwendige Bruttemperatur. Starkes Flügelschwirren der Jungbienen auf den Waben bei sehr warmem Wetter zeigt an, daß sie durch den erzeugten Luftzug Wassertröpfchen zum Verdunsten bringen und damit Abkühlung erreichen.

- **Verdeckeln von Brut- und Honigzellen:** Im Bereich ausgewachsener Maden im Brutnest oder aber bei den glänzenden Honigzellen schaben Jungbienen den verdickten Zellrand ab und setzen Wachskrumen zur Zellmitte an, bis geschlossene Deckel gebildet sind. Beide Deckelarten sind etwas unterschiedlich hergestellt, fallen aber in der Färbung besonders auf, weil die unterschiedliche Lichtbrechung die Honigzellendeckel meist hellglasig gelb und glatt erscheinen läßt, während die Brutzellendeckel mittelbraun, porig rauh und nach außen gewölbt erscheinen.

- **Körperpflege:** Bei Arbeitsbienen, die ständig mit verschiedenen Duftstoffen, mit Wachs und Nektar bzw. Honig zu tun haben oder aber auch mit zu entfernendem Unrat beim Putzen der Zellen, beim Entfernen abgestorbener Maden oder von Fremdkörpern, liegt es nahe, daß sie sich mit den Borsten der Beine, mit der Putzscharte (s. 6.2) säubern. Ein gewisser Putzzwang geht teils auch von Parasiten aus.

- **Bauen:** Zu beobachten ist die Tätigkeit des Zellenbauens bei einem Zweiwabenvolk nur, wenn man Stücke aus einer Wabe ausschneidet (ohne oder mit eingebrachtem Stück Mittelwand). Bei genügend Nachwuchs sind Bauketten zu beobachten: Viele Bienen hängen in Ketten aneinander, reichen Wachsklümpchen von "Hand zu Hand", andere nehmen Wachsplättchen vom Hinterleib ab oder sind beim Bauen zu beobachten (vgl. Abschn. 5).

- **Pollen abladen:** Im Alter von 12-15 Tagen prägen sich die Bienen bei einem ersten Ausflug Lage und Ort ihres Stockes ein. Erst von diesem Zeitpunkt an finden sie heim. Aus der Beobachtung vorangehender Tätigkeiten ergibt sich, daß "unsere" Biene inzwischen Ausflüge macht und nach einigen Tagen mit

Tafel 44

Arbeitsblatt: Zeichnungen zum Verständnis einzelner Situationen bei der Beobachtung von Bienen

Quelle: unbekannt

Sammeln beginnt: Heimkehrende Pollensammlerinnen führen meist zuerst Tänze auf und streben dann zu den Pollenzellen. Hier ist eindeutig zu beobachten, wie sie die Pakete abstreifen und einfach in die Zellen fallen lassen, ohne sie selbst festzustampfen.

- **Tänze**: (vgl. Abschn. 8.2). Hier kommt es nur darauf an, Tänze im Zusammenhang mit den übrigen Tätigkeiten zu registrieren, also z.B. Futterübergabe, Abladen von Pollen und erneuter Ausflug.

- **Überprüfen von Zellen:** Neben diesen Tätigkeiten fällt auf, daß unterschiedlich genützte Zelle durch kurzes Hineinbeugen auf ihre Nutzbarkeit überprüft werden. Der dicht mit Waben und Bienen besetzte Stock erzeugt ein Duftfluidum, ein Temperatur- und Feuchtigkeitsgefälle, das die Bienen zwar zu den angestrebten Stellen leitet; dennoch muß die einzelne Zelle selbst kontrolliert werden, ebenso wie die Beobachtungen draußen (vgl. Abschn. 4.2) zeigen, daß auch leere Blüten kurz untersucht werden, um sie auf ihren Futtergehalt zu überprüfen.

- **Ruhen:** Es kann durchaus geschehen, daß eine markierte Biene minutenlang völlig ruhig am Rande des Volkstreibens verharrt, sich ausruht oder daß eine ältere Biene auf neue Futternachricht wartet.
  Hier ist Ungeduld fehl am Platz - also z.B. der Versuch durch Klopfen an der Scheibe "seine Biene" auf Trab zu bringen, weil das interessanter scheint. Erst dadurch läßt sich das unausrottbare Klischee vom Bienenfleiß dahin differenzieren, daß Bienen auch Ruhe brauchen und ausgesprochen "faule Phasen" haben.

Beispiele zur Auswertung der Beobachtung einer markierten Biene.
(hierzu Tafel 45 und Tafel 46 - Arbeitsblatt)

1. Jungbienen am 17.05.83

Nach 3-wöchiger Entwicklungszeit ist die Biene blau-gelb/rot am 14.05. geschlüpft. Am 17.05. wird sie erstmalig für 16 Minuten beobachtet:
10.10 Uhr: Sie sitzt auf der oberen Wabe, nach 3-maliger Futteraufnahme (Nektar, Pollen) kommt sie um 10.14 Uhr auf der unten Wabe an. Auf dem Brutnest schwirrt die Biene (= Wärmen der Brut); es folgt mehrmaliges Füttern **größerer** Rundmaden (also älter als 3 Tage), vorher und nachher werden Zellen überprüft, ob Maden Futter brauchen, zwischendurch mehrmals Wärmeschwirren. Das dauert bis 10.21 Uhr, dann putzt sich die Biene und wandert wieder nach oben, reinigt Zellen (durch ihr völliges Verschwinden in der Zelle

erkennbar), gelangt auf die obere Wabe und nimmt wieder Futter auf. Um 10.26 Uhr wird die Beobachtung abgebrochen.

Der verschlungene Weg der Biene erscheint zunächst sehr zufällig. Auch wenn nicht genau anzugeben ist, wodurch die Biene im einzelnen gesteuert wird, gibt es Gründe:

- Appetenzverhalten läßt sie nach Betätigungsfeldern, nach Futter suchen und sich dabei einen Überblick über die Situation im Stock verschaffen.

- Sie bewegt sich zwischen den gedrängt auf den Waben sitzenden Bienen mit zahlreichen ablenkenden unterschiedlichen Düften (die besonders stark für sie von der Königin ausgehen), aber auch von den verschiedenen Entwicklungsstadien der Brut und vom Futter.

- Wechselnde Temperaturen (Brutnest = 35° C) Randgebiete z.B. nur 15-20° C, unterschiedliche Luftfeuchtigkeit, Geräusche beeinflussen ihren Weg.

- Die künstliche Situation eines kleinen Volkes auf einer Einwabenschicht könnte sich störend auswirken; dennoch sind Einblicke in Verhaltensweisen nur hier zu gewinnen.

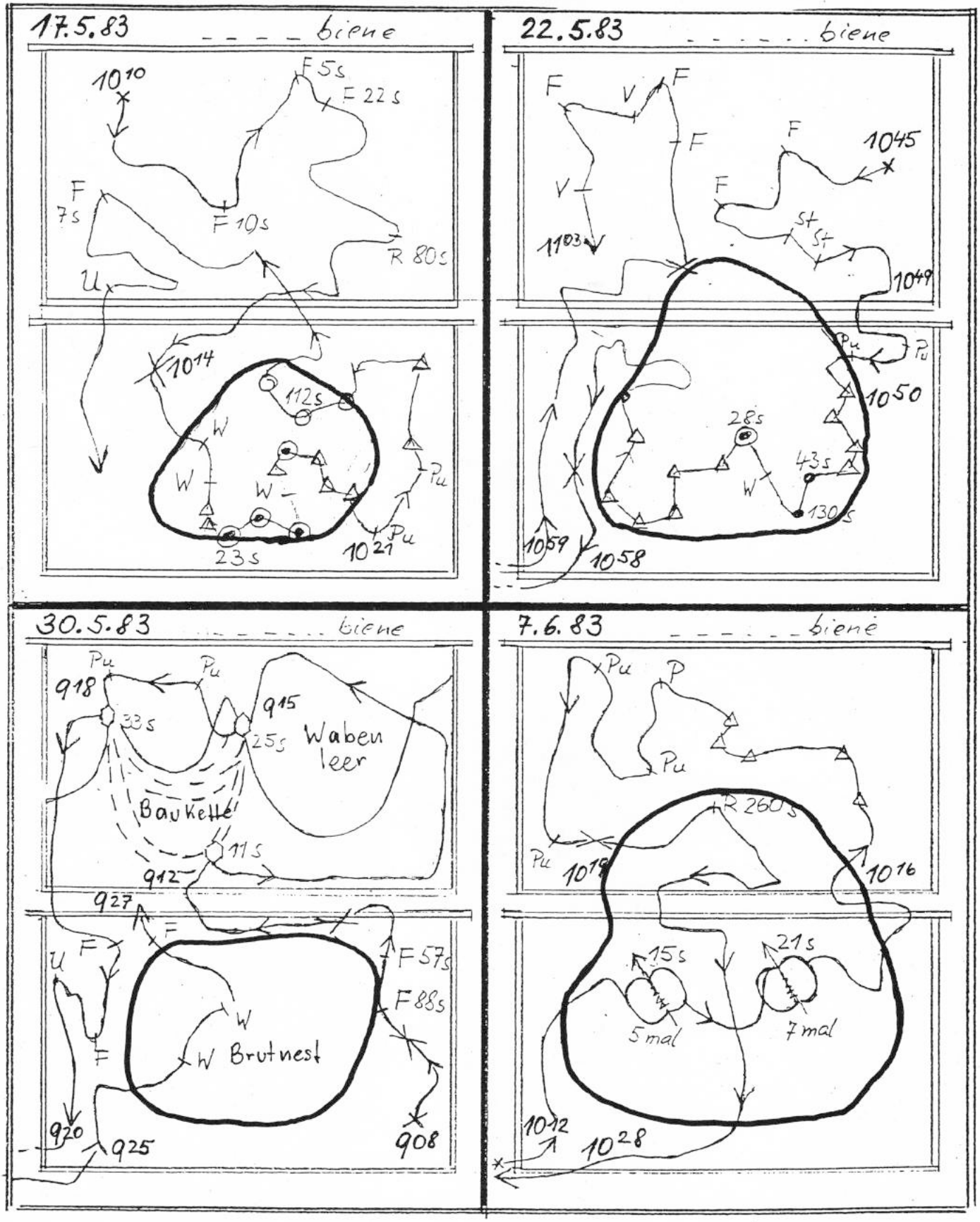
2. Ammenbiene am 22.05.83

Blau-gelb/rot ist jetzt 7 Tage alt. Viele Tätigkeiten gleichen denen, die im vorigen Abschnitt (8.1.1) geschildert wurden. Deshalb werden hier vor allem neue Stationen aufgeführt.

10.45 - 10.49 Uhr:
Aufnahme von Futter (Pollen) und Pollenstampfen (Trachtbienen haben den Pollen nur abgestreift, man sieht die Pakete deutlich in der Zelle liegen).

10.49 - 10.50 Uhr:
Abstieg zur unteren Wabe, die Biene putzt sich.

10.50 - 10.58 Uhr:
Überprüfen mehrerer Zellen mit jungen Maden, die 1-3 Tage alt sind; an drei Stellen wird gefüttert (Futtersaft), an einer vierten Stelle auch eine ältere Made mit Honig-Pollengemisch, dem wahrscheinlich etwas Futtersaft beigemischt ist. Von einer Trachtbiene wird Futter übernommen.



Tafel 45

Auswertung der Beobachtung von vier verschiedenen Lebensdaten der Biene blau-gelb/rot

Brutnest dick umrandet

Arbeitsblatt: Auswertung der Beobachtung von vier verschiedenen Lebensdaten der Biene blau-gelb/rot.

Alter Arbeitsaufgaben	Kürzel	3 Tage	7 Tage	15 Tage	23 Tage
Putzen einer Zelle	○	3			
Füttern junger Maden	•		3		
Füttern älterer Maden	⊙	4	1		
Futter aufnehmen (Honig, Pollen)	F	4	5	6	
Pollenstampfen	St		2		
Pollen abladen (kann nur 1 x bei 1 Anflug erfolgen) *)	P				1
Wärmen	W	2	1	1	
Verdeckeln von Brutzellen/Honigzellen	V		2		
Körperpflege Biene putzt sich selbst	Pu	2	2	3	3
Bauen	⬡			3	
Schwänzeltanz: Durchlauf je 15 s Tanzwinkel					5 20° links
Unrat abschleppen	U	1		1	
Überprüfen von Zellen	△	6	9	1	4
Ruhen	R	1			1
Futterweitergabe	✕	1	3	2	
Verlassen des Stockes, Dauer:		-	1x = 1min	1x = 5min	1x = 12min

Kennzeichnende Tätigkeiten Kommt fast nur auf dieser Entwicklungs-stufe vor und mehr als einmal *) (Ausnahme: Pollen abladen)	Zellen putzen Füttern älterer Maden	Füttern jüngerer Maden Pollen stampfen Verdeckeln	Bauen	Pollen abladen Schwänzel-tanz
Lebensphase der Biene blau-gelb/rot	junge Ammen-biene	ältere Ammen-biene	Baubiene	Sammel-biene

Tafel 46

Arbeitsblatt: Auswertung der Beobachtung von vier verschiedenen Lebensdaten der Biene blau-gelb/rot. (Zeichnung Tafel 45)

10.59 Uhr:
Die Biene geht kurz zum Flugloch, kehrt aber ohne aufzufliegen um.

10.59 - 11.03 Uhr:
Die Biene klettert auf der Wabe nach oben; die künstliche Wabenunterbrechung (gibt es im Wildbau nicht) stört, erneute Übernahme von Nektar. Auf der oberen Wabe nimmt sie Pollen und Nektar aus den Vorratszellen auf.

3. Baubiene am 30.05.83
Die Biene ist inzwischen 15 Tage alt. Die obere Wabe ist ausgeschnitten worden, um den Bienen einen Bauanreiz zu geben.

9.08 - 9.12 Uhr:
Aufstieg zur oberen Wabe, Aufnahme von Pollen und Honig; Die Zeitangaben deuten auf erhebliche Mengen hin, Übernahme von Nektar.

9.12 - 9.15 Uhr:
Hinwandern zur Baukette. Zahlreiche Bienen hängen mit ihren Beinen dicht, meist kettenartig zusammen, reichen Wachsplättchen weiter und verbauen sie. Unsere Biene gibt Wachsplättchen von ihren Bauchdrüsen an die Baukette ab, wandert weiter, putzt sich, baut einige Zeit mit.

9.15 - 9.18 Uhr:
Orientierendes Weiterwandern, baut wieder mit.

9.18 - 9.20 Uhr:
Geht (vorzeitig ?) weiter, nimmt erneut Honig auf, findet eine tote Made (U), die sie nach draußen schleppt. Dort macht sie einen Orientierungsflug (Kopf ständig zum Stock gerichtet!)

9.25 - 9.27 Uhr:
Rückkehr, Hochlaufen, Wärmeschwirren und weitere Futteraufnahme, erneuter Kontakt zur Baukette.

4. Trachtbiene (Sammelbiene) am 07.06.83

Blau-gelb/rot ist 23 Tage alt; je nach Wetterlage und Gesamtsituation wird sie noch wenige Tage bis über 3 Wochen beim Sammeln von Nektar oder Pollen, teils auch von Wasser und Knospenharz (= Kittharz, Propolis) zum Abdichten des Stockinneren überleben.

10.12 - 10.16 Uhr:

Heimkehr vom Sammelflug mit pollenbeladenen Hinterbeinkörbchen. Zweimaliges Schwänzeltanzen mit Angabe von Dauer und Anzahl der Schwänzelläufe (gegen 10.15 Uhr steht die Sonne etwa in SSO, es kann genau die Futterrichtung und -entfernung vom Stock angegeben werden!)

10.16 -10.19 Uhr:

Sie läuft aufwärts, sucht und überprüft geeignete Zellen zum Abstreifen des Pollens, streift den Pollen ab. Danach mehrfaches Putzen, Weitergabe von Nektar.

10.19 - 10.28 Uhr:

Die Biene ruht, ist untätig, danach erneute Weitergabe von Nektar, strebt zum Flugloch, fliegt ab zu weiterem Sammelflug. Die Ruhezeiten sind kürzer, wenn ein reiches Nektarangebot vorliegt.

---

zu Tafel 47

Heizzuckerbedarf, Wintersitz und Temperaturverteilung im Winter

Quelle: Büdel-Herold

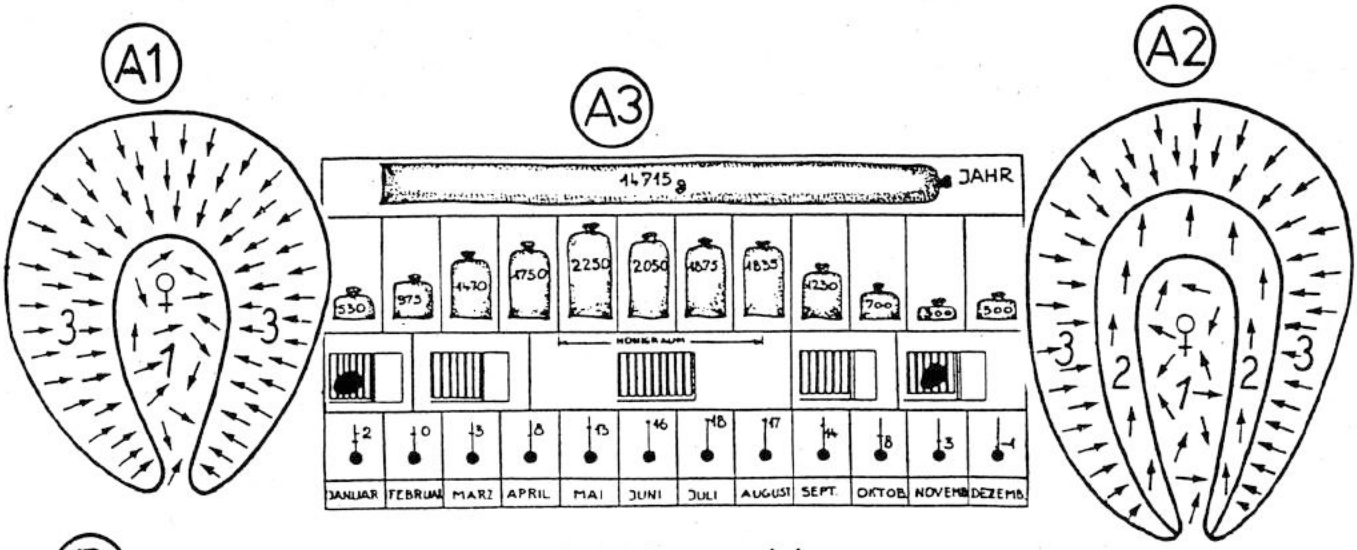
A1) Bienensitz bei tiefen Wintertemperaturen.
Pfeilrichtung ist gleich Sitzrichtung.

A2) Bienensitz zu Anfang des Winters

A3) Heizzuckerbedarf eines Bienenvolkes im Jahresgang

B) Mittlerer Heizzuckerbedarf pro Tag bezogen auf Volksgröße und Temperatur

C) Temperaturschnitt durch ein Bienenvolk in Winterruhe
(etwa Dezember-Situation)



B

I. Bei einem brütenden Volk, das zehn Wabengassen belagert

Temperatur der Außenluft	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Zuckerbedarf in Gramm je Tag	80g	75g	68g	61g	52g	38g	17g

II. Bei einem brutlosen Volk im Winter (auf sechs Waben eingeengt)

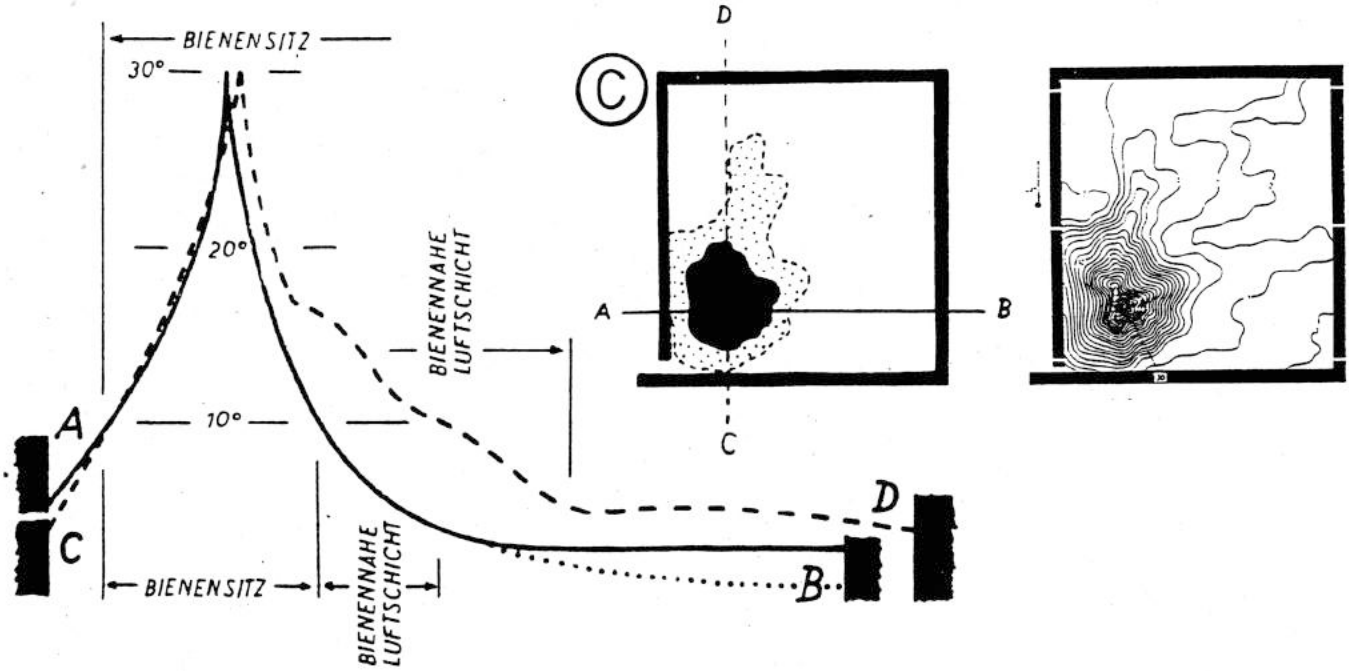
Temperatur der Außenluft	—20°	—15°	—10°	—5°	0°	+5°
Zuckerbedarf in Gramm je Tag	38g	31g	27g	21g	15g	6g

III. Bei einem voll entwickelten Volk (Brut- und Honigraum mit je zehn Normalmaßwaben)

Temperatur der Außenluft	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Zuckerbedarf in Gramm je Tag	100g	92g	82g	58g	50g	42g	17g

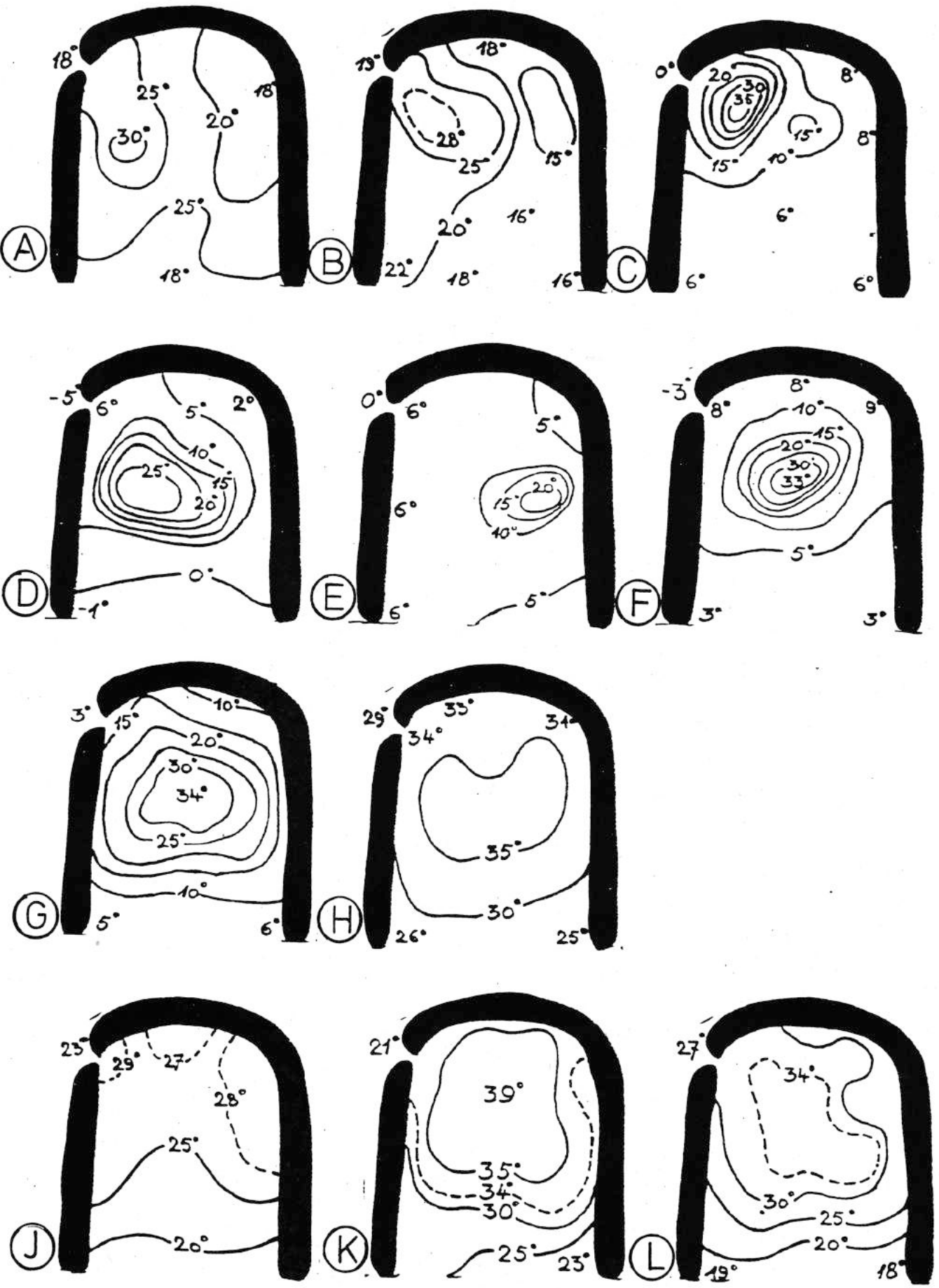
IV. Bei einem brütenden, auf sechs Waben eingeengten Volke

Temperatur der Außenluft	0°	5°	10°	15°	20°
Zuckerbedarf in Gramm je Tag	50g	48g	44g	40g	38g



Tafel 47

Heizzuckerbedarf, Wintersitz und Temperaturverteilung im Winter



Tafel 48

Der Temperaturgang im Bienenvolk im Jahresgang

(Erklärung im Text) A - L

Quelle: Büdel Herold

8.1.2 Temperatur und Feuchtigkeit im Bienenstock

Bienen sind als Insekten wechselwarme Tiere, d.h., daß ihre Körpertemperatur mit der Außentemperatur übereinstimmt. Während Hummeln z.B. ihre Körpertemperatur auch beim Sammeln erheblich erhöhen können, wobei ihre dicke Körperbehaarung hilfreich ist, sind Bienen außerhalb des Stockes tatsächlich und echt wechselwarm. Ohne wärmenden Haarpelz übernehmen sie einfach zu schnell die Außentemperatur. Diese Eigenschaft kommt ihnen im Volk jedoch zugute, indem sich die von ihnen produzierte Wärme schnell auf das ganze Volk überträgt.

Eine Biene ist in der Lage, durch Vibration der Brustmuskeln, die keine Flügelbewegung auslöst, die Stoffwechselprozesse so zu steigern, daß sie in kurzer Zeit ihre Temperatur bis zu 10° C über die Umgebungstemperatur erhöhen kann. Infolge ihrer schlechten Isolierung fließt diese Temperatur sofort ab und erhöht die Stocktemperatur. Im Kern des Brutnestes wird eine Temperatur von 34,8 $\pm$ 0,1° C gehalten. Die Maden entwickeln sich nur dann problemlos, wenn die Eier fast schwankungsfrei unter dieser Temperatur bebrütet wurden. Das bedeutet, daß die Bienen über ein absolutes Temperatur-Sinnesorgan verfügen müssen, denn sie regulieren je zuverlässig niedrige und höhere Temperaturen. Auf der Temperaturorgel suchen Winterbienen den Bereich um 33° C auf, Jungbienen im Sommer um 37°.C. Daß die Erwärmung nur durch "Verbrennen von Brennstoff" erfolgen kann, ist klar. Ebenso, daß als Brennstoff nur Zucker (Honig) zur Verfügung steht. Büdel-Herold (1960) haben genaue Zahlen ermittelt (hierzu Tafel 47).

Aus diesen Tabellen wird sofort deutlich, daß die Temperatur im Bienenvolk von der Außentemperatur abhängt und vor allem vom Zustand des Volkes, also der Jahreszeit. Solange die Außentemperatur niedrig ist oder nicht die direkte Sonneneinstahlung die Beute erhitzt, müssen die Bienen "heizen".

Sie beherrschen aber auch eine ausreichende Kühltechnik. Bienen tragen auch normal Wasser ein, pro Sommer etwa 20 Liter. Dieses Wasser wird großenteils zur Kühlung verwendet, indem es als feiner Film auf die oberen Ränder der Zellen verteilt wird oder am Rüssel verbleibt. Wasser erzeugt beim Verdunsten Verdunstungskälte, pro Gramm 590 cal. Durch Fächeln wird dieses Wasser verdampft und aus der Beute hinausbefördert. Auch zieht ein großer Teil der Bienen an sehr heißen Tagen aus und lagert als Fläche oder Zopf vor dem Flugloch und verdünnt so den Besatz, dessen Stoffwechsel ja immer Wärme produziert. Unter gewissen Bedingungen - z.B. beim Transport von Völkern - versagt die Kühlung, das Volk

verbraust und stirbt an Überhitzung. Der eigentliche Lebensbereich der Biene liegt zwischen 8° und 40° Celsius.

8.1.2.1 Der Temperaturgang im Bienenvolk (hierzu Tafel 48).

Der Jahresverbrauch eines Bienenvolkes an Heizzucker beträgt rund 15 kg. Darin ist der Eigenbedarf für die Ernährung und Brutaufzucht natürlich nicht enthalten. Eine solche Heizung muß man als äußerst effektiv ansehen. Es leuchtet ein, daß die Bienen ihre Heizmittel so sparsam wie möglich einsetzen, also nur so hoch aufheizen, daß es für die jeweilige Situation ausreicht.

