

Bemerkungen zur Morphologie forensisch bedeutsamer Fliegenmaden

C. Reiter und G. Wollenek

Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Wien, Sensengasse 2, A-1090 Wien, Österreich

Remarks on the Morphology of Maggots of Forensic Important Flies

Summary. For medico-legal purposes, usually as an aid in establishing the time of death, it is considered essential for forensic pathologists to have detailed entomological knowledge regarding the recognition and classification of several types of flies and their maggots, including the families of Calliphoridae, Muscidae and Sarcophagidae. We try to deal with the description of external and internal morphology of cyclorrhaphous maggots, the biology and lifecycles of blowflies, houseflies and fleshflies.

Key words: Time of death – Maggots, morphology and life-cycles

Zusammenfassung. Bei der Begutachtung des Todeszeitpunktes können bei Anwendung entomologischer Methoden vor allem im Hinblick auf das Erkennen und Bestimmen unterschiedlicher Fliegen und ihrer Maden — vornehmlich der Familien Calliphoridae, Muscidae und Sarcophagidae — wertvolle Informationen gewonnen werden. Die Kenntnis der Entwicklungsabläufe und Lebensweise cyclorrhapher Fliegen (z.B. Schmeißfliegen, Stubenfliegen und Fleischfliegen) sowie der morphologischen Eigentümlichkeiten ihrer Maden stellt die Grundlage forensisch entomologischer Tätigkeit dar.

Schlüsselwörter: Todeszeitbestimmung – Fliegenmaden, Morphologie und Entwicklung

Einleitung

Der Gerichtsmediziner muß ständig prüfen, inwieweit Erkenntnisse anderer medizinischer und naturwissenschaftlicher Disziplinen dem Fach nutzbar gemacht werden können. Der Blick muß sich stets über das Niemandsland, das zwischen praktisch dominierten Fächern und rein theoretischen, vornehmlich der Grundlagenforschung dienenden Disziplinen gelegen ist, in das Arbeitsgebiet der letzteren erstrecken. Nach unserer Meinung wurden die in den letzten Jahren gewonnenen Ergebnisse entomologischer Forschung von gerichtsmedizinischer

Sonderdruckanfragen an: Dr. C. Reiter (Adresse siehe oben)

meteorologisch günstigen Bedingungen werden die Eier (ca. 2 mm lang) je nach Art in Haufen oder Bändern in feuchte und sonnengeschützte Körperöffnungen (Nasen-, Mundöffnungen, Augenbindehautsäcke, Genital- und Analbereich) oder Wunden abgesetzt. Die Weibchen — sie sind in der Lage, während ihres Lebens 500 bis 2000 Nachkommen hervorzubringen — können in Schüben innerhalb weniger Minuten Ballen mit durchschnittlich 200 Eiern ablegen. Die Dauer der Eiperiode ist stark abhängig vom Ausmaß der umgebenden Feuchtigkeit und Temperatur [5]. Bei Fehlen eines geeigneten Eiablageortes können die legebereiten Weibchen die bereits befruchteten Eier gelegentlich so lange zurückbehalten, daß entweder die Dauer der Eiperiode erheblich verkürzt ist bzw. daß bereits lebende Maden abgesetzt werden [7]. Die Gattung *Sarcophaga* (Fleischfliegen) ist immer larvengebärend (larvipara).

