

Zum Wachstumsverhalten der Maden der blauen Schmeißfliege *Calliphora vicina*

C. Reiter

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

On the Growing Behaviour of the Maggots of Blue Blowfly *Calliphora vicina*

Summary. Fifty-three clusters of blowfly eggs of the genus *Calliphora vicina* were observed in the laboratory up to the hatching stage under reproducible and virtually field-like conditions. Rearing the larvae was then continued up to pupation, the larval growth in length being recorded several times a day. As the object was to study the dependence of the larvae increase in length on the temperature conditions in vitro, the substratal humidity and food supply were kept unchanged during the entire study. The temperature ranged from 6.5°C to 35°C, with the temperature for the individual cluster kept constant during the entire developmental process. Data on about 5500 measured larvae were statistically evaluated. The basic result established was that in the case of the blowfly of the genus *Calliphora vicina* in vivo, all developmental stages relevant to the entomologic determination of the time of death depend on the temperature conditions: (1) the duration of the egg stage increases with decreasing temperature; (2) the speed of larval growth is slower at lower temperatures; (3) the maximal larval length is reached earlier at higher temperatures; (4) the mean value of maximal length decreases with increasing temperature; (5) larvae under all temperature conditions decrease in size after having reached their maximal length, the decrease in length being more rapid at higher temperatures; (6) constant temperatures over 30°C lead to "stunted forms" which do not pupate and die; (7) constant temperatures under approximately 16°C after the peak of growth has been reached inhibit the readiness to pupate, which causes the larvae to fall into a stationary state of rest, which will be interrupted only when the temperature is raised and resumption of the metamorphosis is thus induced.

To allow rapid reconstruction of the larval age in general practice, the established growth data were set out in the form of a diagram designated *isomegalendiagram*, which permits temperature-fluctuation-related entomologic determination of the time of death with a maximum degree of accuracy.

Key words: Blowfly *Calliphora vicina* – Maggots, growing behaviour – Time of death, method of estimation

Zusammenfassung. Dreiundfünfzig Gelege der Schmeißfliegenart *Calliphora vicina* wurden bei reproduzierbaren und den natürlichen Lebensumständen äußerst nahekommenden Bedingungen im Labor bis zum Schlüpfvorgang beobachtet. Die Weiterzucht der Maden bis zur Verpuppungsfähigkeit erfolgte unter täglich mehrmaligem Vermerk ihrer Länge. Da die Abhängigkeit des Längenwachstums der Maden von den Temperaturgegebenheiten in vitro zu untersuchen war, wurden Substratfeuchtigkeit und Nahrungsangebot während der gesamten Studie nicht verändert. Die Temperaturskala reichte von 6,5°C bis 35°C, wobei die Temperatur für das einzelne Gelege während des gesamten Entwicklungsablaufes jedoch konstant gehalten wurde. Zur statistischen Auswertung gelangten die Daten von etwa 5500 vermessenen Maden. Als grundsätzliches Ergebnis konnte erhoben werden, daß bei der Schmeißfliegenart *Calliphora vicina* in vivo sämtliche, für die entomologische Todeszeitbestimmung zu berücksichtigende Entwicklungsvorgänge in Abhängigkeit von den Temperaturbedingungen ablaufen, wobei: 1. Die Dauer des Eistadiums bei Abnahme der Temperatur zunimmt. 2. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Maden bei niedrigen Temperaturen geringer ist. 3. Die Maximallänge der Maden bei höheren Temperaturen früher erreicht wird. 4. Der Durchschnittswert der Maximallänge mit zunehmender Temperatur abnimmt. 5. Maden unter allen Temperaturbedingungen nach Erreichen ihrer Maximallänge an Größe abnehmen; die Längenabnahme jedoch bei höheren Temperaturen rascher erfolgt. 6. Konstante Temperaturen über 30°C zur Ausbildung von „Kümmerformen“ führen, welche sich nicht verpuppen und absterben. 7. Konstante Temperaturen unter ca. 16°C nach Erreichen des Wachstumsgipfels eine Hemmung der Verpuppungsbereitschaft bewirken, wodurch die Maden in einen stationären Ruhezustand verfallen, der erst durch Erhöhung der Temperatur wieder unterbrochen wird und zur Fortsetzung der Entwicklungsvorgänge führt.

Um in der Praxis das Madenalter rasch ermitteln zu können, wurden die durch unsere Versuche gewonnenen Wachstumsdaten in einer von uns als *Isomegalen-Diagramm* bezeichneten Graphik zusammengefaßt. Anhand dieses Diagrammes kann das Alter der Maden ziemlich genau ermittelt werden, wobei die Temperaturschwankungen berücksichtigt sind. Das Alter der Maden gibt wiederum sehr wesentliche Hinweise für den Todeszeitpunkt.