Wann beginnt das Bienenjahr? Nach vielfacher Einschätzung im September, wenn die Futtervorräte eingetragen sind und keine Brut mehr aufgezogen wird. Die nachfolgende Schilderung bezieht sich auf die grafische Darstellung (nach Büdel-Herold, 1960), die als Arbeitsblatt genutzt werden kann. Es wurde ein Bienenkorb gemessen, weil er besser den natürlichen Verhältnissen entspricht (Tafel 48).

Herbst und Winterruhe

1. Die Bienen sind eingefüttert. Es ist keine Brut mehr vorhanden, was aus dem Fehlen eines 35° C warmen Komplexes ersichtlich ist. Wegen des Luftaustausches sitzt die Menge der Bienen in Fluglochnähe. Boden und Rückwand einschließlich Vorräte um 18° C (26. Sept. - Buchstabe A).

2. Erste Abkühlung im Zentrum auf Wintertemperatur. Am Flugloch der Aufenthaltsraum der meisten Bienen, hinten eine Wärmeinsel auf den Vorräten. Dies ist so etwas wie ein erster Wintereinbruch (24. Okt. - Buchstabe B).

3. Erster richtiger Wintereinbruch, Temperaturen tagsüber unter dem Gefrierpunkt. Die Wintertraube zieht sich am Flugloch zusammen und muß aus den Vorräten stark aufheizen. An den Korbinnenrändern sinkt die Temperatur auf bienenfeindliche 6-8° C. Ohne Brut wird dennoch eine "Übertemperatur" erzeugt. Dieser Zustand ist vorübergehend und wird nicht durchgehalten (13. Nov. - Buchstabe C).

4. Am Flugloch sind die Vorräte erschöpft. Die Wintertraube wandert nach unten und hinten. Das hat den Vorteil, daß infolge des "Wärmepuffers" am Flugloch bei tiefen Extremtemperaturen das Innere der Wintertraube nicht mehr so hoch aufgeheizt werden muß. Die Wandtemperatur des Korbes nähert sich der Null-Grad-Grenze (26. Dez. - Buchstabe D).

5. Einen Monat später ist die Wintertraube bei den Vorräten der Korbhinterwand angekommen. Die Temperatur in der Mitte erreicht mit 20 ihre tiefsten Werte mit der größten Entfernung zum Flugloch (23. Jan. - Buchstabe E).

6. Meist Anfang Februar setzt wieder eine Wanderbewegung zum Flugloch hin ein. Trotz dauernder Minusgrade draußen steigt die Temperatur in der Mitte der Wintertraube beträchtlich an. Dies ist Ausdruck der beginnenden Brutstimmung. Meist hat kurz vorher der erste Reinigungsausflug stattgefunden (23. Febr. - Buchstabe F).

Frühjahr und Sommer

7. Das Volk hat sich stark ausgedehnt. Trotz niedriger Temperatur draußen ist ein Anschluß an das Flugloch hergestellt. Deutlich ist eine Fläche zu erkennen, die die 34-Grad-Marke überstiegen hat. Jetzt fliegen die Bienen bei über 12 Grad aus und sammeln. Die Königin hat begonnen, im Kern der 34-Grad-Zone die ersten Eier zu legen. Jetzt beginnt die Gefahrenzeit, nicht im Winter. Denn der Futterverbrauch für die Brut übersteigt den an Heizzucker beträchtlich. Dieses Bild gehört eigentlich bereits in die Brutzeit (25. März - Buchstabe G).

8. In dieser Reihe war kein Folgebild für den Mai aufgeführt. Deshalb wird der Juli-Zustand eines Schwarmes genommen. Der ganze Korb ist durchwärmt. Ein großes Brutnest ist vorhanden, bis ans Flugloch reicht die Temperatur von über 30° C (gemessen: 20. Juli - gilt abgeschwächt für April - Juni - Buchstabe H).

Verhalten eines Schwarmes

9. Nachdem der Schwarm eingefangen ist, gibt es noch keine Wärmeorganisation. Erst das Zusammenhängen in der Schwarmtraube führt zu Wärmezonen. Man muß sich ja vorstellen, daß der Korb völlig leer ist und keine Waben enthält. Die Temperatur zeigt aber, daß der Schwarm noch in zwei "Haufen" sitzt: Am Flugloch und an der Hinterwand. Schwarmbienen sind im allgemeinen voll von Honig (Schwarm nach 2 Stunden - Buchstabe J).

10. Nach einem Tag hat sich der Schwarm sozusagen organisiert. Die Stoff-wechselprozesse laufen auf vollen Touren bis Übertouren. Das Bauen beginnt. Es ist natürlich noch keine Brut vorhanden, die in der Übertemperatur von 39 Grad auch sehr leiden würde. Poeten vergleichen die Schwarmbildung gern mit dem Kinder-Kriegen. Ihnen ist die Übertemperatur daher auch inhaltlich verständlich (Schwarm nach 24 Std. - Buchstabe K).

11. Der Schwarm hat gebaut. Beim Vorschwarm hat die Königin das Brutnest bestiftet. Die Organisation entspricht einem etablierten Bienenvolk, wie es etwa von Ende April bis Mitte August gemessen werden kann. Position H wäre die Fortsetzung dieser Reihe (Schwarm nach 10 Tagen - Buchstabe L).

Die vorstehenden Beschreibungen der Wärmeverteilung sind auf einen Korb bezogen. Wenigstens durch eine Abbildung soll belegt werden, daß in einem Kasten im Winter die gleichen Verhältnisse bestehen. Der Bezugspunkt für den Sitz der Bienen ist stets das Flugloch (in Tafel 47).

8.1.2.2 Die Feuchtigkeitsverhältnisse im Bienenvolk

In der Luft ist stets Wasserdampf gelöst. Die Menge, die von der Luft aufgenommen werden kann, ist von der Temperatur abhängig. Warme Luft löst mehr Wasser als kalte. Es lösen sich bei

- 10	0	10	20	35° Celsius
2	5	9	23	40 mg/Liter

Der Taupunkt besagt, bei welcher Temperatur eine wassergesättigte Luft das Wasser in Tropfenform ausscheidet. Bei **gleicher** gelöster Wassermenge sinkt der Taupunkt mit der Temperatur.

Daraus ergeben sich für den Bienenstock schon einige Folgerungen:

1. Während der Sommermonate liegt die Temperatur im Bienenvolk hoch bzw. im Brutnest weit über der Außentemperatur. Entsprechend gibt es kaum Probleme mit Feuchtigkeit, denn innen ist es wegen der höheren Temperatur immer relativ trockener als außen.

2. Wenn die Bienen viel flüssigen Nektar eingetragen haben, den sie bekanntlich "eindicken" müssen, befördern sie das Wasser durch "Windmacher" nach außen. Niemals steigt im Bienenstock die Luftfeuchtigkeit deshalb dramatisch an. Im Sommer haben die Bienen eine Art "Überschuß" an Trockenheit infolge hoher Stocktemperaturen.

3. Nur im Winter kann es infolge des großen Temperaturgefälles im Bienenvolk (bis zu 30 Grad!) zur Kondensation von Wasser in den Kältezonen kommen, ja sogar zur Eisbildung. Das kann folgenreich sein. Bei gut isolierten Beuten treten diese Probleme nicht auf.

Aus der Literatur ergibt sich, daß der Temperaturgang im Bienenstock bereits intensiv erforscht worden ist, die Feuchtigkeitsverhältnisse jedoch noch ziemlich unbekannt sind. Die Bienen können den Feuchtigkeitsgehalt durch Sinnesorgane "messen".

8.1.2.3 Schülerexperimente

Zwar gibt es heute preiswerte Wärmemeßfühler zu kaufen. Aber ein oder zwei Meßfühler ergeben noch keine Wärmelinie. Um Ergebnisse zu erzielen, wie sie in dem Beispiel dargestellt sind, müßte man viele Meßfühler installieren. Deswegen wird vorgeschlagen, zunächst an ein oder zwei Stellen im Wabenwerk ein ganz normales kleines Thermometer einzulassen, wie sie in Aquarien benutzt werden. Damit kann man jeweils die augenblicklichen Temperaturen ablesen. Ähnlich einfach ist es, ein oder zwei kleine Meßelektroden anzubringen. Aber diese Maßnahmen können letztendlich nur als Veranschaulichung gelten. Deswegen wurde die Sachinformation so gehalten, daß sie unmittelbar als Arbeitsblatt eingesetzt werden kann.

8.1.2.4 Anbringen der Meßelektroden
(Beitrag von Joachim Ledderbogen)

Das Öffnen eines Bienenstockes ist immer eine Störung für ein Bienenvolk, vor allem im Winter. Zur Kontrolle des Entwicklungszustandes ist es aber bisher unerläßlich gewesen.

Eine Überwachung ohne Eingriffe ist jedoch in weiten Bereichen durch die Messung der Stocktemperatur möglich. Damit lassen sich zuverlässig Beginn und Ende der Brutperiode bestimmen. Das ist vor allem für die Varroabehandlung nötig. Aber mit etwas mehr Aufwand ist auch der winterliche "Zehrweg" auf der Wabe festzustellen.

Die beste Methode zur Temperaturmessung ist der Einsatz von NTC (=negative temperature coefficient)-Widerständen in Verbindung mit speziellen integrierten

Schaltkreisen. Diese NTC-Widerstände oder Heißleiter sind Halbleiterwiderstände, deren Widerstandswerte mit steigender Temperatur abnehmen.

Die sehr kleinen NTC-Widerstände lassen sich ohne Schwierigkeiten an jeder Stelle der Zarge -zumeist in der Mitte- plazieren, die Kabel sind dabei so dünn, daß sie ohne weiteres durch den Falz von Magazinbeuten geführt werden können. In der Regel fixieren die Bienen die Meßwiderstände und die Kabel mit Wachs an Waben und Rähmchen. Die Zahl der Meßwiderstände hängt von der gewünschten Aussagekraft der Messungen ab: Für eine einfache Überwachung genügt pro Zarge ein NTC-Widerstand. Wenn man im Winter jedoch den Zehrweg auf den Waben verfolgen möchte, müssen mindestens drei Meßwiderstände pro Zarge eingesetzt werden.

Am einfachsten lassen sich die Messungen handhaben, wenn das ebenfalls erforderliche Temperatur-Meßmodul in ein kleines Kunststoffgehäuse eingebaut wird. Die benutzten Meßmodule besitzen einen internen NTC-Widerstand als Temperaturfühler. Daher kann man dieses Gerät auch zur allgemeinen Temperaturmessung verwenden. Die externen NTC-Widerstände werden über Klinkenstecker angeschlossen, dabei wird dann der interne Widerstand des Moduls automatisch abgeschaltet. Ein einziges Meßmodul genügt also für eine unbegrenzte Zahl von Meßwiderständen.

Der verwendete digitale Temperaturmeßeinsatz ist ein LCD-Temperatur- und Zeitmodul mit internem Fühler, der entfern- oder abschaltbar sein muß (bei conrad-electronic 1993 mit der Bestellnummer 195588). Als Temperaturfühler bieten sich vergossene Temperaturfühler ohne Stecker an (Best.Nr.195570), die Klinkenstecker mit 3,5 mm Durchmesser erhalten.

8.2 Die Tanzsprache der Bienen

Sachinformation: Aufmerksamen Beobachtern der Bienen ist schon immer aufgefallen, daß beim Aufblühen einer neuen Nahrungsquelle zunächst nur einzelne Bienen dort auftauchen, dann aber innerhalb kurzer Zeit die Sammlerinnen immer zahlreicher werden. Dies legte die Annahme eines Verständigungssystemes nahe, das Karl v. Frisch und seine Mitarbeiter dann erforscht haben. Hier können nur die wichtigsten Fakten über diese "Tanzsprache" mitgeteilt werden:

Schon im 18. Jahrhundert wurden diese Tänze in einem gläsernen Bienenstock beobachtet, aber für ein Belustigungsstreiben der Bienen gehalten, ohne ihre Bedeutung zu erfassen. In Wirklichkeit hat sich bei der Honigbiene ein Zeichensystem entwickelt, das in seiner Vollkommenheit kein zweites Mal im Tierreich anzutreffen ist.

Menschliche Sprache ist nicht, wie oft angenommen wird, lediglich ein Vermittlungssystem von Informationen, weil unser ganzes Leben und Denken sich mit und in der Sprache überhaupt erst entfaltet. Sprache und Denken sind nicht voneinander zu trennen. Sprachloses Staunen, Ringen nach Worten besagt ja gerade, daß wir etwas noch nicht erfaßt haben, daß etwas sich in seiner noch fremdartigen Besonderheit erst erschließen will und wir es sprechend zu bewältigen versuchen.

Für die angeborenen Äußerungen der Bienensprache kann zwar gleiches nicht in Anspruch genommen werden, dennoch entfaltet sie in einer Tanzsprache eine Vielfalt von Aussagen, die zum Vergleich mit unserer Sprache herausfordert.

Vielleicht darf man den Vergleich abkürzen: Eine Sprache hat immer lautliche, visuelle, olfaktorische oder andere Zeichen, die mit oder ohne Adresse "gesendet" werden. Der Empfänger "versteht" sie, entschlüsselt also ihren Sinn. Sprache ist danach in der Natur weit verbreitet. Nur das Sprechen kommt dem Menschen allein zu, wenn man darunter einen Denkzusammenhang versteht, der vom Sprechenden jeweils neu produziert und vom Gegenüber verstanden wird. Tiersprache ist immer starr, menschliches Sprechen flexibel.

Verlauf der Tänze. In den Bienenschaukästen lassen sich zwei Formen der Tänze leicht beobachten. (hierzu Tafel 49).

Rundtanz: Eine heimkehrende Sammelbiene läuft oder tanzt auf einer der senkrechten Waben (normalerweise im Dunkeln) Kreisbögen. Getanzt wird mitten zwischen den anderen Bienen, nie am Rande. Die Jungbienen kümmern sich nicht darum, aber Sammelbienen folgen der Tänzerin im Kreis. In den Pausen gibt die Tänzerin, wenn sie einen Nektarfund mitteilen will, Futtertropfen ab. Am Duft, so besonders bei Pollensammlerinnen und/oder am Geschmack prägen sich die Bienen die Art des Futters ein, sie erinnern sich, wenn sie schon vom gleichen Futter gesammelt haben.

Diese Rundtänze sind die Mitteilungsform, daß in der näheren Umgebung des Stockes Nahrung zu finden ist. Die Mitteilung besagt: Sucht nur rings um den Stock, dann werdet ihr Futter derselben Art finden. Außer der Mitteilung von Art und Nähe des Futters wird auch deren Ergiebigkeit vermittelt. Die benachrichtigten Bienen lesen sie an der Heftigkeit ab, mit der die Tänzerinnen tanzen.

Schwänzeltanz: Futterquellen, die über 80 bis 100 m entfernt sind, werden durch einen Tanz in Form einer Acht angezeigt. Die Bienen im Stock werden zunächst aufmerksam gemacht durch das oft heftige, zuweilen richtig rempelnde Hochlaufen der Tanzbiene zwischen den anderen Bienen. Mitten zwischen ihnen beginnen sie mit einem heftigen Schütteln des Hinterleibes (Schwänzeln). Dem folgt jeweils ein Lauf im Kreis, abwechselnd links und rechts herum. Solche Tänze werden als Trachtmeldung auf der senkrechten Wabe, aber auch auf einer Schwarmtraube waagerecht aufgeführt, gelegentlich sogar auf dem Flugbrett oder auf einer waagerecht umgelegten Wabe. Hier weist der Schwänzellauf (s. Tafel 49) direkt die Richtung zum Ziel: Futterquelle oder neue Wohnung beim Schwarm.

Auf der senkrechten Wabe ist eine direkte Zielangabe nicht möglich. Die Tänzerin nimmt die Sonnenrichtung als Orientierung und transponiert sie auf die Senkrechte (genau: Der Sonnenstand wird senkrecht auf die Ebene projiziert und dieser Projektionspunkt X, der Sonnenazimut, als Richtpunkt genommen). Die benachrichtigten Bienen folgen der Tänzerin. Obwohl sie im Stock nichts sehen können, genügen oft ein oder wenige Tänze, um sich die Richtung des Schwänzeln bis auf 1-3 Winkelgrade genau einzuprägen. Da Schwänzeln senkrecht nach oben mit der direkten Sonnenrichtung zusammenfällt, bedeutet dies auch, daß das Futter in Richtung der Sonnenprojektion, des Sonnenazimutes, zu

---

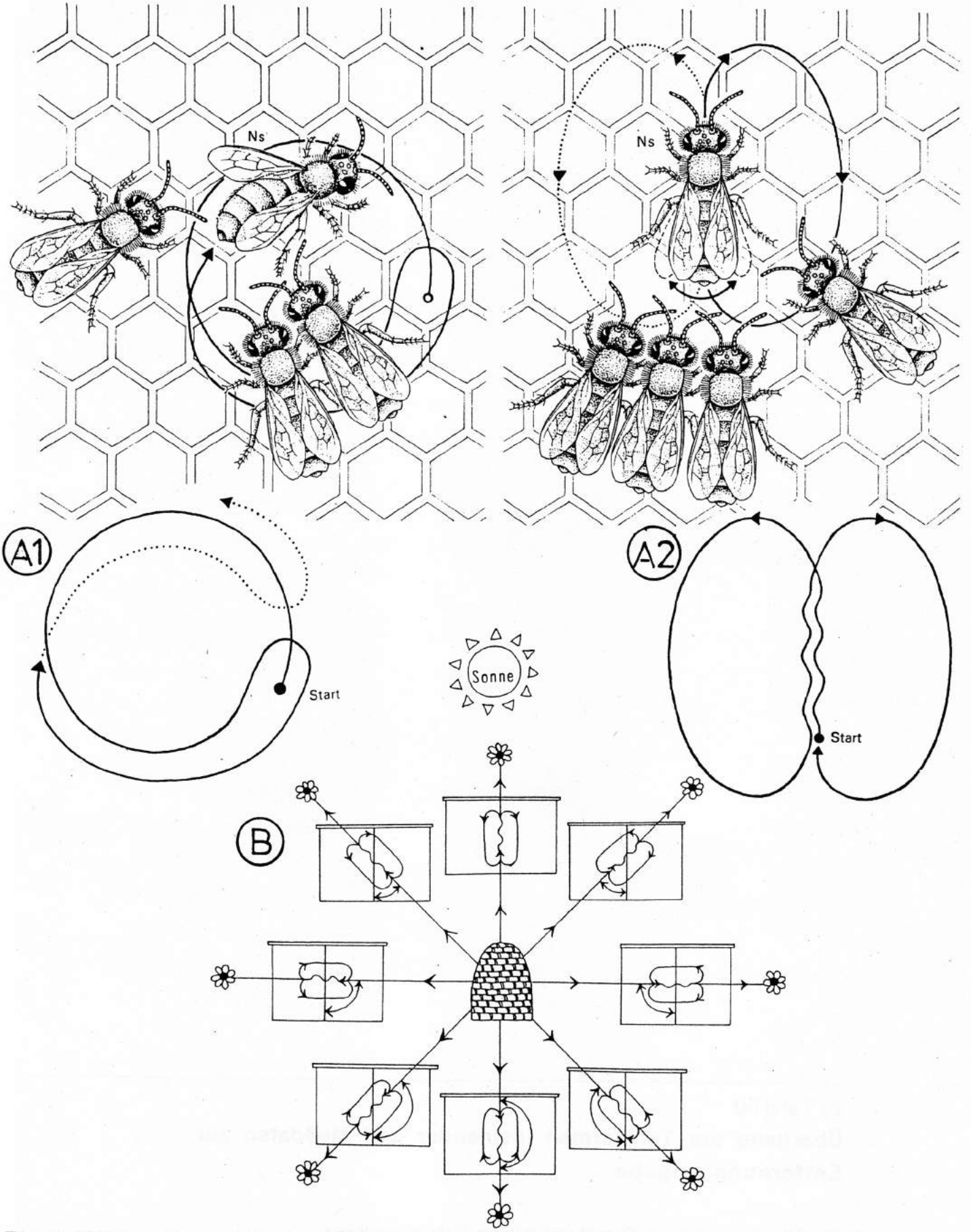
zu Tafel 49

Rundtanz und Schwänzeltanz und das Prinzip der Orientierung nach dem Sonnenstand

A1) Rundtanz

A2) Schwänzeltanz
Quelle: Schweizer Bienenvater

B) Veränderung der Tanzwinkel bei gleichem Sonnenstand und verschiedenen Trachtorten. Das Flugloch liegt auf der Rückseite des Korbes.
Quelle: Lampeitel



Tafel 49

Rundtanz und Schwänzeltanz und das Prinzip der Orientierung nach dem Sonnenstand

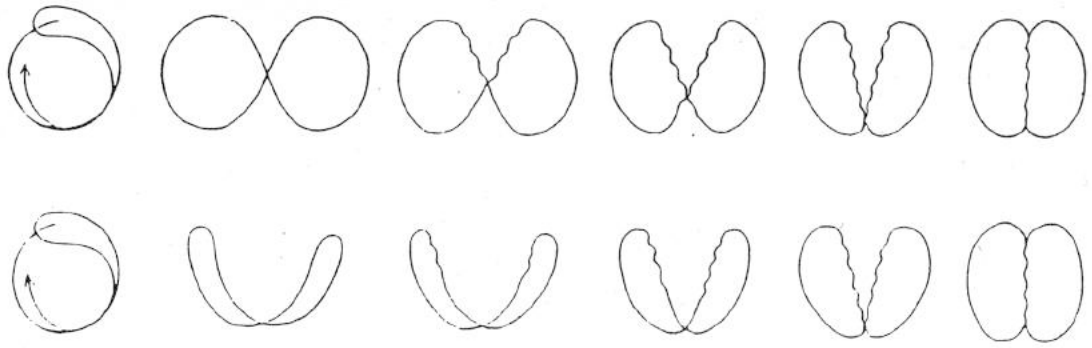
(Flugloch auf der Rückseite des Korbes

zu Tafel 50

Übergang der Tanzformen ineinander und Meßdaten zur Entfernungsangabe

A) Übergänge vom Rundtanz in den Schwänzeltanz
B) Entfernung des Futterplatzes und Tanzgeschwindigkeit pro 15 sek.
C) Entfernung des Futterplatzes und Tanzgeschwindigkeit als Kurve
Quelle: alles v. Frisch

Ⓐ

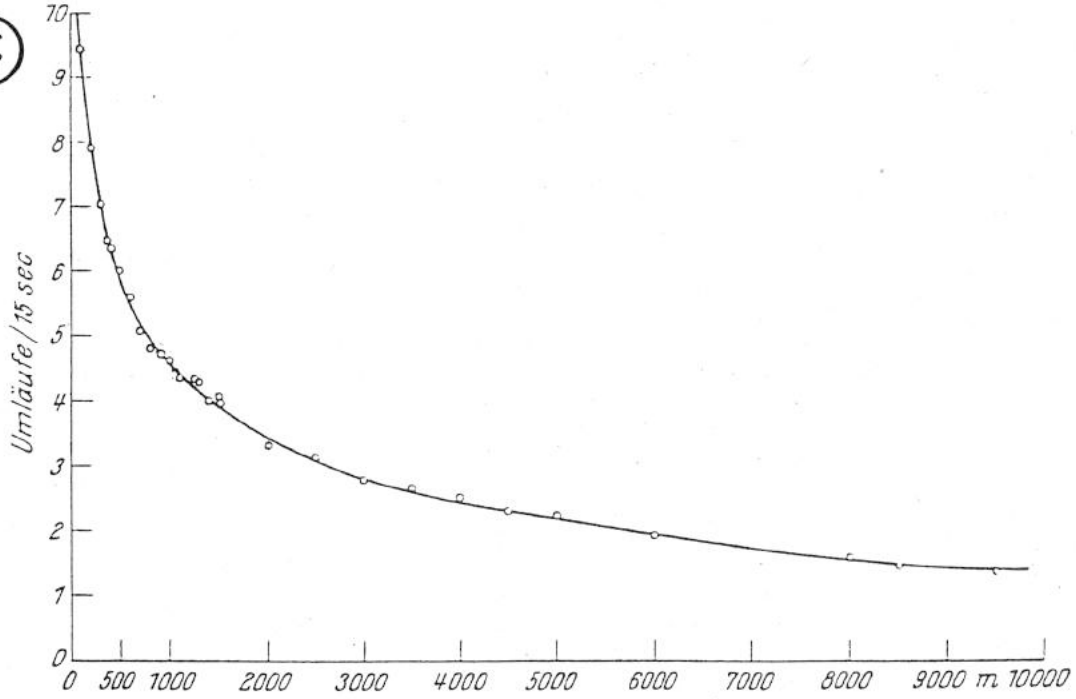


Ⓑ

Die Daten zu den Kurvenpunkten sind:

Entfernung des Futterplatzes m	n	Mittelwert	Streuung σ (mittlere quadratische Abweichung vom Mittelwert)	Entfernung des Futterplatzes m	n	Mittelwert	Streuung σ (mittlere quadratische Abweichung vom Mittelwert)
100	261	9,45	± 0,90	1400	98	4,01	± 0,29
200	781	7,90	0,93	1500	128	4,06	0,21
300	376	7,04	0,60	2000	206	3,31	0,30
385	400	6,49	0,36	2500	120	3,13	0,21
400	248	6,34	0,51	3000	126	2,77	0,27
500	514	6,01	0,56	3500	146	2,65	0,17
600	598	5,59	0,42	4000	116	2,52	0,19
700	119	5,07	0,32	4500	163	2,30	0,32
800	95	4,79	0,39	5000	74	2,22	0,20
900	463	4,73	0,27	6000	73	1,93	0,17
1000	344	4,62	0,49	7000	83	1,71	0,15
1100	66	4,34	0,37	8000	53	1,62	0,20
1250	450	4,33	0,30	8500	53	1,46	0,22
1300	61	4,30	0,38	9500	52	1,36	0,16

Ⓒ



Tafel 50

Übergang der Tanzformen ineinander und Meßdaten zur Entfernungsangabe

finden ist. Daraus ergibt sich jede weitere Richtungsweisung. Schwänzeln senkrecht nach unten zeigt Futter in der der Sonne entgegengesetzten Richtung an, entsprechende Tanzwinkel links oder rechts von der Senkrechten führen zu Futterquellen in einem bestimmten Winkel links oder rechts vom Sonnenstand.

Entfernungsanzeige: (hierzu Tafel 50). Erst wenn Sammelbienen in sehr unterschiedlichen Entfernungen, also auch mehrere Kilometer weit fort, Sammelstellen besuchen, erst dann fällt auf, daß die Anzahl der Schwänzelläufe pro Zeiteinheit sehr unterschiedlich ausfallen. Da die Tänzerinnen meist nur einige Tänze aufführen, werden für Experimente als Zeiteinheit 15 Sekunden zugrunde gelegt: Futter in 80 bis 100 m Entfernung wird mit fast 10 Schwänzelläufen in 15 Sekunden gemeldet, in 5 km Entfernung sind es nur noch 2. Daß je nach Bienenrasse kleine Abweichungen festzustellen sind, kann hier zunächst außer Betracht bleiben.

V. Frisch hat eine Entfernungskurve mit Mittelwerten aus 6.267 Messungen zusammengestellt (verändert in Tafel 50).

Die **Art des Futters** wird genauso mitgeteilt wie bei den Rundtänzen, also durch Duft und Füttern.

Die **Reichhaltigkeit** der Quelle wird durch ein mehr oder weniger heftiges Schwänzeln mitgeteilt. So kann es vorkommen, daß eine geringe Tracht in 200 m Entfernung zwar mit eiligen Umläufen aber mit nur mattem Schwänzeln bekannt gemacht wird, während daneben eine andere Tänzerin konkurrierend langsame Umläufe mit heftigem Schwänzeln verbindet, um damit eine weit entfernte aber sehr ergiebige Weide anzuzeigen. Welche Quelle lohnender ist, stellt sich erst im Laufe der Zeit heraus, wenn immer mehr Tänzerinnen eine der beiden Quellen anzeigen. Honigbienen sammeln im Frühjahr meist nur in einem Umkreis von 800-1000 Metern, im Sommer zwei bis drei Kilometern und nur, wenn sonst nichts zu finden ist, fliegen sie viel weiter aus. Immerhin war es möglich, Bienen unter extremen Bedingungen 12 Kilometer weit an eine Futterstelle zu locken.

Die Schwänzeltänze liefern vornehmlich vier Angaben:
- Art des Futters
- Richtung
- Entfernung zum Futter
- Ergiebigkeit

Alles andere müssen die Sammlerinnen selbst erkunden und sich dabei gleichsam selbst auf die neue Quelle dressieren durch:

- Landmarken, die als zusätzliches Leitsystem, z.B. bei Regenwetter, dienen und
- das Aussehen der Futterquelle: Blütenfarbe, Gestalt der Blüte mit ihren Saftmalen bzw. Formmerkmale der Honigtauplätze.

Die Sonne ist für kurze Sammelflüge ein guter Orientierungspunkt, aber ihr Wandern über den Horizont erfordert, daß die Bienen bei längeren Ausflügen und bei ihren Tänzen die Veränderung einrechnen können. Tatsächlich müssen sie den Gang des Sonnenbogens bei den ersten Ausflügen erlernen, verfügen dann aber so gut darüber, daß Bienen, die nur nachmittags ausfliegen konnten, am nächsten Vormittag den richtigen Sonnenstand tanzten, ohne die Sonne zu diesem Zeitpunkt je gesehen zu haben. Bienen haben ein für uns schwer vorstellbares absolutes Zeitempfinden.

Übergangstänze

Über 50 m Entfernung des Futterplatzes führt zu allmählichem Umschlagen der Tänze vom Rund- zum Schwänzeltanz: Darstellung Tafel 50.

Winkelmessung mit dem Insektenauge (hierzu Tafel 51).

