

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Hamburg
(Direktor: Prof. Dr. med. K. Püschel)

**Über den Einfluss toxischer Substanzen auf die Entwicklung der nekrophagen
Schmeißfliegenart *Lucilia sericata* im Hinblick auf die Bestimmung der
Todeszeit –**

Dokumentation von Verstorbenen mit Insektenbefall und experimentelle
Untersuchungen

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von
Lars Hecht
aus Wolfen

Hamburg 2005

Angenommen vom Fachbereich Medizin

der Universität Hamburg am:

Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs

Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der /die Vorsitzende:

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in:

Prüfungsausschuss, 3. Gutachter/in:

An jenes Ding, mein Herz, erinnre dich:
Der schöne, milde Sommertag –
Und da, ein Aas am Weg, das widerlich
Auf einem Bett von Kieselstein lag;

Der Himmel sah auf das Gerippe hin,
Als öffne eine Blüte sich.
So stark war der Gestank, dass es dir schien,
Ohnmacht erfasse dich.

Und Fliegen summten über faulen Därmen,
Daraus wie zähe Flüssigkeiten
Die Larven krochen, sich in schwarzen Schwärmen
Über die Fetzen auszubreiten.

Das alles hob und senkte sich in Wellen
Und schillerte und schwebte;
Man meinte, dass der Leib in leichtem Schwellen
Sich mehre und so lebe.

In dieser Welt ertönt' ein seltsam Singen,
Wie Wasser, wie der Wind, der weht,
Oder wie Korn, das rhythmisch auf den Schwingen
Geworfelt wird und umgedreht.

Die Form verschwamm und war nur noch ein Traum,
Entwurf mit flüchtigen Konturen,
Vergessen schon; und es enträtselt kaum
Der Künstler seine Spuren.

Charles Baudelaire; Les Fleurs du Mal (Auszug)

	Inhaltsverzeichnis	Seite
1.	Einleitung	1
1.1	Erläuterung der Thematik	1
1.2	Historischer Überblick	3
1.3	Leichenerscheinungen	5
1.4	Entwicklungszyklus nekrophager Fliegenarten und Methoden der forensisch entomologischen Leichenliegezeitbestimmung	7
1.5	Fragestellung und Ziel der Arbeit	11
2.	Untersuchungsmaterial und Methodik	13
2.1	Untersuchungsmaterial des ersten Teils der Arbeit	13
2.2	Untersuchungsmaterial des zweiten Teils der Arbeit	13
2.3	Methodik	15
2.4	Fehlerquellen	19
3.	Untersuchungen und Befunde	20
3.1	Analyse der Fälle von Leichen mit Insektenbefall	20
3.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung, saisonale Verteilung	20
3.1.2	Todesursachen	22
3.1.3	Analyse der Stichproben	24
3.1.3.1	Insektenbefall	25
3.1.3.2	Topographie des Insektenbefalls	26
3.1.3.3	Ausprägung von frühen Leichenerscheinungen	27
3.1.3.4	Ausprägung der späten Leichenerscheinungen	28
3.2	Untersuchungsbefunde über den Einfluss von Ethanol auf die Entwicklung von <i>Lucilia sericata</i>	33
3.2.1	Wachstumsverhalten	33
3.2.2	Entwicklungszeit	36
3.2.3	Mortalitätsrate	40
3.3	Untersuchungsbefunde über den Einfluss von Methadon auf die Entwicklung von <i>Lucilia sericata</i>	42
3.3.1	Wachstumsverhalten	42
3.3.2	Entwicklungszeit	44
3.3.3	Mortalitätsrate	46
4.	Diskussion	47
4.1	Epidemiologische und soziale Aspekte	47
4.2	Forensische Verwertbarkeit der besiedelnden Insekten und ihrer Entwicklungsstadien	49
4.3	Topographie der Insektenbesiedlung	52
4.4	Taphonomische Veränderungen	53
4.5	Einfluss von Ethanol und Methadon auf die Entwicklung von <i>Lucilia sericata</i> – Verwertbarkeit für die forensisch entomologische Leichenliegezeitbestimmung	58

	Seite
5. Zusammenfassung	61
6. Literatur	63
7. Anhang	70
8. Danksagung	74
9. Lebenslauf	75

1. Einleitung
- 1.1 Erläuterung der Thematik

Insbesondere in den Sommermonaten sind rechtsmedizinische Institute häufig mit so genannten "Madenleichen", als einem ganz besonderen Untersuchungsgut, konfrontiert. Der Grad der Fäulnis und die Zerstörung durch die Insekten am Leichnam sind zum Teil erheblich. Dennoch bestehen zahlreiche Möglichkeiten, um Rückschlüsse auf die Todesumstände zu ziehen. Hierbei sind vor allem Insekten besonders hilfreich.

Die Bestimmung der Leichenliegezeit - PMI (postmortem interval) als eine der wichtigsten Aufgaben der Rechtsmedizin, ist nach Auswertung der Insektenbesiedlung noch bis auf den Tag genau möglich, auch wenn die klassischen Methoden der Liegezeitbestimmung nicht mehr aussagekräftig sind. Neben der Liegezeitbestimmung sind Insekten hilfreich bei der Ermittlung einer eventuellen Verbringung eines Leichnams vom Tatort, da einige der nekrophagen Insekten spezifische Lebensräume bevorzugen. Außerdem ist es inzwischen möglich, humane DNA aus den Larven dieser Insekten zu gewinnen und einem bestimmten Individuum zuzuordnen (Amendt et al. [2], Zehner et al. [60]).

Die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung nekrophager Insekten im Leichnam und deren Anwendung zur Klärung rechtsmedizinischer und kriminalistischer Problemstellungen ist Gegenstand der forensischen Entomologie. Die forensische Entomotoxikologie befasst sich darüber hinaus mit der Untersuchung von Einflüssen pharmakologisch – toxischer Substanzen im Leichnam auf die Entwicklung der Insekten und dem Nachweis dieser Substanzen in den Insekten.

Die forensische Entomologie / Entomotoxikologie befindet sich in ständiger Weiterentwicklung weil zahlreiche Einflussgrößen wie Temperatur, Lichtverhältnisse, Luftfeuchtigkeit etc. bei der Begutachtung entsprechender Fälle berücksichtigt werden müssen. In einem Artikel im Magazin DER SPIEGEL (15 / 04) wurde behauptet, dass die Bestimmung des Todeszeitpunktes anhand des Insektenbefalls weniger exakt sei als angenommen.

Dies schloss die australische Zoologin Melanie Archer aus den unterschiedlichen Entwicklungszeiten von Insekten auf Schweinekadavern in aufeinander folgenden Jahren, dabei ist die Einbeziehung eben jener Einflussgrößen nicht erfolgt. Bereits Ende der 80–er Jahre hatten Kashyap und Pillay [30] den Vorteil forensisch entomologischer Methoden gegenüber den klassischen Methoden zur Bestimmung des PMI für länger zurückliegende Todeszeitpunkte statistisch belegt. Inzwischen gilt die insektenkundliche Auswertung in diesen Fällen als Mittel der Wahl (Amendt et al. [2]).

Die Notwendigkeit der Forschung auf diesem Gebiet und die weitere Etablierung in der Rechtsmedizin und Kriminalistik ergeben sich aus den nicht geringen Fallzahlen, insbesondere in südlichen Ländern aber auch in Mittel- und Nordeuropa (Grassberger u. Reiter [21]).

1.2 Historischer Überblick

Die Besiedlung des menschlichen Leichnams mit nekrophagen Insekten und der Übergang in die Fäulnis sind allgemein bekannte, natürliche Vorgänge, die bei den meisten Menschen Ekel und Abscheu hervorrufen. Auch für die alten Rechtsmediziner war es problematisch, entsprechende Leichen zu examinieren. Zum einen wurde postuliert, dass an faulen Leichen keine Befunde mehr zu erheben sind, zum anderen befürchtete man, dass „...die *Obduction nicht ohne Nachtheil und Gefahr für die Gesundheit des Obducenten unternommen werden könne...*“ und, dass es deshalb „...*der gerichtlichen Medicinalperson zustehe, die ihr in diesen Fällen zugemuthete Obduction zu verweigern*“ (Henke [27]).

Diese Einstellung änderte sich Mitte des 19. Jahrhunderts. Den ersten Fall, in dem mit Hilfe von Insektenlarven die Liegezeit eines Leichnams bestimmt wurde, berichtete 1855 der Franzose Bergerets. Die bei seinen Untersuchungen gemachten Beobachtungen wurden viel diskutiert und fanden auch bald Eingang in die Lehrbücher der gerichtlichen Medizin (Maschka [38]). 1894 erschien das erste Standardwerk zur forensischen Entomologie, in dem der Franzose Mégnin seine Forschungsergebnisse zum Ablauf der Besiedlung von Tierkadavern und menschlichen Leichen durch nekrophage Insekten, die so genannte Sukzession, darlegte. Zuvor hatten sich bereits die beiden deutschen Forscher Reinhard und Hofmanns mit dieser Thematik befasst (Benecke [6]).

In den Jahrzehnten danach erschienen immer wieder Fallberichte, die insbesondere die Phänomenologie des Madenfraßes an Leichen zum Thema hatten (dazu z.B. Hauser [22], Merkel [39], Schneider [49]). Dabei stand weniger die Bestimmung der Leichenliegezeit im Vordergrund, sondern vielmehr wurde auf die Unterschiede zwischen postmortalem Madenfraß und zu Lebzeiten entstandenen Verletzungen eingegangen. Zwischen den Jahren 1970 und 1980 begann die Entwicklung der forensischen Entomologie zu einem eigenständigen Teilgebiet der Rechtsmedizin, das sich als eine Kooperation von Medizinern, Biologen und Kriminalisten versteht. Gleichzeitig erfolgten erste Untersuchungen auf dem Gebiet der forensischen Entomotoxikologie (Beyer [8]). Zunächst stand der Nachweis toxischer Substanzen in den vom Leichnam asservierten Insekten im Mittelpunkt, später wurde auch der Einfluss dieser Substanzen auf die Insektenentwicklung untersucht (Goff et al. [16 - 20], Bourel et al. [9]).