Die ungefähr 2 mm langen Jungmaden beginnen sich unmittelbar nach dem Schlüpfen mit Hilfe ihrer im Mitteldarm gebildeten Verdauungsfermente (Proteinasen, Lipasen, Collagenasen etc.) in das lokale Gewebe einzubohren. Dabei bilden die bis zum hintersten Körpersegment in das Substrat vorgedrungenen Tiere drusenförmige Freßgemeinschaften. Als Exkremente werden Harnstoff und Allantoin an das Brutmedium abgegeben, die diesem einen charakteristischen und intensiven Geruch verleihen und infolge bakterienabtötender Eigenschaften eine geringere mikrobielle Zersetzung des Leichnams bewirken. Das Wachstum der Maden und ihre Entwicklung ist hauptsächlich vom Nahrungsangebot und der Umgebungstemperatur abhängig. Extreme Feuchtigkeit wird von den Maden gemieden [13]. Relativ rasch werden das erste und zweite Häutungsstadium durchlaufen, so daß die Made im dritten Larvenstadium ihre maximale Größe erreicht. Wenige Tage nach Erreichen der maximalen Größe beginnen die Maden von ihrem Brutmedium abzuwandern [3, 6] und suchen während dieser letzten Tage vor dem Verpuppungsvorgang geeignete Orte für die Zeit ihrer Puppenruhe auf, wobei sie sich in der Regel unweit des Leichnams in den obersten Bodenschichten [7] bzw. in Teppichen oder Kleidungsstücken verbergen. Das tönnchenförmige Puparium verfärbt sich im Verlauf der Puppenzeit von weiß über zahlreiche Gelbbrauntöne bis braunschwarz. Das Puparium wird oft irrtümlich als Puppe bezeichnet. Korrekterweise bildet sich nach Kontraktion, Verhärtung und Braunfärbung der Larvenhaut die Puppe innerhalb dieser als Puparium bezeichneten Schale aus. Nach Aufspaltung des Puparienvorderendes verlassen die schlüpfenden Imagines (Fliegen) mit Hilfe einer pulsierenden Stirnblase (Ptilinum) den Erdboden. Sie sind in diesem Stadium noch silbrig-grauweiß und weich. Die Flügel sowie das übrige Exoskelett werden über das Tracheensystem mit Luft aufgepumpt, um anschließend die zu diesem Zeitpunkt noch weiche Chitintcutikula erhärten zu lassen. Erst dann erlangen die Tiere ihr artspezifisches Aussehen und sind flugfähig. Die Weibchen lassen sich leicht durch die größere Distanz zwischen den Facettenaugen im Bereich der Stirne von den männlichen Tieren unterscheiden. Während die Männchen kurz nach dem Schlüpfen bereits fortpflanzungsfähig sind, benötigen die Weibchen bei ausreichender Nahrung [8] ein bis zwei Wochen bis zur ersten Eiablage. Je nach Art ist die Lebensdauer der Imagines mit 1 bis 2 Monaten begrenzt [12].

Die Maden der cyclorrhaphen Fliegen [10, 17] verfügen über 12 zirkuläre Körpersegmente, wobei die Numerierung am spitzen Vorderende mit dem dunkel