Um auf dem Meer ohne Landsicht ein Schiff in eine bestimmte Richtung zu steuern, werden heute Kreiselkompasse benutzt. Aber auch die Vermessung des Sonnenstandes mit einem **Sonnenbesteck** unter Einrechnung des Tagesbogens hat große Bedeutung gehabt. Dem Menschen fällt es sehr schwer, ohne Meßgerät einen bestimmten Winkel zur Sonne bei seiner Fortbewegung einzuhalten und auch noch das Wandern der Sonne über den Horizont einzurechnen. Wir haben eben nur einen relativen und keinen absoluten Zeitsinn. Die Einhaltung eines bestimmten Winkels scheitert allein schon an der großen Beweglichkeit unseres

---

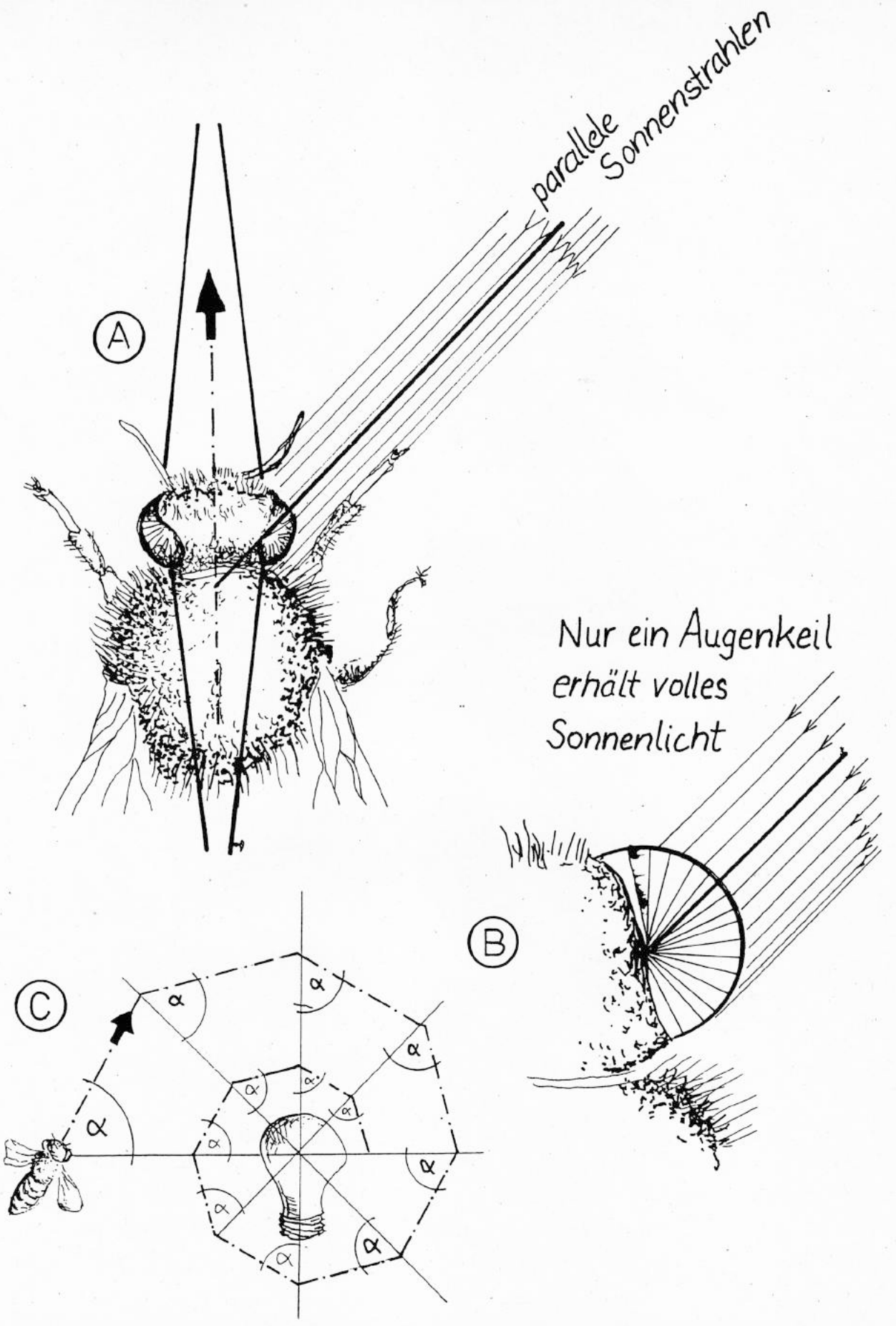
zu Tafel 51

Die Messung des Sonnenwinkels durch die Biene

A) Beim Flug fallen von der Sonne parallele Strahlen ein. So kann nur einer der vielen Augenkeile das volle Sonnenlicht empfangen.

B) Vergrößerung des Bienenauges zum besseren Verständnis von A

C) Die Bindung an den senkrechten Lichteinfall bewirkt, daß eine Biene wie viele andere Insekten im Licht einer Lampe/Kerze verbrennen.



Tafel 51

Die Messung des Sonnenwinkels durch die Biene

gesamten Organismus und unserer Sinnesorgane. Wir verfügen zwar über zahlreiche Sinnesorgane, die Lage, Drehung und jede Art von Schwenkung melden können, aber keine Möglichkeit haben, eine starre Winkelfixierung vorzunehmen: Man denke an die Beweglichkeit unserer Augen und wie deren begrenztes Gesichtsfeld durch die Flexibilität von Kopf und Rumpf erweitert wird. Zugleich ist dieses System höchst labil. Unser muskelbepacktes Innenskelett kann nur durch ständige überwiegend unbewußte Ausgleichsbewegungen Balance halten, auch für wichtige Sinnesorgane.

Insekten sind zwar auch sehr beweglich, sind aber insgesamt infolge des Außenskelettes in eine relativ starre Kapsel eingeschlossen. Auch die Augen sind starr mit dem Kopf verbunden. Während wir mit den Augen einem bewegten Gegenstand folgen und seine Bewegung als Verschiebung gegen den Hintergrund und als Rückmeldung der Augenmuskelbewegung wahrnehmen, stellt sich eine Bewegung Insekten größtenteils als Wandern eines Bildes über die Sehkeile dar, besser: als ein Springen von Sehpunkt zu Sehpunkt. Begrenzte zusätzliche Kopfbewegungen werden durch ein äußeres Sinnesborstensystem am "Halsgelenk" erfaßt.

Das Bienenauge erfaßt jederseits ein Blickfeld von über 180°, verfügt also über einen Rundumblick. Das etwa 100 mal schlechtere Auflösungsvermögen des Bienenauges im Vergleich zum Menschen wird zum Teil durch eine empfindlichere Reaktion auf Bewegungen ausgeglichen. Der Sehwinkel zwischen zwei benachbarten Augenkeilen beträgt zwischen 1° im Mittelfeld und 3° im Randbereich. Dem entspricht die Genauigkeit des Signalsystems. Gleichzeitig ist das Auge der Biene bestens dazu geeignet, beim Flug das Augenleitsystem starr auf Sonnenorientierung einzustellen; sie fliegt quasi mechanisch an einem fest eingestellten Sonnenwinkel entlang. Das geht so:

Zunächst bringt die Biene das Lagesinnesorgan am Hals und die Kopfbewegungen zum Stillstand. Dadurch gelangt das Sonnenlicht mit voller Stärke jeweils nur in einen Augenkeil. Dieser eine Keil wird für den ganzen Flug bestimmend. Infolge der gewaltigen Größe der Sonne erreichen uns von ihr auf der Erde nur parallele Strahlen im Gegensatz zu irdischen Leuchtpunkten, etwa einer Glühbirne. Zu vergleichen wäre das mit dem Licht aus einer kilometerlangen Leuchtstoffröhre.

Dies Leitsystem versagt übrigens bei allen Insekten, wenn sie z.B. nachts von Lampenlicht angelockt werden, wie es jeder schon beobachtet hat: Das Insekt versucht einen bestimmten Winkel zur vermeintlichen Sonne einzuhalten und wird in der Nähe eines Leuchtpunktes gezwungen, seine Bahn dem sich ständig

ändernden Winkel der Strahlen anzupassen. Der Flug wird zur Spirale, das Insekt prallt dabei unweigerlich gegen die Lampe. Es gehört vielleicht mit zu unseren Umweltsünden, daß durch unsere aufwendigen Straßenbeleuchtungen u.ä. große Mengen Insekten desorientiert und dadurch vernichtet werden.

Beim Tanzen auf der senkrechten Wabe fällt im Dunkel des Bienenstockes jede optische Orientierung aus. Wie bei vielen Lebewesen, einschließlich des Menschen, wird eine in der Horizontalen dominante Richtung, hier die des Sonnenstandes, auf die Richtung senkrecht transponiert. Nur bei den Honigbienen aber wurde daraus ein ausgeklügeltes Nachrichtensystem. An die Stelle der optischen Orientierung tritt im Dunkel des Stockes eine Schwerkraftsteuerung. Sowohl die Gelenke der Beine, die Verbindung zwischen Hinterleib und Brust und die zwischen Brust und Kopf weisen hochempfindliche Schwerkraftorgane auf.

Das Schwerkraft-Sinnesorgan und Abweichungen des Tanzwinkels
(hierzu Tafel 52).
Die Bienen müssen also die Richtungsinformationen, die sie in der Fläche, der Horizontalen, gewonnen haben, in die Aufrechte, die Vertikale übersetzen. Das ist eine erstaunliche Leistung, entspricht es doch einer Abstraktion, die selbst von vielen Erwachsenen nur mit Mühe vollzogen wird. Die Forschung hat ergeben, daß die Bienen über ein Schwere-Sinnesorgan verfügen, das ihnen die Abweichung von der Senkrechten und damit der Waagerechten mitteilt. Es besteht aus zwei Borstenfeldern zwischen Kopf und Brust und Brust und Hinterleib. Das Borstenfeld

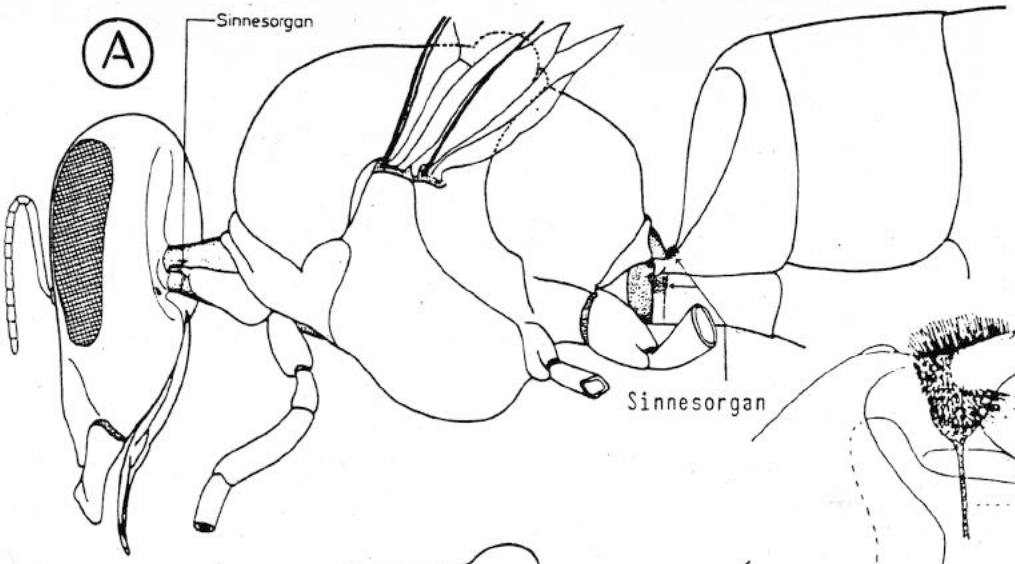
---

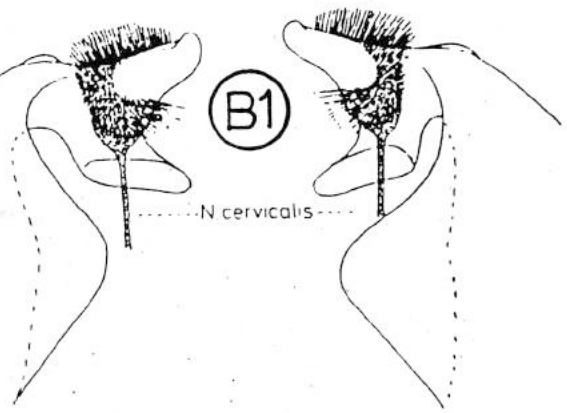
zu Tafel 52
Sitz und Bau des Schweresinnesorganes

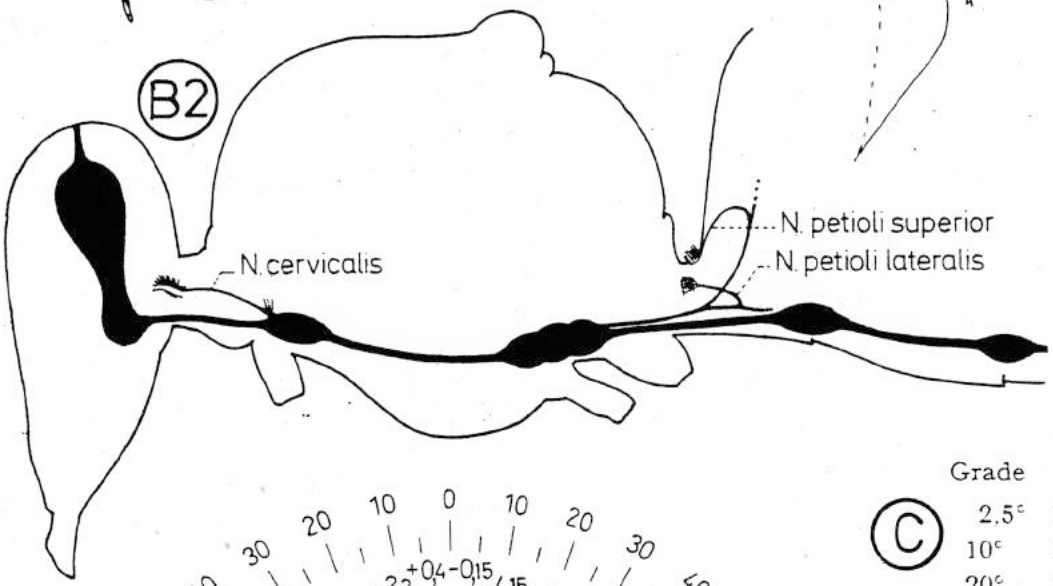
A) Sitz der Sinnesorgane zwischen Kopf und Brust und
Brust und Hinterleib.
Der Kopf ist nach vorn gezerrt, um das Sinnesorgan sichtbar zu machen.

B1) Sicht auf die Chitinzapfen zwischen Brust und Kopf
B2) Kopf mit den Sinnesborsten und die Innervation.
Quelle: Lindauer

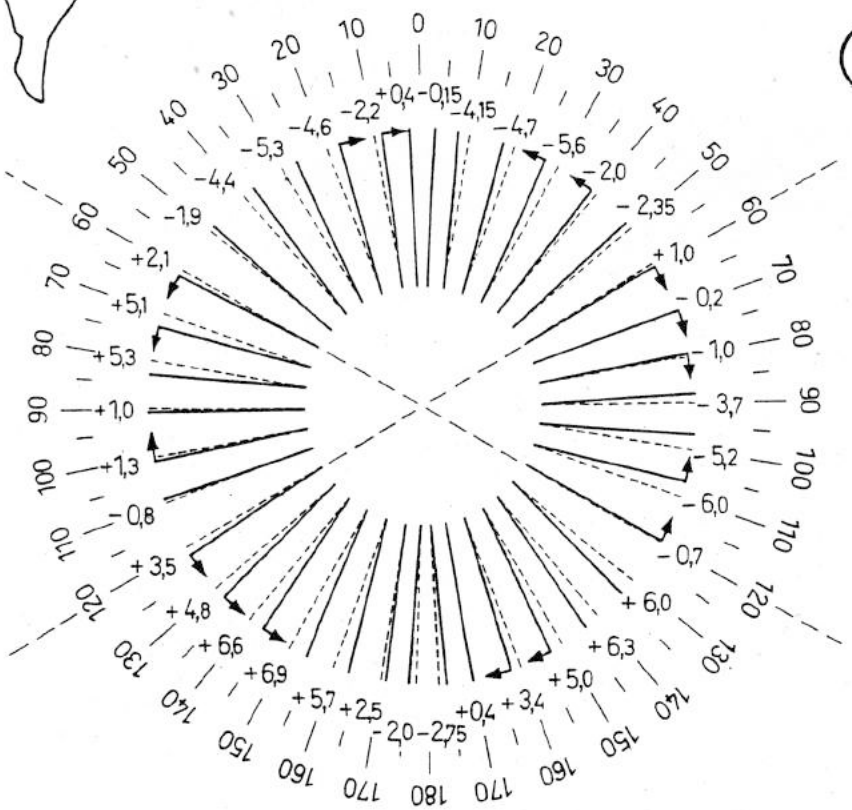
C) Die Mißweisungswinkel der Bienentänze
Quelle: v. Frisch







C



Grade	n	Grade	n
2,5°	138	90°	240
10°	175	100°	75
20°	175	110°	94
30°	284	120°	156
40°	262	130°	166
50°	282	140°	175
60°	308	150°	195
70°	306	160°	170
80°	299	170°	165
177,5°	92	177,5°	114
170°	59	90°	134
160°	89	80°	93
150°	124	70°	196
140°	155	60°	243
130°	130	50°	246
120°	151	40°	220
110°	166	30°	223
100°	140	20°	214
		10°	211
		2,5°	94

Tafel 52

Sitz und Bau des Schweresinnesorganes

am Kopf hat die Hauptbedeutung. Die Sinneshaare sitzen auf zwei Gelenkzapfen. Der Kopf selber reagiert auf die Schwerkraft durch sein Gewicht: Läuft die Biene senkrecht nach oben "sinkt der Kopf ein wenig auf die Brust", läuft sie nach unten umgekehrt. Dabei handelt es sich um unvorstellbar feine Drucke. Ein solches Sinnesorgan ist nur bei Lebewesen mit Außenskelett in dieser Feinheit möglich. Das menschliche Schwere-Sinnesorgan ist dagegen grob zu nennen. Winzige Gewichte, Bienen auf den Kopf geklebt, desorientieren sie völlig. Dieses Schwere-Sinnesorgan funktioniert absolut einwandfrei im Achsenkreuz, also in den Winkelabweichungen von 90°. Die Richtungen, die um 0, 90, 180 und 270 vom Sonnenstand abweichen, werden völlig fehlerfrei wiedergegeben. Zwischen der Senkrechten und einem Winkel von 60° nach links oder rechts wird die Abweichung zunächst kontinuierlich größer, dann wieder kleiner. In einer Winkelabweichung von 30° von der Waagerechten gibt es ebenfalls Mißweisungen. Alle sind auf das Hauptachsenkreuz bezogen und betragen nur wenige Grad (Tafel 52).

Da dieses System genetisch festgelegt ist und es alle Bienen des Stockes gleichmäßig betrifft, werden die Tänze dennoch richtig "verstanden". Auch wir entnehmen ja dem Kontext, ob das Wort "Ton" ein Geräusch oder einen Lehmklumpen meint. Allerdings kommt es zu erheblichen Abweichungen der Information beim Öffnen des Beobachtungsstockes. Fällt in den Stock bei den Experimenten blaues Licht ohne Sonnenstrahlen ein, bilden die Bienen einen Mittelwert zwischen dem Winkel, den sie tanzen müßten und der Information, die sie durch den Lichteinfall erhalten. Das blaue Licht ist polarisiertes Licht. Fällt dagegen direktes Sonnenlicht auf die Wabe, verdrängt die Biene ihre eigentliche Information und gibt durch ihren Tanz den Winkel an, unter dem die Sonne gerade einfällt.

Diese beiden Probleme haben die Forschung über Jahre behindert, bis man bei den Versuchen auch das polarisierte Licht ausschalten konnte.

8.2.1 Vorbereitung zum Verständnis der Bienentänze

Skizziert werden hier Erfahrungen mit Schülern und daraus folgende Überlegungen, die zum genaueren Verständnis der Tänze beitragen können:

- An einem Dressurtisch fällt den Schülern häufig von selber auf, daß kurze Zeit nach einer neuen Futtergabe zunächst nur wenige Bienen anfliegen und dann in kurzer Folge immer mehr, die meist sogar aus dem gleichen Beobachtungsstock stammen.

- Die Frage drängt sich auf, ob die Bienen, die zuerst am Futtertisch waren, den Stockgenossen das erneute Angebot mitteilen können. Haben die Bienen eine Sprache?
- Um sehen zu können, was im Beobachtungskasten vor sich geht, werden an dem Futtertisch, wenigstens 100 m vom Kasten entfernt, möglichst alle anfliegenden Bienen farbig markiert.
- Hinweise zur Beobachtung im Schaukasten: Besondere Beobachtung finden stets solche Bienen, die sich heftig schütteln ("schwänzeln") und dann im Kreis laufen. Zu finden sind sie mitten im dichten Gewühl der anderen Bienen. Es gibt auch Bienen, die schwänzeln, sich schütteln oder schwirren. Diese Bewegungen müssen mit einer Benachrichtigung nichts zu tun haben; es kann sich dabei um Wärmen, Kühlen oder Putzen u.a. handeln. Einstrahlendes Sonnenlicht muß für längere Beobachtungen unbedingt abgeschirmt werden, da die Bienen sonst im Schaukasten hinter der Scheibe nach oben streben, alles in Aufregung versetzen, weil sie nicht durchs Flugloch ausfliegen und der Tanzwinkel durch die direkte Sonneneinstrahlung abgefälscht wird. Zum Abschirmen reicht ein helles durchscheinendes Tuch aus, das über Kasten und Beobachter gehängt wird. Einzelne Bienen in den Kästen können gleichzeitig nur von 2 bis maximal 4 Schülern genau beobachtet werden. Kleingruppenarbeit ist daher geboten.
- Unter günstigen Umständen werden bei der Beobachtung markierte Bienen gefunden, die tanzen. Zunächst muß der Verlauf der Tänze erkannt und gezeichnet werden. Unter Verzicht auf die Übergangsformen werden meist nur die beiden Haupttanzformen dargestellt. Das setzt voraus, daß ein Futtertisch ca. 50 m, ein zweiter 150-200 m entfernt aufgestellt ist. Den meisten Schülern ist schon bekannt und kaum noch eine Grundsatzfrage, daß die lebhaften Umläufe und Schwänzelbewegungen für das Leben im Bienenvolk eine Bedeutung haben und kein "Komfortverhalten", darstellen, das keine Signalbedeutung für die Artgenossen haben würde. Das ist häufig deshalb bekannt, weil Bienen in der Schule mehrmals "durchgenommen" werden. Erst wenn sie sehen, daß Stockbienen den Tänzern im Kreis nachlaufen und auch Futter übernehmen, wird das eigentliche Problem virulent.
- Der Hinweis, daß die Bienen oft mehrere Kilometer weite Sammelflüge unternehmen, läßt erwarten, daß die Tänze auch signalisieren, wo das Futter zu finden ist.
- Außerdem haben sich die Schüler oft am Bau des Beobachtungsstockes, der Futterstellen, Kunstblumen beteiligt, so daß das Thema ohnehin experimentelle Bienenkunde heißt, in dem die Verständigung von vornherein ein zentrales Thema ist.
- Bei den vielfachen Erprobungen standen gleichzeit 5-6 Beobachtungsstöcke zur Verfügung, so daß eine Klasse stets gleichzeitig experimentieren konnte. Das

sind sicher extreme Sonderbedingungen. Bei einem einzigen Schaukasten - was die Regel sein wird - muß man die Schüler so weit bringen, daß sie allein und selbständig experimentieren können oder man selber in der Nähe ist und andere Arbeiten durchführt.

Mehrfach wurden Beobachtungsstöcke von uns an Lehrer gegeben. Immer wieder bestätigten sie, daß der Umgang mit Bienen so faszinierend sei, daß die Unterscheidung zwischen Dienst und Freizeit verschwinde.

8.2.2 Messen des Tanzwinkels und der Umlaufzeit

Bei der Beobachtung des Schwänzeltanzes fällt sofort auf, daß jede Tänzerin bei ihren mehrfachen Schwänzelläufen immer die gleiche Richtung einhält, während gleichzeitig andere ganz abweichende Laufrichtungen einschlagen.

Außerdem wird bemerkt, daß die Tänze unterschiedlich schnell verlaufen und das Schwänzeln verschieden heftig ausgeführt wird.
Die Schüler geben dazu oft spontane Deutungen ab, wissen aber natürlich nicht, wie die Bienen die Information von der Senkrechten auf die Waagerechte übertragen und umgekehrt.

Eine sachrichtige Deutung kann nur durch Vermessen der Tänze erreicht werden. Das ist am Beobachtungsstock von Schülern durchaus zu leisten, indem man einen Tanzwinkelmesser herstellt.

Herstellen eines geeigneten Tanzwinkelmessers
(vereinfacht nach v. Frisch 1965, Tafel 53 A)

Material:
1 quadratische Acrylglasscheibe (besser ist zwar Plexiglas, aber viel teurer), 3 mm dick. Sie wird so breit geschnitten, daß sie sich auf die Scheibe des Schaukastens legen und zwischen den Seitenleisten bequem hoch und runter verschieben läßt (hierzu Tafel 53).
1 Kreisscheibe, aus gleichem Material, deren Durchmesser 2 cm kleiner als die quadratische Scheibe sein soll. Beide Scheiben werden mit einer 4 mm Mittelbohrung versehen.
1 Senkkopfschraube, 4 mm ∅, 10 mm lang, mit Mutter.

Herstellung: In die Kreisscheibe werden dünne parallele Linien im Abstand von 2 cm eingeritzt, eine muß genau durch die Mitte laufen. Das ist mit einer Stahlnadel gut zu machen. Die Linien werden mit weißer Farbe eingelassen, der Überstand an Farbe wird sauber abgewischt ohne zu kratzen.

Es gibt auch sehr dünne Permanentstifte, z.B. für Tageslichtschreiber, mit denen man direkt schwarze Linien ziehen kann. Sie haben lediglich den Nachteil, daß dunkle Bienen unter schwarzen Strichen schwer zu beobachten sind. Bevor man die Striche zieht, muß das Acrylglas mit Benzin oder Spiritus entfettet werden.

Der Schraubenkopf wird in die quadratische Scheibe so eingelassen (mit 9-10 mm Bohrer Profil einbohren), daß diese plan auf die Glasscheibe des Stockes gelegt werden kann. Bei aufmontierter Kreisscheibe wird der Kreisrand auf die Grundscheibe aufgezeichnet und eine Gradeinteilung aufgetragen, je 180° nach links und rechts. Das Verfahren ist bei der Bienentanzuhr (s. S. 149) genau geschildert.

Winkelmessung mit dem Tanzwinkelmesser: Ein Schüler hält den Winkelmesser in der richtigen Höhe an, ein zweiter dreht die Kreisscheibe so, daß eine der Parallelen mit der Tanzrichtung übereinstimmt, und liest nun an der Mittellinie den Winkel links oder recht von der Senkrechten ab. Bei einiger Übung lassen sich die Winkel bei mehreren Umläufen der gleichen Biene messen und sogar kleine Abweichungen mitteln.

So ergeben sich infolge der Parallelen sehr genaue Messungen. Zwar wird die Helligkeit, der an sich oft schon sehr dunklen Wabe durch die Scheibe noch mehr gedämpft, aber ein bloßes Schätzen des Tanzwinkels ist für ein genaues Auswerten im Gelände viel zu ungenau.

Messen der Umlaufzeit, der Tanzgeschwindigkeit. Für die Schüler ist es schwierig, gleichzeitig den Winkel des Tanzes und die Tanzgeschwindigkeit zu messen. Da aber bei günstiger Witterung und frischer Futtergabe besonders in der Zeit von 10.oo - 12.oo Uhr und 14.oo - 16.oo Uhr reichlich Tänze zu beobachten sind, zeigen nacheinander immer wieder Sammelbienen die gleiche Tanzrichtung an, sie kommen offensichtlich von der gleichen Trachtquelle, meist: dem Futterplatz. Bei kleinen Völkern sammeln zwar auch bestimmte Trupps an verschiedenen Stellen, aber nur selten an so nahe beieinanderliegenden Plätzen, daß die Trupps verwechselt werden könnten.
Es können also nacheinander bei verschiedenen Bienen des gleichen Trupps erst

der Tanzwinkel und dann die Dauer der Halbumläufe bestimmt werden: Ein Schüler achtet auf die Tänze und gibt einem zweiten Zeichen; der stoppt die Dauer und notiert dazu die Anzahl der Halbumläufe. Das geschieht am besten dergestalt, daß einer laut bei jedem Schwänzeln zählt, während der zweite die Uhr kontrolliert. Eine Stoppuhr ist ideal, auch der Sekundenzeiger der Armbanduhr ist verwendbar, sobald man über 1 Min. lang auszählen kann. Um zu einer brauchbaren Ortsbestimmung zu kommen, sollten die Messungen nicht mehr als etwa 10 Min. insgesamt umfassen, so lange kann der sich ändernde Sonnenstand vernachlässigt werden.

Zahlreiche Messungen an isoliert stehenden Bienenvölkern haben die Aufstellung genauer Entfernungskurven ermöglicht, wie sie unter Schulverhältnissen kaum zu erstellen sind. Eine Kurve aus 6.000 Messungen (verändert nach v. Frisch auf Tafel 50) ist beigegeben, aus der die Schüler die mittlere Flugentfernung entnehmen können. Um die Herstellung einer eigenen Kurve zu ermöglichen, sind auch die gemittelten Grunddaten angegeben.

Insgesamt liegen diese Daten im Bereich des für Schüler Erfaßbaren. In Wirklichkeit liegen die Dinge noch sehr viel komplizierter, wenn z.B. Gegen- oder Seitenwind herrscht oder die Bienen ein Hindernis umfliegen müssen, das ihnen den direkten Weg verstellt. Auch der Schwänzelausschlag selber variiert und gibt die Ergiebigkeit der Trachtquelle an. Aber Richtung und Entfernung sind sichere Parameter.

Der Winkel, der von der Wabensenkrechten und dem Sonnenstand mit dem Flugloch als Scheitelpunkt gebildet wird, ist der gleiche wie zwischen Sonnenstand und Trachtquelle. Die genaue Auswertung der Messungen soll später erfolgen.

Bau eines Tanzwinkelmessers auf einer Landkarte (hierzu Tafel 53).

Wohl lassen sich Futterstellen in 200 m Entfernung meistens direkt anvisieren. Größere Entfernungen lassen sich nur mit Hilfe einer Karte lokalisieren. Der Aufwand hält sich in Grenzen; die Orientierungsleistungen der Bienen und ihre Mitteilungsgenauigkeit kommen auf diese Weise deutlich zutage. Außerdem erleben die Schüler ein Stück jener Forscherfaszination, die den Leser aus den Arbeiten K.v. Frisch's so unmittelbar anrührt. Das scheinbar aufwendige Modell läßt sich zu zweit einschließlich Materialbeschaffung in 2-3 Stunden herstellen:

Material: 1 Tischlerplatte, 80 x 80 cm; 12 mm stark

1 Polyacrylglas-Kreisscheibe, 79 cm ∅ mit 6 mm Mittelbohrung, 3 mm dick
1 Polyacrylglasstreifen, 3 cm breit, 80 cm lang, 3 mm dick; an einem Ende mit einer 6 mm ∅ Bohrung
1 Schraube mit Mutter, 30 mm lang, 6 mm ∅
2 Unterlegescheiben aus Plastik
4 Klötze, ca. 4 x 4 x 2 cm
2 Schraubösen
Kartenblätter zum Standort, Maßstab: 1:10.000, die sich zu einem 80 x 80 cm Blatt mit dem Standort als Mittelpunkt zusammenfügen lassen. (Sie werden von Vermessungsämtern an Schulen meistens kostenlos abgegeben).
Klebstoff
90 x 90 cm Selbstklebeklarsichtfolie (evtl. in Bahnen)

Bauanleitung

Zunächst werden die Karten zurechtgeschnitten und an den Rändern verklebt. Am besten gibt man nach jeder Seite einige Millimeter zu, dann lassen sich die äußeren Ränder mit einer Rasierklinge scharf am Holz entlang schneiden.