Dabei handelte es sich um Drogen wie Morphin, Cocain, Heroin und Amphetamine aber auch um Medikamente wie Hydrocortison, Amitriptylin und Antibiotika (Sherman et al. [52], Musvasva et al. [41]).

Aktuell wird das Spektrum der forensischen Entomologie durch die molekularbiologische Analytik erweitert.

1.3 Leichenerscheinungen

Bereits kurze Zeit nach Todeseintritt stellen sich am Leichnam morphologisch fassbare Veränderungen ein. Entsprechend dem zeitlichen Auftreten spricht man von frühen und späten Leichenerscheinungen. Zu den frühen Leichenerscheinungen zählen die Totenflecke (Livores) und die Totenstarre (Rigor mortis). Totenflecke treten wenige Minuten nach Todeseintritt auf, die Totenstarre nach wenigen Stunden. Frühe Leichenerscheinungen werden zur sicheren Todesfeststellung herangezogen (Madea, Dettmeyer [35]). Ihr Auftreten ist stark temperaturabhängig. Nach Erfassung der Qualität der frühen Leichenerscheinungen und unter Einbeziehung äußerer Einflussfaktoren kann eine Schätzung der Leichenliegezeit mit einer Genauigkeit im Stundenbereich vorgenommen werden (Henssge et al. [28]).

Zu den späten Leichenerscheinungen zählen die Autolyse, Fäulnis und Verwesung als abbauende, gewebedestruierende Prozesse sowie Mumifikation und Fettwachsbildung als konservierende Prozesse. In diesem Zusammenhang sei der Begriff Taphonomie, als Wissenschaft von den Prozessen der Verwesung und Fossilisierung von Organismen erwähnt. In der zeitlichen Abfolge der späten Leichenerscheinungen werden zuerst autolytische Prozesse wirksam. Darunter versteht man die Desintegration von Geweben durch postmortale Gewebehypoxie und das Wirksamwerden lytischer Enzyme. Darauf folgt das Stadium der Fäulnis, welches durch anaerobe, reduktive, mikrobielle Prozesse gekennzeichnet ist. Es zeigt sich eine Grünfärbung der Haut, meist beginnend im Bereich des rechten Unterbauches, hervorgerufen durch Sulfhämoglobinbildung bei Freisetzung von Schwefelwasserstoff. Die Grünfärbung kann den gesamten Körper erfassen und die Totenflecke ganz oder teilweise überlagern. Daneben kommt es auch zur Demarkierung oberflächlicher Venen. Bei teilweise massiver Gasentwicklung im Körperinneren nimmt der Körper oder Teile davon äußerlich an Umfang zu. Durch den gesteigerten Druck wird Flüssigkeit aus den Körperöffnungen gepresst. Dieses Phänomen kann mit zu Lebzeiten entstandenen Blutungen verwechselt werden. Fäulnisflüssigkeit sammelt sich auch unter der sich ablösenden Oberhaut unter dem Aspekt von Fäulnisblasen (Jachau, Krause [29]). Ist der Leichnam einem feuchten Milieu ausgesetzt oder liegt längere Zeit im Wasser kommt es

zum Aufquellen der Oberhaut mit grau- weißer Verfärbung vorrangig im Bereich der Hände und Füße (sog. Waschhautbildung). Späterhin kann sich die Haut inklusive der Finger- und Fußnägel fokal oder großflächig (handschuhartig) ablösen (Keil [31]).

Die im Anschluss an die Fäulnis einsetzende oder parallel zur Fäulnis verlaufende Verwesung stellt einen aeroben, oxidativen, mikrobiellen Prozess dar. Sie setzt an Stellen ein, an denen aufgrund der Gewebeerstörung Sauerstoff eindringen kann und bietet einen eher trockenen Aspekt. In diesem Stadium kann es zur flächenhaften Schimmelpilzbesiedlung kommen.

Die Mumifizierung als konservierende späte Leichenerscheinung setzt meist von den Akren her ein. In geeigneter Umgebung kann sie den gesamten Leichnam innerhalb weniger Wochen erfassen, wobei Fäulnis und Verwesung eine geringere Rolle spielen und auf innere Organe beschränkt bleiben. Zur Bildung von Fettwachs (syn. Adipocire, Leichenlipid) kommt es in kühlem und feuchtem Milieu oder bei Leichen, die längere Zeit der Einwirkung von Wasser ausgesetzt sind. An dieser Stelle muss gesagt werden, dass der Begriff Fettwachs, wenngleich bis heute verwendet, irreführend ist, da es sich weder um Fette noch um Wachse handelt. Die graue, schmierig – bröckelige Substanz besteht im Wesentlichen aus mittelkettigen, gesättigten Fettsäuren, die im Zuge anaerober Fäulnisprozesse entstehen (Jachau, Krause [29]).

1.4 Entwicklungszyklus nekrophager Fliegenarten und Methoden der forensisch entomologischen Leichenliegezeitbestimmung

Nekrophage Fliegenarten werden überwiegend durch olfaktorische Stimulation an den Leichnam gelockt (Campobasso et al. [12]). Hier legen die geschlechtsreifen Weibchen bis zu mehrere hundert Eier, in Haufen zusammengelagert ab. Bevorzugt werden jene Regionen, an denen die Haut einen geringen Widerstand entgegensetzt und somit die Nahrungsaufnahme schnell erfolgen kann. Dies ist im Bereich der Augen und der Mundhöhle sowie am unbedeckten Leichnam im Genitalbereich der Fall (Campobasso et al. [12]). Bei fortschreitender Autolyse und Fäulnis kann die Besiedlung weiterer Regionen des Leichnams erfolgen.

Nach dem Schlupf entwickeln sich die Larven typischerweise in 3 Stadien (in der Literatur: 1st, 2nd, 3rd Instar, siehe auch Abb. 1) Diese sind anhand morphologischer Besonderheiten zu unterscheiden. Am Ende des dritten Larvenstadiums treten Veränderungen ein, die den Übergang in das Verpuppungsstadium ankündigen. Die Larven verlieren an Länge und entleeren sukzessive den Verdauungstrakt, sie erscheinen nunmehr homogen weiß. In dieser Zeit kommt es auch zur Abwanderung der Larven vom Leichnam in ein trockeneres und geschütztes Milieu.

Diese Phase wird als „postfeeding – Stadium“ bezeichnet. Am Ende des Larvenstadiums sklerotisieren Teile der Larvenkutikula unter Hormoneinfluss und es bildet sich die bräunlich gefärbte, meist spindelförmige Puppe, aus welcher nach einiger Zeit das adulte Insekt schlüpft. Gemäß der Temperatur und der vorherrschenden Luftfeuchtigkeit gestaltet sich die Entwicklung innerhalb präzise nachvollziehbarer Zeiträume. Vor diesem Hintergrund eröffnen sich die Möglichkeiten der forensisch entomologischen Leichenliegezeitbestimmung (Marchenko [37]). An deren Anfang steht die Dokumentation der äußeren Einflussvariablen Temperatur, Lichtverhältnisse und Sonneneinstrahlung sowie der Verhältnisse an der Leiche (Fäulniszustand, Insektenverteilung, Bekleidungsstatus etc.). Für nachfolgende Untersuchungen muss eine repräsentative Menge an Insektenmaterial gewonnen werden, dieses sollte alle am Leichnam vorkommenden Entwicklungsstadien enthalten. Für das weitere Vorgehen stehen unter anderem folgende Möglichkeiten zur Auswahl.



Abb. 1: Stadien der Fliegenentwicklung (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Dr. Martin Hall, Natural History Museum, London, England)

Die am Leichenfundort gewonnenen Insektenlarven können unter identischen Bedingungen weiter aufgezogen werden. Nach dem Schlupf der adulten Insekten wird dann zunächst eine Artbestimmung vorgenommen. In der folgenden Larvengeneration werden die Daten zum zeitlichen Entwicklungsverlauf gewonnen, die Rückschlüsse auf die Besiedelung des Leichnams durch die Insekten und somit eine Bestimmung der minimalen Leichenliegezeit ermöglichen.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Längenmessung der am Fundort gewonnenen Larven und dem anschließenden Vergleich mit standardisierten Diagrammen. Zu diesem Zweck werden die Larven in absolutem Ethanol oder wenn möglich in heißem Wasser abgetötet, um eine Schrumpfung, wie sie in herkömmlichen Fixationsmedien (z.B. Formalin) auftreten kann, möglichst gering zu halten (Tantawi u. Greenberg [57]). Um den Rückschluss von der Larvenlänge auf die entsprechende Entwicklungszeit zu ziehen, kann ein so genanntes Isomegalen – Diagramm (Abb. 2) benutzt werden, dabei entspricht jede Linie einer bestimmten Larvenlänge bei unterschiedlichen Temperaturen (Grassberger u. Reiter [21]). Besonders für späte Entwicklungsstadien, wenn die Längenänderung an Aussagekraft verliert, steht das so genannte Isomorphen – Diagramm (Abb.3) zur Verfügung. Die Flächen zwischen den Linien entsprechen gleichen Entwicklungsstadien bei unterschiedlichen Temperaturen (Grassberger u. Reiter [21]).

Auch in diesem Fall muss die Weiterzucht der gewonnenen Larven oder Puppen bei Temperaturverhältnissen entsprechend denen am Fundort erfolgen. Die Zeit des Übergangs in ein anderes Entwicklungsstadium kann dann registriert werden und ermöglicht die Rückrechnung zum Zeitpunkt der Eiablage und somit die Ermittlung der minimalen Leichenliegezeit.