Schlüsselwörter: Blaue Schmeißfliege *Calliphora vicina* – Maden, Wachstumsverhalten – Todeszeit, Madenwachstum

Überschaut man die Rolle der Schmeißfliegen im Haushalt der Natur, so sehen wir in den von Faulstoffen lebenden Fliegen und ihren Larven einmal aufgrund ihrer nekrophagen Lebensweise bedeutsame Regler des Gleichgewichtes innerhalb der Lebensgemeinschaften, zum anderen dienen sie in der Nahrungskette zahlreichen höherstehenden Lebewesen als Ernährungsgrundlage. Die metallisch glänzende, blaue Schmeißfliege *Calliphora vicina* – im Schrifttum gelegent-

lich auch *Calliphora erythrocephala* genannt – wird alljährlich in der Zeit von März bis November aufgrund ihres geräuschvollen und aufdringlichen Verhaltens jedermann als lästiger Schmarotzer bewußt. Im europäisch-afrikanischen Raum ist die geographische Verbreitung dieser Fliegenart im Norden bis nach Mittelfinnland [4] bzw. im Süden bis in die mediterranen Gebiete Nordafrikas [9] reichend beschrieben. Ihre große Bekanntheit ist auf das markante ökologische Verhalten zurückzuführen, mit Vorliebe in der Nähe menschlicher Siedlungen zu leben [5, 6], wobei die Fliegen auch einen längeren Aufenthalt im Inneren der Wohnungen nicht scheuen. Dieser Umstand und der extrem feine Geruchssinn der Tiere bringen es mit sich, daß die legebereiten Weibchen dieser Schmeißfliegenart bei gemäßigten klimatischen Bedingungen ihre Eier schon auf „frische“ Leichname, aber auch bereits auf Sterbende ablegen können [3]. Dieser enge zeitliche Zusammenhang zwischen Todeseintritt und Eiablage sowie die zahlenmäßige Dominanz der Maden der *Calliphora vicina* auf menschlichen Leichen in besiedelten Gebieten [8] berechtigen dazu, aus gerichtsmedizinischer und kriminalistischer Sicht den Larven dieser Fliegenart eine besonders hohe Aussagekraft bei der Rekonstruktion der Todeszeit zuzubilligen.

Da eingehende Untersuchungen über das Wachstumsverhalten der Maden der forensisch bedeutsamen Schmeißfliege *Calliphora vicina* selbst von entomologischer Seite bislang nicht durchgeführt wurden, erschien es angezeigt, durch Züchtung der Larven unter reproduzierbaren und genormten, jedoch den natürlichen Gegebenheiten weitgehendst entsprechenden Bedingungen dahingehende Untersuchungen vorzunehmen, ob aufgrund der Madenlänge der Zeitpunkt der Eiablage und somit der Zeitpunkt des Todes rekonstruiert werden kann.

Material und Methode

Züchtung

Weibliche Individuen der Art *Calliphora vicina* [10] wurden schonend gefangen und einzeln in weithalsige, mit Stoff verschlossene, lichtdurchlässige 200 ml Gläser gebracht. Der Boden der Gefäße war mit feuchtem Sägemehl ca. 1 cm hoch bedeckt. Im Verlauf der nächsten Tage legten etwa 20% der gefangenen Weibchen ihre Eier auf ein am Boden des Glases deponiertes Lebergewebsstückchen ab. Auf diese Weise konnten für die Untersuchungen 53 Gelege mit je etwa 80–200 Eiern gewonnen werden. Unmittelbar nachdem die Jungmaden aus den Eiern geschlüpft waren – dieser Zeitpunkt wurde in den weiteren Untersuchungen als Zeitkoordinate „Null“ angenommen – gelangten die Gläser in Klimaschränke bzw. in Räumlichkeiten mit den jeweils gewünschten Temperaturbedingungen.

Von den 53 Eiballen wurden

9 bei 35°C

7 bei 30°C

14 bei 22–23°C

8 bei 18–19°C

7 bei 14–16°C

6 bei 10–12°C

2 bei 6,5°C

gezüchtet.

Die Konstanz des jeweiligen Temperaturbereiches – sie wurde mit Mini-Max-Thermometer überprüft – sowie die Feuchtigkeit des Brutmediums und das Futterangebot unterlagen

einer mehrmaligen täglichen Kontrolle. Zur Ermittlung der exakten Madenlänge erwies es sich als unbedingt nötig, die Tiere in einem optimal gestreckten und regungslosen Zustand zu vermessen. Da dies nur bei toten Tieren möglich ist, wurden 1–2mal täglich jeder Züchtungscharge 5–10 Individuen entnommen, mit siedendem Wasser übergossen und die Länge jeder Made anschließend unter gleichzeitigem Vermerk des Untersuchungszeitpunktes protokolliert. Die Untersuchungen wurden gewöhnlich beendet, wenn ca. 50% der Tiere verpuppt waren. Insgesamt konnten im Rahmen der gegenständlichen Studie Meßdaten von etwa 5500 vermessenen Einzelindividuen erhoben werden.

Auswertung der Meßdaten

Die errechneten Durchschnittslängen der Individuen der einzelnen Messungen wurden in ein, für jede Züchtung eigens angefertigtes Zeit-Längen-Koordinatensystem eingetragen, so daß 53 Wachstumskurven zur Darstellung kamen. Da die einzelnen Messungen täglich nicht immer zur gleichen Zeit erfolgen konnten, es aber nur zulässig ist bei statistischer Auswertung jene Meßdaten heranzuziehen, die zeitlich übereinstimmen, mußten die einzelnen Längenwerte unter Zuhilfenahme dieser Wachstumskurven korrigiert werden. Anhand der extrapolierten täglichen Durchschnittslängen der 53 Züchtungen wurden für die jeweilige Versuchstemperatur der Mittelwert der Madenlängen (\bar{x}) sowie die Standardabweichung (S) pro Tag berechnet.