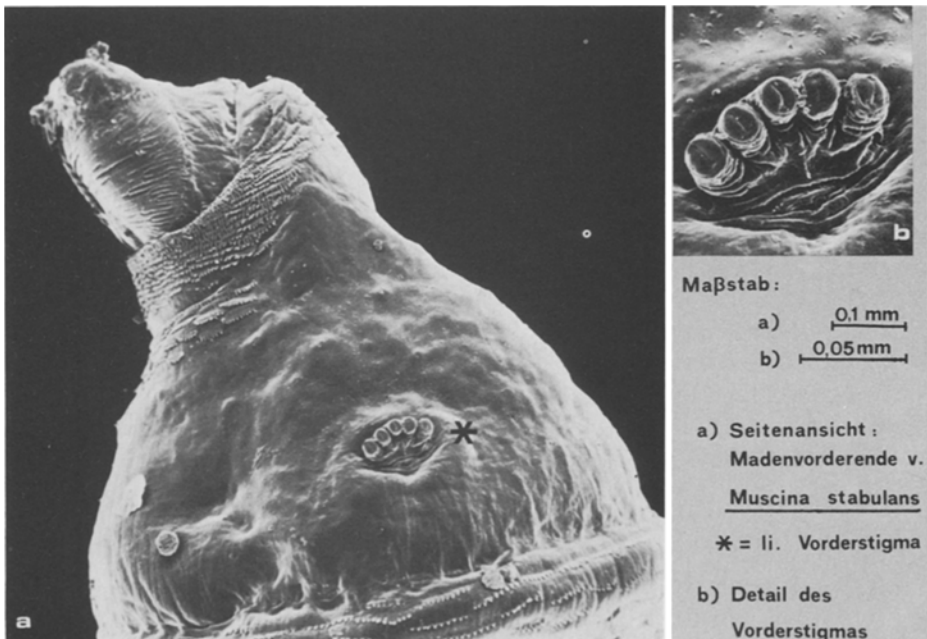


Abb. 1. a, b

durchscheinenden Kieferapparat begonnen wird. Maden des 3. Larvenstadiums lassen bei Betrachtung unter dem Präpariermikroskop 4 Atemorgane (Stigmen) erkennen. Die Vorderstigmen — sie fehlen im ersten Larvenstadium — liegen zu beiden Seiten des 2. Körpersegmentes und ragen fächerförmig oder büschelartig aus diesem hervor (Abb. 1), während sich die viel größeren und runden Hinterstigmen am stumpfen Ende des 12. Körpersegmentes finden. Im 3. Larvenstadium werden 3 Stigmenschlitze im Inneren jedes Hinterstigmas — im 2. Stadium nur 2 Schlitze — vom Peritrem, einem lichtmikroskopisch mehr oder weniger stark erscheinenden Ring umgeben. Im vorderen Madenende läßt sich bei Cyclorhaphenlarven durch die Weichteile hindurch der braunschwarze Kieferapparat (Cephalopharyngealskelett) wahrnehmen. Dieser ist grundsätzlich aus 5 Hauptbestandteilen aufgebaut: 1 Paar Mundhaken, das H-Stück sowie das zweiflügelige Basalstück mit je einem Dorsal- und Ventralhorn (Abb. 2).

Eigene Untersuchungen

Züchtung

Methodik. Während der fliegenaktiven Periode des Jahres 1981 wurden von unserem Leichengut, welches städtischen und ländlichen Gebieten im Raum Wien, Niederösterreich und Burgenland entstammte, sowohl isoliert abgelegte Fliegeneiballen als auch Maden gesammelt und unter reproduzierbaren Bedingungen im Labor weitergezüchtet. Die Züchtungen erfolgten in weithalsigen, mit

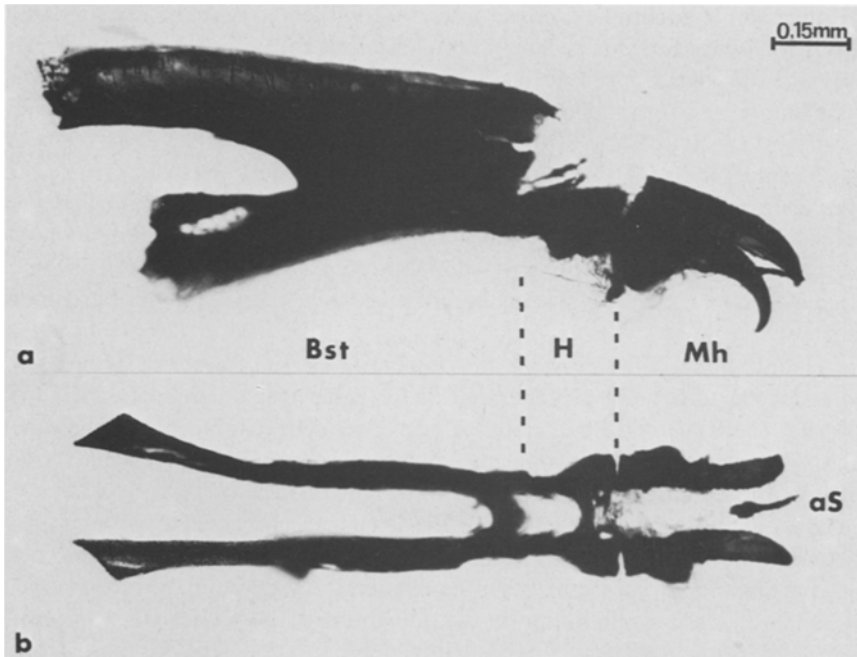


Abb. 2. a, b Cephalopharyngealskelett von *Calliphora vomitoria*. Bst.: Basalstück; H: H-Stück; Mh: Mundhaken; aS: accessorischer unpaarer Sklerit. a Seitenansicht. b Dorsalansicht