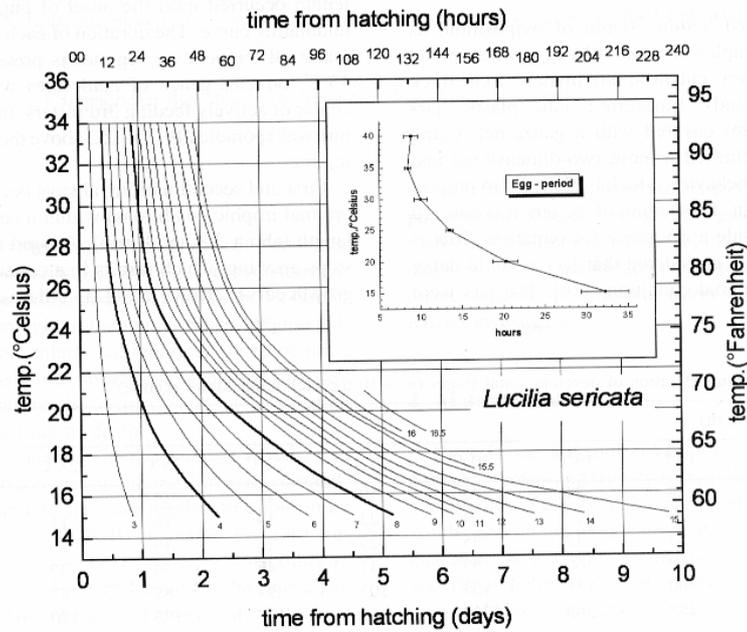


Abb. 2: Isomegalen – Diagramm für *Lucilia sericata* nach Grassberger und Reiter

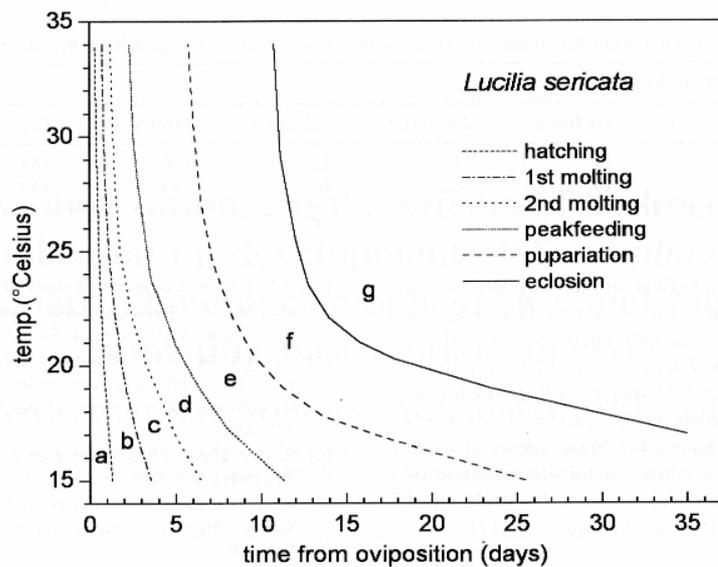


Abb. 3: Isomorphen – Diagramm für *Lucilia sericata* nach Grassberger und Reiter

Die wichtigsten Vertreter aus der Gruppe der nekrophagen Insekten sind die Fliegenarten der Familie *Calliphoridae*. Diese sind mit etwa 1000 Arten beschrieben und werden weltweit angetroffen (Smith [53]). Unter anderem in Deutschland weit verbreitet ist die bis 11 mm lange, auch als Goldfliege bekannte *Lucilia sericata*. Sie ist Erstbesiedler menschlicher Leichen. Da sie sehr Wärme liebend ist, erscheint sie besonders schnell am Leichnam, wenn dieser direkter Lichtbestrahlung ausgesetzt ist (Smith [53]). Die Larven von *Lucilia sericata* werden sowohl auf Freilandleichen als auch auf Wohnungsleichen angetroffen, auf letzteren gehören sie im Raum Hamburg zu den häufigsten Vertretern (Schröder [50]). *Lucilia sericata* steht in der Sukzession neben anderen Calliphoriden an erster Stelle (Campobasso et al. [12]). Eine Eiablage am Leichnam kann unter günstigen Bedingungen bereits wenige Minuten post mortem stattfinden, was für die forensische Entomologie wertvoll ist, weil Aussagen hinsichtlich der Leichenliegezeit besonders präzise getroffen werden können (Anderson [4]).

1.5 Fragestellung und Ziel der Arbeit

Wie bereits dargestellt, sind die wesentlichen Aspekte der forensischen Entomologie / Entomotoxikologie die Bestimmung der Leichenliegezeit (PMI), der Nachweis pharmakologisch – toxischer Substanzen und auch der Nachweis humanen Erbmaterials in nekrophagen Insekten.

Seit längerem ist bekannt, dass pharmakologisch – toxische Substanzen im Leichnam Einfluss auf die Entwicklung der Insekten ausüben, die sich auf ihm ansiedeln (Goff et al. [16]). Dieser Umstand gewinnt Bedeutung, wenn diese Insekten als Mittel zur Bestimmung der Leichenliegezeit herangezogen werden.

In den vergangenen Jahren ist in diesem Zusammenhang der Einfluss mehrerer Substanzen untersucht worden. Im Mittelpunkt standen dabei klassische Straßendrogen wie Morphin, Heroin und Ecstasy aber auch Medikamente wie Benzodiazepine, Antidepressiva und Corticosteroide (hierzu z.B. Bourel et al. [8], Goff et al. [17, 19, 20], Musvasva [41]). Im Anhang wurde eine Zusammenfassung wissenschaftlicher Arbeiten zu diesem Thema erstellt.

Zur Klärung der Relevanz von Intoxikationen im Zusammenhang mit Insekten besiedelten Leichen und Erfassung einiger sozialer Aspekte, wurden im ersten Teil der Arbeit entsprechende Fälle untersucht. Neben allgemeinen Daten wie Alter und Geschlecht richtete sich das Augenmerk auf die Todesursachen, sofern die Verstorbenen seziert worden waren und auf toxikologische Befunde, sowie die Taphonomie einer Stichprobe aus jeweils beiden Jahren.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde experimentell untersucht, welchen Einfluss Ethanol und Methadon in unterschiedlicher Konzentration auf die Entwicklung von Fliegenlarven in Hinblick auf die Bestimmung der Leichenliegezeit haben. Die gewählten Ethanolkonzentrationen entsprechen sowohl forensisch relevanten Werten als auch hochgradig toxischen Werten, die beim Menschen nicht nachgewiesen werden können. Die in den Versuchen mit Methadon gewählten Konzentrationen entsprechen einer therapeutischen, einer toxischen und einer sicher tödlichen Dosis, bezogen auf den Menschen. Die verwendete toxische Dosis gilt für tolerante Drogenabhängige, Schulz und Schmoldt [51] geben als tödliche Dosis bereits 0,4 µg/ml an.

Die Untersuchungen wurden mit der Fliegenart *Lucilia sericata* durchgeführt. Sie besiedelt den menschlichen Leichnam sehr früh und wird in diesem Zusammenhang in Mitteleuropa häufig angetroffen (Schroeder et al. [50]).

Den Untersuchungen von Heinemann et al. [26] aus den 90-er Jahren zufolge, spielt Methadon als Komponente bei tödlich verlaufenden Mischintoxikationen im Großraum Hamburg eine wesentliche Rolle, einerseits durch die Ausweitung der Substitutionstherapie, andererseits durch die Einnahme von Methadon ohne ärztliche Kontrolle.

Bei experimentellen Untersuchungen von Goff et al. [17] zum Einfluss von Drogen auf die Entwicklung nekrophager Insekten war der Fokus bereits auf das Morphinderivat Heroin gerichtet. Die mit der Fleischfliege *Boettcherisca peregrina* durchgeführten Versuche zeigten im Ergebnis eine Verkürzung des Larvenstadiums bei Vorhandensein von Heroin im Nährsubstrat der Maden und damit eine frühere Verpuppung, allerdings auch eine längere Verpuppungsphase. Im Gegensatz dazu stehen die Erkenntnisse von Bourel et al. [9] aus Versuchen mit *Lucilia sericata*. Die auf morphinhaltigem Nährmedium gezüchteten Maden entwickelten sich langsamer, proportional zur Morphinkonzentration.

Untersuchungsergebnisse zum Einfluss von Ethanol im Leichnam auf die Entwicklung nekrophager Insekten lagen in der wissenschaftlichen Literatur bisher nicht vor.

2. Untersuchungsmaterial und Methodik

2.1 Untersuchungsmaterial des ersten Teils der Arbeit

Es erfolgte eine Auswertung aller Fälle (insgesamt 204) von mit Insekten besiedelten Leichen der Jahre 2002 und 2003. Hinsichtlich der Insektenbesiedlung wurde keine Vorauswahl getroffen weder nach Artenspektrum noch nach Ausmaß der Besiedlung. Bei insgesamt 57 dieser Fälle (29 Fälle im Jahr 2002, 28 Fälle im Jahr 2003) wurde zusätzlich eine Dokumentation der taphonomischen Veränderungen vorgenommen.

Es handelt sich im Wesentlichen um Verstorbene aus dem Einzugsgebiet des Institutes für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Hamburg - Eppendorf, respektive in zwei Fällen um Verstorbene aus Niedersachsen, die im Rahmen sogenannter Außensektionen untersucht wurden.

2.2 Untersuchungsmaterial des zweiten Teils der Arbeit

Für die experimentellen Untersuchungen zum Einfluss von Ethanol und Methadon auf die Entwicklung nekrophager Insekten wurde, wie bereits erwähnt, die Fliegenart *Lucilia sericata* verwendet (Abb.4).

Die Untersuchungen mit Ethanol im Nährsubstrat wurden mit wildlebenden Individuen von *Lucilia sericata* durchgeführt, sie waren zuvor bestimmt worden. Für die Untersuchungen über den Einfluss von Methadon wurden Maden der Fliegenart *Lucilia sericata* von der Firma Biomonde zur Verfügung gestellt.