Die Mittelwerte \bar{x} wurden nach der Formel $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ – Summe der Einzelwerte dividiert durch die Anzahl der Einzelwerte-, die Standardabweichungen gemäß $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$ –

Quadratwurzel aus der Summe der Differenzquadrate dividiert durch die Anzahl der Einzelwerte minus 1 ermittelt.

Die gewonnenen Daten bilden die Grundlage für das Entwicklungsdiagramm. Die im Entwicklungsdiagramm angeführten Entwicklungskurven stellen somit jede für sich die Mittelwertkurve aller Wachstumskurven eines bestimmten Temperaturbereiches dar. Da die Madenlänge unter natürlichen Lebensbedingungen eine Funktion aus Temperatur und Zeit darstellt, wurde für das gesamte Längenspektrum – vom Schlüpfen aus dem Ei bis zur Verpuppung – anhand der 53 Wachstumskurven jeweils jenes durchschnittliche Madenalter und dessen Standardabweichung ermittelt, bei der die Made unter einer bestimmten Temperatur eine gewisse willkürlich gewählte Länge aufweist. Die erhobenen Alterswerte für markante Madengrößen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Ergebnisse

Eiperiode

Beobachtungen im Leichenhaus und im Hofe des Wiener Institutes im Verlauf der Jahre 1981, 1982 und 1983 an weiblichen Fliegen der *Calliphora vicina* konnten zeigen, daß eine Eiablage von Mitte März bis Mitte November erfolgen kann. Es fiel auf, daß die meteorologischen Bedingungen einen sehr großen Einfluß auf die Fortpflanzungsbereitschaft der Weibchen haben. An heiteren bis wolkenlosen Tagen läßt sich eine rege Legetätigkeit beobachten, während bei bedecktem Himmel oder gar bei Niederschlag sehr selten Eiballen gefunden werden. Starke Bewölkung hemmt selbst an sehr warmen Tagen die Legebereitschaft während im Gegensatz dazu noch bei klaren frühwinterlichen Bedingungen (15,5°C Tageshöchsttemperatur) eine gehäufte Eiablage registriert werden kann. Es spricht daher vieles dafür, daß bei den Weibchen der *Calliphora vicina* der Drang zum Absetzen der Eier insbesondere durch Sonnenschein forciert wird. Von den derart stimulierten und legebereiten Weibchen werden jedoch zur

Ablage der Eier letztlich schattige Plätze sowie geschlossene Räume bevorzugt. Die überwiegende Zahl der beobachteten Eiballen wurde während des Tages – d. h. zur Zeit des Tageslichtes – gelegt. Anhand einiger Fälle konnte aber sicher nachgewiesen werden, daß eine Eiablage jedoch auch in der Nacht – also bei völliger Dunkelheit – stattfinden kann, wobei der Leichnam, an welchem dies letztlich erfolgt, von den Weibchen aber bereits vor der Dämmerung aufgesucht wird. Häufig kann beobachtet werden, daß die Muttertiere sehr lange auf dem Leichnam scheinbar herumirren, bis sie den endgültigen Eiablageplatz gefunden haben. Die Dauer des gesamten Legevorganges beträgt in der Regel 15–30 min.

Die Annahme, daß die Muttertiere bei der Wahl des Brutmediums äußerst anspruchsvoll vorgehen – dies geschieht offenbar im Interesse des temperatur- und feuchtigkeitsempfindlichen Geleges – wird u. a. dadurch bestätigt, daß von den etwa 250 gefangenen Weibchen nur bei 53 (20%) eine Legetätigkeit unter artifiziiellen Bedingungen „erzwungen“ werden konnte. In nur 32 Fällen war es möglich, die Weibchen beim Absetzen der Eier direkt zu beobachten und dadurch exakte Daten über die Dauer der Eiperiode – den Zeitraum zwischen Eiablage und Schlüpfen der Maden – zu gewinnen. Diese 32 Gelege wurden unter hoher Luftfeuchtigkeit jedoch bei unterschiedlichen Temperaturbedingungen bis zum Schlüpfen der Jungmaden beobachtet.

Die durchschnittliche Dauer des Eistadiums beträgt

bei 11°C (13 Fälle) 2,83 Tage,

bei 15°C (2 Fälle) 1,21 Tage,

bei 19°C (5 Fälle) 0,95 Tage, und

bei 22,5°C (9 Fälle) 0,86 Tage.