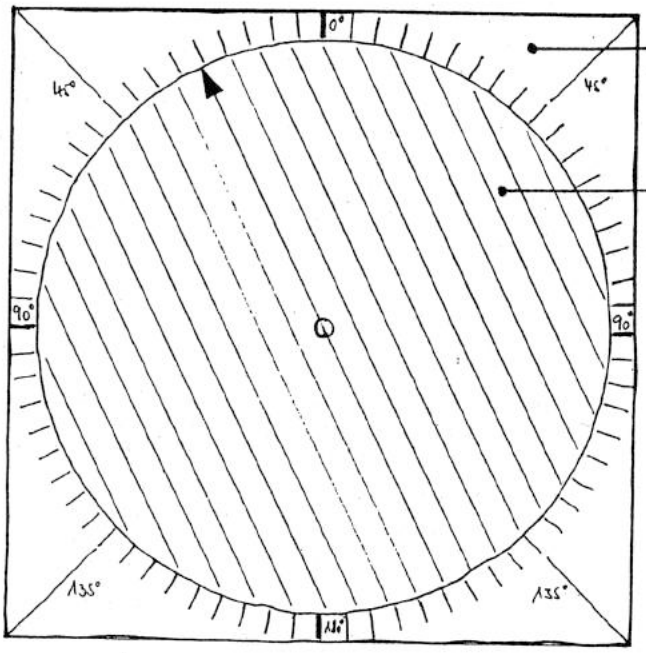
Bei vorsichtiger Arbeit erübrigt es sich, die Karte direkt auf die Holzplatte zu kleben. Man legt die Karte - wie vorbereitet - mit dem Standort genau über die Mittelbohrung auf das Brett und zieht dann die Klarsichtfolie auf. Das erfordert einige

---

zu Tafel 53

Arbeitsanleitung zum Bau

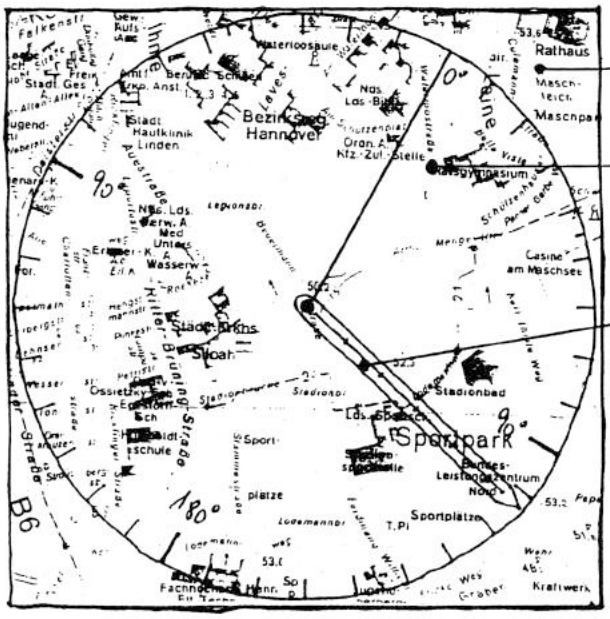
A) Vorstellungsskizze für den Bau eines Tanzwinkelmessers (Maße im Text)
B) Vorstellungsskizze für den Bau eines Tanzwinkelmessers auf einer Landkarte (Weitere Angaben im Text)



quadratische Plexiglasscheibe
mit der Breite des Schaukastens

drehbare Plexiglasscheibe
mit parallelen Linien

A



Tischlerplatte mit dem Kartenblatt

drehbare Polyacrylglas-Kreisscheibe
mit Gradeinteilung

Polyacrylglasstreifen mit Mittelstrich und
Entfernungseinteilung

B

Tafel 53

Arbeitsanleitung zum Bau

A eines Tanzwinkelmessers

B eines Tanzwinkelmessers auf einer Landkarte

Erfahrung und ist mit Worten nicht zu beschreiben. Langsames gleichmäßiges Aufreiben verhindert Falten, Blasen und Verziehen. Je etwa 5 cm Überstand werden dann straff um die Kante geklebt.

Die Polyacrylscheibe erhält dann eine Gradeinteilung je 180° links und rechts von der Linie, die die Sonnenrichtung bezeichnet; beim Bezeichnen muß man Permanentschreiber verwenden.

Einteilungsverfahren: Ein Eisenlineal o.ä. wird über den Mittelpunkt gelegt und O° und 180° angezeichnet. Mit einem großen Winkelmesser werden dann entsprechend 90° links und rechts angezeichnet.

Zum Gradabmessen und für eine Schablone werden Umfang und Gradstücke der Scheibe berechnet:

Umfang	$= 2\pi r$	= 6,28 x 39,5	= 248,06 cm
1°	$= \frac{248,06}{360}$	= 0,69 cm	
10°	=	= 6,9 cm	
30°	= 0,69 x 30	= 20,7 cm	

Man teilt die 90° Sektoren mit einem Meßband in 30° Grad-Abschnitte. Man mißt von beiden Sektorengrenzen und begrenzt kleine Maßfehler durch Ausmitteln. Dann macht man sich für 30° einmal eine Schablone, mit der man 10° und 1° rundum anzeichnet.

Dann erhält der Polyacrylpfeil auf einem Mittelstrich eine Einteilung und Beschriftung von 100 zu 100 Metern (=1 cm).Auf dem Plan wird der Sonnenstand von 9.00 bis 16.00 Uhr stundenweise deutlich markiert:

Das hat seine Probleme. Einmal verändert sich die Mittagszeit mit dem geografischen Ort. Die Sonnenuhr geht auch bekanntlich zu den verschiedenen Jahreszeiten vor oder nach. Von April bis Juni geht die Sonnenuhr 0-4 min vor, von Juli bis September um 0-7 min nach. Es ist also eine komplizierte Sache mit dem Eintragen der Himmelsrichtung. Schulpraktisch geht man am besten so vor: Man nordet die Landkarte auf dem Schulhof an einem Sonnentag ein (Mitte April und Juni und Anfang September hat die Sonne keine Abweichung). In das Bohrloch steckt man einen möglichst feinen, senkrechten Stab. Nun kann man alle Stunden den Schattenwurf mit Bleistift markieren. Verlängert man den Punkt durch den

Mittelpunkt, so ergibt sich der präzise Sonnenstand zur angegebenen Zeit. Dies scheinbar aufwendige Verfahren ist ein guter Anlaß, die Tages- und Jahresbewegung der Sonne zum Thema zu machen. Die gefundenen Punkte werden auf der Karte markiert.

Nach dieser Einmessung wird die Gradscheibe mit der Schraube montiert und dabei je eine Unterlegscheibe zwischen Kopf und Zeiger und zwischen Holz und Mutter auf der Unterseite zwecks besserer Drehbarkeit angebracht. Zum Schluß werden die Klötze untergeklebt und für das Aufhängen der Bienentanzuhr die Schraubösen angebracht.

Arbeit mit der Bienentanzuhr

Die Messung des Tanzwinkels ist im vorigen Abschnitt beschrieben.

Entfernungsangabe. Die Schüler haben von Bienen unterschiedlicher Tanzrichtung auch die zugehörigen Umlaufzeiten gemessen (8.2.2). Da die Bienen oft nur kurze Zeit tanzen, werden die Zeitwerte auf Halbumläufe je 15 Sekunden umgerechnet:

Je nach Leistungsstand wird mit einer einfachen Verhältnisgleichung oder im Dreisatz gerechnet, z.B.:

6 Halbumläufe in 21 Sec.
Wieviel in 15 Sec?

Wieviel in 1 Sec? $\frac{6}{21}$

Das sind in 15 Sec.: $\frac{15 \times 6}{21}$ allgemein: $\frac{15 \times U}{Z}$

Ergebnis: U/15s = 30 : 7 = 4,28

Die Tänzerin macht in 15 Sek. rund 4,3 Umläufe.

Werden in einer Tabelle Tanzwinkel und zugehörige Laufzeiten zusammengestellt, so ist sofort zu erkennen, daß die Zeiten erheblich differieren. Die Richtung und die Tanzgeschwindigkeit werden nun auf der Bienentanzuhr zur Ortsbestimmung genutzt.

Sie wird zur Einarbeitung am besten wie eine Landkarte flach ausgelegt. Tanz-

winkel und mittlere Entfernung sind am Beobachtungsstock bestimmt. Nun wird die 0°-Sonnenlinie auf die Tageszeit, also den Sonnenstand eingestellt, und darauf der Zeiger auf den Tanzwinkel links oder rechts vom Sonnenstand. Damit ist die Flugrichtung bezeichnet.

Die Flugentfernung greift man je nach Tanzintensität mit Hilfe der Entfernungstabelle auf dem Zeiger ab und findet nun auf der Karte die mutmaßliche Trachtstelle. Die Schüler können selbständig ablesen, in welcher Gegend die von ihnen vermessenen Bienen Futter suchen. Sie können im Gelände die Stelle aufsuchen. Selbst wenn das nicht möglich ist, bekommen sie eine konkrete Vorstellung von den verschiedenen Futterstellen eines Volkes, zu denen jeweils ein Teil der Tiere solange ausfliegt, wie die Nahrungsquelle ergiebig ist.

Im bewohnten und bebauten Gelände wird es meist nicht möglich sein, Bienen an Blüten bei den ermittelten Futterplätzen zu markieren und ihre Tänze im Stock zu verfolgen, teils wegen der begrenzten Zugänglichkeit des Geländes, teils weil die Bienen sich in der Menge verlieren und die gleiche Futterquelle oft von mehreren Völkern besucht wird.

Wie K.v. Frisch herausgefunden hat, verringert sich mit der Entfernung die Präzision der Angabe, so daß die Bienen bei weit entfernten Trachtquellen mehr eigene Sucharbeit leisten müssen als bei nahen. Das ist jedoch sinnvoll: Nur ergiebige, großfläche Trachtquellen lohnen den hohen Energieverbrauch bei weiten Flügen.

8.2.3 Die Funktionsweise der Tänze und Auswertung der Meßergebnisse

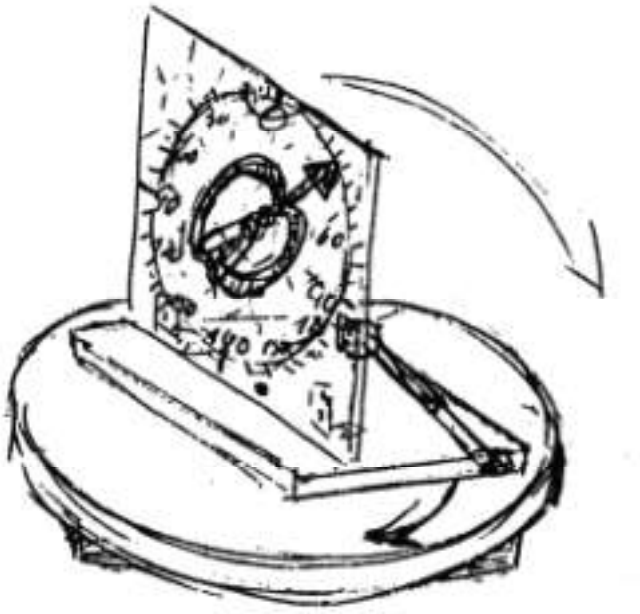
Besteht die Möglichkeit, die Tänze von markierten Sammelbienen zu vermessen, die von einem über 100 m entfernten Futterplatz kommen, dann kann das System von Orientierung und Mitteilung relativ leicht gedeutet werden.

Oft wird es nur möglich sein, beliebige Tänze im Beobachtungsstock zu vermessen. Dann können sie nur an einem Modell gedeutet werden.

Auch dieses Modell läßt sich mit einfachen Mitteln und geringem Materialaufwand leicht selber herstellen, was den Vorteil hat, daß die intensive Beschäftigung damit das Lehren und Verstehen erleichtert. Deshalb wird vor der Auswertung beschrieben, wie man ein Modell des Schwänzeltanzes selber bauen kann.

Material:

1 Acrylglasscheibe, 40 x 40 cm;
4 mm dick
1 rote Acrylscheibe 25 x 20 cm;
2 mm dick
1 Brett 30 x 40 cm; 10 mm dick
1 Kreisplatte (Holz), 63 cm ∅;
15 mm dick
4 Klötze 4 x 4 x 2 cm
1 Knickhalterung mit
Schrauben, evtl. selber
konstruieren
2 Scharniere mit Schrauben
1 Schraube mit Mutter, 8 mm ∅;
35 mm lang
1 Schraube mit Mutter, 3 mm ∅;
12 mm lang
Je 2 Unterlegscheiben
Gelbe Farbe, schwarzer
Permanentstift



Herstellen des Modells. Auf die 40 x 40 cm große Acrylglasscheibe soll ein Wabenmuster mit gelber Farbe aufgetragen werden und ein schwarzer Kreis mit 36 cm Durchmesser, der von der Senkrechten aus nach links und rechts je eine 180° Teilung erhält. Es hat sich bewährt, wenn man das Wabenmuster auf der Schutzfolie der Scheibe vorzeichnet und dann die Sechseckrandung etwa 2 mm breit einritzt und diese schmalen Streifen abzieht. Dann streicht man das Muster gelb an. Nach dem Trocknen entfernt man die restliche Folie und hat ein sauberes Muster. Danach erst wird der Gradkreis aufgezeichnet.
Aus der roten Acrylscheibe wird die Figur des Schwänzeltanzes ausgesägt, aus einem Abfallstück ein Richtungspfeil geschnitten und aufgeklebt. Diese Figur wird in der Mitte der Acrylglasscheibe drehbar mit der kleinen Schraube befestigt. Zur Verdeutlichung kann evtl. in der Mitte der Figur noch der Umriß einer Biene aufgeklebt werden.

Mit den beiden Scharnieren wird die Acrylscheibe auf dem 40 x 30 cm großen Brett befestigt. Die "Knickhalterung" soll das Umlegen der Scheibe in die Waage-

rechte ermöglichen. Das ganze Modell wird zum Schluß drehbar auf der großen Kreisplatte verschraubt (Unterlegscheiben benutzen).

Es gibt auch käufliche Modelle, die durchaus brauchbar sind, aber oft relativ klein und nicht immer genügend auf selbständige Erarbeitung ausgerichtet. (Vgl. Unterricht Biologie Heft 60/61, 1981; S. 46-50, Friedrich-Verlag, Velber).

Arbeit mit dem Modell

Zweckmäßig ist es, das Modell in der Mitte des Klassenraumes aufzustellen. Da es durchsichtig ist, können alle Schüler die Tanzphase sehen - dann läßt sich auch die Futterstelle, durch eine Vase mit einigen Blüten symbolisiert, beliebig im Raum verstellen.

Die Tanzbienen geben anscheinend mit dem Tanzwinkel auf der senkrechten Wabe eine Flugrichtung an.

Deutungen der Schüler führen meist nicht zum Ziel, da sie nicht wissen, wie sich die senkrechte Tanzweise ohne Orientierungspunkt auf die Waagerechte übertragen läßt.

Klärungsschritte: Am Modell wird ein beliebiger Tanzwinkel eingestellt und dann die Wabe in die Waagerechte umgelegt.

Woran kann sich die Biene am Flugloch orientieren? Da Bienen stark optisch orientierte Tiere sind, liegt es nahe, nach einem Orientierungspunkt zu fragen, der für alle Bienenvölker der Welt ortsunabhängig bestimmend ist. Geländemarken wie Bäume, Häuser u.ä. scheiden aus, weil die Tänzerinnen nicht mitteilen können, auf welche Marken sich der Tanz beziehen soll, denn es gibt davon oft viele und oft wären Geländemarken auch nicht kilometerweit zu sehen, ganz abgesehen davon, daß die Sichtweite des Bienenauges sehr begrenzt ist.

Am Tag kann es deshalb nur einen ortsunabhängigen Richtpunkt geben:

Die Sonne. Den Nachteil, daß sie am Himmel wandert, gleichen die Bienen durch einen für uns kaum vorstellbaren Zeitsinn aus, mit dem sie das Wandern des Sonnenbogens in ihr Orientierungsverhalten einrechnen, auch wenn sie halbe Tage im Dunkeln gehalten werden. Für den Sammelflug von einigen Minuten kann die Veränderung des Sonnenstandes zunächst vernachlässigt werden.

Im zweiten Klärungsschritt wird nun eine Sonnenattrappe in der Klasse aufgestellt (Lampe oder gelbe Scheibe). Da der Tanz auf der senkrechten Wabe zunächst Verwirrung auslöst, sollen ausnahmsweise einzelne Unterrichtsschritte skizziert werden. Der Lehrer stellt zunächst wortlos das Tanzmodell mit dem Tanzwinkel O° (= senkrecht nach oben) und zugleich mit Futterblüten und Sonne genau in eine Richtung und teilt dann nur mit: "So tanzt die Biene, wenn das Futter in dieser Richtung (Der Lehrer zeigt zur Sonnenattrappe) zu finden ist. Was teilt die Biene den anderen mit, wie würde sie es in Menschensprache sagen?"
Auch wenn es den Schülern oft schwer fällt zu sagen: "Fliegt nur in Richtung zur Sonne, dann werdet ihr Futter finden", so kommt doch heraus, daß die Sonnenrichtung signalisiert wird. Für das genauere Erfassen des Signalsystems ist es erforderlich, daß eindeutig ausgesprochen wird: Senkrecht nach oben tanzen heißt in der Horizontalen: Richtung zur Sonne. Dazu wird das Modell in die Waagerechte umgelegt und mit der oberen Senkrechtmarkierung zur Sonne gedreht. Es ist dabei kein Nachteil, daß die Schüler alle aus verschiedenen Winkeln auf die Modellausrichtung sehen, es ist eher ein Ansporn, sich in die räumlichen Verhältnisse hineinzudenken.

Danach dreht der Lehrer die Tanzfigur, so daß der Pfeil nach unten weist. Jeder Schüler kann sofort sagen, daß das Futter entgegen der Sonnenrichtung zu suchen ist. Bei geringer Sprachfähigkeit sollte ein Schüler einfach das Futterblütensymbol an die richtige Stelle setzen. Dann muß aber formuliert werden: Tanz senkrecht nach unten bedeutet, mit der Sonne im Rücken zu fliegen.

So einfach und klar die Sache begann, so verwirrend wird es jetzt, wenn der Lehrer einen Tanzwinkel von 90° links oder rechts von der Senkrechten einstellt. Zunächst läßt er einen Schüler das Futter an die "richtige" Stelle stellen. Manchmal klappt es.

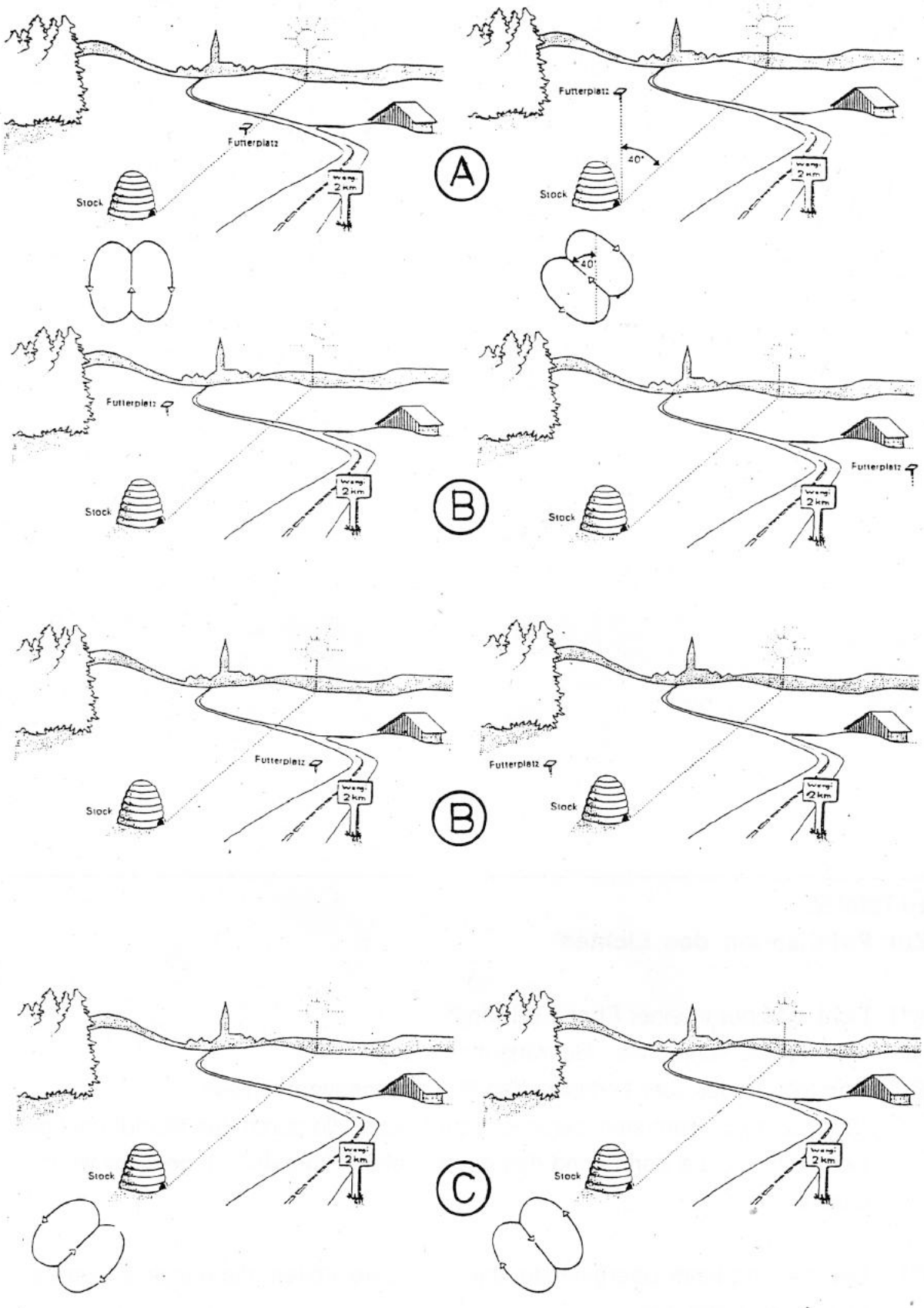
Meist aber haben viele Schüler vergessen, daß die Senkrechte als Sonnenrichtung auf die Waagerechte transponiert werden muß und sehen nur den Tanzpfeil nach

---

zu Tafel 54

Arbeits- oder Testblatt zur Orientierung der Biene

In der obereren A-Reihe sind zwei Musterdarstellungen gegeben.
In den beiden mittleren B-Reihen soll die **Tanzfigur** eingezeichnet werden
In der unteren C-Reihe soll die Futterquelle eingezeichnet werden.
Quelle: Schweizer Bienenvater



Tafel 54

Arbeits- oder Testblatt zur Orientierung der Biene

---

zu Tafel 55

Zur Polarisation des Lichtes

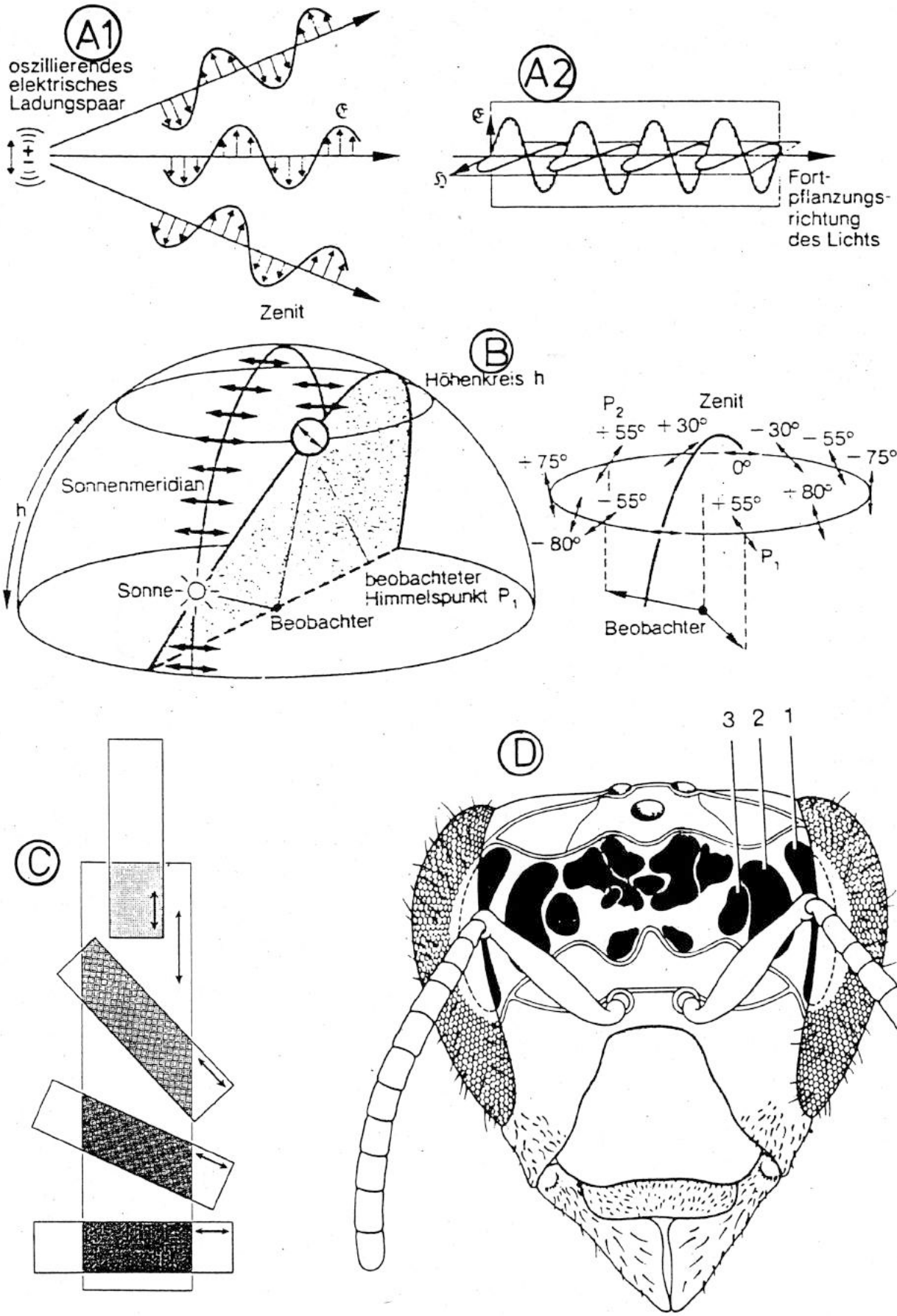
A1) Licht, das nur in einer Ebene schwingt

A2) Licht mit verschiedenen Schwingungsebenen

B) Darstellung der sehr komplizierten Polarisationsverhältnisse
"Das Licht schwingt stets senkrecht zur Ebene, die durch den Standpunkt des Beobachters, die Sonne und den betrachteten Himmelsfleck gebildet wird"
Quelle: Wehner

C) Die Wirkung beim Übereinanderlegen von zwei Folien, die nur polarisiertes Licht durchtreten lassen
Quelle: v. Frisch

D) Kopf der Biene 1-3 lichtverarbeitende Gehirnteile
Quelle: noch unbekannt



Tafel 55

Zur Polarisation des Lichtes

links oder rechts weisen und können nicht nachvollziehen, daß das Futter nicht immer an der vermuteten Stelle zu finden ist.

Jetzt müssen Hilfen gegeben werden: Das Tanzmodell wird in die Waagerechte umgelegt mit der Senkrechtenmarkierung Richtung Sonne und zeigt sofort die Flugrichtung an. Die Schüler stellen fest, daß die Tänzerin den Schwänzellauf im Winkel 90° rechts von der Senkrechten läuft. Also im Winkel 90° rechts von der Sonne.

Ein Schüler stellt sich hinter das Modell mit dem Rücken zur Klasse, um immer wieder zu zeigen, dass man von der Biene ausgehen muss.. Zeigt er mit einem Armen in Richtung Sonne und schwenkt dann den rechten Arm nach rechts, dann bedeutet dies, dass die ausfliegende Sammelbiene sich in dem gleichen Winkel nach rechts von der Sonne bewegen muss.

Dem Schüler wird auf diese Weise klar, daß die Sammelbiene im Augenblick des Abfluges vom Flugbrett den ihr auf der senkrechten Wabe vorgetanzten Winkel auf die Waagerechte überträgt: **Die Senkrechte im Stock übernimmt die Information der Richtung auf die Sonne, von der die Biene nun um den eingeprägten Winkelbetrag abweichen muß.** Was im Stock rechts oder links in einem beliebigen **Winkel von der Senkrechten** angezeigt wird, befindet sich draußen in dem **gleichen Winkel** recht oder links **von der Sonne**!

Die Schüler können jetzt selbst beliebig spitze und stumpfe Tanzwinkel einstellen und ihre Mitschüler zu Tanzaussagen und zum Umstellen des Futters veranlassen. Sie machen sich dabei gegenseitig auf die Zeichenfunktion der Tänze aufmerksam, die nur indirekt auf die Futterquellen hinweisen. Bei guter Auffassung der Schüler kann auch im Wechsel einmal zuerst ein Tanzwinkel eingestellt und dann das Futter umgestellt werden oder umgekehrt mit dem Umstellen begonnen werden. Dieser Wechsel ist auch notwendig, um das Testblatt bearbeiten zu können (Tafel 54 - Arbeitsblatt).

8.2.4 Orientierung bei verdeckter Sonne (hierzu Tafel 55).

Sachinformation

Orientierung bei völlig bedecktem Himmel. Honigbienen suchen ihre Futterplätze auch dann noch zielgerichtet auf und führen eindeutige Tänze aus, wenn der gesamte Himmel bedeckt ist, und ein menschliches Auge die Sonne durch die Wolken nicht mehr wahrnehmen kann. Erst wenn sehr dichte dunkle Wolken die Sonne verdecken, hören die Bienen auf zu tanzen und fliegen nur noch Ziele an, die ihnen durch Landmarken gut bekannt sind. Offenbar gibt es eine Eigenschaft des Lichtes, mit der die Sonne die Wolken durchdringt, die für uns nicht wahrnehmbar ist, wie z.B. besonders langwelliges oder ultraviolettes Licht.