Abb. 4: *Lucilia sericata* (Quelle: eigene Aufnahme)

2.3 Methodik

Bei den im ersten Teil der Arbeit untersuchten Verstorbenen mit Insektenbefall wurden allgemeine Daten wie Auffinddatum, Geschlecht und Alter aufgenommen. Diese Daten stützten sich im Wesentlichen auch auf Ermittlungen des Landeskriminalamts Hamburg. Sofern die Verstorbenen seziiert worden waren, wurden den Sektionsunterlagen die Todesursache und eventuelle toxikologische Befunde entnommen. Eine Stichprobe von 57 Verstorbenen wurde in einem standardisierten Verfahren einzeln, nach Art einer Leichenschau, untersucht. Zu diesem Zweck wurde der Dokumentationsbogen der Arbeitsgruppe für forensische Entomologie der Rechtsmedizin Hamburg in modifizierter Form verwendet (siehe Anhang). Hier lag das Augenmerk besonders auf Art und Verteilung des Insektenbefalls, weiterhin wurden taphonomische Veränderungen in semiquantitativer Form erfasst. Berücksichtigung fanden frühe Leichenerscheinungen wie Totenflecke und Leichenstarre sowie späte Leichenerscheinungen wie Fäulnis, Mumifikation und Skelettierung. Der Fäulnisgrad wurde anhand von Merkmalen wie Grünfärbung, Ausprägung der Venenzeichnung, Oberhautablösung etc. genauer eingegrenzt.

Das Artenspektrum der Insektenbesiedlung wurde nur in wenigen Fällen untersucht und fand keinen Eingang in die Arbeit, ebenso wenig wie die Bekleidungsverhältnisse der Verstorbenen und die Auffindesituation.

Es wurde nicht zwischen „Freilandleichen“ und „Wohnungsleichen“ unterschieden.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms EXCEL (Microsoft®) unter Ermittlung der prozentualen Häufigkeiten der einzelnen Merkmale und graphischer Darstellung in Diagrammen und Tabellen. Unter Berücksichtigung der Datenmenge in Hinblick auf den Umfang dieser Arbeit wurde überwiegend darauf verzichtet die Merkmale untereinander in Beziehung zu setzen, es sollte lediglich ein Überblick geschaffen werden.

Den zweiten Teil der Arbeit bildeten die experimentellen Untersuchungen über den Einfluss von Ethanol und Methadon auf die Entwicklung der Fliegenart

Lucilia sericata. Die adulten Insekten wurden in Glasterrarien bei Raumtemperatur gehalten mit einer Lichtperiode von 12 Stunden. Als Stimulus für die Eiablage dienten Rinderhackfleisch bzw. Mäusekadaver, im Übrigen wurde Zuckerwasser als Nahrungsquelle verwendet. Die Untersuchungen wurden jeweils mit 30 Maden je Versuchsansatz durchgeführt. Als Nahrungsquelle diente handelsübliches Rinderhackfleisch. Die Aufzucht erfolgte in Plastikprobebehältern mit einem Volumen von 100 ml, bei Raumtemperatur (durchschnittlich $24^{\circ}\text{C} \pm 0,4^{\circ}\text{C}$) im Falle der Methadonversuche und bei konstant 25°C im Falle der Alkoholversuche. Die Ansätze wurden nach den in Tabelle 1 und 2 abgebildeten Schemata vorbereitet. Mittels einer Präzisionswaage wurde die entsprechende Menge Hackfleisch abgewogen, das Ethanol bzw. Methadon mit einer Mikrotiterpipette hinzu gegeben und beides ausgiebig vermischt.

Stichprobenartig wurden die Konzentrationen mittels Gaschromatographie überprüft. Um überschüssige Flüssigkeit und toxische Ausscheidungsprodukte der Maden (z. B. Ammoniak) aus dem Substrat zu entfernen, wurden Streifen saugfähigen Papiers in die Behälter gegeben. Somit wurde neben der Futterquelle auch ein trockenes Milieu geschaffen, welches für die Verpuppung notwendig ist. Aufgrund der starken Verdunstung von Ethanol wurden die Ansätze täglich erneuert, um für die Dauer der Versuche annähernd konstante Konzentrationen zu erhalten.

Kurz nach Ablage wurden die Fliegeneier auf das Nährsubstrat gebracht. Es wurden pro Konzentrationsansatz jeweils 30 Fliegeneier verwendet. Die erste Längenmessung erfolgte 2 Tage nach Eiablage bei den Versuchen mit Ethanol und 3 Tage nach Eiablage bei den Versuchen mit Methadon, danach täglich bis zur Verpuppung jeweils etwa zur gleichen Tageszeit, zunächst auf Millimeterpapier, später mit einem auf 0,5 mm skalierten Lineal, jeweils durch die gleiche Person. Die Werte wurden in vorbereiteten Tabellen dokumentiert. Nach der Verpuppung wurden die Individuen aus den Versuchsgefäßen separiert und der anschließende Schlupf der adulten Tiere dokumentiert.

%	12,5 g	25 g
0	0 µl	0 µl
1	12,5 µl	25 µl
2	25 µl	50 µl
3	37,5 µl	75 µl
4	50 µl	100 µl
5	62,5 µl	125 µl
6	75 µl	150 µl
7	87,5 µl	175 µl
8	100 µl	200 µl
9	112,5 µl	225 µl
10	125 µl	250 µl

Tab. 1: Pipettierschema für Ethanol abs. auf die angegebenen Mengen Hackfleisch

µg/g	20 g
0	0 µl
0,1	20 µl
0,5	100 µl
1	200 µl

Tab. 2: Pipettierschema für Methadon (Methadon - Stammlösung mit einer Konzentration von 100 µg/ml) auf die angegebene Menge Hackfleisch

Die Untersuchungen wurden hinsichtlich der getesteten Konzentrationen entsprechend Tabelle 3 und 4 durchgeführt. Alle Versuchsreihen enthielten eine Kontrollprobe ohne Ethanol bzw. Methadon.

	0 ‰	1 ‰	2 ‰	3 ‰	4 ‰	5 ‰	6 ‰	7 ‰	8 ‰	9 ‰	10 ‰
Ethanol 1	■		■		■		■		■		
Ethanol 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tab. 3: Ansätze der getesteten Ethanolkonzentrationen

	0 µg/g	0,1 µg/g	0,5 µg/g	1 µg/g
Methadon 1	■	■	■	■
Methadon 2	■	■	■	■
Methadon 3	■	■	■	■

Tab. 4: Ansätze der getesteten Methadonkonzentrationen

Als Untersuchungsgrößen wurden Längenzunahme, maximale Endlänge, Entwicklungszeitraum als Made, Verpuppungszeitraum und Mortalitätsrate gewählt.

Die Mortalitätsrate wurde getrennt für den Entwicklungszeitraum als Made und als Gesamtmortalitätsrate dargestellt, d.h. es wurde dokumentiert, wie viele von den 30 Individuen nicht das Puppenstadium erreichten und wie viele während der Gesamtentwicklung zum adulten Insekt verendeten.

Für die Auswertung der Daten wurden die Computerprogramme EXCEL (Microsoft®) und SPSS for Windows (SPSS Inc.) verwendet.

Die Darstellung erfolgte in Boxplots mit Standardabweichung und Medianen sowie in Balken- und Liniendiagrammen.

Deskriptiv statistische Werte wurden in Tabellenform angegeben. Die Validität wurde mittels gepaartem t – Test (für unabhängige Stichproben) überprüft. Weil die Methadonversuche zeitgleich unter gleichen Bedingungen stattfanden und Individuen einer Population verwendet wurden, erfolgte die Auswertung kumulativ.

2.4 Fehlerquellen

Die im ersten Teil der Arbeit erhobenen Daten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit. Das Geschlecht und das Alter der Verstorbenen konnten mit hoher Zuverlässigkeit erhoben werden. Die Sektionsdiagnosen und die toxikologischen Befunde dürfen ebenfalls als sicher gelten. Einer semiquantitativen Erfassungsweise, wie sie bei den taphonomischen Veränderungen angewendet wurde, ist hingegen ein gewisser Mangel an Reproduzierbarkeit immanent, weil keine standardisierten Einheiten verwendet werden und die Ergebnisse in Abhängigkeit von der untersuchenden Person Schwankungen unterliegen können. Die an den Verstorbenen durchgeführten Leichenschauen fanden in der überwiegenden Zahl der Fälle nicht am Leichenfundort statt, was in Bezug auf die Erhebung der Insektenverteilung problematisch war, da die Insektenlarven bei veränderten Licht- und Temperaturverhältnissen von der Futterquelle abwandern. In diesen Fällen wurden vorhandene Fraßspuren für die Zuordnung herangezogen.

Die im zweiten Teil der Arbeit durchgeführten Längenmessungen der Fliegenlarven beinhalten ebenfalls ein geringes Fehlerpotential, da die Messungen nicht wie üblich an getöteten und fixierten Maden durchgeführt wurden. Die Ethanolansätze wurden täglich erneuert, deshalb ist davon auszugehen, dass sich die Entwicklungszeit der Maden im Vergleich zu Verhältnissen in natura bei gleicher Temperatur verlängert hat. Die zunehmende Erweichung des Gewebes begünstigt die Nahrungsaufnahme und somit die Entwicklung. Bei täglicher Erneuerung der Futterquelle können diese Bedingungen nicht aufrechterhalten werden.

Zuletzt sei bemerkt, dass die für die Versuche gewählten Ansätze die Verhältnisse im Leichnam nur annähernd simulieren, da pharmakologisch wirksame Substanzen nicht in allen Geweben gleichmäßig distributiert vorliegen.

- 3. Untersuchungen und Befunde
- 3.1 Analyse der Fälle von Leichen mit Insektenbefall
- 3.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung, saisonale Verteilung

Unter den insgesamt 2832 Leichen, die im Jahre 2002 im Rechtsmedizinischen Institut Hamburg verwahrt wurden, wiesen 116 Leichen einen Insektenbefall auf (4,1%), davon 25 weibliche (21,6 %) und 91 männliche (78,4 %). 28 dieser Leichen wurden einer Sektion unterzogen (24,1 %).

Das durchschnittliche Alter der untersuchten Leichen betrug zum Todeszeitpunkt 59,8 Jahre, bei den männlichen Leichen 58,5 Jahre (jüngster 25 Jahre, ältester 87 Jahre), die weiblichen Leichen hatten mit 64,6 Jahren ein etwas höheres Alter erreicht (jüngste 38 Jahre, älteste 94 Jahre).

Saisonal zeigte sich erwartungsgemäß eine Häufung von Leichen mit Insektenbefall in den Sommer- und frühen Herbstmonaten.