luftdurchlässigem Stoff verschlossenen, lichtdurchlässigen 200-ml-Gläsern, die je nach Populationsdichte 2 bis 3 cm hoch mit grobem Sägemehl gefüllt waren. Als Nahrungssubstrate wurden verschiedenste Gewebsarten verwendet, wobei keine gewebspezifische Entwicklungsbeeinflussung festgestellt werden konnte. Der Feuchtigkeitszustand des Fläschcheninhaltes wurde durch tägliche Kontrollen derart reguliert, daß weder Austrocknung noch Flüssigkeitsspiegelbildung eintreten konnten. Die Raumtemperatur während der gesamten Studie schwankte zwischen 20 und 30°C. Temperatur, Feuchtigkeitszustand des Mediums und Nahrungsangebot wurden ebenso wie die Länge, Entwicklungsstadium und Verhalten der Maden täglich protokolliert. Ein Teil der Maden wurde mit heißem, 10%igen Formalin getötet und in diesem verwahrt, der Rest bis zum Schlüpfen der Imagines (Fliegen) weitergezüchtet.

Eigene Erkenntnisse zur Entwicklung und Lebensweise. Zu Beginn der Studie fiel auf, daß die von den Leichen entnommenen Fliegeieier bei Flüssigkeitsspiegelbildung im Brutmedium offenbar wegen eines erschwerten Sauerstoffaustausches durch die Eihülle infolge Ertrinkens zugrunde gehen, während sie sich gegenüber Trockenheit relativ resistent erwiesen. Selbst nach 2-tägiger Verwahrung in einem trockenen Glasgefäß bei ausreichendem Luftzutritt und einer Temperatur von 20 bis 30°C konnten nach Beimpfen des Brutmediums mit diesen Eiballen immer noch Maden zum Schlüpfen gebracht werden. Bei diesen Versuchen schlüpften jedoch im Vergleich zur Eianzahl weniger Individuen als sonst.

Bei normalen Feuchtigkeitsverhältnissen — wie etwa nach Aufbringen der Eiballen auf frisches Lebergewebe — und bei Temperaturen von 20–30°C kam es unabhängig von der Fliegenart nach 15–30 h zum Schlüpfen der Tiere. Die *Lucilia*-arten sowie *Protophormia terraenovae* und *Phormia regina* wiesen eine kürzere Eiperiode auf als die *Calliphora*-arten.

Von besonderer Bedeutung für die Todeszeitbestimmung erscheint uns die bei den durchgeführten Versuchen beobachtete Tatsache, daß innerhalb eines Geleges infolge mangelnden Kontaktes der obersten Eischichten mit dem feuchten Brutmedium unterschiedliche Schlupfzeiten auftreten, so daß verschieden alte und daher auch verschieden große Maden aus ein und demselben Eiballen entstammen können.

Die eigentümliche Lokalisation der bevorzugten Eiablageorte führen wir einerseits auf die anhaltende Feuchtigkeit dieser Körperregionen nach dem Tode zurück und andererseits darauf, daß der feingewebliche Aufbau drüsenhaltiger Schleimhäute den anfänglich mit nur zarten Kieferapparaten ausgerüsteten Jungmaden optimale Bedingungen beim Eindringen in diese Strukturen bietet.

Die Untersuchungen im Hinblick auf eine den natürlichen Lebensbedingungen am nächsten kommende Züchtungsmethode ergaben, daß die Maden bei einer Temperatur über 35°C, bei unzureichendem Sauerstoffangebot, bei Futtermangel oder bei Flüssigkeitsspiegelbildung im Brutmilieu unruhig im Glas zu „wandern“ beginnen und danach streben, diesen Mißständen zu entgehen. Als Leitspruch kann daher gelten: „Zufriedene Maden verlassen ihr Brutmedium nicht.“

Zwei bis drei Tage vor der Verpuppung leert sich der vorher deutlich sichtbar gefüllte Darmtrakt, die Tiere werden offenbar infolge eines erhöhten Grundmuskeltonus etwas kürzer und runden sich bei Reiz von außen rasch tönnchenförmig ab. Das zu dieser Zeit wahrzunehmende Verlassen des Nahrungsmediums der Maden kündigt als Ausdruck einer Suche nach einem geeigneten Verpuppungsort das unmittelbar bevorstehende Puppenstadium an.