Orientierung nach dem blauen Himmelslicht. In der Tat verfügen die Bienen über ein außerordentliches Sensorium, das uns fehlt, über das aber auch ein großer Teil anderer wirbelloser Tiere verfügt. Sie haben die Fähigkeit, sich nach dem polarisierten Licht des Himmels zu richten.

Polarisiertes Himmelslicht. Physikalisch gesehen besteht Licht aus sehr kurzen Wellenzügen von unterschiedlichen Schwingungsebenen (was nichts mit den das Farbsehen bedingenden Wellenlängen zu tun hat). Sonnenlicht und Streulicht der Tageshelligkeit schwingt in allen Ebenen gleichmäßig, keine Schwingungsebene ist bevorzugt.

In der Atmosphäre wird das Licht nun zum Teil polarisiert. Die exakten physikalischen und mathematischen Vorstellungen dazu sind schwer zu verstehen und übersteigen im allgemeinen den Rahmen der Schule. Zunächst das Prinzip:

Auf das Auge des Betrachters soll zunächst ein einziger gedachter direkter Sonnenstrahl zulaufen. Dieser Sonnenstrahl besteht aus Lichtwellen, die zwar eine Achse haben, aber um diese Achse nach allen Richtungen schwingen. Dies ist unpolarisiertes Licht. Nun stammt zwar alles Licht bei uns von der Sonne, aber auch der blaue Himmel sendet Licht zu uns. Das ist von Lichtmessungen in der Ökologie bekannt, bei denen das indirekte Licht gemessen wird. Dieses indirekte Licht ist zu einem großen Teil polarisiert, d.h., daß die Lichtwelle nur noch in einer Ebene schwingt. Dieses polarisierte Licht ist für uns nicht als solches sichtbar, sondern nur als "gewöhnliches Licht". Mit dem Abstand zur Sonne nimmt die Intensität der Polarisation von Licht zu und erreicht bei 90° Sonnenabstand etwa

70 %. Das wichtigste aber ist, daß sich die Richtung der Polarisationsebenen nach einer sehr komplizierten Gesetztlichkeit ändert. Wie die Skizze nach Wehner zeigt, schwingt das Licht stets senkrecht zu der Ebene, die durch den Standpunkt des Beobachters, die Sonne und den betrachteten Himmelsfleck gebildet wird (Tafel 55). Der blaue Himmel ist damit von einem definierten, für uns allerdings nicht sichtbaren Lichtmuster überzogen. Vielleicht sollte gleich noch wiederholt werden, daß ultraviolettes und blaues Licht am stärksten von den Bienen wahrgenommen wird, es zeigt auch den präzisesten Polarisationseffekt, während gelbes und grünes die Bienen desorientiert. Damit stimmt überein, daß bei dichter Wolkendecke den Bienen keine Orientierung möglich ist.

Es ist also festzuhalten, daß Bienen sich einmal nach direktem Sonnenlicht orientieren. Weiter ist der blaue Himmel von einem Muster polarisierten Lichtes überzogen. Die Bienen können schon nach einem winzigen Musterausschnitt von nur wenigen Winkelgraden sich so genau orientieren als wenn sie das Ganze sehen würden, weil sie das Ganze "in sich tragen".

Das Bienenauge besteht aus etwa 5.500 Ommatidien, den Einzelsehelementen. Jedes dieser Elemente besteht aus dem Linsenapparat, acht langgestreckten Sehzellen und einer neunten kurzen im unteren Bereich (Tafel 39 f). Die gegenüberliegenden Zellen sind mit ihrem zur Mitte gerichteten Röhrchen (Rhabdom) für grünes, blaues oder U.V.-Licht empfindlich. Die beiden U.V.-Zellen und die neunte Zelle allein sind für polarisiertes Licht empfindlich. Da aber, wie die Abbildung Tafel 39 zeigt, die lichtempfindlichen langen Zellen verdrillt sind, fallen sie für die Bestimmung der Polarisationsrichtung aus; nur die eine, neunte, kommt dafür in Frage.

Es sind für die Wahrnehmung aber mindestens zwei Analysatorzellen erforderlich. Dazu paßt, daß im Bienenauge zwei Ommatidientypen in gleicher Zahl vorhanden sind, ein rechts- und ein linksverdrillter, so daß die neunten Zellen von zwei benachbarten Sehelementen zusammenwirken können. Bekräftigt wird diese Vorstellung dadurch, daß sowohl die ultraviolett-empfindlichen Sehzellen wie auch die neunte nicht wie die anderen mit kurzen Sehfasern im ersten optischen Ganglion (Lamina) enden, sondern mit längeren Fasern zum tiefer liegenden Ganglion (Medulla) ziehen. So können je 2 neunte Zellen als Analysator im Kontrast mit den polarisationsempfindlichen aber nicht analysefähigen U.V.-Zellen zusammenwirken (Vergl. Tafel 39).

Da aber bei der Analyse nicht über die auf jedem Meridian auftretenden beiden gleichen Richtungswerte unterschieden werden kann, müssen die Bienen noch

andere Parameter hinzunehmen. Hierüber und ob ihnen das Polarisationsmuster vorgegeben ist, oder ob es erlernt werden muß, ist noch nichts genaues bekannt.

Arbeit mit Polarisationsfiltern. Um das ganze Problem anschaulich zu machen, kann man mit Polarisationsfiltern arbeiten. Diese lassen nur Licht einer Schwingungsebene durchtreten. Legen wir zwei Filter so übereinander, daß ihre Polarisationsrichtungen übereinstimmen, lassen sie am meisten Licht durch. Je mehr die beiden Filterstreifen gekreuzt werden, desto weniger Licht kann durchtreten, bis in senkrecht gekreuzter Stellung kein Licht mehr passieren kann. Alles Licht, das der eine Filter durchläßt, wird dann von dem anderen zurückgehalten (Abb. Tafel 55).

Da das blaue Himmelslicht mehr oder weniger polarisiert ist, benötigt man nur einen einzigen Filter, um den Polarisationsgrad ermitteln zu können. Diese Filterwirkung ist im Bienenauge durch die gegenläufig verdrillten 9. Zellen mit dem neutralen Grund der beiden langen ultraviolettempfindlichen Zellen gegeben.

Karl v. Frisch hat gezeigt, wie man sich das den Bienen geläufige Polarisationsmuster des Himmels vor Augen führen kann. *Als besonders geeignet haben sich für den Unterricht Polarex-Kunststoff-Folien, Tape P-W 76; 0,8 mm dick, der Firma E. Käsemann, Optische Werkstätten, D-8203 Oberaudorf, Postfach 1127, Telefon: (08033) 1342 erwiesen*.. Diese Quelle existiert so nicht mehr. Im Internet muss man suchen unter **Polarisationsfolie** und findet z.B. www.rebach-online.de/product_info.php?products_id=5015087 (Folien in den Abmessungen 8 x 16 cm).

Sollen für die verschiedenen Himmelsrichtungen deutlich unterscheidbare Polarisationsmuster erzielt werden, dann reichen die zwei bis drei Grundelemente wie im Bienenauge nicht aus. Ursprünglich war angenommen worden, die Rhabdome der 8 langen Sehzellen jedes Augenkeiles würden der Biene das Polarisationsmuster vermitteln. Das stimmt nicht. Aber eine entsprechende Sternfolie (s. Arbeitsblatt) ergibt ein sehr gutes, unterscheidbares Himmelsmuster. Da es nicht möglich ist, mit den Folien die Funktionsstruktur des Bienenauges genau nachzuahmen, ist es nicht unzulässig, bei der alten Aufteilung zu bleiben. Wir benötigen ein solches Hilfsmuster, da unsere Augen nicht über eine absolute Helligkeitsskala verfügen.

Herstellung von Sternfolien (Tafel 56 - Arbeitsblatt)
Folienstreifen von 2,5 cm Breite und 10 cm Länge ergeben nach dem Schnittmuster

Arbeitsblatt für die Himmelsbeobachtung mit Polarisationsfolien

Beobachte die verschiedenen Himmelsrichtungen und zeichne die Helligkeiten ein, die sich infolge der Polarisation ergeben:

Datum: .....

Uhrzeit: .....

Bewölkungsgrad: .....

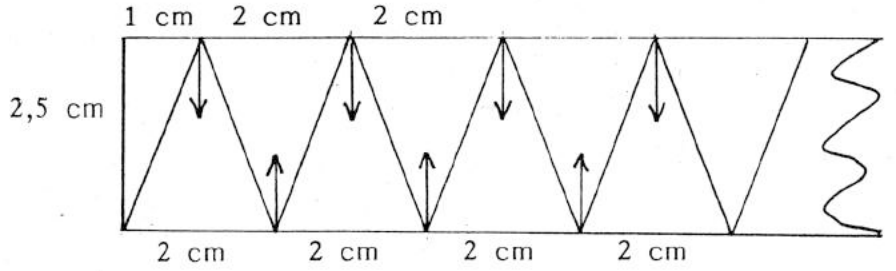
Bezeichne die Felder der Sterne:

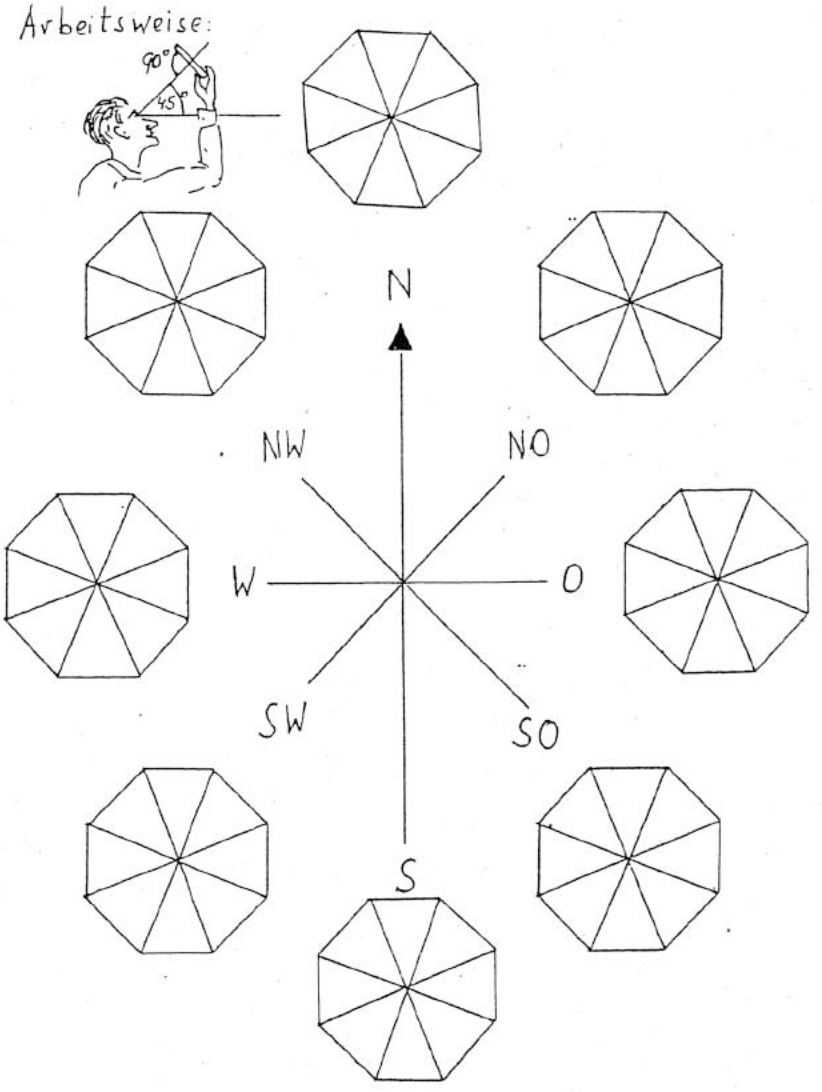
h = hell

mh = mittelhell

md = mitteldunkel

d = dunkel





Arbeitsblatt für die Himmelsbeobachtung mit Polarisationsfolien

auf Tafel 56 acht ganze Keile. Längere Folienstücke entsprechend mehr. Die Anordnung ist beliebig. Da alle die gleiche Polarisationsrichtung aufweisen, ist eine Verwechselung ausgeschlossen. Alle Folienstreifen wurden in der gleichen Richtung geschnitten.

Für fünf Sternfolien reicht ein rechteckiges Stück (s. Internetangebot oben) von 80 x 160 mm.

Acht Folienkeile eines Streifens (Tafel 56 - Arbeitsblatt) werden auf einem Dia-Glas genau zusammengelegt (Lichtspalte vermeiden) und in der Mitte und an den äußeren Ecken mit einem Tropfen Schnellkleber angeheftet. Ein zweites Glas wird darübergelegt, und die Gläser mit schmalem Klebeband staubdicht ringsum verklebt. Wichtig ist, daß alle Sternfolien auf dem Glas die gleiche Anordnung haben: Nur wenn die Achsen dieselbe Ausrichtung haben, erhält man vergleichbare Muster bei Schülerübungen.

Schülerarbeit mit den Sternfolien (Tafel 56)
Die Schüler müssen zunächst darüber informiert werden, daß es polarisiertes Licht gibt und das blaue Himmelslicht polarisiert ist und die Bienen die auftretenden Muster analysieren können, was uns Menschen nicht möglich ist. Das Erstaunliche ihrer Leistung kommt aber erst dann heraus, wenn die Schüler selber versuchen, sich nach dem Polarisationsmuster des Himmels zu orientieren: Sie benötigen dazu eine Sternfolie, müssen sich die gesehenen Muster notieren und das im Ernstfall bei verschiedenen Sonnenständen im Tageslauf.

Umgang mit der Sternfolie: Partnergruppen sollen in möglichst vielen definierten Himmelsrichtungen ein Sternmuster aufzeichnen. Dies hängt von eventueller Bewölkung ab; nur rein blaue Himmelsstellen werden bezeichnet. Eine Musteraufhellung durch leichten Dunst muß in Kauf genommen werden. Es ist zu erstreben, daß möglichst identische Aufzeichnungen zustande kommen.

Voraussetzungen dazu:
- Genaues Einhalten des gleichen Beobachtungswinkels über der Horizontalen z.B. 45°.
- Wolkenarmer Himmel.
- Die Sternfolie muß genau senkrecht zur Sehachse gehalten werden; das Verkanten kann schon erhebliche Veränderungen im Muster verursachen.
- Vorheriges Festlegen und Einhalten der Himmelsrichtungen z.B. durch Abstecken im Gelände.

Die Helligkeit der einzelnen Keile wird am besten in 4 Stufen notiert und vom Schreibpartner zunächst mit einem Buchstaben bezeichnet:

h = hell
md = mitteldunkel
mh = mittelhell
d = dunkel

Es muß zügig gearbeitet werden, da sich der Sonnenstand ständig ändert und nach mehr als 10 Minuten schon merkliche Musterunterschiede auftreten.

Die gefundenen Muster werden dann verglichen, starke Abweichungen fallen als Fehlbestimmungen heraus. Kleine Abweichungen lassen sich nicht vermeiden, wenn aus freier Hand beobachtet wird.

Anwendung: Bis auf einen Schüler legen alle die Arbeitsbögen fort. Der eine gibt ein bestimmtes, aber reales Muster an und fordert die anderen auf, möglichst schnell nach ihren Unterlagen die Himmelsrichtung ausfindig zu machen, d.h. also die Flugrichtung und den Tanzwinkel einer Biene zu bestimmen. Daraus kann ein Spiel entstehen, jedoch müssen von Zeit zu Zeit die Muster neu bestimmt werden. Vielleicht prägen sich die Schüler sogar für eine bestimmte Tageszeit die Muster der wichtigsten Himmelsrichtungen ein oder erarbeiten im Physikunterricht das Problem der Lichtpolarisation genauer.

Ist kein Wetter mit wenigstens teilblauem Himmel, kann man bei geschlossener Wolkendecke wenigstens erproben lassen, daß verschiedene Muster auftreten, wenn man die Sternfolien schief zur Sehachse gegen Fensterscheiben, Wasserflächen u.a. richtet. Die Schüler sehen auch dann deutliche Polarisationsmuster, die aber nur auf des Grundphänomen der Polarisation von Licht hinweisen.

8.3 Beobachtungen am Flugloch (hierzu Tafel 57)

Sachinformation. Wenn der Imker den Bienenkasten von hinten oder oben öffnet, um an die Waben zu gelangen, verhält er sich wie ein "Einbrecher", der durch eine offene Balkontür in eine Wohnung gelangt. Nur den eigentlichen, offiziellen Eingang - das Flugloch - haben die Bienen gesichert. Wer hier eindringen will, muß sich ausweisen, er bekommt es sonst mit der "Wache" zu tun. Immerhin müssen oft in kurzer Zeit - etwa bei Wetterstürzen - um 10.000 Bienen kontrolliert werden!

Das Flugloch ist für einen geübten Imker das Spiegelbild all dessen, was im Volk selber und draußen vor sich geht: Man kann sehen, ob das Volk weiselrichtig ist, ob es brütet, ob draußen Tracht zu holen ist, wie warm es im Innern ist. Bevor Aufgaben gestellt werden, sollen einige Beobachtungen beschrieben und interpretiert werden.

Abfliegende Sammelbienen laufen aus dem Stock auf das Flugbrett, starten dann sehr schnell, schießen in gerader Linie los. Die gestreckte Flugbahn kann je nach Ziel unterschiedlich ausgerichtet sein. Einige Meter vom Stock sind es morgens oft ganze "Garben" von vorbeisausenden Bienen. Ihnen in die Quere zu kommen, ist nicht ratsam, denn hier stechen auch die Flugbienen beim Aufprall sofort zu. Sie weichen nicht aus, wie etwa Hornissen, die Hindernisse in ruhigem Flug umfliegen und erst dann in gestreckter Linie ihr Ziel ansteuern.

Deutlich langsamer fliegen die vollgesogenen oder mit Pollen beladenen Rückkehrer an, machen meist vor dem Stock einen Schlenker in der Luft, um dann aber geradewegs durch das Flugloch zu eilen, offenbar um im Stock durch Tänze erneut auf die Nahrungsquelle aufmerksam zu machen und schließlich ihre Last an Stockbienen weiterzugeben oder aber die Pollenlast abzuladen. Die Bienen halten ihre Fluggeschwindigkeit selbst bei nicht zu starkem Gegenwind und Regen durch schnelleren Flügelschlag. Die herausschießenden Bienen fliegen pfeilschnell, so daß man ihnen fast Autogeschwindigkeit von 60-70 km/h zutraut. In Wirklichkeit bringen es die kleinen Tiere nur auf maximal 30 km/Std., was einem sehr schnellen Fahrradfahrer entspricht. Die Rückkehrer fliegen je nach Fracht nur knapp 25 km/Std., manchmal erheblich weniger. Nachdem man die An- und Abflieger in ihrem Verhalten deutlich unterscheiden kann, entdeckt man, daß ein Teil der Bienen nur vor dem Flugloch auf- und abfliegt, deutlich mit dem Kopf dem Stock zugewandt. Dies sind junge Stockbienen, die vom zwölften Lebenstag an mit Orientierungsflügen beginnen. Zugleich ist es offenbar auch ein gewisses Luxusverhalten; denn so lange benötigen die Bienen gar nicht zur Orientierung, die dann ja zunehmend in größerer Entfernung vom Stock als Einprägung von Landmarken geschieht. Dies Verhalten trägt auch zur Seuchenhygiene und besseren Ventilation bei, denn der Stock hat immer nur einen Ausgang: daher ist die Belüftung, Feuchtigkeitsregulierung und Krankheitseindämmung kein leichtes Problem, besonders z.B. in sehr feuchten Klimaperioden. Die Durchsonnung bei den Flugspielen vor dem Stock ist nicht nur eine Wärmeaktivierung, sondern regt insgesamt die Körperfunktionen, besonders die Drüsentätigkeit an. Will man es vermenschlicht audrücken, so sind es Freudentänze, die alle Lebensgeister beflügeln.

Auf dem Flugbrett sitzen oft mehrere Bienen mit dem Kopf zum Flugloch, Hinterleib leicht erhoben und schwirren heftig mit den Flügeln, mit eingekrallten Füßen den Abflug verhindernd. Sie "locksterzeln". Wenn man nahe genug heran kommt, erkennt man deutlich zwischen dem letzten und vorletzten Hinterleibsring auf der Rückseite einen glänzenden Wulst, der eine Duftdrüse in Funktion anzeigt. Der von dieser Drüse sich ausbreitende Duft lockt die anfliegenden Bienen. Wieder vermenschlicht, sagt er: "Kommt her, hier ist euer Bienenvolk". Diese angeborene Verhaltensweise hatte ursprünglich für Bienen in unübersichtlichem Gelände z.B. im Wald mit wenig deutlichen Geländemarken große Bedeutung für das Heimfinden im Nahbereich. Bei vielen nebeneinanderliegenden Bienenstöcken ist er eher hinderlich, da der einheitlich riechende Drüsenduft den eigentlichen, individuellen Stockgeruch zurückdrängt.

Die Heimkehrer sind aber darauf angewiesen, den richtigen Stock zentimetergenau zu finden, denn die Wachbienen greifen fremde Bienen an, es sei denn, sie bringen Nektar, Pollen, Kittharz oder Wasser mit. Besonders bei geringer Tracht, z.B. im Herbst, spielt das eine große Rolle. Dann versuchen starke Völker auch schwächere auszurauben. Es kann aber auch geschehen, daß eine Biene in ein fremdes Volk gelangt, im Stock den Duft dieses Stockes annimmt und in dem fremden Volk bleibt. Meist wird das jedoch durch die strenge Ortsbindung (s. 8.5) der Bienen verhindert. Im Unterschied zum Locksterzeln sind bei Bedrohung giftsterzelnde Bienen auf dem Flugbrett zu sehen. Sie stehen mit dem Kopf nach außen, haben den Hinterleib steil hochgestreckt, zeigen den Stachel aus der geöffneten Stachelrinne vor und alarmieren so die Stockinsassen (vgl. 8.4). Weitere Beobachtungen werden im Schülerteil angedeutet.

Schülerbeobachtungen. Die Schüler müssen ja einzelne Bienen beobachten, also gleichzeitig so nah wie möglich und so gefahrlos wie nötig am Flugloch sitzen. Der Aufenthaltsort muß seitlich des Flugloches sein, hält man sich in der "Einflugschneise" auf, stechen die Bienen. Kleine Völker stechen nicht, haben oft aber auch keine sichtbaren Wachen am Flugloch. Das Wetter sollte bei der Beobachtung sonnig aber nicht schwül sein. Ist Tracht vorhanden, sind die Bienen weniger stechlustig, als wenn sie arbeitslos sind. Für die erste Beobachtung können die Schüler evtl. eine Schutzhaube tragen. Ruhiges Verhalten ist wichtig; Schüler, die zur übermäßigen Schweißbildung neigen, sollte man zur besonderen Vorsicht anleiten (hierzu Tafel 57 - Arbeitsblatt).

1. Beobachte drei abfliegende Bienen!

	1. Biene	2. Biene	3. Biene
Bewegung auf dem Flugbrett geht langsam - schnell			
Start plötzlich - schwebt langsam davon			
Flugbahn flach - steil - schräg hoch			
Geschwindigkeit - 5 km/std. (Fußgänger) - 30 km/std. (Fahrrad) - 70 km/std. (Auto)			

2. Beobachte drei zurückkehrende Bienen!

	1. Biene	2. Biene	3. Biene
Anflugbahn (5 m vor dem Stock) Gerade - in Kurven			
Anflugbahn (kurz vor dem Stock) - längeres Tanzen in der Luft - ganz gerade - kurzes Hin- und Herpendeln			
Vergleiche die Geschwindigkeit mit den abfliegenden Bienen schneller - gleich schnell - langsamer			

3. Fliegen Bienen vor dem Stock, die weder ab- noch rückfliegen?
(Gib an, wie sie sich bewegen!) _____

_____

4. Kannst Du Dir vorstellen, welche Aufgaben diese Bienen haben?

_____

_____

_____

_____

Tafel 57

Arbeitsblatt: Beobachtungen beim Ab- und Anflug

zu Tafel 58

Informationen zum Stich der Biene

A1) Giftsterzelnde Biene (Quelle: Schweizer Bienenvater)

A2) Stachelspitze (Quelle: Zander)

S) = Stechborsten

Sr) = Stachelrinne

St) = Stachelscheiden

A3) Bau des Stachels (Quelle: Zander)

S) =hohle Stechborste

g) =Giftkanal

Sr) = Stachelrinne

(Quelle: Zander)

B1) Stachelapparat von unten (Quelle: Zander)

a) = alkalische Drüse

b) = Stachelrinnenkolben

d) = Giftdrüsen

g) = Giftblase

o) = längliche Platte

t) = dreieckige Platte

q) = quadratische Platte

S) = Stachelrinnenscheide

B2) Stachelapparat von der Seite (Quelle: Zander)

p) = Stachelrinnenpolster

q) = quadratische Platte

s) = Stachelrinnenscheide

St) = Stechborsten

t) = dreieckige Platte

b) = Stachelrinnenkolben

o) = längliche Platte

B3) Giftapparat und Muskulatur des Arbeiterinnenstachels, von oben gesehen

(Quelle: Zander)

Giftblase und -drüse weggelassen

m1) = Vorstoßmuskeln der Stachelrinne und Stechborsten

m2) = Rückziehmuskeln der Winkel

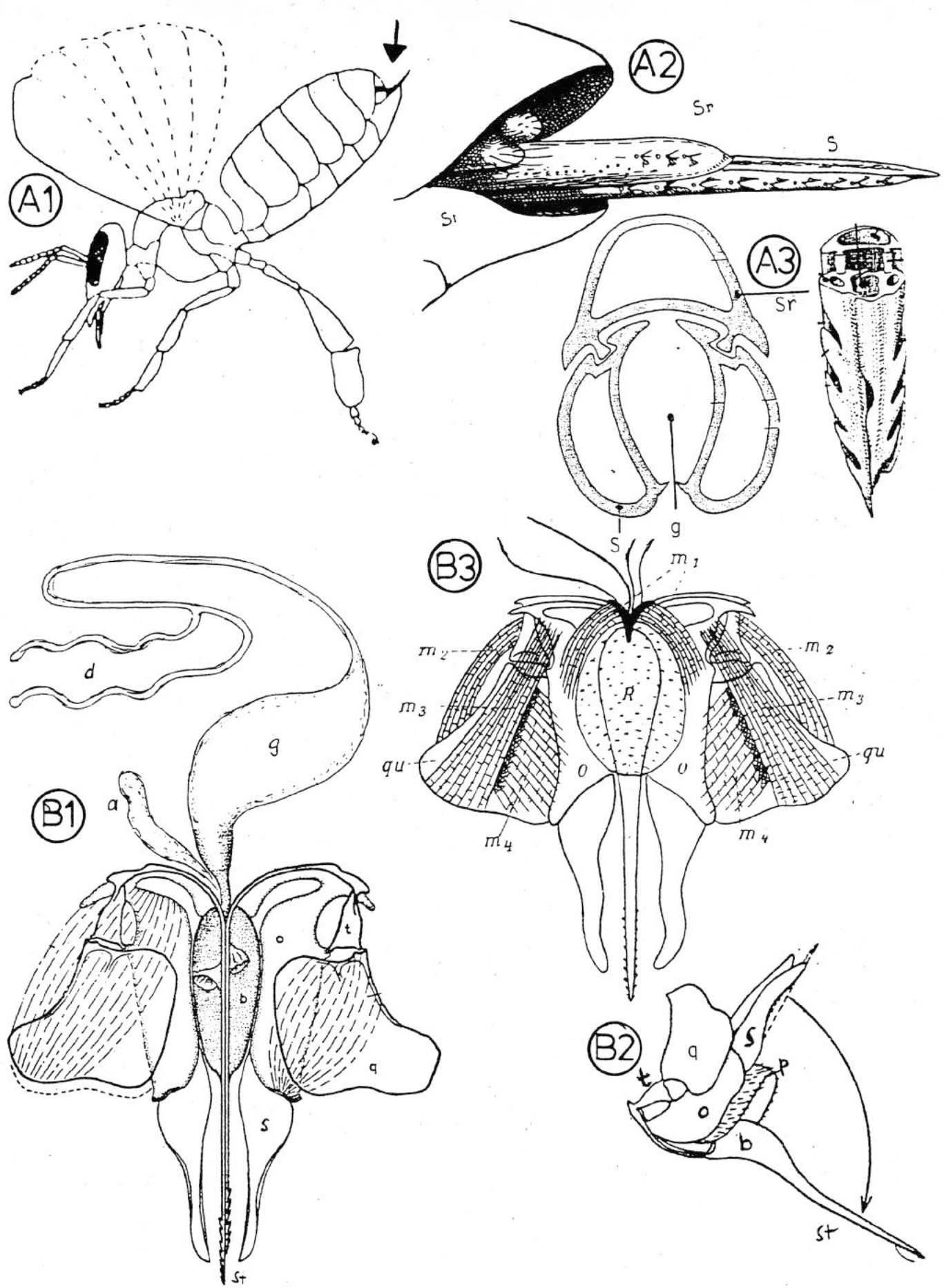
m3) = Vorziehmuskeln der quadratischen Platten

m4) = Rückziehmuskeln der quadratischen Platten

O) = oblonge Platte, längliche Platte

qu) = quadratische Platten

R) = Rinnenwulst



Tafel 58

Informationen zum Stich der Biene

Beobachtungen

- Wieviele Bienen fliegen pro Zeiteinheit aus, wieviele kehren heim?

- Wieviele Bienen kommen mit Pollenhöschen heim?

- Welche verschiedenen Pollenfarben kann man unterscheiden, woher stammt der Pollen?

- Wie erkennen die Bienen die Stockangehörigen? Hierzu muß man den Vorgang der Geruchskontrolle genau beschreiben.

- Gelegentlich schleppt eine Biene Müll oder eine tote Made heraus. Wie verhält sie sich dabei?

- Bienen führen mit Blick zum Stock Orientierungsflüge durch. Wie verhalten sie sich dabei in der näheren und weiteren Umgebung des Stockes?

- Was geschieht (im Herbst), wenn eine Wespe in den Stock einzudringen versucht? Wer ist im Kampf stärker? Wespe oder Biene?

- Es tanzen Drohnen mit lautem "Dröhnen" vor dem Stock. Oder Drohnen werden aus dem Flugloch herausgezerrt. Wie geht das vor sich, was hat es zu bedeuten?

- An einem heißen Tage sitzen "Windmacher" vor dem Flugloch. Wie sind sie zu erkennen, welche Aufgabe haben sie.

- Vor dem Flugloch liegen tote Bienen auf der Erde. Welche Ursache? (Räuberei, tote Winterbienen, Opfer von Insektiziden).