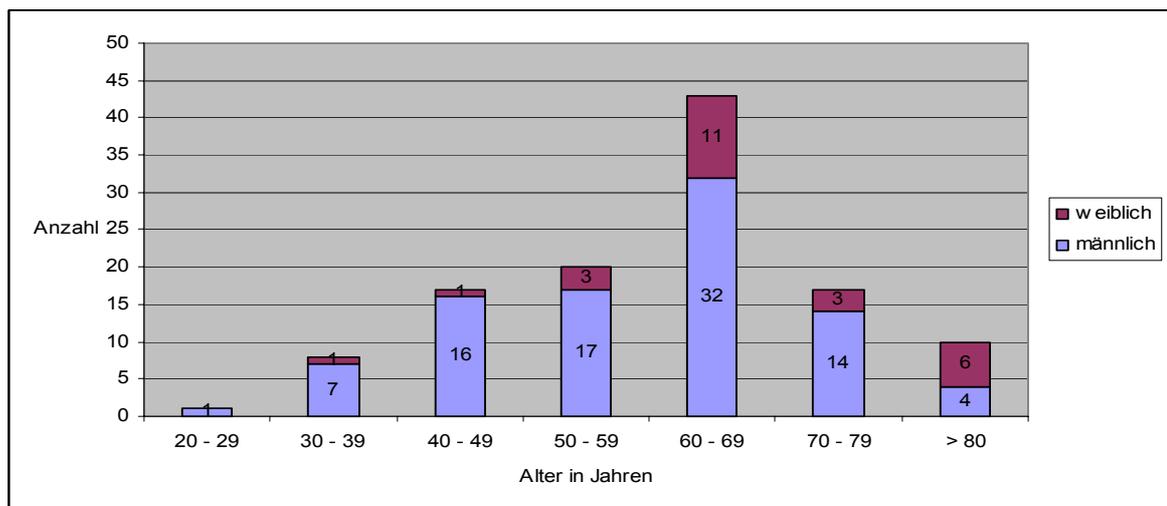


Abb. 5: Altersverteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2002, n = 116

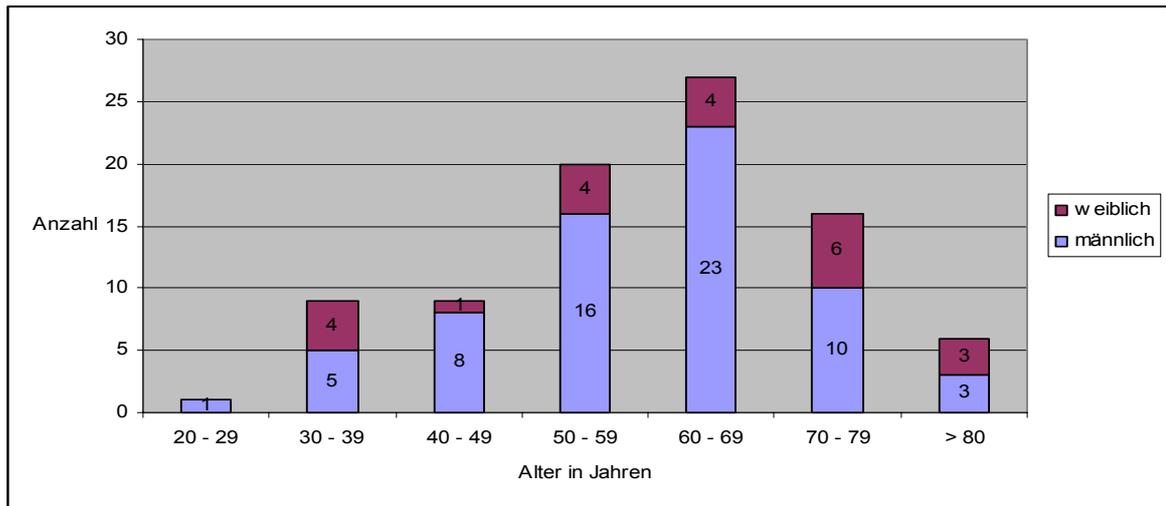


Abb. 6: Altersverteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2003, n = 88

Ähnliche Zahlen waren auch für das Jahr 2003 zu ermitteln.

88 Leichen von insgesamt 2645 wiesen Insektenbefall auf (3,3 %).

Davon waren 22 weiblich (25 %) und 66 männlich (75%), 14 dieser Leichen wurden seziiert (15,9 %).

Das durchschnittliche Lebensalter zum Todeszeitpunkt betrug 59,5 Jahre, bei männlichen Leichen 58,6 Jahre (jüngster 25 Jahre, ältester 91 Jahre) und bei den weiblichen 62,3 Jahre (jüngste 31 Jahre, älteste 91 Jahre).

Eine saisonale Häufung fand sich auch 2003 in den Sommer- und frühen Herbstmonaten.

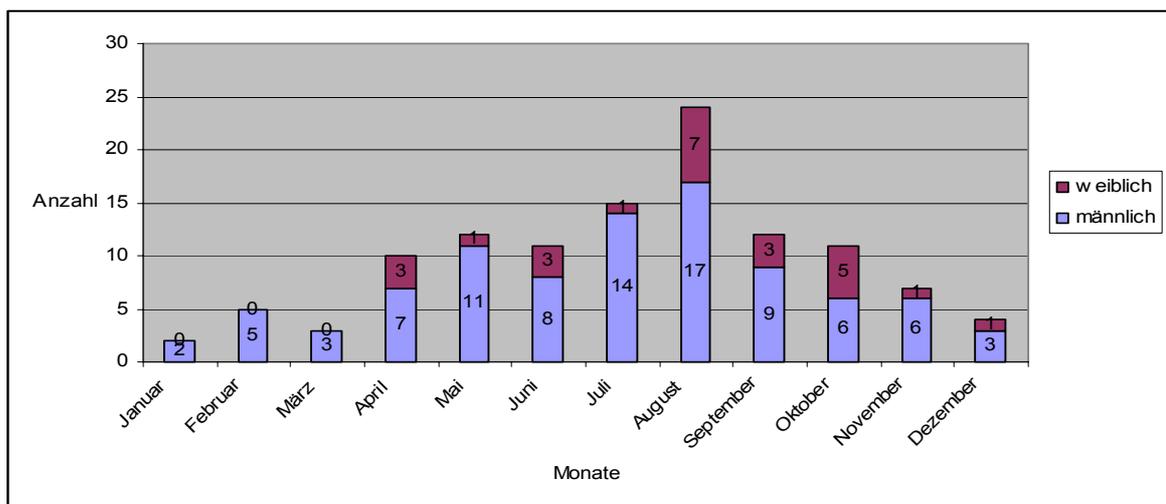


Abb. 7: Saisonale Verteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2002, n = 116

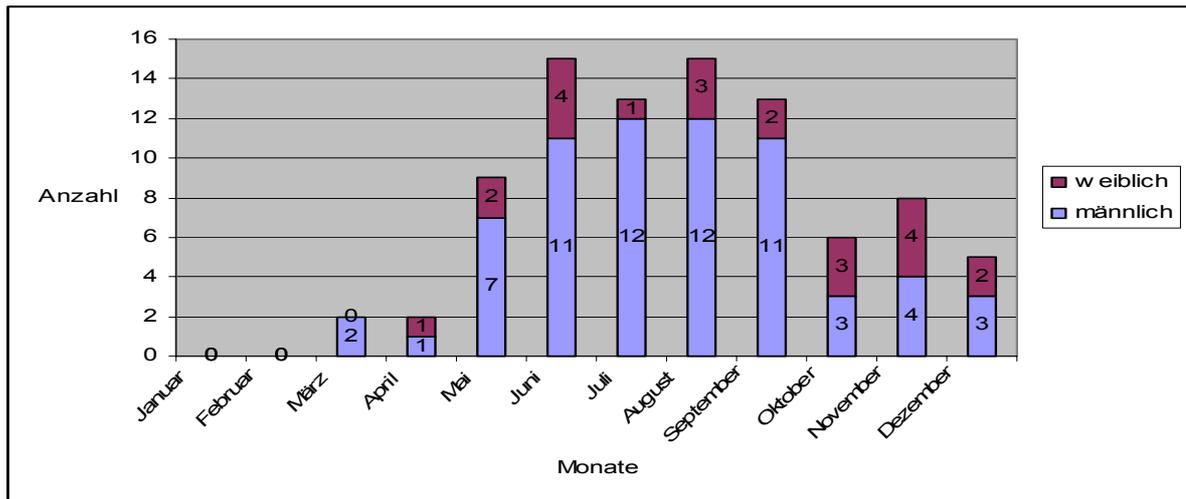


Abb. 8: Saisonale Verteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2003, n = 88

3.1.2 Todesursachen

Im Jahre 2002 wurden 28 der 116 Verstorbenen mit Insektenbefall seziert.

Wie in Tabelle 5, dokumentiert konnte in 15 Fällen (53,6 %) ein natürlicher Tod, in 6 Fällen (21,4 %) ein nicht natürlicher Tod festgestellt werden. In 7 Fällen (25 %) blieben Todesursache und –art unklar. Bei den Fällen von natürlichem Tod dominieren kardiale Todesursachen, bei den Fällen von nicht natürlichem Tod wurden Erhängen, Sturzgeschehen und Intoxikationen als Todesursache festgestellt.

Bei toxikologischen Untersuchungen wurde insgesamt 13-mal Alkohol nachgewiesen, davon einmal in tödlicher Konzentration, des Weiteren zweimal Kohlenmonoxid sowie einmal trizyklische Antidepressiva in tödlicher Konzentration.

Im Jahre 2003 wurden von 88 Leichen mit Insektenbefall 14 seziert.

Entsprechend Tabelle 5 waren darunter 3 natürliche Todesfälle (21,4 %), 7 nicht natürliche (50 %) und 4 blieben ungeklärt (28,6 %). Wie im Jahre 2002 standen auch hier bei den Fällen von natürlichem Tod kardiale Todesursachen im Vordergrund, bei nicht natürlichen Todesursachen waren mehr Intoxikationen zu registrieren. Bei den toxikologischen Untersuchungen wurde 6-mal Alkohol nachgewiesen, davon einmal in tödlicher Konzentration, weiterhin 5-mal

Methadon, davon 4-mal in tödlicher Konzentration. Im Übrigen wurden Cocain und Benzodiazepine mit entsprechenden Metaboliten gefunden.