Neunundzwanzig der 32 Gelege wiesen unter den jeweils identen Klimabedingungen nur geringe Abweichungen vom Mittelwert auf. In den anderen 3 Fällen (2mal bei 11°C und 1mal bei 22,5°C) war jedoch die Dauer des Eistadiums erheblich (mehrere Stunden) kürzer als beim übrigen, zahlenmäßig nahezu übereinstimmenden Kollektiv. Eine von den Durchschnittswerten deutlich abweichende Verzögerung des Eistadiums konnte hingegen niemals beobachtet werden. Die aus entomologischer Sicht wahrscheinlichste Erklärung dafür, daß gelegentlich eine Verkürzung der Eiperiode zu beobachten ist, dürfte in der beschriebenen Eigentümlichkeit [1] gewisser Schmeißfliegenarten zu finden sein, daß die legebereiten Weibchen bis zum Auffinden eines optimalen Ablageplatzes die befruchteten und bereits in Entwicklung befindlichen Eier zurückbehalten können.

Entwicklungsdiagramm

Dem Wachstum der Maden der Schmeißfliegenart *Calliphora vicina* liegt ein grundsätzliches Kurvenbild zugrunde, welches in Abhängigkeit von den Temperaturbedingungen gewissen Formveränderungen unterliegt (Abb. 1). Alle Wachstumskurven lassen übereinstimmend einen aufsteigenden Anteil, einen Gipfel und einen absteigenden Anteil erkennen. Bei höheren Temperaturen zeigt der aufsteigende Kurvenschenkel einen steileren Anstieg, so daß der Kurvengipfel ebenfalls rascher erreicht wird, als bei kühleren Bedingungen. Daraus ersieht man, daß die Maden bei hohen Temperaturen rascher ihren Wachstums-

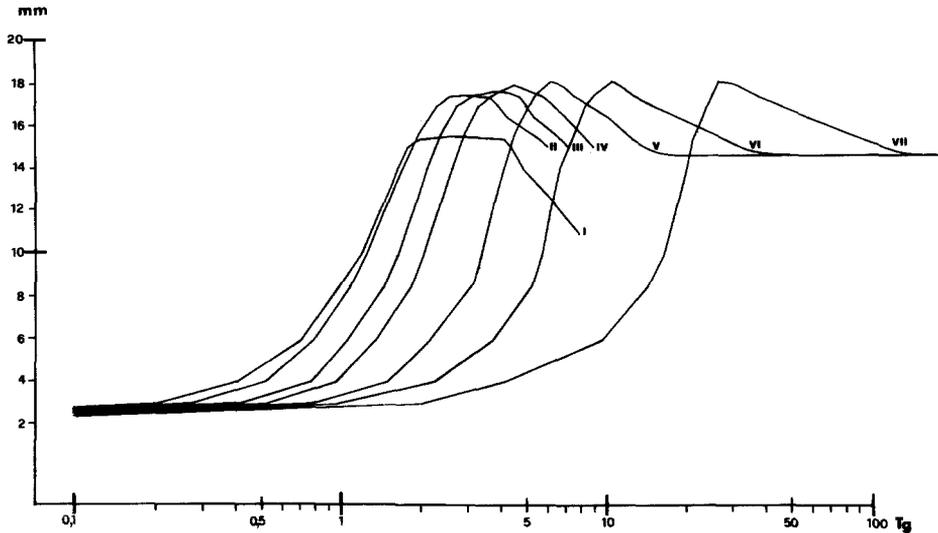


Abb. 1. Entwicklungskurven der Maden der Art *Calliphora vicina* bei konstanten Züchtungstemperaturen: I=35°C, II=30°C, III=22-23°C, IV=18-19°C, V=14-16°C, VI=10-12°C, VII=6,5°C,

Tabelle 1

Temperatur (°C)	Tag		Durchschnittliche Maximallänge (mm)	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
6,5	26,72	1,30	18,20	0,88
10-12	10,52	0,82	18,20	0,78
14-16	6,28	0,72	18,20	0,66
18-19	4,53	0,46	18,13	0,70
22-23	3,81	0,37	17,71	0,67
30	2,90	0,24	17,61	0,45
35	2,65	0,76	15,63	0,64

gipfel erreichen - wobei deren durchschnittliche Maximallänge aber mit zunehmender Temperatur gering abnimmt. Individuen, welche sich bei 30°C entwickeln, sind somit zum Zeitpunkt ihres Wachstumsgipfels deutlich kleiner als jene, welche unter niedrigen Temperaturen heranwachsen (Tabelle 1).

Unmittelbar nach Erlangen ihrer maximalen Länge stellt die Made die Nahrungsaufnahme ein, der ursprünglich dunkel durchscheinende Darmtrakt leert sich und die Made nimmt - möglicherweise infolge Flüssigkeitsverlustes und eines erhöhten Grundmuskeltonus - zusehends an Länge ab. Diese Längenreduktion, welche im Verpuppungsvorgang ihr abruptes Ende findet, kommt im absteigenden Schenkel der Entwicklungskurve zum Ausdruck. Je niedriger die Temperatur, desto flacher verläuft der absteigende Kurvenanteil.