Abgesehen von einer engen Gesetzmäßigkeit zwischen Temperatur und Dauer des Puppenstadiums erwies sich die Puppenruhe — selbst wenn der Feuchtigkeitszustand des Mediums und der Luftzutritt starken Schwankungen unterworfen war — als störungsunempfindlicher Abschnitt in der Entwicklung vom Ei zur Fliege.

Morphologische Untersuchungen der 12. Madensegmente

Methodik. Um einfach nachweisbare und sichere Unterscheidungsmerkmale zwischen den forensisch bedeutsamen Fliegenfamilien aufzudecken, wurden die geschlüpften Imagines der jeweiligen Züchtung nach Gattung und Art mit Hilfe des Operationsmikroskopes [11] bestimmt [20] und den asservierten Maden des 3. Larvenstadiums zugeordnet. Maden der Familien Sarcophagidae, Calliphoridae und Muscidae wurden gefriergetrocknet und anschließend rasterelektronenmikroskopisch untersucht. Dabei zeigte sich das 12. Madensegment als sicheres morphologisches Kriterium für die taxonomische Bestimmung der Fliegenfamilien.

Auf der Suche nach einer adäquaten Routinemethode zur Bestimmung der forensisch bedeutsamen Fliegenmade mit Hilfe des Lichtmikroskopes erwies sich folgende rasch durchführbare Technik zur Untersuchung des 12. Madensegmentes als zweckentsprechend, bei der Artefakte weitgehend vermieden werden können.