Todesart	natürlich	nicht natürlich	unklar	
Todes- ursachen	Myokardinfarkt 6	Suizid 2		7
	Kardiale Dekompensation allgemein 4	SHT (häuslicher Sturz) 2		
	Pneumonie 2	Alkoholintoxikation 1		
	Verbluten nach Innen 2	Medikamentenintoxikation 1		
	Akute Pankreatitis 1			
	15	6	7	28

Tab. 5: Todesart und –ursachen bei Leichen mit Insektenbefall, n = 28 (IfR Hamburg, 2002)

Todesart	natürlich	nicht natürlich	unklar	
Todes- ursachen	Myokardinfarkt 1	Suizid 2		4
	Kardiale Dekompensation allgemein 1	Drogenintoxikation 4		
	Pneumonie 1	Alkoholintoxikation 1		
	3	7	4	14

Tab. 6: Todesart und –ursachen bei Leichen mit Insektenbefall, n = 14 (IfR Hamburg, 2003)

3.1.3 Analyse der Stichproben

Von allen Verstorbenen mit Madenbefall wurde in den Jahren 2002 und 2003 jeweils eine Stichprobe näher untersucht.

Wie Abbildung 9 zeigt waren dies Im Jahre 2002 29 Leichen (25 %) von 116, davon 5 weibliche (17,2 %) und 24 männliche (82,8 %), 8 (27,6 %) sind seziiert worden.

Im Jahre 2003 wurden 28 Leichen (31,8 %) von 88 untersucht, davon 6 weibliche (21,4 %) und 22 männliche (78,6), 5 (17,9%) wurden seziiert (siehe hierzu Abbildung 10).

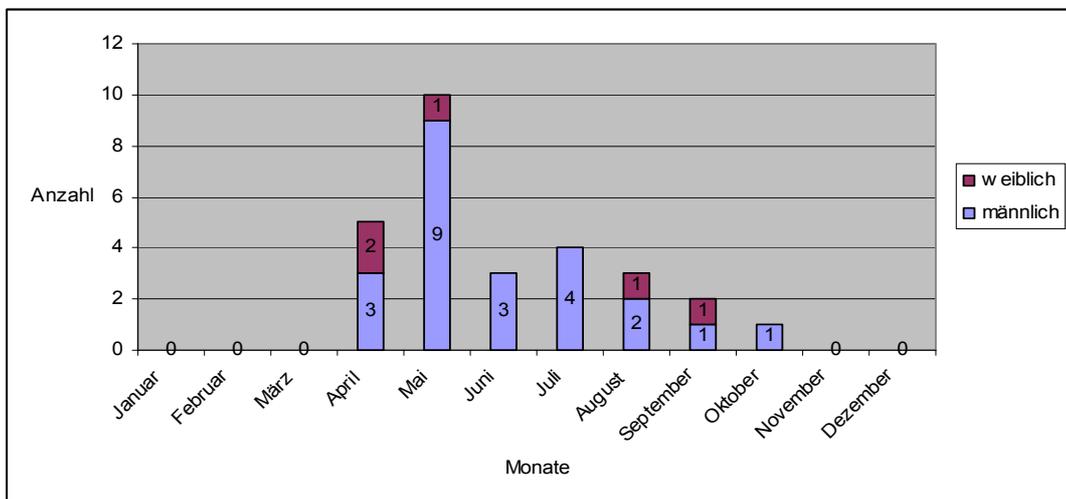


Abb. 9: Saisonale Verteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2002 (Stichprobe), n = 29

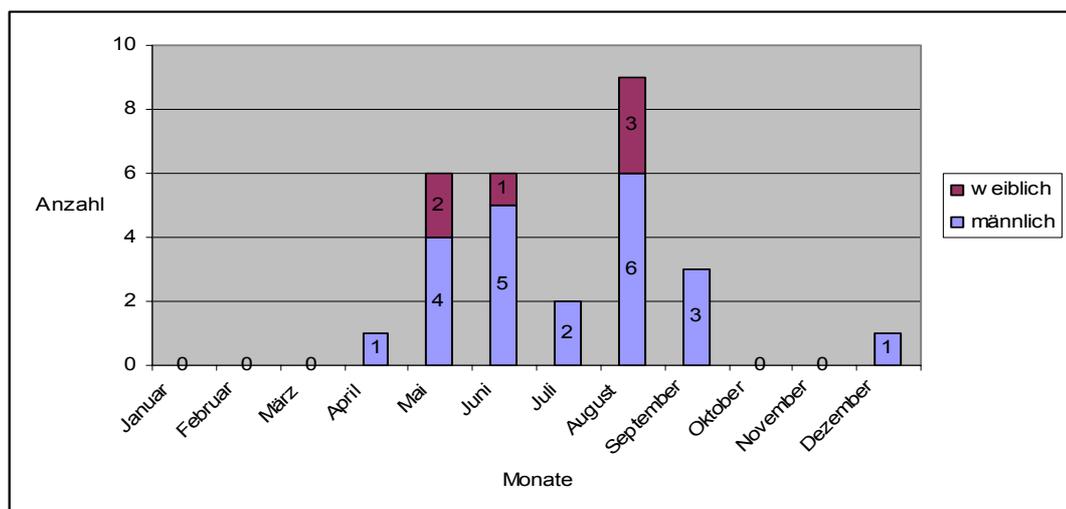


Abb. 10: Saisonale Verteilung von Verstorbenen mit Insektenbefall 2003 (Stichprobe), n = 28

3.1.3.1 Insektenbefall

Wie die Abbildungen 11 und 12 zeigen, konnten Maden in beiden Jahren an nahezu jeder der Insekten besiedelten Leichen gefunden werden. Fliegeneier waren noch in der Hälfte der Fälle nachweisbar. Puppen, leere Puppen und Käfer kamen seltener vor. Die gefundenen Insekten in ihren unterschiedlichen Entwicklungsstadien eignen sich in verschiedener Weise zur Bestimmung der Leichenliegezeit bzw. zum Nachweis von pharmakologisch wirksamen Substanzen in der zuvor besuchten Futterquelle, dem Leichnam. Hierauf soll später genauer eingegangen werden.

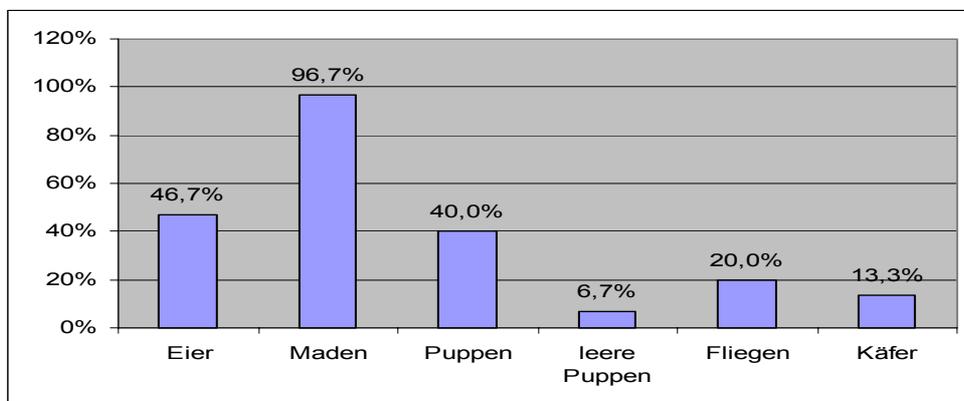


Abb. 11: Insektenbefall (Stichprobe) 2002

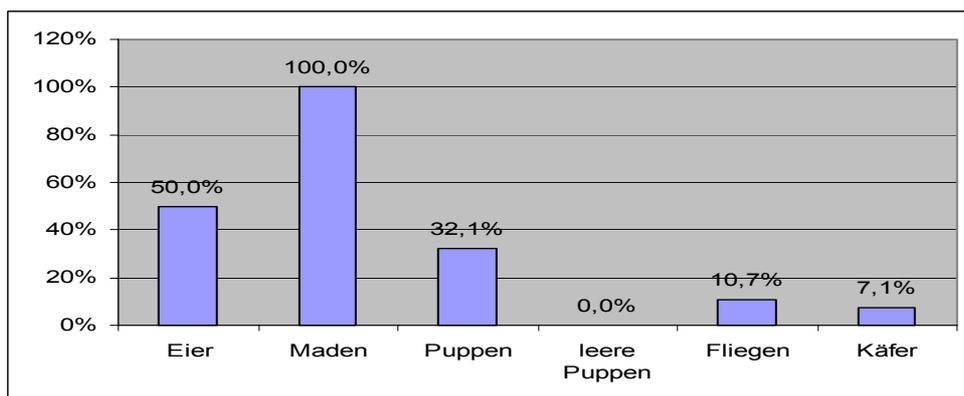


Abb. 12: Insektenbefall (Stichprobe) 2003

3.1.3.2 Topographie des Insektenbefalls

In den beiden Jahren konnte eine Häufung der Besiedlung im Gesicht (86,7 % in 2002 und 85,7% in 2003) und im Genitalbereich(53,3 % in 2002 und 60,7% in 2003) nachgewiesen werden. Es konnte eine häufigere Besiedlung am Hals (43,3 % in 2002 und 42,9 % in 2003) und im Bereich der Achseln (23,3 % in 2002 und 28,6 % in 2003) registriert werden. Bei fortgeschrittener Fäulnis mit Erweichung des Gewebes war in einigen Fällen der gesamte Leichnam inklusive der Extremitäten besiedelt.