Tabelle 2

Länge (mm)	6,5°C		10-12°C		14-16°C		18-16°C		22-23°C		30°C		35°C	
	\bar{x}	S												
2,00	0		0		0		0		0		0		0	
3,00	2,0	0,7	0,9	0,2	0,8	0,1	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2
4,00	4,2	0,8	2,2	0,2	1,5	0,2	1,0	0,2	0,7	0,2	0,5	0,1	0,1	0,4
6,00	9,6	0,6	3,7	0,5	2,2	0,2	1,3	0,2	1,0	0,2	0,8	0,3	0,3	0,7
8,50	14,5	0,7	5,3	0,3	3,2	0,1	1,8	0,3	1,5	0,3	1,1	0,3	0,3	1,0
10,00	16,5	1,2	5,7	0,4	3,4	0,1	2,1	0,3	1,6	0,3	1,2	0,3	0,3	1,2
12,00	18,3	1,0	6,2	0,5	3,8	0,1	2,3	0,4	1,9	0,3	1,5	0,4	0,4	1,4
14,00	20,2	1,0	6,7	0,5	4,1	0,2	2,6	0,4	2,1	0,4	1,7	0,4	0,4	1,7
15,50	21,6	1,1	7,5	0,7	4,4	0,2	2,9	0,4	2,4	0,4	1,9	0,4	0,4	1,7
15,75	21,9	0,9	7,7	1,0	4,5	0,2	2,9	0,4	2,4	0,4	2,0	0,4	0,4	1,8
17,00	24,0	1,4	8,4	1,0	5,1	0,2	3,3	0,5	2,8	0,4	2,3	0,4	0,4	0,2
17,50	24,9	1,3	9,1	1,0	5,3	0,4	3,7	0,7	3,2	0,4	2,6	0,3	0,3	0,1
17,90	25,9	1,2	9,6	1,0	5,6	0,5	3,9	0,6						
18,00	26,0	1,3	9,9	0,8	6,0	0,8	4,2	0,4						
17,50	38,2	2,2	12,8	2,2	7,6	1,0	5,8	1,7	4,7	0,7	3,6	0,6		
17,00	46,7	2,2	15,0	2,2	8,8	1,3	6,3	1,6	5,0	0,9	4,0	0,5		
16,50	56,9	4,8	18,6	2,1	10,3	1,4	7,1	1,5	5,3	0,9	4,2	0,6		
15,50	92,6	4,9	28,3	2,0	12,5	0,6	8,4	0,8	6,7	1,0	5,6	1,2	4,2	1,3
15,30	102,2	4,8	29,8	1,9	13,4	0,6	8,6	0,7	7,0	0,8	5,8	1,2	4,3	1,3
15,10	112,4	4,3	31,2	2,0	14,4	0,7	8,9	0,7	7,3	0,7	6,1	1,4	4,4	1,3

Züchtungen bei einer Temperatur von 35°C lassen ein Abweichen des Wachstumsverhaltens erkennen, welches in einer abnormen Entwicklungskurve ihren Niederschlag findet. Der Anstieg ist zwar gemäß der beobachteten Gesetzmäßigkeit steiler als bei 30°C, doch kommt es bei etwa 15,5 mm zu einer unerwarteten Wachstumshemmung und zu einer deutlichen Plateaubildung im Diagramm. Nach der obligaten Längenabnahme im Verlauf des absteigenden Kurvenschenkels tritt keine Verpuppung ein. Die Maden schrumpfen zusehends und sterben bald ab.

Bei Temperaturbedingungen unter 16°C kommt es nicht mehr zur generellen Verpuppung. Herrschen gleichzeitig feuchte Umgebungsbedingungen, können die Maden bei niedrigen Temperaturen viele Wochen in diesem Entwicklungszustand verharren, wobei es bei einzelnen Individuen zur spontanen Verpuppung kommen kann. Diese Puppen sterben in der Regel ab. Bringt man jedoch die verbliebenen Maden – selbst nach mehreren Monaten – in Temperaturbereiche über 20°C, tritt eine generelle Verpuppung ein und es kommt nach Beendigung der Puppenzeit zum Schlüpfen von normal entwickelten Fliegen.

Isomegalendiagramm

Wie die vorliegenden Untersuchungsergebnisse über das Entwicklungsverhalten der Maden der blauen Schmeißfliege *Calliphora vicina* aufzeigen, besteht bei konstanter Milieufeuchtigkeit und bei ausreichendem Nahrungsangebot eine sehr enge Gesetzmäßigkeit zwischen Madenlänge sowie Umgebungstemperatur und Larvenalter. Für Untersuchungen der Leichenfauna können Milieufeuchtigkeit und Nahrungsangebot als nahezu konstante Entwicklungsfaktoren angesehen werden, zumal die Fliegenmade, welche auf bzw. in menschlichen Leichnamen heranwächst, üblicherweise in der Lage ist, sich diese beiden Entwicklungsparameter selbst optimal auszusuchen. Somit kann für forensisch entomologische Zwecke postuliert werden, daß die Madenlänge nahezu ausschließlich als eine Funktion aus Temperatur und Zeit gewertet werden kann.