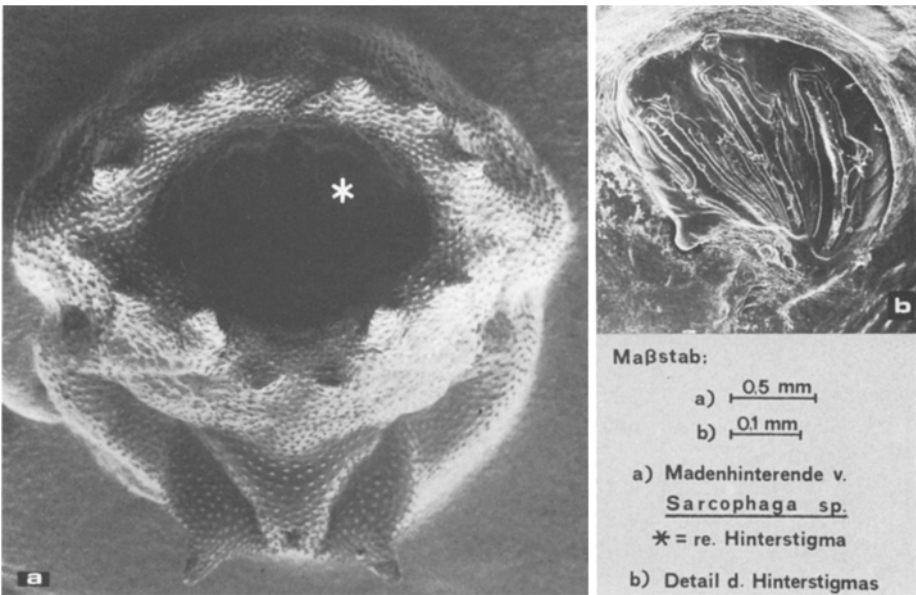


Abb. 3. a, b

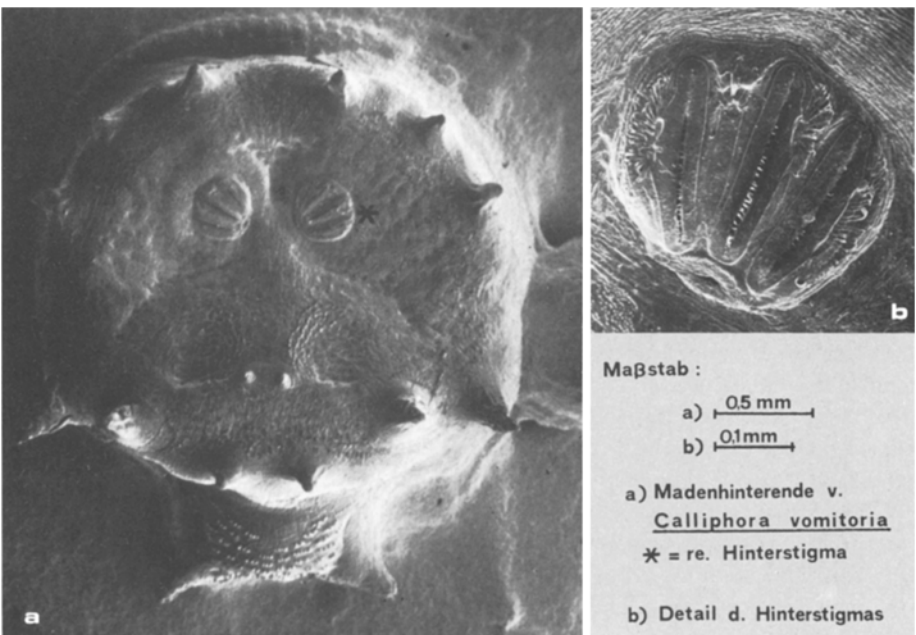


Abb. 4. a, b

Zur Erhöhung der Konsistenz wurden die Maden des 3. Larvenstadiums am Gefriermikrotom mittels Kohlensäureschnee gefroren und das letzte Segment mit einem Rasiermesser abgesetzt und ohne weitere Behandlung nach Aufbringen auf einen Objektträger durchlichtmikroskopisch betrachtet.