- Wer einmal vom "Beobachterglück" begünstigt wird, kann das Schwärmen beobachten, auch dabei spielen sich viele Vorgänge am Flugloch ab.

Sichtbarmachen der Fluglochvorgänge. Ein großer Teil des Geschehens, das sich am Flugloch und unmittelbar davor abspielt, kann man der unmittelbaren Beobachtung zuführen, indem man aus Acrylglas einen gedeckten Sichtgang vor das Flugloch schaltet. Der Bau und die Maße richten sich nach der Beute. Der Laufgang kann zwischen 10 und 30 cm Länge haben und muß bienendicht vor das Flugloch passen. Am Ausflugende muß ein Abflugbrett angebracht sein, das man

einfach aus dem Boden des Laufganges entwickeln kann. Viele Fluglochvorgänge lassen sich dann unmittelbar oder sogar mit Lupe gefahrlos beobachten. Eine Experimentierbeute wurde vom Verfasser direkt im Klassenzimmer aufgestellt und durch einen gläsernen Laufgang ins Freie geführt. Hier waren sogar Beobachtungen mit der Binokularlupe möglich.

8.4 Abwehr und Alarm der Biene (Tafel 58)

Bienen sind Tiere, die **an Blüten** und im Flug auch dann nicht stechen, wenn sie heftig aufgescheucht werden. In der Nähe des Stockes, **vor dem Flugloch** greifen sie dagegen alles an, was sich bewegt oder ihnen in die Quere kommt.

Die **Giftblase der Wachbienen** ist besonders reichlich gefüllt (Bienengift selber: vergl. Kap. 8.4.3). Ihr Stich ist oft recht schmerzhaft. Bienenstiche können sehr unterschiedlich schmerzen, manchmal dringt der Stachel nicht tief ein, der Stich kann ohne Beschwerden bleiben und nicht anschwellen. Stiche im Gesicht sind besonders unangenehm, daher sollte vor dem Flugloch eine Schutzhaube getragen werden, z.B. wenn heimkehrende Bienen im Kontrollvorsatz gezählt werden oder für Heimfindeversuche abgefangen werden sollen.

Starke allergische Reaktionen bei Stichen sind äußerst selten, aber sehr gefährlich. Meist weiß ein gefährdeter Schüler aus Vorerfahrungen Bescheid. Er sollte dem Stock fern bleiben. Ein Schüler, der allergisch oder mit Schock auf einen Stich reagiert, muß schnellstens in eine Klinik oder zu einem Arzt gebracht werden. Ein gesunder Mensch verträgt ohne Schaden 200-300 Bienenstiche. Ein Bienenallergiker kann an einem Stich sterben. Nur von Bienenallergikern sind Todesfälle durch Bienenstich bekannt. Der **Stachel** bleibt in unserer zähen Haut stecken, da die Widerhaken des Arbeiterinnenstachels viel kräftiger sind als bei Wespen und Hummeln. Der Stich selber wird in einer typischen Stechhaltung ausgeführt. Beim Abfliegen bleibt der ganze Stachelapparat mit Giftdrüse und meist auch noch ein Stück Darm an der Stichstelle hängen. Gelegentlich ist das zu beobachten, wenn eine Biene mit einem langen "Schleimfaden" an der Stichstelle hängen bleibt. Die Biene überlebt den Stich höchstens etwa einen Tag. Der herausgerissene Stachelapparat pumpt nach dem Stich weiter Gift in die Stichstelle. Man sollte daher möglichst schnell den Stachel entfernen, auch um Entzündungen zu vermeiden. Mit einer Pinzette oder mit 2 Fingern würde man nur noch mehr Gift in die Wunde drücken. Am besten fährt man einmal kräftig und schnell mit dem Daumennagel über die Stichstelle. Man sieht danach deutlich, ob der kleine dunkle Stachel entfernt ist.

Experiment für Mutige. Oft sitzen Bienen so ruhig auf einer Fläche, daß man sie nicht nur beobachten, sondern sogar greifen kann. Man nähert sich mit leicht gespreiztem Daumen und Zeigefinger der Biene von vorn. Sanft und doch zielsicher greift man die Biene am Thorax, an der Brust. Das legt die Flügel und Beine fest. Die Biene versucht nun, sich durch Stechen zu wehren. Sie kann den Hinterleib aber nicht seitlich verdrehen, sondern nur wie in einem Scharnier bewegen. Dabei öffnet sie die Stacheltasche. Man sieht, wie der Stachel herausgeführt und wieder eingezogen wird und an seiner Spitze ein Gifttropfen erscheint. Verfasser nimmt für diese Demonstration gern Jungbienen. Man muß den Griff ein paarmal an toten Bienen üben; er ist ungefährlich. Der Stachel ist für die Schüler sehr imponierend. Die Biene muß man nach dem Experiment ein Stück "wegschleudern", damit sie nicht erfolgreich stechen kann.

8.4.1 Funktionsweise des Bienenstachels (Tafel 58)

Der Stachelapparat ist ein extrem kompliziert gebautes Gebilde, das aus Abwandlungen der Hinterleibssegmente entstanden ist.

Die Abbildung zeigt den herauspräparierten Apparat zum besseren Verständnis flach ausgebreitet. Der Stachel besteht aus 2 Stechborsten, die im Wechsel wie ein Elektromesser sehr schnell vorgestoßen werden. Ihre nadelspitzen Enden dringen sowohl in die Verbindungshäute eines Insektenpanzers z.B. einer Wespe wie auch in die zähe Haut eines Säugers und des Menschen ein. Im Gegensatz zum feingezähnten Stachelende anderer Hautflügler (Hummeln, Wespen) trägt der Bienenstachel starke Widerhaken. In der kräftigen Lederhaut des Menschen bleibt der Stachel stecken: Die Biene zerrt sich beim Versuch abzufliegen bekanntlich den ganzen Stachelapparat heraus und stirbt an der Verletzung oft erst nach mehreren Tagen. Bei anderen Bienen oder z.B. Hühnern kann sie den Stachel zurückziehen. Das Stechborstenpaar wird durch die Stachelscheide geführt. Es gleitet im Stachelrinnenkolben nach hinten, gabelt sich, und jede der beiden Borsten kann links oder rechts in die Stachelrinnenbögen zurückfahren. An deren Ende sind sie mit den dreieckigen Platten verbunden. Diese Platten wirken als Hebelarme, die ihr Widerlager in den länglichen Platten finden. Ihre dritte Ecke ist jeweils mit den quadratischen Platten verbunden. Von diesen ziehen einander kreuzende massereiche Muskelstränge zum vorderen und hinteren Ende der länglichen Platte. Ihr Wechselspiel bewirkt das blitzschnelle Vor- und Zurückbewegen der Stechborsten. Die Widerhaken haken sich bei jeder Bewegung tiefer fest.

Am hinteren Ende des Stachelrinnenkolbens münden die Giftblase und die alkalische Drüse. Das Bienengift wird in zwei langen Drüsenschläuchen abgesondert und über einen Gang in der Blase gespeichert. Im Stachelrinnenkolben befinden sich 2 Kolbenkappen wie in einer Fahrradpumpe, die bei jeder Bewegung der Stechborsten das Gift ansaugen bzw. herauspressen. Die Stechborsten werden in Schienen der hohlen Stachelrinne geführt und zusammengehalten. Die beiden Hohlborsten bilden den Stachelrinnenkanal, durch den das Gift fließt und in die Einstichstelle injiziert wird.

Der Stachel ruht normalerweise in der Stachelkammer. Sie wird erst beim Angriff geöffnet. Mit starken Muskeln wird der Stachelapparat ausgefahren, die Stachelscheide und längliche Platte werden hochgeklappt, der Stachelrinnenkolben mit Rinne und Stechborsten dagegen zur Einstichstelle herunter.
Alle Abbildungen sind in Tafel 59 zusammengefaßt.

Zur Klärung soll hier wiederholt werden, daß Drohnen über keinen Stachelapparat verfügen. Königinnen können stechen. Als Jungköniginnen machen sie davon vor allem gegenüber Rivalinnen Gebrauch. Bei alten Königinnen ist der Stechapparat durch die Eierstöcke in seiner Funktion behindert.

8.4.2 Verteidigung des Bienenvolkes im Experiment

Die Verteidigungsbereitschaft der Bienen läßt sich nur am und vor dem Flugloch beobachten. Ohne Bienenvolk geht es also nicht. Da nur eine kurzzeitige Alarmierung provoziert wird und die Bienen spätestens nach 10-15 Minuten ohne Nachwirkung wieder ihrer normalen Tätigkeit nachgehen, dürfte es nicht schwer sein, diese Genehmigung von einem Imker zu erhalten, falls kein eigenes Volk oder ein Schaukasten zur Verfügung stehen. Die Einzelheiten des Geschehens kann man entweder aus 1-2 m Entfernung verfolgen oder aber mit Ferngläsern. Nur bei der Nahbeobachtung empfiehlt es sich, daß sich die Schüler mit einer Imkermaske schützen. Zur Not tut es auch dunkler engmaschiger Tüll, der an eine Jackenkapuze geheftet wird. Alle diese Vorsichtsmaßnahmen sind oft nicht erforderlich. Sie hängen z.B. auch von der Stechfreudigkeit der Bienenrasse ab, (die Krainer Biene ist sanftmütiger als die Heidebiene). Die Schüler werden aber eher bereit sein, nahe heranzugehen, wenn sie sich sicher fühlen. Stiche im Gesichtsbereich können recht unangenehm sein, zumal die Wachbienen gut gefüllte Giftblasen haben.

Um das Alarmverhalten richtig erkennen zu können, muß zunächst das ungestörte Verhalten der Bienen auf dem Flugbrett erfaßt werden, wie es in Kap. 8.3 beschrieben wurde.

Information zum Alarmstoff

Honigbienen sind wie auch andere soziallebende Hymenopteren in der Lage, Alarm auszulösen, wenn sie sich angegriffen fühlen. Anhauchen mit warmer Luft löst bereits Angriffe aus. Offenbar ist dabei nur die Wärme wirksam, nicht die Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit, auch kein Schweißgeruch, wie irrtümlich oft angenommen wird (vgl. Maschwitz 1964). Biologisch stellt bereits diese Wärmereaktion einen sinnvollen Schlüsselreiz dar. Denn die Hauptfeinde der Bienen sind Säuger wie Bär, Dachs und Mensch, die beim Honigraub mit der Mundöffnung dem Flugloch am nächsten kommen. Außerdem reagieren die Wach- und Stockbienen auf bewegte dunkle Gegenstände und fliegen sie aggressiv an. Wachbienen, die leicht gedrückt wurden, reagieren mit Giftsterzeln. Wirksam als Alarmstoff ist das Bananenöl (Isoamylacetat), das am Stachelrinnenpolster austritt und andere Bienen im Stock in großer Zahl anlockt. Dieser Alarmstoff hat aber nichts mit dem geruchlich unwirksamen Bienengift zu tun.

An der gleichen Stelle tritt ein weiteres aber noch nicht genau bekanntes Alarmpheromon aus, welches die Bienen zu direkter Aggression reizt. Wenn die Wachbienen einen vermeintlichen Feind beißen anstatt stechen, wird außerdem aus den Oberkieferdrüsen das Alarmpheromon Heptanon-2 abgegeben, das aber nur schwache Aggressionsneigung auslöst.

Die verschiedenen Auslöser und Alarmstoffe haben große Bedeutung für das Volksleben der Bienen. Denn im Gegensatz zu verteilt und einzeln lebenden Insekten bildet ein großer Sozialverband ein verletzliches Gebilde, das sich nur durch wirksame Schutzmaßnahmen behaupten kann. Für eine mechanische Abwehr von Zähnen, Schlägen, Körperwucht sind die Einzelindividuen gegenüber größeren Angreifern viel zu klein. Die im Tierreich verbreitete Waffe der Giftstiche ist aber sehr wirksam. Das beweisen die mehrfachen Beispiele, wo bedrängte und belagerte Stadtbewohner Bienenkörbe zwischen die Feinde geworfen haben, die dann fluchtartig das Feld räumten (Tafel 1).

Die Alarmierung mobilisiert die Stockinsassen erst unmittelbar aber schnell wirksam im Gefahrenmoment. Das schont die Arbeitskräfte, die über lange Strecken ungestört ihrer normalen Tätigkeit nachgehen können und gleichsam nur als Reserve den Ertrag des ganzen Volkes sichern.

Der Bienenstaat ist besonders dadurch gefährdet, da anders als z.B. bei Ameisen oder Termitenstaaten nicht ein Teil der Tiere selbst die Beute darstellen, sondern der für viele Tiere äußerst geschätzte Honigvorrat als Kraftfutter das Angriffsziel ist.

Beobachtungsaufgaben

Anhauchen mit warmer Luft: Mit einem ca. 1 m langen Rohr (Glas oder anderes Material), das an einem Ende einen etwa 15 cm langen rechtwinklig abgebogenen Schenkel hat, bläst man Atemluft vorsichtig in Richtung Flugloch.
Reaktion: Wachbienen kommen heraus, suchen deutlich ein Angriffsziel; die heimkehrenden Sammelbienen stauen sich in der Luft, obwohl das Flugloch nicht versperrt ist.

Das Ende des Rohres wird mit einem Mantel von dunklem Schaumstoff umgeben, und zusätzlich wird mit einigen Tropfen 1 %igem Isoamylacetat besprüht.
Reaktion: Das Herauslaufen der Stockbienen wird jetzt deutlicher, d.h. aggressiver. Bewegt man jetzt das Rohrende vor dem Flugloch, so wird der Schaumstoffmantel von den Wachbienen angegriffen.

Leichtes Einzwängen der Bienen am Flugloch: Mit einer dünnen Leiste kann man einzelne Bienen auf dem Flugbrett ganz vorsichtig einzwängen, ohne sie aber zu verletzen.
Reaktion: Fast gleichzeitig mit diesem leichten Drücken heben einige Bienen sofort den Hinterleib steil empor und strecken den Stachel aus. Es sind Wachbienen, die durch dieses Giftsterzeln für den Beobachter deutlich sichtbar andere Stockbienen zu Hilfe rufen. Bei starkem Flugbetrieb ist diese Reaktion schwer zu erkennen. Interessant ist, daß andere Bienen gerade jetzt schleunigst abfliegen, es sind Sammelbienen, die offenbar nur "ungern" aggressiv reagieren und sich "aus dem Staube machen".

Die **Wirkung des Alarmpheromons *Isoamylacetat* (Isopentylacetat), 1 %ig in Alkohol**
Mit einer Pinzette oder an einem langen Stab legt man einen mit dem Pheromon getränkten Wattebausch (dunkle Polsterwatte eignet sich gut) unmittelbar vor das Flugloch. Vorher zählt man den Bienenbesatz.
Reaktion: Die Arbeitsbienen kommen mit ruckartigen Bewegungen heraus und wehren ankommende Bienen ab. Sie haben oft gar nicht so viele "Hände" wie sie brauchten, um alle Ankömmlinge wenigstens kurz zu überprüfen; gelegentlich

lösen die Wachbienen auch ein kurzes Gerangel aus. Die heimkehrenden Sammelbienen fliegen das Flugloch ganz normal an, prallen zurück, als wenn der Alarmduft sie erschrecke und fliegen erneut an und eilen seitlich von dem Duftknubbel in den Stock hinein. Nach ein paar Minuten nimmt die Zahl der Wächter deutlich zu.
Ergebnis: Alarm wird durch Duftstoffe ausgelöst. Die Sammelbienen interessieren sich jedoch nicht für den Alarmstoff, sind offenbar völlig auf ihre Sammeltätigkeit fixiert. Möglicherweise sind sie auch einfach zu beladen, um sich auf eine Auseinandersetzung mit einem Feind einlassen zu können. Auch die ausfliegenden Sammelbienen kümmern sich nicht um den Duftknubbel, sondern schießen wie üblich heraus.

Hier liegt offenbar eine angeborene Arbeitsteilung vor, die verhindert, daß die Sammeltätigkeit leidet, solange nicht die höchste Alarmstufe gegeben wird. Das Isoamylacetat löst eben noch nicht den Angriff selbst aus, sondern höchste Wachsamkeit. Das "Stichpheromon" ist noch unbekannt. Mit einem Stock entfernt man nach dem Versuch den Wattebausch. Nach einiger Zeit haben sich die Bienen wieder beruhigt und zurückgezogen. Während des Versuches läßt man die Flasche mit dem Alarmstoff rundgehen. Die Schüler sind meist erstaunt, daß der Bienenalarm durch einen so angenehm riechenden Stoff ausgelöst wird. Er wird als Bananenduft bezeichnet und bei der Herstellung von Bonbons (Frucht-Ester) verwendet. Es ist also nicht ungefährlich, in der Nähe des Flugloches Bonbons mit Bananengeschmack zu lutschen.
Auswertung: Die Schüler können durch die Versuche erkennen, daß eine einfache chemische Substanz Verhalten auslöst, daß diese Reaktion mit Sicherheit angeboren ist, denn Wachbienen reagieren sofort darauf, und daß der Angriff nicht auf einen erkannten Feind ausgerichtet ist, sondern von einem auslösenden Signal bewirkt wird.

8.4.3 Das Bienengift

Sachinformation. Der Bienenstich ist genau so gefürchtet, wie der Honig beliebt ist. In Kap. 8.4.1 ist die Funktionsweise des Stechapparates erläutert, die im Grunde von den Inhaltsstoffen nicht zu trennen ist. Insgesamt hat man vier Drüsen gefunden, deren Beitrag erst zum Teil geklärt ist:
1. die saure Giftdrüse;
2. die alkalische Drüse;
3. die Stachelscheidendrüsen
4. die Stachelkammerdrüsen.

1. Die saure Giftdrüse. Sie ist die größte der vier Drüsen und besteht bei der Arbeitsbiene aus einem gewundenen, 2 cm langen Schlauch, der am Ende gegabelt ist. Dieser Schlauch mündet in die eigentliche Giftblase, dem Speicherorgan des eigentlichen Giftes. Junge, eben geschlüpfte Bienen haben noch kein Gift produziert. Die Produktion steigt bis zum 15.-20. Lebenstag an und geht danach rapide zurück. Die Giftmenge steht in positivem Zusammenhang mit der Eiweiß (Pollen)-ernährung der Larven. Im Schnitt enthält die Giftblase 0,3 mg flüssiges Gift, was etwa 0,1 mg Trockenmasse entspricht. Nach einem Stich, der z.B. eine Biene trifft, wird kein Gift neu gebildet.

Das Bienengift der sauren Drüse ist das eigentlich wirksame Gift und ein kompliziertes Gemisch vieler verschiedenen Stoffe. Nach der Angabe von Herold (1970) enthält es in der Trockenmasse:

Melittin	50 %	Hyaluronidase	2 %
Phospholipase A	14 %	Peptide	2 %
Apamin	3 %	Histamin	1 %

Vom eigentlichen Wirkungsmechanismus ist bis heute folgendes bekannt:

Die Hyaluronidase verschafft dem Gift erst den Zutritt in die Zellen, indem es als Enzym die Mucopolysaccharide der Bindegewebszellen spaltet. Hierdurch wird die Barriere eingerissen, die normalerweise das Eindringen von Fremdstoffen verhindert. Im Bilde: Das Bienengift enthält einen Schlüssel, der ihm den Zutritt zu den Zellen verschafft, der Schlüssel heißt Hyaluronidase.

Die Phospholipase hat eine vergleichbare Wirkung. In die Zellmembranen ist Lecithin eingelagert, das die Zelle auf molekularer Ebene gegen einen ungehin-

derten Stoffaustausch abschirmt. Die Phospholipase verwandelt das Lecithin in das hochgiftige Lysolecithin. Dieses zerstört die Zellmenbranen und macht sie durchlässig. Besonders die Roten Blutkörperchen reagieren als freie Zellen darauf und entleeren ihren Inhalt.

Das Melittin ist der eigentliche Giftstoff und das Hauptallergen. Es zerstört die Zellmembranen, die Zellinhalte können austreten. Dabei werden wiederum Enzyme gebildet, die andere Zellen beeinflussen, schädigen oder in Mitleidenschaft ziehen. Die Wirkung entspricht einer Invertseife, wie sie in der Medizin z.B. für bestimmte Desinfektionen verwendet wird.

Das Apamin wirkt auf Nervenzellen und Bindegewebe.

Das Histamin schließlich bewirkt ein Erschlaffen der glatten Muskulatur und macht die Kapillaren durchlässig. Es hat sich als der eigentliche "Schmerzstoff" herausgestellt. Weil Wespen mehr Histamin im Gift enthalten als Bienen, ist ihr Stich im allgemein auch schmerzhafter. Die normale Giftwirkung besteht also in einem "Öffnen" der Zellen für das eigentliche Gift und einer direkten Giftwirkung. In die Wunde gelangen ca. 0.1 mg Gift. Der Stachel ist steril, das Gift wirkt sterilisierend. Die lebensbedrohende Giftmenge liegt bei etwa 1 mg pro Kilo Körpergewicht: Eine Maus ist mit 50-60 g Gewicht durchaus gefährdet, ein Mensch mit 50 kg Gewicht gerät vom Gift her erst ab 400-500 Stiche in Not. Für eine Biene ist ein einziger Stich tödlich.

Es gibt jedoch zwei Problemfelder bei Bienenstichen. Der Stich trifft manchmal z.B. im Mund Schleimhäute, so daß die Schwellungen nicht nur besonders ärgerlich, sondern sogar lebensbedrohend werden können. Bei Stichen im Mund sollte unverzüglich der Arzt aufgesucht werden, ebenso bei Stichen ins Auge oder in Augennähe.

Der Stich trifft gelegentlich bienengiftallergische Menschen. Der sehr komplizierte Mechanismus ist bekannt, soll hier aber nicht erklärt werden. Auf jeden Fall kommt es nach einer Antikörper-Antigen-Bildung zu allergischen Reaktionen, die sehr dramatisch verlaufen können. Sie äußern sich als Schwellung von Schleimhäuten, Erweiterung der Blutgefäße, erhöhter Durchlässigkeit derselben, Verkrampfung der Atemwege (Asthma) bis zum tödlichen Schock. "Tod durch Bienenstich" geht nahezu ausschließlich auf das Konto allergischer Reaktionen. Auch Hummel- und Wespenstiche können sie auslösen, Allergien sind aber auch durch Pollen, Milch, Ei, Obstarten usw. heute bei vielen Menschen bekannt. Die Behandlung von

schweren Bienenstichallergien gehört sofort in die Hand eines Arztes, der in der Regel Adrenalin spritzt und einen Blutaustausch vornimmt.

2. Die alkalische Drüse. Vor ein paar Jahrzehnten hieß es, daß das Gift aus der Giftdrüse erst beim Stich durch das Hinzutreten des Saftes aus der alkalischen Drüse wirksam werde. Dann schrieb man der alkalischen Drüse die Aufgabe zu, die beweglichen Stachelelemente zu "schmieren". Nun hat man entdeckt, daß die Drüsenmündung außerhalb des Giftkanals liegt. Man kann also derzeit nicht sagen, welche Aufgabe das alkalische Drüsensekret hat, findet aber in Lehrbüchern beide oben beschriebenen Aufgaben dargestellt, je nach Erscheinungsdatum des Buches, auf das man sich bezieht.

3. Die Stachelscheiden-Drüsen sah man zunächst als die Produktionsstätten der Alarmstoffe an. Leider kann man nur sagen, daß man den Alarmstoff II, das Isoamylacetat und den Alarmstoff III, der das eigentliche Stechen auslöst, aus den Stachelrinnenpolstern isoliert hat, aber bis heute nicht die Produktionsstätten der Alarmstoffe kennt. Jedenfalls hat man in den Stachelscheidendrüsen noch keine zugehörigen Sekretkomponenten gefunden.

4. Die Stachelkammer-Drüsen schließlich, die auch innerhalb des Stachelapparates liegen, haben ebenfalls bis heute ihre Bedeutung und die von ihnen produzierten Stoffe noch nicht preisgegeben. Man weiß also tatsächlich nur über das eigentliche Bienengift Genaueres. Seit es menschliche Überlieferungen gibt, ist die Bienennutzung überliefert. Sehr früh gehört dazu bei den Sumerern, im alten Ägypten, später rund um das Mittelmeer die Nutzung des Giftes als Heilmittel. Dazu mußte man natürlich lebende Bienen benutzen. Herold nennt folgende Wirkungen (1970):

- Förderung der Gewebedurchblutung,
- Förderung der Durchlässigkeit der Membranen,
- Förderung der Stoffwechselvorgänge, wodurch Schmerzstoffe abgeschwemmt werden,
- Anregung der Cortisonbildung.

Dieses Wirkungsspektrum hat dazu geführt, eine Bienengiftsalbe als Antirheumatikum zu konzipieren. 100 g der Salbe enthalten 3 mg Bienengift, was bei 0,1 mg pro Stich etwa 30 Stichen entspricht. Das Gift wird gewonnen, indem Bienen in ein besonders präpariertes Vließ stechen. Nachdem das Mittel eigentlich seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt wird, mehren sich heute die Stimmen, die in der

Behandlung lediglich einen Placebo-Effekt sehen. Rheuma ist der Behandlung mit Placebos mehr als andere Krankheiten zugänglich.

Unterrichtlich läßt sich mit Bienengift leider nicht experimentieren.

8.5. Das Heimfinden der Bienen

Sachinformation. An drei Orten und bei drei Gelegenheiten kann man ein merkwürdiges Bienenverhalten beobachten.

1. Am Flugloch erscheinen Bienen, fliegen auf, wenden sich der Beute zu und "tanzen" vor der Beute auf und ab. Man hat den Eindruck, sie täten das lange. In Wirklichkeit kommen neue Bienen heraus. Die ersteren sieht man in großen Kreisen fliegen. Sie verschwinden und kommen zielgenau nach kurzer Zeit zurück. Gelingt die Beobachtung, war man Zeuge, wie sich Bienen den Standort ihrer Beute zentimetergenau einprägen. Dabei spielt natürlich ihr "Himmels-kompaß" eine Rolle. Aber das Lernen umfaßt auch Formen und Farben. Für uns ist unvorstellbar, daß ein einziger Lernvorgang dazu genügt. Vor dem Orientierungsflug findet eine Biene nicht einmal aus 50 m Entfernung heim.

2. Ein Imker wandert mit seinen Bienen. Der neue Standort muß (6-) 8 km entfernt sein. Nach dem Öffnen der Kästen streben alle Flugbienen ins Freie und fliegen sich auf den neuen Standort ein. Der Vorgang ist mit der ersten Schilderung identisch mit dem Unterschied, daß pro Volk u.U. zwischen 10 und 20.000 Bienen gleichzeitig in der Luft sind. Nach der Neuorientierung finden die Bienen problemlos auch aus größerer Entfernung heim.

3. Am Futterplatz beobachtet man bei Neuankömmlingen, daß sie nach der Sättigung die Futterstelle in immer größeren Kreisen umrunden ehe sie ziel-gerichtet heimfinden. Auch dies ist ein Einprägen. Allerdings richtet sich die Biene vor allem nach dem Anflugbild.

Aus alledem ergibt sich, daß die Bienen drei Orientierungssysteme nutzen:

1. Das Orientierungssystem, das durch den jeweiligen Sonnenstand und das polarisierte Licht gegeben ist, ihr Himmelskompaß.

2. Durch Landmarken: Bäume, Berge, Häuser prägen sich die Bienen zunehmend

mit dem Alter ein. Solche Landmarken sind Orientierungshilfen im mittleren Bereich. Auch der Standort der Beute wird durch solche Hilfsmittel gelernt. Die Farben spielen dabei eine große Rolle. Das war z.B. für uns eine erste Lehre bei der Konstruktion schülergerechter Beobachtungskästen. Beim Beobachten sammelten sich zunächst große Mengen von Bienen vor den Fluglöchern, bis sich herausstellte, daß sie durch die farbigen Kleidungsstücke der Schüler völlig desorientiert waren.

3. Durch gelernte Farb- und Formenmuster um das Flugloch und die Beute. Dabei soll genügen. daß sich die Bienen diese Formen zentimetergenau einprägen. In der unmittelbaren Fluglochnähe spielt auch der Duft bei der Orientierung eine Rolle.

Durch eine Lachgasbehandlung kann man das Gedächtnis der Bienen auslöschen. Sie erfordert aber so große Sorgfalt und Kenntnis, daß im Rahmen der Schule davon abgeraten wird.
Da uns Bienen am Stock und an den Futterplätzen begegnen, hier auch zu fangen und zu zeichnen sind, beziehen sich fast alle Experimente auf diese Lokalitäten. Wie sich die Bienen die großen Landmarken einprägen, entzieht sich bisher dem Zugriff durch Experimente. Einige Versuche zum Heimfindevermögen sind in der Schule durchführbar.

Verfremden des Stockes. Wenn sich Bienen das Bild ihres Stockes so genau eingeprägt haben, muß sie jede Verfremdung irritieren. Man bereitet Farbflächen vor und Stellgegenstände, mit denen man die unmittelbare Umgebung und die Sichtfläche des Kastens ausstattet. Man wird deutlich beobachten, daß die anfliegenden Bienen irritiert sind und mit dem Landen zögern. Die Lage und der Duft lassen sie die Verunsicherung zunehmend überwinden. Dennoch wird einwandfrei deutlich, daß die Bienen das normale Anflugbild kennen.

Versetzen des Stockes. Ein Bienenkasten oder der Beobachtungsstock wird seitlich um nur 1-2 m versetzt. Das kann man zu jeder Tageszeit machen, wenn man sich durch eine Maske schützt. Lediglich bei Gewitterstimmung wird davon abgeraten oder an kalten Tagen. Es muß Bienenflug stattfinden. Das Brett, auf dem der Kasten gestanden hat, muß für die Beobachtung erhalten bleiben.

Manchmal scheint es so, als wechselten einige Bienen zum neuen Standort über. Aber immer mehr heimkehrende Bienen schwirren in der Luft suchend umher, immer vor dem imaginären Flugloch. Sie setzen sich auch auf das Brett, laufen umher und bleiben ermattet schließlich sitzen. Hunderte von Bienen versammeln

sich oft und finden nicht den Ort ihres Stockes, wo sie endlich ihr Sammelgut loswerden können. Der Abflug vom Stock verläuft dagegen ungehindert. Man sollte dieses Experiment an dieser Stelle abbrechen und den Stock an die alte Stelle zurückstellen. Wie von einem Magnet angezogen, verschwinden die Bienen im Flugloch. Was zeigt das Experiment?

- Bienen sind zentimetergenau auf einen Ort eingeflogen, den sie im Gedächtnis haben.
- Bienen können wohl bezüglich neuer Trachtquellen schnell umlernen, aber nicht bezüglich ihres Stockes. Das ist schließlich biologisch sehr sinnvoll.
- Der Stockgeruch wirkt nur auf sehr kurze Distanz.