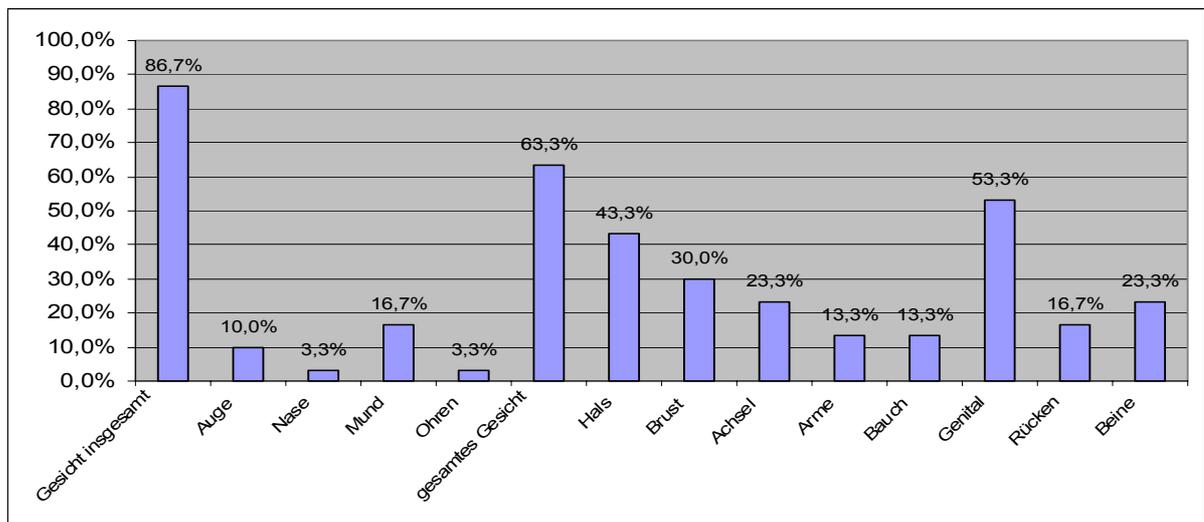


Abb. 13: Topographie des Insektenbefalls (Stichprobe) 2002

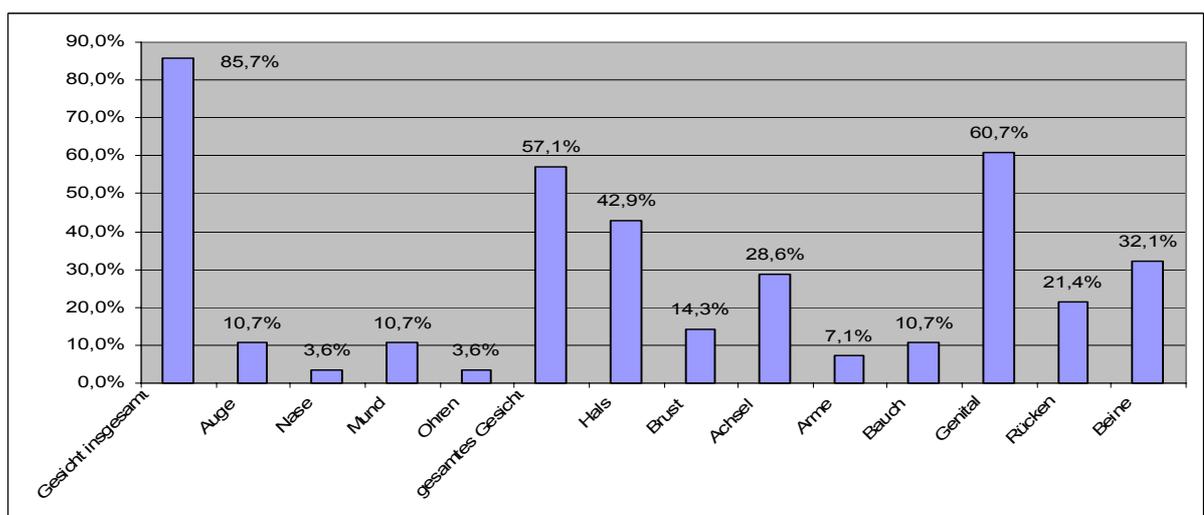


Abb. 14: Topographie des Insektenbefalls (Stichprobe) 2003

3.1.3.3 Ausprägung von frühen Leichenerscheinungen

Wie aus den Abbildungen 15 und 16 zu entnehmen ist, konnten frühe Leichenerscheinungen kaum festgestellt werden. Aufgrund längerer Liegezeiten der überwiegend in der warmen Jahreszeit gefundenen Verstorbenen waren die Befunde von späten Leichenerscheinungen überdeckt.

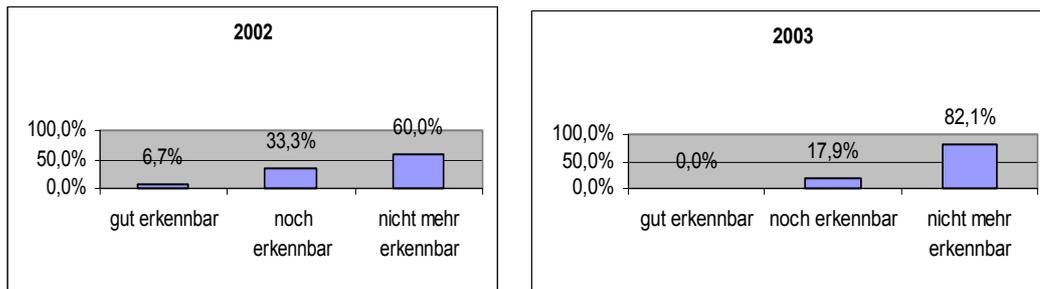


Abb. 15: Ausprägung der Livores (Stichprobe) 2002, 2003

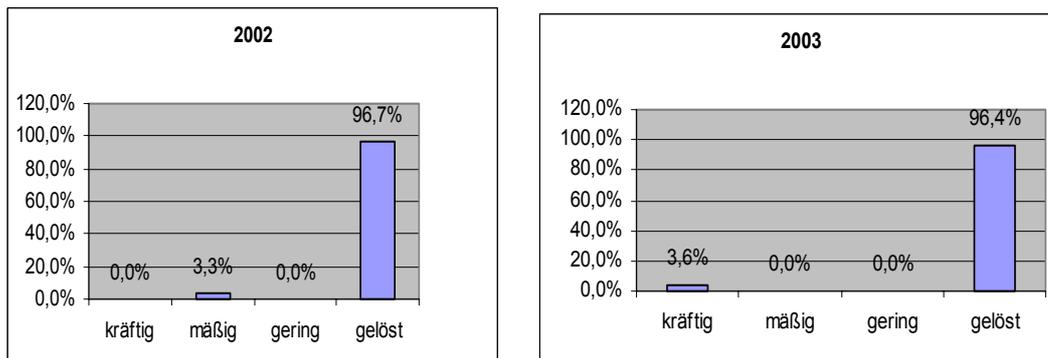
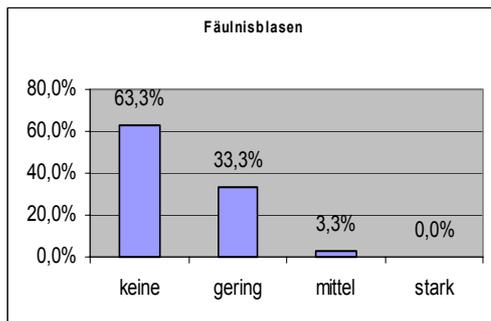
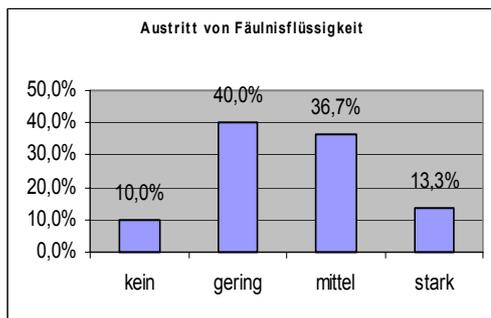
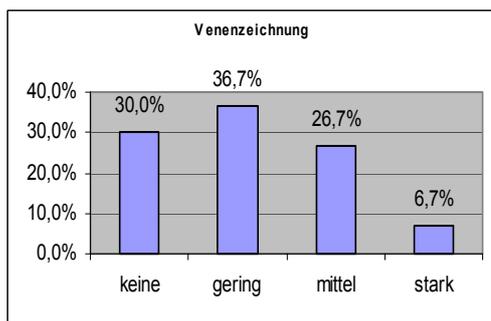
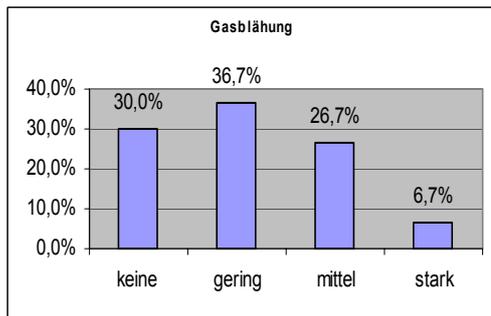
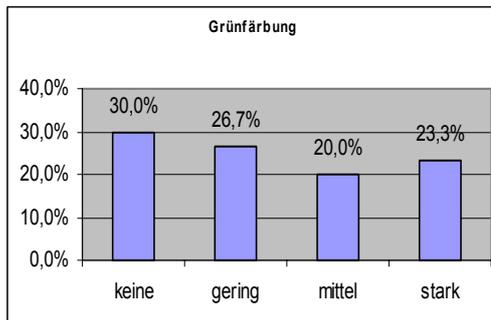