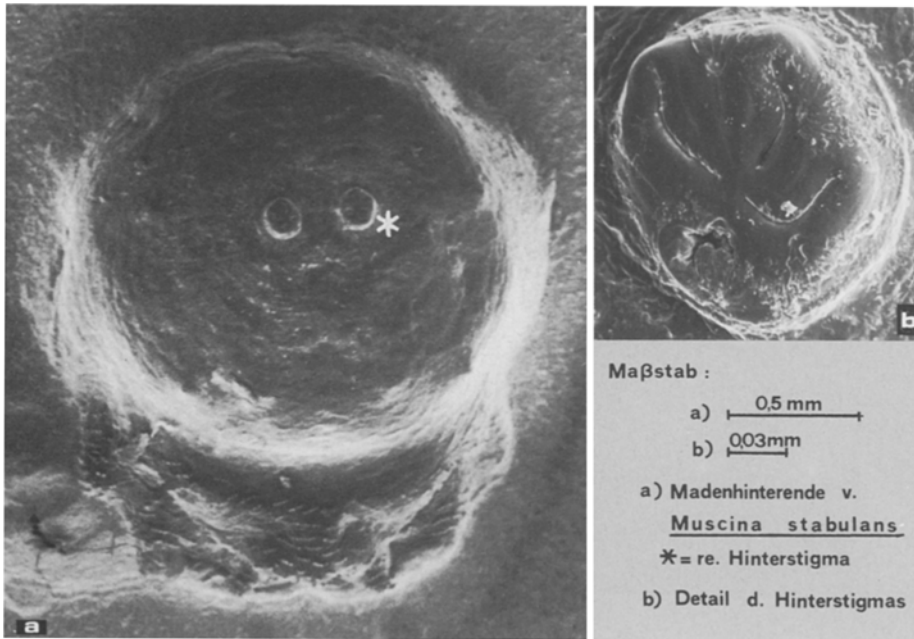


Abb. 5. a, b

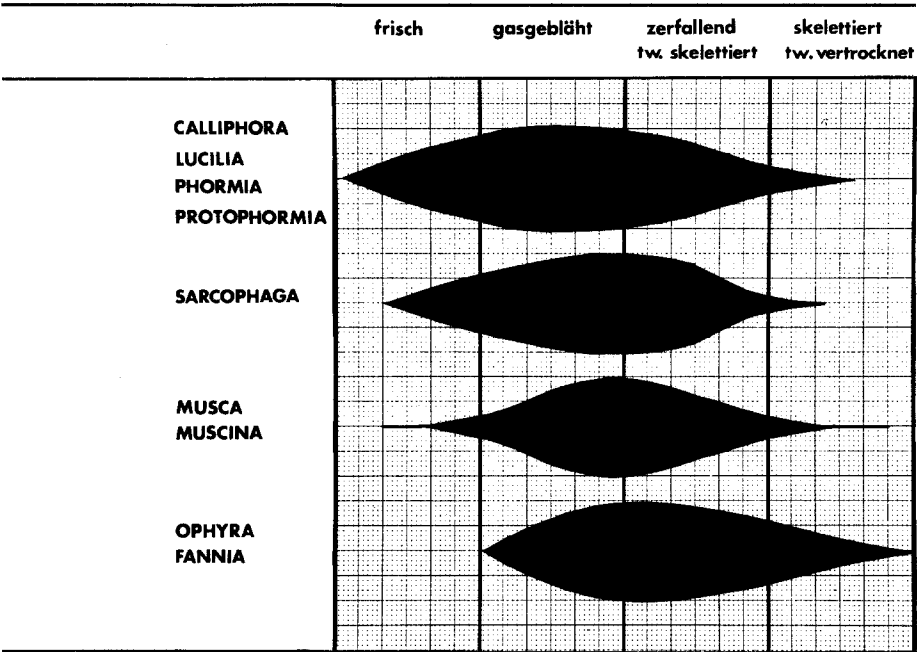
Ergebnisse. Bei der Familie der Sarcophagidae findet sich das symmetrisch angeordnete Paar der Hinterstigmen in einer tief eingezogenen am Hinterende des 12. Körpersegmentes gelegenen Stigmenhöhle (Abb. 3). Diese kann durch eine jeweils dorsal und ventral liegende Weichteilleiste mit insgesamt 12 konischen Fortsätzen vorübergehend lippenartig verschlossen werden. Die Maden der Sarcophagidae stellen innerhalb der Leichenfauna die größten (bis zu 25 mm) Individuen dar.

Die Hinterstigmen der Calliphoridae — sie repräsentieren die überwiegende Zahl der auf Leichen zu beobachtenden Maden mit einer maximalen Länge von 19 mm — liegen in einer flachen Stigmengrube, welche von 12 zirkulär angeordneten, mit freiem Auge sichtbaren konischen Fortsätzen krönenartig umgeben wird (Abb. 4).

Die Stigmenschlitze bei den Calliphoridae und Sarcophagidae sind nahezu gerade und konvergieren in Richtung Stigmennarbe.

Am 12. Segment der Muscidae — die Maden sind stets kürzer und schlanker als die der Calliphoridae oder Sarcophagidae — fehlen deutlich ausgebildete Fortsätze, so daß die Hinterstigmen in der Ebene des entweder abgerundet oder scharf abgesetzt erscheinenden glatten Hinterendes liegen. Bei dieser Familie sind die Stigmenschlitze entweder mäandertartig gewunden und parallel zum Peritrem angeordnet oder schwach gebogen bis gerade (Abb. 5). Die einzige Ausnahme in der Familie der Muscidae stellt das Aussehen der Fanninae dar, deren segmentierte Larven abweichend von der gewohnten Madenform aufgrund zahlreicher Fortsätze ein stechapfelartiges Äußeres aufweisen.

Tabelle 2. Relative Individuenzahl der einzelnen Fliegengattungen im Verhältnis zum Zustand des besiedelten Leichnams



Die Form und Ausgestaltung des 12. Segmentes bietet somit wichtige und vor allem schon mit freiem Auge erkennbare Merkmale zwischen den unterschiedlichen Fliegenfamilien, wodurch die Maden leicht im Hinblick auf die 3 wesentlichen Untersuchungsgruppen sortiert werden können.

Diskussion

Anhand der Gattungs- und Artbestimmungen konnte während der fliegenaktiven Periode (April bis November 1981) an unserem Leichengut ein Befall mit ca. 80% Calliphoridae (blau oder grün metallisch glänzende Schmeißfliegen), ca. 15% Sarcophagidae (große, graue, pelzige, nicht metallisch glänzende Fleischfliegen) und ca. 5% Muscidae (mittelgroße, nicht metallisch glänzende Stubenfliegenartige) nachgewiesen werden. Weiters fand sich abhängig von der Liegedauer und dem Fäulnisgrad der Toten eine gewisse Gesetzmäßigkeit im Beflug des Leichnams durch unterschiedliche Fliegengattungen. Megnin hat als erster 1894 auf das Vorliegen derartiger Besiedlungswellen hingewiesen. Da die Originalarbeit bereits nomenklatorisch überholt ist, werden unter Beachtung neuerer entomologischer Erkenntnisse [2, 9, 16, 18, 19] die eigenen Ergebnisse zu diesem Thema in Tabelle 2 dargestellt.