Dieses Experiment läßt sich vielfach variieren, indem die Entfernungen verändert werden oder auch mit Farb- oder Formzeichen gekoppelt wird. Selbst ein Versetzen um 10 cm irritiert die Bienen.

Sammelbienen vom Futtertisch wegtragen. Am Futtertisch sitzen die Bienen bekanntlich so ruhig, daß man sie sowohl zeichnen wie mit dem Exhauster fangen kann. Es wird vorausgesetzt, daß die Bienen aus einem einzigen Kasten (dem Beobachtungsstock) stammen. Die Schüler teilen sich in drei Gruppen auf und entlassen die gefangenen, gezeichneten Bienen an 3 verschiedenen Plätzen, die 2-3 km vom Stock entfernt sind, zu einer genau verabredeten Uhrzeit (Man kann die Bienen sogar mit drei verschiedenen Farben kennzeichnen). Die zweite Gruppe der Beobachter sammelt sich am Flugloch und registriert, ob und wann die gezeichneten Bienen heimkehren. Das Ergebnis: alle oder fast alle kehren nach wenigen Minuten heim und müssen den Weg ohne Zögern gefunden haben.

Diese Versuchsanordnung ist deshalb zu empfehlen, weil mit Sicherheit Trachtbienen gezeichnet werden. Beim Abfangen vor dem Flugloch werden irrtümlich auch Wachbienen gefangen.

Das Einfliegen beobachten. Bei großem Interesse der Schüler sollte man einen Stock einmal 8-10 km weit wegstransportieren und dann das grandiose Schauspiel des "Einfliegens" beobachten.

9. Besuch beim Imker

(oder in der schuleigenen Bienenhaltung)

9.1 Schülerfragen an einen Imker

Die Honigbiene zieht seit altersher zwei Interessenrichtungen auf sich. Die eine, jüngere bezieht sich auf Bau- und Funktionszusammenhänge, auf die Biene als Insekt. Sie ist in der Wissenschaft gegründet, betreibt also gleichsam Grundlagenforschung. Die zweite ist die Praxis, das Imkern, die Bienenhaltung. Sie ist die ältere, ist doch die älteste Darstellung einer Honigernte, eines Honigraubes ca. 12.000 Jahre alt. Allerdings sind sehr selten in der Lebenswirklichkeit zwei Interessenkreise so eng aufeinander bezogen wie bei der Honigbiene und der Imkerei. Viele Problemstellungen der Forschung wurden von den Imkern aufgeworfen, viele Forschungsergebnisse fanden unmittelbar in der Imkerei ihren Niederschlag. Es gibt in der alten BRD (1980) ca. 1 Mio Bienenvölker, die von rund 80.000 Imkern bewirtschaftet werden. Die Imkerdichte ist in den Großstädten und in Süddeutschland höher als im Durchschnitt.

Die bisherige Betrachtungsweise der Honigbiene neigte eher der fachwissenschaftlichen Interessenrichtung zu. Schüler jedoch interessiert oft ebenso das ganz Praktische. Da aus den Antworten oft ganze Bündel von Fragen entstehen, soll der Besuch einer Imkerei durch einen Fragenkatalog vorbereitet werden. Es geht dabei um die Bienenhaltung als solche. Ein spezieller Fragenkatalog, jeweils auf eine der vier Jahreszeiten bezogen, folgt im nächsten Abschnitt. Die Antworten des Imkers können nicht als Text vorformuliert werden; es wird aber angedeutet, in welche Richtung die Antworten des Imkers gehen. Aus Gründen der Lesbarkeit sind sie im Indikativ formuliert, manchmal in der Ich-Form.

1. Warum imkern Sie?
Der Imker wird ausführen, daß es ihm Freude macht, daß er am Honigertrag interessiert ist, daß ihn die Bienen als Lebewesen faszinieren, daß es gesund ist und ruhig mache, daß er es von seinem Vater übernommen hat oder vielleicht auch: er weiß es nicht so recht.

2. Ist das Imkern nicht gefährlich?
Man muß einigermaßen gesund sein, darf keine Bienenallergie haben. Man gewöhnt sich an die Stiche, sie schwellen nicht mehr an. Die Frage hat sich der Imker noch nie gestellt.

3. Wie steht es mit der Nachbarschaft?
Rechtlich: Bienenhaltung ist erlaubt. Je nach Bundesland müssen die Stöcke einen bestimmten Abstand vom Nachbarn halten. Durch eine hohe Hecke oder Wand kann man die Bienen zwingen, sofort in große Flughöhe zu gehen. Ein Glas Honig wirkt Wunder, und der Nachbar hat immer bombige Obsternten.

4. Lohnt sich Bienenhaltung vom Ertrag her?
Der Ertrag schwankt sehr. Er hat seinen Tiefpunkt überwunden durch Rapsanbau und Gründüngung der Felder. Je nach Standort und Jahr kann die Durchschnittsernte mit 20-30 kg Honig angegeben werden. Sie kann erheblich darüber liegen. Die Wachsernte wird im Betrieb verbraucht. Blütenstaub erntet er nicht. Ein Pfund Honig bringt derzeit um 4 €.

5. Wie hoch ist der Arbeitsaufwand?
Der besuchte Imker hat 11 Völker. Dafür setzt er pro Woche einen vollen Nachmittag an. Bei der Honigernte braucht er mehr Zeit, im Winter weniger. Da Imkern sein Hobby ist, lohnt das Rechnen nicht, wie hoch "der Arbeitsaufwand" ist.

6. Wie hoch sind die Kosten?
Sie sind vor allem am Anfang sehr hoch, wenn die Beuten gekauft werden müssen. Die laufenden Kosten beziehen sich auf den Kauf von Mittelwänden und Zucker. 12 – 14 kg füttert er pro Volk ein. Gelegentlich frischt er den Bestand durch eine reinrassige Königin auf. Auch das ist teuer. Ein Bienenvolk hat er nur am Anfang gekauft. Seitdem vermehrt er den Bestand selber.

7. Wie ist es mit der Rechtshaftung?
Nahezu alle Imker sind in Vereinen, meist Landesverbänden zusammengeschlossen. Innerhalb derselben ist im Beitrag meist eine Rechtshaftung und Wanderversicherung abgeschlossen.

8. Welche Bienenwohnung? Korb oder Kasten?
Das ist ein Thema ohne Ende. Wenn der Imker die Heide als Tracht nutzen will, braucht er im August viele starke Völker. Er wird spätbrütende, schwarmfreudige Bienen bevorzugen (Heidebiene), in Körben imkern und nach der Ernte im September den Bestand bis auf die Muttervölker reduzieren. Ist die Obstblüte die Haupttracht, sind frühbrütende Rassen gefragt. Da die sogenannte Schwarmstimmung die Bienen faul macht, diese aber meist mit der Frühsommertracht zusammenfällt (Raps, Himbeere, Robinie, Linde, Klee), muß der Imker das Schwärmen verhindern. Das kann er nur durch Wabenkontrolle und sogenannte

Ablegerbildung. Das geht nur in Kästen, die er mindestens alle 9 Tage kontrollieren muß.

Welchen Kastentyp er wählt, ob z.B. Magazinbeute oder Blätterstock hängt von vielen Voraussetzungen ab, ist aber auch "Glaubensangelegenheit". Das Thema "die beste Beute" ist schier unerschöpflich.

Der Musterbienenstand im Schulbiologiezentrum Hannover ist mit "Martins Auszugsbeute" ausgerüstet. Warum? Es ist ein Blätterstock im "Normalmaß" und Warmbau. Der Imker zieht zur Arbeit alle Waben des Brut- oder Honigraumes in eine offene Kiste, stellt diese auf den Tisch, um den 30 Schüler Platz finden und kann unmittelbar vor oder sogar mit den Schülern die Wabenkontrolle durchführen.

9. Wie oft findet eine Kontrolle statt?
Im Winter nur von außen. Im Frühling findet eine richtige Wabenkontrolle statt, auf Futter, Brutrichtigkeit, Überwinterung, Krankheiten. Ab Mai etwa wird alle 7-9 Tage der Brutraum kontrolliert, vor allem auf den Ansatz von Königinnenzellen. Ab Juli fällt der Bruttrieb wieder ab, was weniger Kontrollen erlaubt. Vor und nach der Winterfütterung wird im allgemeinen noch einmal kontrolliert auf Vorräte, deren Sitz, Weiselrichtigkeit usw.

10. Haben Sie mit Schädlingen und Krankheiten zu tun?
Am stärksten beschäftigt die Imker die Varroa-Milbe, die die Larven schädigt. Sie wurde aus Indien eingeschleppt und war eine zeitlang Bedrohung der gesamten Imkerei. Bei Aufmerksamkeit läßt sich der Befall in Grenzen halten, aber nicht mehr verhindern. Andere Probleme sind zurückgegangen: Es sterben weniger Bienen an Spritzmitteln, und die alten Bedrohungen wie Nosema, Faulbrut, können wir beherrschen, wenn wir sie nur rechtzeitig erkennen. Es gibt über ein Dutzend Bieneninstitute, die dabei offiziell helfen. Je bienengerechter die Bienenhaltung ist, desto gesünder bleiben die Völker.

11. Wie lange lebt eine Königin?
Sie wird 3-5 Jahre alt, im allgemeinen wird sie spätestens im vierten Lebensjahr ersetzt. Man läßt sie so lange am Leben, wie sie ein lückenloses Brutnest produziert und befruchtete Eier legt. Nach der mehrfachen Begattung werden die Spermien bekanntlich in einer Samentasche über Jahre aufbewahrt. Bei jeder Eiablage werden kurz vorher die Eier der Arbeitsbienen und Königinnen befruchtet. Deshalb kann man aus Arbeitsbieneneiern und deren ganz jungen Maden vollwertige Königinnen heranziehen. Arbeitsbienen sind durch Fütterung neutralisierte Weibchen.

12. Warum arbeiten Sie an den Bienen ohne Maske und Handschuhe?
Bienen sind wirklich friedliche Tiere. Ohne Maske und Handschuhe bin ich selber vorsichtiger und ruhiger. Die Bienen belohnen es. Außerdem kann ich so jedem Besucher zeigen, daß er keine Angst zu haben braucht.

13. Welches sind Ihre Hauptgerätschaften?
Die Maske, die nur wenig gebraucht wird; das Räuchergerät. Bienen mögen keinen Rauch und flüchten davor. Handschuhe, die noch nie gebraucht wurden. Ein Wabenmeißel. Die Bienen kitten die Waben manchmal so fest, daß man zum Lösen einen Hebelarm benötigt. Das Absperrgitter. Es wird zwischen Brut- und Honigraum eingelegt und hält die Königin vom Honigraum zurück. Dazu kommen Wabenentdeckelungsgeräte, Honigschleuder, Honigsieb, Lötgerät für Mittelwände, Sonnenwachsschmelzer, Futtergeräte und vor allem eine kräftige Gänsefeder zum Abfegen der Bienen von den Waben. Zur Königinnenzucht gehören weitere Geräte, ebenso zur Ablegerbildung. Der Wabenschrank muß wegen der Wachsmotten völlig dicht sein.

14. Wieviel Stiche vertragen Sie?
Vielfach werde ich gar nicht gestochen. Aber 30-40 Stiche habe ich schon an einem Tag erhalten. Die machen nichts.

15. Wann sind Stiche gefährlich?
Nur wenn sie auf Schleimhäute (Mund, Zunge, Lippe) oder dünnhäutige Stellen (Augen) treffen und wenn sie einen Menschen treffen, der für Bienengift allergisch ist.

16. Wie vermehrt man Bienen?
Bei genügend Volksstärke regt sich der Schwarmtrieb. Die Königin bestiftet "Weiselzellen". Nach nur 9 Tagen werden sie verdeckelt, die Larven verpuppen sich. Vorher schon hat die Königin die Eiablage eingestellt, damit sie wieder flugfähig wird. Ein oder zwei Tage später zieht sie mit dem "Vorschwarm" aus. Der ist ein völlig intaktes neues Volk. Nachdem die erste Jungkönigin geschlüpft ist, zieht sie mit dem "Nachschwarm" aus. Weitere "Nachschwärme" können folgen. Aber die Jungköniginnen können erst einige Tage nach dem Hochzeitsflug mit der Eiablage beginnen.
Will der Imker das Schwärmen verhindern, bringt er die alte Königin meist mit drei Brutwaben in einen Ablegerkasten. Hier fliegen alle Flugbienen ab. Langsam erst werden alle Aufgaben wieder wahrgenommen, und das Völkchen mit der alten Königin wird zum Volk. Das "entweiselte" Volk legt über Eiern viele Königinnenzellen an, die der Imker bis auf eine herausnimmt. Durch die Pause, die wegen

der Puppenzeit und dem Hochzeitsflug vergeht, schlüpfen viele Bienen, aber die Schwarmstimmung ist vergangen, die junge Königin kann kräftig mit der Eiablage loslegen.

17. Kann man Bienen durch Zucht beeinflussen?
Bienen sind Insekten und bei denen beruht nur wenig auf Lernen und viel auf Vererbung. Vererbt werden auch die Stechlust, Fleiß und Faulheit beim Sammeln, die Schwarmlust, der Brutverlauf im Jahresgang. Zunächst kann man über ein bestimmtes Volk nur die Königin abschätzen. Die Drohnen kommen an Sammelplätze und begatten die Königin. Um auch dies unter Konrolle zu bekommen, werden eigens Völker mit vielen Drohnen auf Inseln oder in sehr abgelegene Täler gebracht und Königinnen in Zwergvölkern (Einwabenkästen) dahingebracht. Die Gewähr einer gezielten Begattung ist hier bereits sehr hoch. Zunehmend werden heute in den Bieneninstituten die Königinnen von Hand durch eine definierte Drohne begattet.
Die Beeinflussung durch gezielte Zucht erfolgte Jahrtausende ganzheitlich, die "Inselbegattung" war schon ein großer Fortschritt, aber erst seit wenigen Jahren kann man von einer gezielten züchterischen Auslese sprechen.

18. Was kann man am Flugloch sehen?
Eigentlich ist das Flugloch der Spiegel des Volkes. Der Imker kann von den Pollenträgern, den Trachtbienen, der Intensität der Wache auf das Befinden des Volkes schließen. Sogar die Schwarmstimmung läßt sich erkennen durch faule, träge herumsitzende Trachtbienen.

19. Kann man Zuckerwasser für Honig halten?
Eigentlich nicht. Wenn man eine Probe unter das Mikroskop legt, enthält das Zuckerwasser keinen Blütenstaub.

20. Haben Bienenprodukte Heilkraft?
Das ist ein Thema ohne Ende. Das Bienengift wird vor allem zur Rheumabehandlung genutzt. Blütenstaub wird als besonders vollwertige Eiweißnahrung angeboten, meist in Verbindung mit dem königlichen Futtersaft (Gelee royale), dem man Verjüngungswirkungen zuschreibt. Honig selber wirkt sich auf Herz, Leber und Blutkreislauf positiv aus.

21. Kann man als Schüler schon imkern?
Das kann man wohl, sobald man diesen Wunsch wirklich dauerhaft hat. Zwei Regeln sollte man beherzigen: Man sollte sich einen Bienenvater, einen persönlichen

Bienenlehrer suchen, der einen in die Anfangsgründe des Imkerns einweist, und man sollte einem Imkerverein beitreten, wodurch man manche Vorteile hat.

Weitere Fragen beziehen sich auf Leistungen der Königin, Zahlen zur Menge der Blütenbesuche, verschiedene Honige, Ausleihen eines Volkes, die Rolle der Feuerwehr beim Einfangen von Schwärmen, den Besitzverhältnissen beim Schwärmen usw.

9.2 Bei der Wabenkontrolle

Der nachfolgende Text **(von 1993!)** soll gleichzeitig informieren wie auch die Möglichkeit bieten, als Unterrichtsmaterial genutzt zu werden. Dazu wurden fünf Termine ausgewählt, die für die imkerlichen Maßnahmen tatsächlich von großer Wichtigkeit sind und in der Regel außerhalb der Schulferien liegen. Es ist die Vorstellung, daß eine ganze Klasse, eine Gruppe oder auch nur ein Einzelschüler bei der Wabenkontrolle dabei sind. Da die Schüler wohl kaum Fragen haben, kommentiert der Imker das Gesehene und stellt evtl. selber die Fragen an seine Bienen. Der Lesetext bezieht sich also auf eine Situation, die die Schüler so ähnlich zu dieser Zeit vorfinden werden.

10. März. Im Januar und Februar war die Temperatur niemals über 5 Grad Wärme geklettert. Aber dann, Anfang März, gab es wirklich ein paar Sonnentage mit fast 16 Grad im Schatten. Da hatten die Bienen ihren großen Reinigungsflug. Ein gesundes Volk kotet nur im Freien. So geschah es. Als verantwortungsvoller Imker ging Herr Wagner zu allen Nachbarn und warnte sie vor dem Aufhängen von Wäsche; sie hätte gleich wieder waschreif abgenommen werden müssen. Die Bienen standen förmlich in Trauben in der Luft, und am Abend konnte man hören, daß alle zufrieden brummten. Heute will er die erste flüchtige Kontrolle machen.

Herr Wagner, der Imker, hat keine Maske auf und keine Handschuhe an. Sehr vorsichtig öffnet er die Beute und nimmt das Hinterfenster heraus: "Jede große Bewegung veranlaßt die Bienen Futter aufzunehmen und stört". Herr Wagner zieht jetzt sehr vorsichtig eine dunkle Unterlage unter den Waben hervor. Er nennt sie Windel und legt sie auf den Tisch. "Wir sehen sie nachher an, bitte nicht draufblasen". Dann zieht er an der rechten Seite die Randwabe heraus. Sie enthält keine Bienen, kein Futter, keinen Pollen. "Ihr dürft nur einen kurzen Blick ins Volk werfen". Wie Buchseiten schiebt er die Waben auseinander. Er zieht zwei Waben halb heraus und schiebt sie sofort zurück. "Alles in Ordnung", sagt er, "das Volk

hat noch ausreichend Futter. Ein kleines Brutnest habe ich auch gesehen, es ist ja auch ganz ruhig. Die Königin ist also vorhanden. Ehe wir uns dem Gemüll zuwenden, muß ich das Volk wieder zupacken. Schließlich müssen die Bienen das Brutnest auf 35° aufheizen". Er schiebt die Randwabe ein, das Schutzfenster, das Wärmekissen, schließt den Kasten.

Nun erst kommt er an den Tisch. Ein paar tote Bienen, etwas wie Holzraspel liegen auf der Windel. "Hierdrüber hat das Volk im Winter gesessen. Es sind die Wachsdeckel. Gott sei Dank ist kein einziges Kottröpfchen zu sehen. Daraus kann ich schließen, daß das Volk warm genug gesessen hat und ausreichend Futter hatte". Dann holt Herr Wagner eine Lupe aus der Tasche. "Das wichtigste ist jetzt, den Befall mit der Varroa-Milbe zu kontrollieren. Im Herbst, als keine Brut mehr drin war, habe ich eine Behandlung mit Ameisensäure durchgeführt. Aber ganz weg kriegt man die Biester nicht". Er weist auf einige runde, braune Schildchen hin und gibt seinen Gästen Lupen. "Ihr könnt selber sehen, wie sie aussehen. Die Krankheit kommt aus Indien und wurde 1977 zum ersten Mal festgestellt. Heute lebt die Milbe so gut wie in jedem Volk, und nur, wenn man aufpaßt, kommt man gegenan. Sie befällt bevorzugt Drohnenmaden, aber auch die von Arbeitsbienen. Ich kann sie eigentlich am besten in der brutlosen Zeit bekämpfen". 34 Milben zählt er. "Das ist ein noch erträglicher Zustand". Die Schüler hatten sich die Wabenkontrolle natürlich als großes Spektakel vorgestellt. Aber die zielsichere Art von Herrn Wagner beeindruckte sie; wer Tiere hält, muß ihr Wohl vor seine Neugier stellen.

10. April: Draußen war inzwischen viel passiert. Zwar hatte es noch ein paar bitterkalte Nächte gegeben, aber nun belaubten sich von Tag zu Tag die Bäume mehr. Die Hasel hatte Anfang März geblüht, die Weiden um den 20. begonnen. Krokus und Schneeheide wurden beflogen, vor allem die Stachel- und Johannisbeeren. In der Feldmark blühten die Schlehen, die ersten Süßkirschen versprachen Tracht.

Es ist heute ein windstiller, warmer Tag. Herr Wagner will die große Frühlingskontrolle durchführen. Zunächst führt er die Schüler nach draußen. Dort hat er ein Schutzdach gezimmert. Darunter steht eine Kiste. Etwas Mehlartiges ist darin. Wenige Bienen stehen darüber und reiben die Beine aneinander. "Ich habe in diesem Jahr Kunstpollen gefüttert, um die Brut zu verstärken. Er wird aus Sojamehl als Ausgangsstoff hergestellt. Wenn richtiger Pollen genügend da ist, nehmen ihn die Bienen lieber". Jetzt kann man beobachten, wie die Bienen "höseln". Daneben steht eine Schale voll von Bienen. "Das ist Reizfutter. Es soll den Bienen Tracht signalisieren, damit sie stärker brüten. Auch eine Tränke mit

Wasser steht daneben, weil jetzt der Wasserverbrauch im Bienenvolk hoch ist".

Danach gehen alle ins Bienenhaus, setzen die Imkerhaube auf bis auf Herrn Wagner. Der öffnet Volk 9, zieht alle 10 Waben auf einem Schlitten nach vorn und setzt das komplette Volk auf den Tisch. Er bläst etwas Rauch auf die Bienen, sie sind ruhig. Die erste Seitenwabe: Sie ist nur halb voller Bienen, aber oben glänzt es von frischem Honig. Die zweite Wabe: Verdeckelter Honig, frischer Honig, darunter Zellen, die mit Blütenstaub gefüllt sind. "Wer traut sich, die Wabe in die Hand zu nehmen?". Zögernd meldet sich Bernd. "Vorsicht, keine Biene drücken!" Bernd nimmt die Wabe in die Hand. Sie ist wie aus Blei. "Es sind wohl 3 Pfund Honig drin, Gott sei Dank", sagt Herr Wagner. Die dritte Wabe hat auch einen Honigkranz. "Hier in der Mitte sind Eier. Das ist der Rand des Brutnestes".

Aber trotz intensiver Suche ist die Königin nicht zu finden. So geht es weiter. Die nächste Wabe hat einen großen Kranz von Maden unter dem Honig. Herr Wagner zeigt die Rundmaden, die wie fette weiße Würmer die Zellen füllen. Sogar das Füttern der Maden geht weiter. In der Mitte der Wabe sind die Zellen schon durch einen Deckel verschlossen. "Das ist verdeckelte Brut. Auf ein Dezimeter im Quadrat entwickeln sich auf Vorder- und Rückseite gerade rund 450 Bienen.

Die Königin ist übrigens sehr gut. Sie hat die Wabe lückenlos bestiftet. Das ist eine gute Voraussetzung zur Weiterzucht". Auf der siebten Wabe sitzen besonders viel Bienen. "Da ist sie", sagt Herr Wagner. "Sie" ist die Königin, die da von Pflegebienen umgeben auf der Wabe sitzt. Auf einem blauen Schild auf dem Rücken trägt sie die Zahl 27. "Jede Königin hat bei mir eine Nummer. Über die Leistungen ihres Volkes führe ich genau Buch, damit ich nur die besten Völker vermehre. Die blaube Farbe bezeichnet ihr Schlupfjahr 1990.

Die Farben wechseln jedes Jahr: 91 hat weiß, 92 gelb, 93 rot, 94 grün und 95 wieder blau. Im dritten, spätestens im vierten Jahr läßt die Legeleistung der Königin nach, dann wird sie ausgetauscht". Nachdem Herr Wagner das berichtet hat, tauscht er die letzte Wabe gegen ein völlig leeres Rähmchen aus, in dem nur ein schmaler Wachsstreifen angebracht ist. Keiner von den Schülern weiß, warum. "Das hat eine Multibedeutung", sagt Herr Wagner, "die Bienen können bauen und sich ausdehnen. Das zeigt mir ihre Stimmung. Sobald sie Drohnenzellen bauen, weiß ich, daß der Schwarmtrieb erwacht ist. Ich mache es aber auch wegen der Varroa-Krankheit. Die Milben befallen bevorzugt Drohnenlarven. Die schneide ich aus und verfüttere sie an unsere Hühner. Das ist die Bekämpfung der Varroamilbe

im Sommer". Fast eine halbe Stunde hat alles gedauert. Herr Wagner bittet um Verständnis, daß nun alles sehr schnell gehen muß. Er hat das Volk wegen der Vorführung fast zu lange gestört. Man hört es an dem Heulen der Bienen, die inzwischen heimgekehrt sind und ihre Königin vermissen. Als die Waben wieder im Kasten sind, geht ein beruhigtes Summen durch das Volk.

10. Mai. Die Natur ist förmlich explodiert. Erst blühten die Kirschen und Zwetschen, dann die Birnen; der Ahorn kam dazwischen und dann öffneten die vielen Apfelbäume ihre Blüten. Das Volk platzt aus allen Nähten. Täglich kommen über tausend Bienen dazu. Herr Wagner füttert weder Kunstpollen noch Reizfutter. Wieder ist Kontrolltag, der erste nach dem Apriltermin.

Das Volk wird wieder auf den Tisch gestellt. Zuerst wird die Bauwabe herausgenommen. Oben ein bißchen Arbeitsbienenbau, dann folgt schneeweißer Drohnenbau. Die ersten Zellen sind verdeckelt. Herr Wagner gibt Beruhigungsrauch und fegt die Bienen mit einer Gänsefeder in die Beute. Dann nimmt er ein Messer, schneidet den Drohnenteil ab und gibt ihn den Schülern. Da liegen die kleinen Maden im Futtersaft, auch die großen fetten Rundmaden sind zu sehen. Er nimmt ein Holz, kratzt den Wachsdeckel zur Seite und holt eine Streckmade heraus. Auf ihrer schlohweißen Haut sitzen zwei bernsteinbraune Varroamilben. Nachdem er weitere untersucht hat, ist er zufrieden, daß es nicht mehr sind.

Während sich die Schüler die Drohnenwabe ansehen, hat Herr Wagner den Honigraum oberhalb des Volkes geöffnet und kontrolliert, ob das Absperrgitter auch richtig liegt. "Ich will heute den Honigraum öffnen, sonst schwärmt das Volk. Durch das Absperrgitter kommen nur Arbeitsbienen. Königin und Drohnen werden bei 4,2 mm Weite zurückgehalten". Er ist jetzt bei der dritten Wabe. "Seht einmal: Alles voll verdeckelter Brut. Die Königin ist nicht darauf. Davon setze ich jetzt vier Waben nach oben". Er tut es und freut sich, daß er auf der sechsten Wabe die Königin entdeckt. "Jetzt hat die Königin die höchste Legeleistung, um 1.500 Eier pro Tag. Es warten aber auch die meisten Jungbienen auf Futterarbeit. Die müssen alle mit Arbeit eingedeckt werden, damit sie nicht auf Schwarmgedanken kommen".

Herr Wagner rückt die Waben mit Eiern und Brut zusammen. Mit dem Baurahmen sind es 5 Waben. Nur eine ist ohne Brut, aber voll von Honig. An die Seiten stellt er eine ausgebaute Wabe. Dann folgt eine Mittelwand, eine Wachsscheibe mit vorgeprägten Zellböden. Oben verfährt er genau so, stellt aber Brutwaben über Brutwaben. "Sie müssen eine einheitliche Wärmekugel bilden", sagt er "und sich jetzt im

Bauen austoben, sonst habe ich in drei Wochen den ersten Schwarm. Von heute an muß ich das Volk alle 7-9 Tage kontrollieren, damit sie nicht schwärmen". Juni bis Anfang Juli ist nämlich Haupttrachtmonat für Herrn Wagner. In 400 m Entfernung steht eine alte Allee aus Robinien, zur anderen Seite hin gibt es viele Winterlinden. Da gibt es manchmal Gewichtszunahmen von 3 kg pro Tag. Die Bienen können u.U. in einer Woche ihre Jahresernte einsammeln.

Heute haben sich fast alle Schüler die Masken abgesetzt. Sie können besser sehen, und Herr Wagner hat sie überzeugt, daß Bienen friedliche Tiere sind.

10. Juni. Die letzten Wochen haben überraschend viel Regen gebracht. Jetzt stehen die Robinien in Blüte. Herr Wagner hat in der Zwischenzeit die Bienen zweimal kontrolliert und jeweils ein paar Waben zugestellt. Die Völker platzen aus allen Nähten. Obgleich Herr Wagner schwarmträge Völker bevorzugt vermehrt, scheint sich die Stimmung eher dem Schwärmen als dem Sammeln zuzuneigen.

Wieder steht das Volk 9 auf dem Tisch. Trotz der vielen Bienen tragen auch die Schüler keine Maske. Als allererste Wabe nimmt Herr Wagner den Baurahmen heraus. "Ich habs mir gedacht", sagt er und zeigt, was er bemerkt hat. Die Bienen haben ihr Bauen im halbfertigen Baurahmen eingestellt. Nach unten werden die Zellen immer unfertiger. Aber an den drei Baubögen sitzen 9 Gebilde wie Näpfe von Eicheln mit dem Unterschied, daß sie am Rand viel länger ausgezogen sind. "In spätestens drei oder vier Tagen wären diese Königinnenzellen fertig und verdeckelt, und am folgenden Tag wäre ein Schwarm abgegangen. Ich muß dringend einen Ableger machen. Eigentlich wäre das schon beim vorigen Mal geraten gewesen".