Es war daher erforderlich, anhand der ermittelten Züchtungsdaten (Tabelle 2) eine, für den praktisch tätigen Gerichtsmediziner relativ einfach zu handhabende Methode auszuarbeiten, mit deren Hilfe das Larvenalter – bei Kenntnis der Temperaturbedingungen und nach Errechnen der durchschnittlichen Madenlänge – rasch ermittelt werden kann. Für markante Larvengrößen wurden daher in einem Zeit-Temperatur-Koordinationssystem, welches die Züchtungsdaten enthält, alle Punkte gleicher Körperlängen verbunden, so daß für jede dieser Längenmaße eine charakteristische Kurve – eine Isomegale (*ισος* = gleich, *μεγαλος* = lang) – zur Darstellung kam. Da das Wachstum von Lebewesen anhand einer Exponentialfunktion beschrieben werden kann, wurde zur Darstellung der Kurvenverläufe im Isomegalendiagramm eine doppelt logarithmische Form gewählt (Abb. 2).

Diskussion

Praktische Todeszeitbestimmung

Als Grundlage für die erfolgreiche Durchführung einer forensischen Todeszeitbestimmung mit Hilfe von Fliegenmaden muß eine detaillierte Kenntnis der

Unterscheidungsmerkmale der diversen Larvenarten sowie der Bestimmungsmethodik [7] vorausgesetzt werden. Da die einzelnen forensisch bedeutsamen Madenarten höchst unterschiedliche Entwicklungskurven aufweisen, stellt die mikroskopische Artbestimmung den ersten Schritt im Rahmen derartiger Untersuchungen dar.

Vor jeder Rekonstruktion des Madenalters muß weiter geklärt werden, ob sich die zu bestimmenden Maden in ihrem Entwicklungsstadium vor bzw. nach dem Wachstumsgipfel befinden. Diese Differenzierung bereitet in der Praxis keine wesentlichen Probleme, da die Maden vor Erreichen des Peaks eine eher träge Lebensweise aufweisen, während sie nach Erlangen der maximalen Länge „herumwandern“, keine Nahrung mehr aufnehmen und sich bei Berührung rasch tönchenförmig zusammenziehen. Es ist somit – um schwerwiegende Fehler zu vermeiden – erforderlich, Maden, welche größer als 14 mm sind, in diese Richtung zu untersuchen.

Die Form des Isomegalendiagrammes ermöglicht es, vor allem bei konstanter Umgebungstemperatur, eine außerordentlich genaue Bestimmung des Zeitraumes zwischen dem Schlüpfen aus dem Ei und dem Zeitpunkt der Madentötung durchzuführen. Bei wechselnden Temperaturbedingungen, wie etwa bei Leichenfunden im Freien, ist es ratsam, das Madenalter mit Hilfe folgender Methoden zu ermitteln:

Methode 1: Bestanden für die präsumptive postmortale Liegezeit nur geringe Temperaturschwankungen (z. B. $\pm 2^{\circ}\text{C}$), so kann eine Rekonstruktion allein mit Hilfe des errechneten Temperaturmittelwertes durchgeführt werden.

Methode 2: Bestanden erhebliche Temperaturschwankungen, so ist es empfehlenswert, unter Berücksichtigung der maximalen und minimalen Tagestemperaturen eine schrittweise graphische Rückrechnung anhand des Isomegalendiagrammes durchzuführen. Dies sollte derart geschehen, daß auf Höhe des Durchschnittswertes zwischen täglicher Minimal- und Maximaltemperatur im Isomegalendiagramm jeweils die Spanne eines Tages graphisch zurückverfolgt werden muß, um zu jener Madenlänge zu gelangen, welche 24 h vorher bestanden hat. Um letztlich das Larvenalter zu ermitteln, muß diese Rückrechnung etappenweise in 1-Tagesschritten bis zur Ausgangslänge von 2 mm durchgeführt werden.

Illustrierender Fallbericht: Die alleinstehende M. B. wurde am 19. 6. um 18.00 Uhr tot in fortgeschrittenem faulen Zustand in der Küche ihrer Wohnung aufgefunden. Anschließend gelangte der Leichnam in das hiesige Institut und wurde, da eine entomologische Untersuchung geplant war, bei Außentemperaturen (12°) gelagert. Die Obduktion erfolgte am 20. 6. um 11.00 Uhr. Es fanden sich zahlreiche annähernd gleich große Fliegenmaden, die intensiv fraßen und dementsprechend einen braunrot durchschimmernden Darmtrakt aufwiesen – also Maden vor dem Wachstumsgipfel. Anschließend wurde die Tötung der Maden mit siedendem Wasser durchgeführt: Meßtermin (20. 6., 12.00 Uhr). Mikroskopische Artbestimmung: *Calliphora vicina*. Berechnung der durchschnittlichen Madenlänge anhand von 15 Individuen: 17,2 mm. Rekonstruktion des Eiablagezeitpunktes mit Hilfe des Isomegalendiagrammes (Abb. 3).

Methode 2 (M2):

	Madenlänge	Durchschnittliche Tagestemperatur	Relatives Madenalter
Meßtermin	17,2 mm	Bei 12°C	7,4 Tage
Meßtermin - (1 Tag)	15,5 mm	Bei 12°C	6,4 Tage
Meßtermin - (2 Tage)	12,3 mm	Bei 12°C	5,4 Tage

Eine Änderung der durchschnittlichen Tagestemperatur (12°-20°) erfordert eine Umrechnung des relativen Madenalters: Während einer durchschnittlichen Madenlänge von 12,3 mm bei 12°C ein Alter von 5,4 Tagen entspricht, ist dieses für dieselbe Madenlänge bei 20°C mit 2,2 Tagen anzusetzen.