Berücksichtigt man somit den Zustand des Leichnams und das Ausmaß der an ihm beobachteten Fliegengattungen unter Bedachtnahme der einzelnen Entwicklungsstadien, so lassen sich bei genauer Kenntnis der lokalen meteorologischen Gegebenheiten und des artspezifischen Entwicklungsverlaufes im jeweiligen Fall

aufschlußreiche Informationen über den Todeszeitpunkt gewinnen. Da die eingehende morphologische Beschreibung der einzelnen Gattungen und Arten sowie die Erläuterung ihrer ökologischen Auffälligkeiten und Entwicklungsmodalitäten den Rahmen der gegenständlichen Schrift bei weitem sprengen würde, muß auf bereits geplante Veröffentlichungen verwiesen werden, welche diese Themen und ihre Anwendbarkeit bei der Ermittlung der Todeszeit ausführlich dargelegt werden.

Danksagung. Wir danken Frau Dr. Klepal, Institut für Zoologie, Abteilung für Ultrastrukturforschung, für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen.

Literatur

1. Barton Browne L (1960) The role of olfaction in the stimulation of oviposition in the blowfly *Phormia regina*. J Insect Physiol 5:16
2. Bornemissza GF (1957) An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. Aust J Zool 5:1
3. Campbell E, Black RJ (1960) The problem of migration of mature fly larvae from refuse containers and its implication of the frequency of refuse collection. Calif Vector Views 7:9
4. Cragg JB (1956) The olfactory behaviour of *Lucilia* species (Diptera) under natural conditions. Ann Appl Biol 44:467
5. Davies L (1948) Laboratory studies on the egg of the blowfly *Lucilia sericata* (Mg). J Exp Biol 25:71
6. Ecke DH, Linsdale DD, White KE (1965) Migration of green blowfly larvae from six refuse container systems. Calif Vector Views 12:35
7. Green AA (1951) The control of blowflies infesting slaughterhouses. I. Field observations on the habits of blowflies. Ann Appl Biol 38:475
8. Harlow PM (1956) A study of ovarian development and its relation to adult nutrition in the blowfly *Protophormia terraenovae* (RD). J Exp Biol 33:77
9. Hennig W (1950) Entomologische Beobachtungen an kleinen Wirbeltierleichen. Z Hyg Zool 2-3:33
10. Hennig W (1948-1952) Die Larvenformen der Dipteren I-III. Akademie-Verlag, Berlin
11. Holczabek W, Depastas G (1979) Zur Anwendung des Operations-Mikroskopes in der Gerichtlichen Medizin. Beitr Gerichtl Med 37:45-54
12. Kamal AS (1958) Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagous Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera). I. Bionomics. Ann Entomol Soc Am 51:261
13. Kawai S (1963) The behaviour of the larvae of flies to water. Kwassui Bull Nagasaki Univ 6:23
14. Megnin P (1894) Faune des Cadavres. Application de l'Entomologie à la Médecine Légale. Paris Encyclopédie Sci Aide-Mémoire
15. Mueller B (1975) Gerichtliche Medizin. Springer, Berlin Göttingen Heidelberg
16. Reed HB, Jr (1958) A study of dog carcass communities in Tennessee with special reference to the insects. Am Midland Naturalist 59:213
17. Smith KGV (1973) Insects and other arthropods of medical importance. British Museum (Natural History)
18. Smith KGV (1975) The faunal succession of insects and other invertebrates on a dead fox. Entomol Gaz 26:277
19. Utsumi K (1958) Studies on arthropods congregating in animal carcasses with regard to the estimation of postmortem interval. Ochanomizu Med Ann (Tokyo) 7:202
20. Zumpt F (1956) Calliphoridae. In: Lindner E (Hrsg) Die Fliegen der palaearktischen Region. Thieme, Stuttgart

Eingegangen am 25. Juni 1982