Herr Wagner sieht die übrigen Waben zunächst gar nicht an. Er holt einen "Ablegerkasten", in den sechs Waben hineingehen. Dann erklärt er sein Vorgehen. "Die Königin hat ihre Eiablage nach dem Bestiften der Königinnenzellen eingestellt. Ich muß sie jetzt suchen. Das macht weniger Arbeit als nachher den Schwarm zu suchen". Es dauert eine viertel Stunde, bis sie gefunden ist. Auch hier kontrolliert Herr Wagner offene Stellen in den Waben und die Wabenränder auf Weiselzellen. Er zerstört alle bis auf eine. Dann stellt er die Königinnenwabe in den Ablegerkasten. Dazu stellt er zwei Brutwaben mit offener und verdeckelter Brut. Dann schiebt er eine schöne Honigwabe ein und eine Mittelwand. Nach rechts stellt er auch eine Wabe ein, daneben eine Futtertasche, in der ein Zuckerbrei ist, den er aus Honig und Puderzucker hergestellt hat (4 Teile Puderzucker auf 1 Teil Honig). Weil die Königin erst ein Jahr alt und gut ist, hat er diesen Weg gewählt. Er berichtet, daß es auch andere Möglichkeiten gibt, indem der Ableger sich eine junge Königin

heranzieht. Angesichts der bevorstehenden Tracht hat er sich aber zu diesem Eingriff entschieden. Er stellt den Ableger an einen entfernten Ort, nachdem er vorher das Flugloch mit Papier so weit verschlossen hat, daß gerade noch zwei Bienen hindurchgehen. "Alle Flugbienen und die Wache fliegen in das alte Volk zurück. Ich muß Räuberei verhindern, bis wieder ein normaler Altersaufbau vorhanden ist". Nun wendet sich Herr Wagner dem "Muttervolk" zu. Nur eine Weiselzelle läßt er stehen, im Baurahmen. Alle anderen zerstört er. Wenn er eine übersieht, war die Arbeit umsonst. Das Volk wird dann trotzdem schwärmen. Herr Wagner rechnet vor: "Bis zum Schlüpfen vergehen noch 10 Tage, bis zum Hochzeitsflug 10-12, von da bis zur Eiablage noch einmal 2-3 Tage. Ab 2. Juli kann ich wieder mit einer eierlegenden Königin rechnen, wenn alles gut geht. Trotz des massiven Eingriffs hoffe ich bei guter Tracht auch auf ein gutes Ergebnis".

Es ist nicht zu übersehen, das Bienenjahr hat seinen Höhepunkt erreicht. Das hat es mit dem Sonnenstand gemeinsam, der ja auch am 21.06. seinen höchsten Stand erreicht hat.

1. September. Das Bienenjahr ist vorbei. Die Tracht von Robinie und Linde hat pro Volk etwa 12 kg erbracht, ein guter Erfolg. Der Ableger ist zu einem stattlichen Volk herangewachsen, das auf 8 Waben überwintern wird. Das Muttervolk hat ab Mitte August die Brut eingestellt. Herr Wagner hat den Honigraum geräumt und je Volk als Zuckerlösung 10 kg Zucker eingefüttert. In den Gärten blühen noch Goldrute, Herbstaster, ein paar Sonnenblumen. Der Flugbetrieb am Flugloch ist verhalten, die Geschwindigkeit der Bienen hat abgenommen. Es ist, als wenn die Bienen die letzten warmen Herbsttage genießen würden. Lediglich die Wespen sind aufregend, die als Räuber in die Beuten einzudringen versuchen.

Herr Wagner will die Vorwinterdurchsicht an einem schönen Septembertag durchführen. Wonach sieht er? Infolge der Einfütterung hat die Königin noch einmal ihre Eiablage verstärkt. Aber das Brutnest ist wesentlich kleiner als im April. Die Königin ist intakt. Es ist ein schönes Tier. Herr Wagner hat es nach dem Hochzeitsflug herausgenommen und mit einem gelben Schild mit der Nummer 34 gezeichnet. Wie das Zeichnen geschieht, will er der Schülergruppe nachher an einer Biene zeigen.

"Verfolgt einmal, wie der Honig - besser: das Zuckerwasser - eingelagert ist. Immer ist es oben an der Wabe untergebracht. Rechts und links ist eine Randwabe ganz besonders voll. Die Bienen sitzen zu Anfang des Winters in Fluglochnähe, dann weichen sie aus und nähern sich zum Frühjahr wieder dem

Flugloch. Dies Volk hat den Honig vorbildlich eingelagert". Die Bienen sitzen ruhig und behäbig auf den Waben. "Ich schätze", sagt Herr Wagner, "daß am 15. September alle geschlüpft sind. Dann oder im Oktober werde ich noch einmal eine Bekämpfung der Varroa-Milbe durchführen. Je weniger von diesen Teufelsdingern überwintern, desto besser im nächsten Frühling. Obgleich der Milbenbefall auch heute noch als Seuche gilt und meldepflichtig ist, ist sie flächendeckend verbreitet. Vor zehn Jahren haben wir gedacht, es würde bald kein einziges Bienenvolk mehr geben".

Die Schüler fragen nach Mitteln. Wie ein Profi kann Herr Wagner die Vor- und Nachteile von Folbex und Ameisensäure darstellen, die aber hier nicht geschildert werden sollen.

Insgesamt ist diese Wabenkontrolle im September richtig gemütlich. Es sind kaum Entscheidungen zu treffen. Man merkt: Im August ging das Bienenjahr zuende, es ging danach um die Grundlegung eines neuen.

10. Literatur zum Thema Bienenkunde

10.1 Geschichte

Örösi Pál	Geschichte der Bienenzucht Quelle nicht gefunden
Rüdiger, Wilh.	Ihr Name ist Apis Kleine Kulturgeschichte der Biene F. Mack, Illertissen 1974
Linder, Hermann	Biologie – Lehrbuch für die Oberstufe, Stuttgart 1971

10.2 Gesamtthema

A I D	Imker im Dienst der Umwelt Nr. 323 AID, Heerstraße 124, 5300 Bonn-Bad Godesberg 1
A I D	Schützt die Bienen Nr. 290 AID, Heerstraße 124, 5300 Bonn-Bad Godesberg 1
Autorenkollektiv	Imkerliche Fachkunde Deutscher Landwirtschafts-Verlag, Berlin 1975
Büdel / Herold	Biene und Bienenzucht Ehrenwirth, München 1960
Butler, Colin G.	Die Honigbiene Diedrichs, Düsseldorf 1957
Chauvin, R.	Traité de Biologie de l'Abeille, Paris 1968 (Masson)
Crompton, John	Geliebtes Bienenvolk Zürich 1959
Doernig, Harald	Königreich im Bienenkorb Oldenburg 1962
Fischer G. u.a.	Der Schweizerische Bienenvater - Lehrbuch der Bienenzucht - Sauerländer, Aarau 1981
Gonnert, Nils	Der wunderbare Bienenstaat Universitas, Berlin 1969

Grout, R.A. / Ruttner, F.	Beute und Biene Ehrenwirth, München 1973
Herold, E. u.a.	Neue Imkerschule Ehrenwirth, München 1965
Jordan, R.	Bienenkundliche Lehrtafeln Bundeslehr- u. Versuchsanstalt f. Bienenkunde Wien 1956
Jordan, R.	Kleine Bienenkunde BLV, München 1966
Kobel, F.	Die Rassenzucht bei der Honigbiene Sauerländer, Frankfurt 1968
Lampeitl, F.	Bienen halten Eugen Ulmer, Stuttgart 1988
Ruttner, F.	Die instrumentelle Besamung der Bienenkönigin Bukarest 1969 (Apimondia)
Ruttner, F.	Zuchttechnik und Zuchtauslese bei der Biene Ehrenwirth, München 1973
Ruttner, F.	Naturgeschichte der Honigbienen Ehrenwirth, München
Stern, H.	Bemerkungen über Bienen rororo-Sachbuch 1979
Stuart, Frank	Die Stadt der Bienen Stuttgart 1950
Vanicek, K.H. u.a.	Imkerliche Fachkunde VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1975
Westphal u.a.	Imkerliche Fachkunde VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, DDR 1975, 3. Auflage
Zander / Böttcher	Haltung und Zucht der Biene Eugen Ulmer, Stuttgart 1971, 9. Auflage
Zander / Weiss	Das Leben der Biene Eugen Ulmer, Stuttgart 1964
Zeiler, Cl.	300 Ratschläge für den Freizeit-Imker Neumann, Melsungen 1984

10.3 Morphologie

Dade, H.A.	Anatomy and dissection of the honey bee London 1962 (The Bee Research Association)
Deißenberger, H.	Apis mellifica, Honigbiene Großes Zoologisches Praktikum, Heft 14 G. Fischer, Stuttgart 1971
Leuenberger, Fr.	Die Biene Sauerländer, Aarau 1954
Rembold, Heinz	Die Kastenbildung bei der Honigbiene - Apis mellifica - aus biochemischer Sicht in G.H. Schmidt: Sozialpolymorphismus bei Insekten Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 1974
Schoenichen, U.	Praktikum der Insektenkunde Gustav Fischer, Jena 1921
Snodgrass, R.E.	Anatomy of the Honeybee New York 1956 (Comstock Publ.)
Zander	Der Bau der Biene Eugen Ulmer, Stuttgart 1946

10.4 Biene und Blüte

Berner, U.	Die Bienenweide Eugen Ulmer, Stuttgart 1967
Evenius / Kaeser	Das Honigbuch Ehrenwirth, München
Kloft / Mauricio / Kaeser	Das Waldhonigbuch - Herkunft u. Eigenschaften des Waldhonigs - Ehrenwirth, München 1965
Knoll	Die Biologie der Blüte - Verständliche Wissenschaft, Bd. 57 - Springer Verlag
Mauricio / Graf	Das Trachtpflanzenbuch Ehrenwirth, München 1969

Pritsch, G.	Bienenweide Neumann-Neudamm, Melsungen 1985
Ruppertshofen, H.	Der Summende Wald Ehrenwirth, München 1972
Schoenichen	80 Schemabilder aus der Lebensgeschichte der Blüte Verlag Goeritz, 1902
Zander / Mauricio	Der Honig Eugen Ulmer, Stuttgart 1975

10.5 Bienenprodukte (außer Honig)

Herold, E.	Gesünder durch Bienen Ehrenwirth, München Heilwerte aus dem Bienenvolk Ehrenwirth, München 1973
Weber, V.	Das Wachsbuch Ehrenwirth, München 1975

10.6 Verhaltensforschung und spezielle Biologie

Bischoff, H.	Biologie der Hymenopteren Springer, Berlin 1927 Fotomechanischer Wiederabdruck 1975
v. Frisch, K.	Aus dem Leben der Bienen - Verständliche Wissenschaft - Springer, Heidelberg 1969, 8. Auflage
v. Frisch, K.	Tanzsprache und Orientierung der Bienen Springer, Berlin 1965
Gonnert, N.	Der wunderbare Bienenstaat Universitas, Berlin 1969
Hornsmann, Erich	Die Welt der Biene München, Verlagsangabe nicht auffindbar
Hüsing, G.O.	Die Honigbiene Die neue Brehm-Bücherei A. Ziemsen, Wittenberg 1974
Joyrisch, P.	Die Welt der Bienen Econ, Wien 1978

Korsholm, P. /	Wie die Bienen miteinander leben
Oetzmann, H.	Quelle und Meyer, Heidelberg 1982
Larson-Larson	Insektenstaaten
	Parey, Hamburg 1971
Lindauer, Martin	Verständigung im Bienenstaat
	- Taschenbuch -
	Gustav Fischer, Stuttgart 1975
Pickering, Larson, P. u. M.	Insektenstaaten
	Parey, Hamburg 1971
Schmiedeknecht, O.	Die Hymenopteren Nord- und Mitteleuropas
	Gustav Fischer, Jena 1930
Zander, E.	Das Leben der Biene
	Eugen Ulmer, Stuttgart 1964

10.7 Krankheiten und Schädlinge der Biene

Seifert, Liselotte	Die Honigbiene
	- Krankheiten und Schädlinge -
	VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag,
	Berlin, DDR 1976
Zander u.a.	Krankheiten und Schädlinge der Biene
	Weitere Angaben nicht auffindbar

10.8 Bienenkunde im Unterricht

Albert, S.	Unterrichtseinheit "Honigbiene"
	In: Naturwissenschaften im Unterricht
	Heft 9 / 1978
	Aulis, Köln
Bay, F / Rodi, D. /	Modelle zur Informationsübermittlung
Linhardt, E.	im Bienenstock
	In: Unterricht Biologie, Heft 60/61 - Sept. 81
	Friedrich, Seelze
Ebel, W.	Bienengift und Bienenstachel
	In: Unterricht Biologie, Heft 148 - Okt. 89
	Friedrich, Velber 1989

Frings, H.J.	Bienenbeobachtung und Beobachtungsstock In: Das Schulgarten-Handbuch (Hrsg. G. Winkel) Friedrich, Velber 1989, 2. Auflage
Krüger / Riediger	Von Bienen und Imkerei Handbücherei des exempl. Lernens, Bd. 9 Diesterweg
Penner, J.	Einfache Versuche mit der Honigbiene in der Schule Aus: Lynx-druck 2/82, Ökostation Bremen
Schmidt / Barrien	Und bauen den Bienen ein Haus Baken-Verlag, Hamburg
Wiesner, G.	Ein Bienenbeobachtungskasten für die Schule Quelle nicht bekannt

11. Verzeichnis der Tafeln

Tafel 1 Steinzeitliches Höhlenbild und Bienenkörbe vertreiben die Angreifer
Tafel 2 Entwicklungslinien im Tierreich
Tafel 3 Das Bienenvolk im Jahreslauf
Tafel 4 Die Entwicklung der einzelnen Glieder im Bienenvolk
Tafel 5 Die Entwicklung der einzelnen Glieder im Bienenvolk
Tafel 6 Arbeits- und Testblatt zur Entwicklung der Biene
Tafel 7 Ablauf der Arbeitsteilung im ungestörten Bienenvolk
Tafel 8 Der Lebensweg der Arbeitsbiene in vermenschlichter Darstellung
Tafel 9 Die Wirkungen der Königinnenduftstoffe
Tafel 10 Anleitung für den Bau eines Beobachtungsstockes
Tafel 11 Anleitung für den Bau eines Beobachtungsstockes mit 3 Waben
Tafel 12 Lehrsätze der Bienenzucht
Tafel 13 Die Bestäubung der Kirsche
Tafel 14 Schemazeichnungen von Bienenblüten
Tafel 15 Arbeitsblatt: Bienenbeobachtung an Blüten
Tafel 16 Bestäubungsverläufe von Sturmhut, Ehrenpreis, Karthäusernelke, Feuersalbei, Nachtkerze und Geißblatt
Tafel 17 Arbeitsblatt: Blütenquerschnitte bekannter Pflanzen, zu denen Bestäuber und Bestäubungsvorgang beschrieben werden sollen
Tafel 18 Blütenformen (links), Blütenfarben (rechts) und die Besucher (mitte)
Tafel 19/I Informationen über die Waben I
Tafel 19/II Informationen über die Waben II
Tafel 20 Blumenuhr nach Linné, der 1747 in Uppsala ein Beet in dieser Weise bepflanzen ließ
Tafel 21 Informationen über die Waben I
Tafel 22 Informationen über die Waben II
Tafel 23 Arbeitsblatt zur Arbeitsleistung der Bienen
Tafel 24 Arbeitsblatt zur Form der Bienenzelle
Tafel 25 Arbeitsblatt: Schnittmusterbogen zum Nachbau einer einzelnen Bienenzelle
Tafel 26 Arbeitsblatt: Bienenbeobachtung in einer Petrischale
Tafel 27 Arbeitsblatt: Stark vergrößerte Arbeitsbiene ohne Bezeichnungen
Tafel 28 Grundgliederung, Kopf und äußere Kopforgane der Honigbiene
Tafel 29 Die verschiedenen Einrichtungen der Bienenbeine
Tafel 30 Die Entwicklung zur Biene
Tafel 31 Die Entwicklung der Biene
Tafel 32 Kopulationsorgane der Drohne

Tafel 33 Die Innenorgane der Honigbiene
Tafel 34 Flügel und Flug der Biene und Anleitung zum Bau eines Modells
Tafel 35 Locktränken und Futterstellen
Tafel 36 Anleitung zur Kennzeichnung der Bienen
Tafel 37 Experimentalanleitung zur Rüssellänge und zur Saugmenge der Honigbiene
Tafel 38 Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene
Tafel 39 Materialien zum Farben- und Formensehen der Biene
Tafel 40 Arbeitsblatt: Versuchsanordnung für Farbexperimente mit verschiedenen Graustufen
Tafel 41 Riechen und Schmecken mit Versuchstabelle
Tafel 42 Suchen, Auffinden und Mitteilen einer neuen Blumentracht
Tafel 43 Arbeitsblatt: Ein Blick in den Beobachtungsstock
Tafel 44 Arbeitsblatt: Zeichnungen zum Verständnis einzelner Situationen bei der Beobachtung von Bienen
Tafel 45 Auswertung der Beobachtung von vier verschiedenen Lebensdaten der Biene blau-gelb/rot
Tafel 46 Arbeitsblatt: Auswertung der Beobachtung von vier verschiedenen Lebensdaten der Biene blau-gelb/rot
Tafel 47 Heizzuckerbedarf, Wintersitz und Temperaturverteilung im Winter
Tafel 48 Der Temperaturgang im Bienenvolk im Jahresgang
Tafel 49 Rundtanz und Schwänzeltanz und das Prinzip der Orientierung nach dem Sonnenstand
Tafel 50 Übergang der Tanzformen ineinander und Meßdaten zur Entfernungsangabe
Tafel 51 Die Messung des Sonnenwinkels durch die Biene
Tafel 52 Sitz und Bau des Schweresinnesorganes
Tafel 53 Arbeitsanleitung zum Bau eines Tanzwinkelmessers und seiner Verwendung auf einer Landkarte
Tafel 54 Arbeits- oder Testblatt zur Orientierung der Biene
Tafel 55 Zur Polarisation des Lichtes
Tafel 56 Arbeitsblatt für die Himmelsbeobachtung mit Polarisationsfolien
Tafel 57 Arbeitsblatt: Beobachtungen beim Ab- und Anflug
Tafel 58 Informationen zum Stich der Biene

12. Stichwortverzeichnis

Abgestorbene Bienen 68
Ableger 184
Absperrgitter 15; 34; 182
Abtöten von Bienen 67
Abwehr der Biene 162
Abweichung vom Winkelbetrag 15
Alarm der Biene 162
Alarmpheromon 165
Alarmpheromon, Wirkung 166
Alarmstoff 165
Alarmverhalten 165
alkalische Drüse 170
Ammenbiene 126
Ammenbienen 15
Angstabbau 82
Anhauchen mit warmer Luft 166
Arbeit mit Polarisationsfiltern 156
Arbeiterin 14; 21
Arbeiterinnenzellen 55,
Arbeits- und Schutzgerät 33
Arbeitsaufwand 175
Arbeitsbiene 20
Arbeitsbienen, markierte 119
Arbeitsmittel für den Unterricht 25
Art des Futters 137
Aufstellen von Futterschalen 25
Augen 71
Ausfreßkäfig 35
Auszugbeute 32
Bananenöl 165
Barrahmen 181
Baubiene 127
Bauen 124
Baukette 57
Baurahmen 183
Bauwabe 57
Begattung 15
Begttung, gezielte 178
Begattungsapparat 76
Begattungsflug 15
Beine 71
Beobachtungen am Flugloch (hierzu Tafel 57) 158
Beobachtungen am Futter 65
Beobachtungsstock 25
Beobachtungsstock im Klasseraum 28
Besetzen des Schaukastens 27
Bestäubertätigkeit der Bienen 49
bestiftete Wabe 75
Besuch beim Imker 174
Beute 32
Biene und Bestäubung 11
Biene und Blüte 38
Biene, Indische 8
Bienen, getrocknet 68
Bienen, giftsterzelnd 160
Bienen, Sonderstellung, Haustiere 12
Bienenauge im Schnitt 92
Bienenbeobachtung, lebende Bienen 63
Bienenbeobachtungen an Blüten 41
Bienenbeobachtungskästen, Erfahrungen 28
Bienenblau 101
Bienenbrot 19
Bienenfleiß 22
Bienenfuttergarten 29
Bienengelb 101
Bienengift 164; 168
Bienengift, Zusammensetzung 168
bienengiftallergische Menschen 169
Bienenhaltung und Ertrag 175
Bienenkataster 81
Bienenkorb 10
Bienenkörbe als Waffen 165
Bienenrassen 33
Bienenschwarz 101
Bienensprache 40
Bienenstaat und Menschenstaat 12
Bienenstachel, Funktionsweise 163
Bienentänze, Verständnis 141
Bienentanzuhr 148

Bienenvolk 13
Bienenvolk als Bomben 10
Bienenvolk auf den Waben 117
Bienenweiß 101
Bienenzelle, Nachbau 60
Bienenzucht 178
Blätterstöcke 32
Blattnektarien 38
Blumenvögel 47
Blüte, Bau und Funktion 40
Blütenbesucher, andere 44
Blütenstetigkeit 43
Blütenstetigkeit, Beobachtung 42
Blütenuhr 48
Borretsch 29
Brutnest 15
Brutraum 16
Bruttemperatur 17
Brutwabe 53
Brutzellen 118
Caedax 70
Carnica-Biene 9
das Heimfinden der Bienen 171
definierte Farben 101
"dem Bien“ 12
Dressurerhaltung 83
Drohn und Königin 73
Drohne 14; 21
drohnenbrütig 19
Drohnensammelplätze 23; 76
Drohnenzellen 55
Drüse, alkalisch 163; 170
Duftdressuren 103
Duftglocken 115
Duftstoffe 22
Duftstoffe (Pheromone) 21
Echtgelb 101
Ehrenpreis 45
Eiablage 17
Eier, unbefruchtete 56
Einfliegen beobachten 173
Einflugschneise 31; 160
Einzwängen der Bienen am Flugloch 166
Entfernung zum Futter 137
Entfernungsanzeige 137
Entwicklung der Bienen 17
Ergiebigkeit des Futters 137
Erhaltung der Dressur 83
Erntemenge 16
Essigäthyläther 67
Evolution der Biene 11
Farbensehen 91
Farbexperimente mit Registriernäpfen 97
Farbkarte 120
Farbkreis der Biene 92
Farbkreis des Menschen 92
Farbkreis von Mensch und Biene 93
Farbmuster, gelernte 172
Farbtüchtigkeit der Bienen 100
Farbwahlversuch: Rot 101; Ultraviolett 101
Farbwahlversuche 94
Faulbrut 36
Feuchtigkeit im Bienenstock 129
Feuchtigkeitsverhältnisse im Bienenvolk 132
Feuersalbei 47
Fliegen und Käfer 45
Flügel 72
Flügeladerung 72
Flugentfernung 149
Fluggeschwindigkeiten 78
Flugloch, Beobachtungen am 158
Fluglochvorgänge 161
Formensehen 91
Formmuster, gelernte 172
Frings, H.J. 3
Frisch, Karl von 92; 135; 156
Fruchtzucker 38
Fruktomaltose 38

Fühler 66; 71
Funktionsmodell des Insektenfluges 77
Funktionsweise der Tänze 149
Futter aufnehmen 123
Futter- und Experimentiertisch 82
Futterdressur, umstellen der 84
Futterdressuren 79
Futterdrüsensaft 18
Futterlagerung der' Bienen 15
Füttern älterer Maden: 123
Füttern junger Maden 123.
Futterplatz, künstlicher 80
Futterquelle, Verweildauer an der 86
Futterstelle 80
Futtertasche183
Futtertisch wegtragen 173
Gang des Sonnenbogens 138
Gelee Royale 18
Geschmackssinn, Schülerexperimente 105
Geschmackssinnesorgane 107
Gezielte Anlockung 81
Giftblase 164
Giftblase der Wachbienen 162
Giftdrüse, saure 168
Giftsterzeln 165
giftsterzelnde Bienen 160
Graustufenplatte 102
Haare 73
Hauptfeinde der Bienen 165
Hauptgerätschaften 177
Heilkraft, Bienenprodukte 178
Himmelskompaß 171
Himmelslicht, polarisiertes 154
Hinterbehandlungsbeuten 32
Hinterleib 73
Histamin 169
Hochzeitsflug 76
Hofstaat 118
Höhlenbild, steinzeitliches 10
Honig schleudern 16
Honigbiene 9
Honigbiene und menschliche Kultur 9
Honigbiene, volkswirtschaftliche Bedeutung 49
Honigblase 89
Honigraum 15; 182; 184
Honigtau 38
Honigwabe 56
Honigzellen 118
Hummeln 45
Hyaluronidase 168
Imaginalanlagen 19
Imkerhandschuhe 34
Imkerhaube 34
Imkerhut 34
Imkern als Schüler? 178 .
Imkern, warum 174
Imkerverein 29
Indische Biene 8
innere Organe 77
Insektenauge, Winkelmessung 138
Insektenbesuch und Ertrag 50
Insektenflug, Funktionsmodell 77
Isoamylacetat 165
Jahresbedarf eines Bienenvolkes 39
Jahreszyklus 13
Jungbienen 125
Kaltbau 32
Karl v. Frisch 92
Karthäusernelke 46
Kirschblüte, Querschnitt 41
Kittharz 11
Klotzbeuten 10
Kohlendioxid 67
Königin 13; 14; 21
Königin, Lebensdauer 176
Königinnensubstanz 22
Königinnenzellen 55.
Korb oder Kasten? 175
Korbimkerei 32
Körperbau, Honigbiene 66.

Körperpflege ·124
Kosten 175
Krankheiten und Gefahren 36
Kühlen 124
Kultur, menschliche und Honigbiene 9
Kunstblüte 80
Kunstblüten 96
Landmarken 115; 138; 154; 172
Leben im Bienenvolk 117
Lederhaut: 163
Leerwabe 53
Legeleistung der Königin 14
Lernvermögen 21
Licht, polarisiertes 154
Licht, unpolarisiertes 154
Lockstellen, Anlage von 79
Locksterzeln 160
Locktränke 80
Made 75
Maden 18
Magazinbeuten 32
Maltose 38
Markieren" 119
Markieren der Bienen 85
Meilittin 169
Melizitose 38
Menschen, bienengiftallergisch 169
Meßelektroden 133
Messen der Tanzgeschwindigkeit 144
Messen der Umlaufzeit 144
Messen, Tanzwinkel 143
Messen, Umlaufzeit 143
Milben 36
Mischen der Grundfarben 93
Mittelwand 57
Mittelwände 35
Morphologie, Honigbiene 66
Musterbienenstand 176
Nachbarschaft 175
Nachschwarm 15; 177
Nachtfalterblumen 46
Nachtkerze 46
Nektar 38
Nektarpoll 35
Nordrasse 9
Normalmaß 31
Nosema-Seuche 36
Oktosan 109 .
Organe, innere 77
Orientierung bei verdeckter Sonne 154
Orientierung nach dem blauen Himmelslicht 154
Orientierung, optische 1.40
Orientierungsflug 171
Orientierungsflüge 115; 159
Orientierungsleistung 79
Orientierungssystem der Bienen 171
Ortsbestimmung 148
Phacelia 29
Pheromone 22
Pheromone (Duftstoffe) 21
Putten einer Zelle 123
Putzscharte 71
Pyramide, Maraldische 60
Rahmenmaß 31
Rasse, italienische 9
Rasse, kaukasische 9
Reaktionen, allergische 162
Rechtshaftung 175
Registriernäpfe 97
Reinigungsausflug 131
Reinigungsflug 179
Reizfutter 180
Richtung des Futters 137
Riesenbiene 8
Rohrzucker 38
Ruhen 125
Rundmaden 19
Rundtanz 135
Rüssel 66; 71
Rüssellänge, Bestimmung der 90
Salbe gegen Insektenstiche 34

Salzsäurelösung 109
Samenblase 17; 76
Samentasche 76
Sammelbiene 127
Sammelbienen 120; 159
Schädlingen und Krankheiten 176
Schmecken, qualitativer Unterschied 106
Schmecken, quantitativer Unterschied 106
Schmeckprobe 110
Schmeckvermögen, Biene, Mensch 109
Schmeckversuche qualitativer Art 108
Schmeckversuche quantitativer Art 113
Schnitt durch ein Menschenauge 92
Schock, tödlicher 169
Schulbiologiezentrum Hannover 28; 83; 176
Schülerexperimente. zum Geschmackssinn 105
Schwänzeltanz 136
Schwarmstimmung 15
Schwebfliegen 45
Schwerkraft-Sinnesorgan 140
Schwerkraftsteuerung 140
Selbstraucher 34
Sichtgang 161
Sicopalblau 101
Sinnesleistungen, Zusammenwirken 115
Sonnenbogen, Gang 138
Sonnenuhr 147
Sozialmagen 89
Spurbienen 23 115
Staatenbildung 11
Stachel 162
Stachelkammer-Drüsen 170
Stachelkammerlockstoff 23
Stachelrinnenkolben 163
Stachelscheide 163
Stachelscheiden-Drüsen 170
Standort des Imkers 25 .
Stechborsten 163
Stechhaltung 162
Sternfolien, Herstellung 156
Sternfolien, Schülerarbeit 157
Stich in Schleimhäute 169
Stiche, Verträglichkeit 177
Stiche, wieviele 177
Stockbienen 119; 159
Stockmeißel 35
Streckmade 19
Sturmhut 45
Süßstofflösung 109
Systematik 72
Tagfalterblumen 45
Tänze 125
Tänze, Funktionsweise 149
Tanzmodell 153
Tanzsprache der Bienen 134
Tanzwinkelmesser, Bau 145
Tanzwinkelmesser, Herstellung 143
Taupunkt 132
Temperatur im Bienenstock 129
Temperatur-Sinnesorgan 129
Temperaturgang im Bienenvolk 130
Titandioxid 101
Trachtbiene 127
Traubenzucker 38
Trehalose 38
Übergangstänze 138
Überprüfen von Zellen 125
Untersuchen von Waben 52
Varroa 36
Varroa-Milbe 180
Verdeckeln von Zellen 124
Verfremden des Stockes 172
Verpuppung 19
Versetzen des Stockes 172
Verständigung im Bienenstaat 21
Versuche mit einer Graustufenplatte 102
Verteidigung im Experiment 164
Verweildauer an der Futterquelle 86

Vorpuppe 19
Vorpuppen 75
Vorschwarm 15; 177
Waagstöcken 57
Wabe, bestiftet 75
Varroa 36
Varroa-Milbe 180
Verdeckeln von Zellen 124
Verfremden des Stockes 172
Verpuppung 19
Versetzen des Stockes 172
Verständigung im Bienenstaat 21
Versuche mit einer Graustufenplatte 102
Verteidigung im Experiment 164
Verweildauer an der Futterquelle 86
Vorpuppe 19
Vorpuppen 75
Vorschwarm 15; 177
Waagstöcken 57
Wabe, bestiftet 75
Wabenbau - Geometrie 60
Wabenbau, Ablauf 61
Wabenform im Flugzeugbau 59
Wabenkontrolle 176; 179
Wabenzustandsbilder 122
Wachbienen 160; 165
Wachs 10
Wanderimkerei 40
Wanderversicherung 175
Warmbau 32
Wärmen 124
Wärmeschwirren 125
Wasser-Zerstäuber 35
Wasserträger 18
Wasserübertragung 45
Weiselzellen 183
Widerhaken 163
Windel 179
Windmacher 18
Windübertragung 44
Winkelbetrag, Abweichung 153
Winkelmessung 144
Winkelmessung mit dem Insektenauge 138
Winterbienen 17
Winterruhe 130
Wintertraube 29; 130
Wintervorbereitungen 16
Wirkung des Alarmpheromons 166
Zeichenrohr mit Netz 35
Zeidler 10
Zeitdressur 88
Zellen, Bauweise 58
Zwergbiene 8