	12,3 mm	Bei 20°C	2,2 Tage
Meßtermin - (3 Tage)	6,0 mm	Bei 20°C	1,2 Tage
Meßtermin - (4 Tage)	2-3 mm	Bei 20°	0,2 Tage
Meßtermin - (4 + 0,2 Tage)	2,0 mm	Bei 20°C	0 Tage Schlüpfzeit
	Eiperiode	Bei 20°	0,9 Tage
Meßtermin - (4 + 0,2 + 0,9)	= Eiablagetermin		
Meßtermin - (5,1 Tage)	= Eiablagetermin		
20. 6., 12.00 Uhr - (5,1 Tage)	= 15. 6., 10.00 Uhr Eiablagetermin		

Methode 1 (M1):

Höchste durchschnittliche Tagestemperatur der letzten 7 Tage:	20°C
Tiefste durchschnittliche Tagestemperatur der letzten 7 Tage:	12°C
Durchschnittliche Temperatur der letzten 7 Tage:	16°C

Da relativ große Temperaturschwankungen herrschten, darf kein sehr genaues Ergebnis erwartet werden: 17,2 mm (vor dem Peak) entspricht bei 16°C einem Madenalter von 4,4 Tagen.

Die durchschnittliche Tagestemperatur 4,4 Tage vor dem Meßtermin (20. 6.), am 16. 6. betrug 20°C:

Dauer der Eiperiode bei 20°C = 0,9 Tage.

Eiablagetermin somit 4,4 + 0,9 Tage vor dem Meßtermin (20. 6., 12.00 Uhr).

Errechner Eiablagetermin: 15. 6., 2.00 Uhr.

Verifizierung: Das Ergebnis der Leichenöffnung ergab als Todesursache eine Hirnmassenblutung. Die polizeilichen Erhebungen konnten aufdecken, daß M. B. am 15. 6. morgens beim Einkaufen letztmals gesehen worden war. Am Küchentisch in unmittelbarer Nähe der Leiche wurde in einer Tasche z. T. verdorbenes Einkaufsgut sowie eine Tageszeitung vom 15. 6. vorgefunden. In der Küche stand ein kleines Klappfenster zum Stiegenhaus offen. Die meteorologischen Bedingungen am 15. 6. waren für eine Eiablage durch Schmeißfliegen günstig.

Folgerung: Nach den Umständen des Falles dürfte M. B. kurze Zeit nach dem Einkaufen in ihrer Küche verstorben sein. Beide entomologischen Rekonstruktionsmethoden ergaben als Eiablagetermin die erste Tageshälfte des 15. 6.

Entwicklungsphysiologische Aspekte

Überdenkt man die vorliegenden Ergebnisse der Madenzüchtungen anhand des Entwicklungsdiagrammes so fällt auf, daß im gesamten untersuchten Temperaturbereich trotz eines grundsätzlich gemeinsamen Aufbaues der Entwicklungskurven eigentlich 3 unterschiedliche Verlaufsformen zu erkennen sind.

Von 18°C bis 30°C kommt es zwischen dem 7.-10. Tag im Rahmen des Verpuppungsvorganges zur Umwandlung der Maden in normal geformte tönnchenförmige Puparien, aus welchen nach der Puppenzeit regelrechte Fliegen – sogenannte Imagines – schlüpfen. Im Gegensatz dazu führen sowohl Bedingungen oberhalb als auch unterhalb dieses Temperaturbereiches zur Unterbrechung der Metamorphose, jedoch unterscheiden sich die Entwicklungsvorgänge unterhalb von etwa 16°C deutlich von jenen über 30°C. Eine Umgebungstemperatur von 35°C bewirkt vorerst eine auffällige Wachstumshemmung und die Entstehung von Kümmerformen. Nach Erreichen der Maximallänge schrumpfen die Maden und gehen ausnahmslos zugrunde, ohne das Puppenstadium erreicht zu haben. Da das Nahrungsangebot sowie die Substrat- und Luftfeuchtigkeit im Verlauf aller Züchtungen stets konstant gehalten wurde, dürfte diese Entwicklungsbeendigung und Unterbrechung des gesamten Reproduktionskreislaufes ausschließlich durch die extreme Temperatur bedingt sein. Vergewenwärtigt man sich das geographische Ausbreitungsgebiet der Art *Calliphora vicina*, so erkennt man, daß auch im Bereich ihres südlichsten Vorkommens – in Nordafrika – die Maden dieser Fliegenart selbst im Sommer keiner längerdauernden durchschnittlichen Tagestemperatur von mehr als 30°C ausgesetzt sein können. Die südliche Verbreitungsgrenze und deren Klimabedingungen sowie das Ergebnis der Züchtungen berechtigen daher zu der Annahme, daß es sich bereits bei konstanter Temperatur von 35°C um eine für die Maden der *Calliphora vicina* unphysiologische Lebens- und Entwicklungsbedingung handelt, an welche diese Art nicht mehr angepaßt zu sein scheint.

Bei Temperaturgegebenheiten unterhalb von 16°C hingegen sterben die Maden nicht ab, jedoch eine, die Entwicklung fortsetzende, regelrechte Verpuppung bleibt ebenso aus. Die gelegentlich auftretenden Einzelverpuppungen führen auch oft zur Ausbildung abnorm gestalteter Puparien; Imagines schlüpfen bei derartigen Klimabedingungen nicht. Die überwiegende Zahl der Maden verfällt nach Überschreiten des Wachstumsgipfels bei einer durchschnittlichen Madenlänge von etwa 14,5 mm in einen stationären Lebenszustand, welcher z. B. bei 6,5°C von November bis April des folgenden Jahres aufrechterhalten werden kann. Diese Ruhepause läßt sich jedoch durch Erhöhung der Züchtungstemperatur innerhalb weniger Tage abbrechen und es kommt zur Umwandlung der Maden in regelrechte Puppen und schließlich zum Schlüpfen der Fliegen.

Im Rahmen des Reproduktionszyklus der Fliegenart *Calliphora vicina* scheint daher jener auffällige Entwicklungsstillstand der Larven unterhalb einer durchschnittlichen Temperatur von etwa 16°C der Ausdruck eines Überwinterungsmechanismus darzustellen. Da die relativ kurze Lebenszeit der Imagines [2] eine Überwinterung in Mitteleuropa kaum zuläßt, dürfte der Madenzustand jene relativ unempfindliche „Dauerform“ darstellen, die eine Arterhaltung über die kalte Jahreszeit gewährleistet. Aus diesem Grunde pflegen sich die Maden

nach Überschreiten ihrer Maximallänge vom Freßmedium zu entfernen und bohren sich in das schützende Erdreich, um bei günstigen Klimabedingungen das Puppenstadium zu absolvieren bzw. um abgeschirmt vor Frost den Winter überleben zu können.

Diese biologische Dreiteilung des Temperaturspektrums kommt vor allem auch durch die Darstellungsform des Isomegalendiagramms zum Ausdruck. Im Verlauf jeder Isomegale – ab einer Madenlänge von mehr als 4 mm – können ebenfalls, entsprechend den 3 Temperaturbereichen 3 Kurvenabschnitte differenziert werden. In der doppeltlogarithmischen Graphik zeigen die Isomegalen bis zu einer Temperatur von etwa 16°C einen annähernd linearen Verlauf, um jedoch anschließend bei höheren Temperaturen in eine wesentlich kompliziertere Kurve überzugehen. Bei mehr als 30°C kommt es – insbesondere nach Erreichen des Wachstumsgipfels – zu einer neuerlichen Änderung der Isomegalenform. Es fällt auf, daß der Übergang des Isomegalenverlaufes von einer linearen in eine komplexere Funktion gerade bei etwa 16°C, dem Bereich des klimatischen Verpuppungslimits erfolgt. Während die Madenentwicklung unterhalb dieser Temperaturgrenze offenbar einfacheren biologischen Regeleinflüssen unterliegen dürfte, scheint es bei Temperaturbedingungen oberhalb von 16°C zum zusätzlichen Einwirken weiterer Entwicklungsfaktoren zu kommen.

Zusätzliche, eingehende Züchtungen von Maden anderer Schmeißfliegenarten als auch von Mischpopulationen erscheinen daher unbedingt erforderlich, um durch Vergleich der einzelnen, artspezifisch konfigurierten Isomegalendiagramme, weitere, für die forensische Todeszeitbestimmung möglicherweise bedeutsame entwicklungsphysiologische Zusammenhänge aufdecken zu können.

Literatur

1. Green AA (1951) The control of blowflies infesting slaughterhouses. I. Field observations on the habits of blowflies. *Ann Appl Biol* 38 : 475
2. Kamal AS (1958) Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagous Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera). I. Bionomics. *Ann Entomol Soc Am* 51 : 261
3. Martini E (1952) Lehrbuch der medizinischen Entomologie, 4. Aufl. Fischer, Jena
4. Nuorteva P (1963) Synanthropy of blowflies (Dipt., Calliphoridae) in Finland. *Ann Entomol Fenn* 29 : 1
5. Nuorteva P, Isokoski M, Laiho K (1967) Studies on the possibilities of using blowflies (Dipt.) as medicolegal indicators in Finland. *Ann Entomol Fenn* 33 : 217
6. Reiter C, Wollenek G (1982) Bemerkungen zur Morphologie forensisch bedeutsamer Fliegenmaden. *Z Rechtsmed* 89 : 197
7. Reiter C, Wollenek G (1983) Zur Artbestimmung der Maden forensisch bedeutsamer Schmeißfliegen. *Z Rechtsmed* 90 : 309
8. Reiter C, Wollenek G (1983) Zur Artbestimmung der Puparien forensisch bedeutsamer Schmeißfliegen. *Z Rechtsmed* 91 : 61
9. Schumann H (1965) Die Schmeißfliegengattung *Calliphora*. Merkblätter Angew Parasiten Schädlingsbekämpfung 11 : 1 (Angew Parasitol 6. Beilage)
10. Zumpt F (1956) Calliphoridae. In: Lindner E (Hrsg) Die Fliegen der palaearktischen Region. Thieme, Stuttgart

Eingegangen am 24. Oktober 1983