Abb. 16: Ausprägung des Rigor mortis (Stichprobe) 2002, 2003

3.1.3.4 Ausprägung der späten Leichenerscheinungen

2002



2003

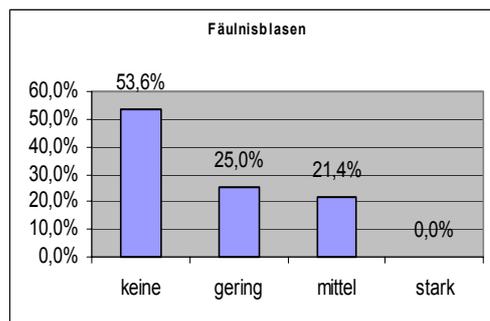
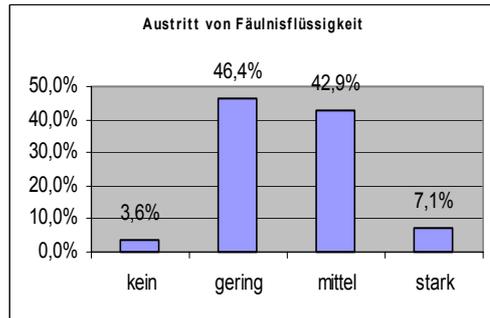
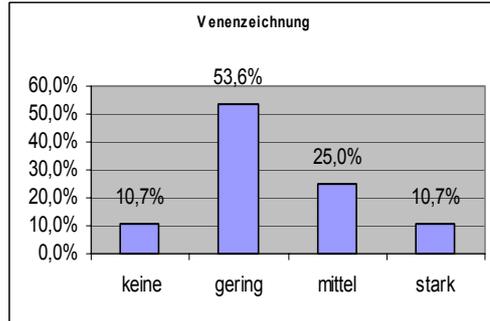
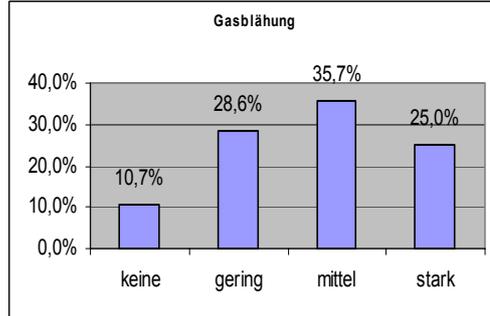
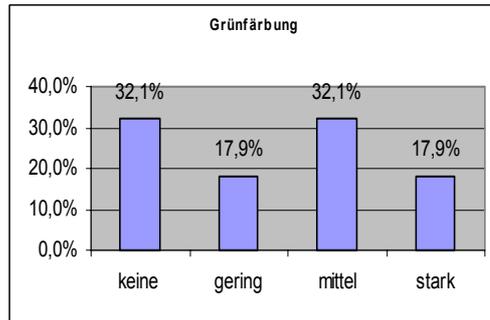


Abb. 17: Ausprägung von Fäulnisercheinungen (Stichprobe) 2002, 2003

In den untersuchten Fällen waren die Fäulniserscheinungen in unterschiedlichem Maße ausgeprägt, immer auch in Abhängigkeit von der Madenbesiedlung. Oberhautablösung kann prinzipiell in frühen wie in späten Postmortalphasen auftreten und Folge von Autolyse oder Fäulnis sein. Eine deutliche Oberhautablösung fand sich in ca. 61 % bis 90 % aller Fälle.

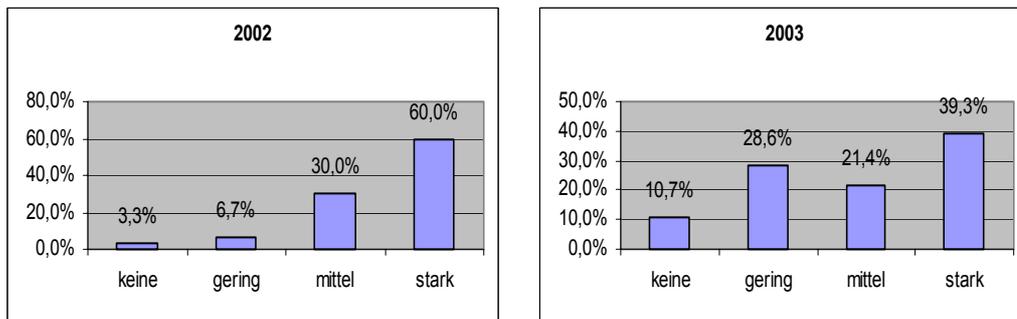


Abb. 18: Ausprägung der Oberhautablösung (Stichprobe) 2002, 2003

In den Fällen von deutlicher Waschhautbildung (ca. 25 % bis 30 % aller Fälle) handelte es sich nicht zwangsläufig um Leichen aus feuchter Umgebung, vielmehr ging die Feuchtigkeit von den Leichen selbst aus und bedingte die sonst für „Wasserleichen“ typische Waschhautbildung (siehe Abbildung 19).

Eine Ablösung der Fingernägel war nicht zwangsläufig mit Waschhautbildung assoziiert und zeigte sich in weniger als der Hälfte aller Fälle, wie in Abbildung 20 ersichtlich ist.

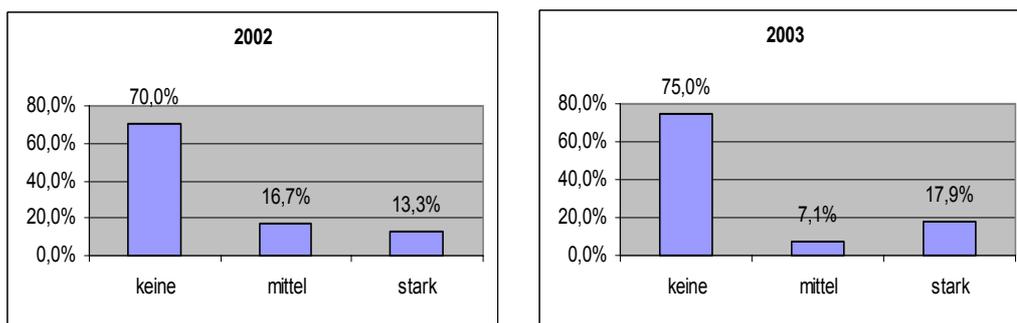


Abb. 19: Ausprägung der waschhautähnlichen Veränderungen (Stichprobe) 2002, 2003

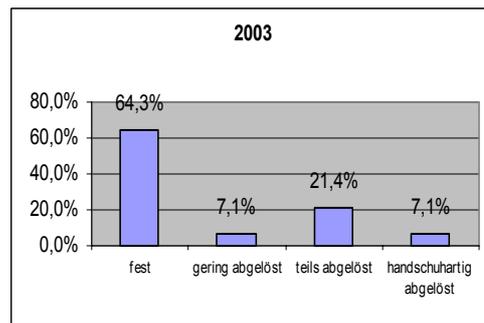
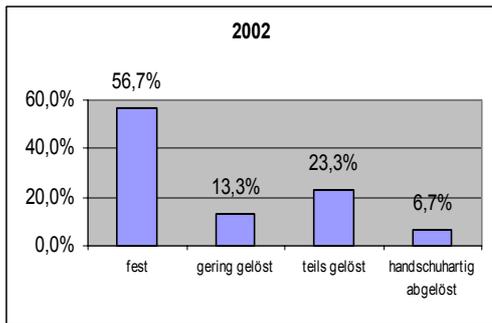


Abb. 20: Beschaffenheit der Fingernägel (Stichprobe) 2002, 2003

Erwartungsgemäß waren die Augäpfel in den meisten Fällen (ca. 77 % bis 93 % aller Fälle) stark zerstört oder fehlten bereits (siehe Abbildung 21).

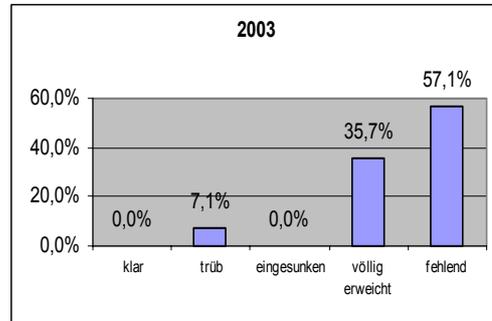
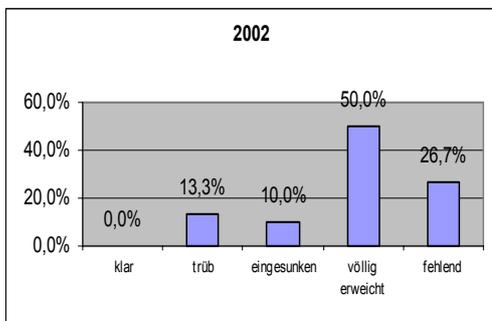


Abb. 21: Beschaffenheit der Augäpfel (Stichprobe) 2002, 2003

Die wenigen Leichen mit nachgewiesenem Schimmelpilzbefall hatten das Stadium starker Fäulnis bereits durchlaufen und zeigten einen eher trockenen Aspekt mit Übergang zur Mumifikation.

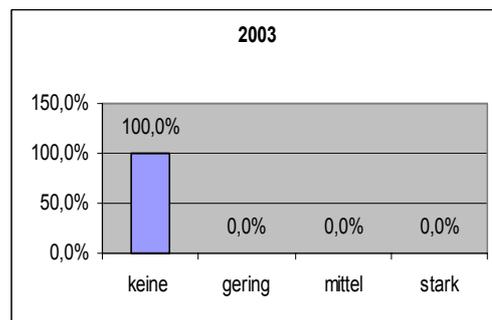
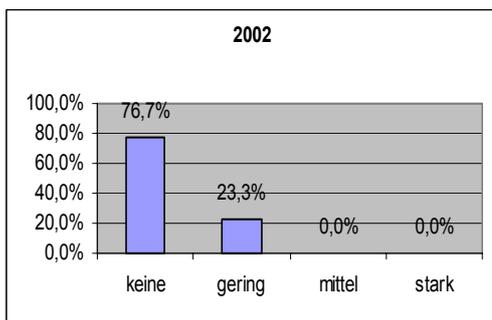


Abb. 22: Ausprägung der Schimmelpilzbildung (Stichprobe) 2002, 2003

Über die Hälfte aller untersuchten Leichen boten Vertrocknungserscheinungen in unterschiedlicher Ausprägung. Diese stellten sich typischerweise zuerst an den Extremitäten ein und konnten hier auch am häufigsten nachgewiesen werden (siehe Abbildung 23). In einigen Fällen war hochgradige Fäulnis im Bereich des Abdomen mit Vertrocknungserscheinungen an den Extremitäten bzw. im Gesichtsbereich vergesellschaftet. In einem Fall war eine vollständige Mumifikation eingetreten.

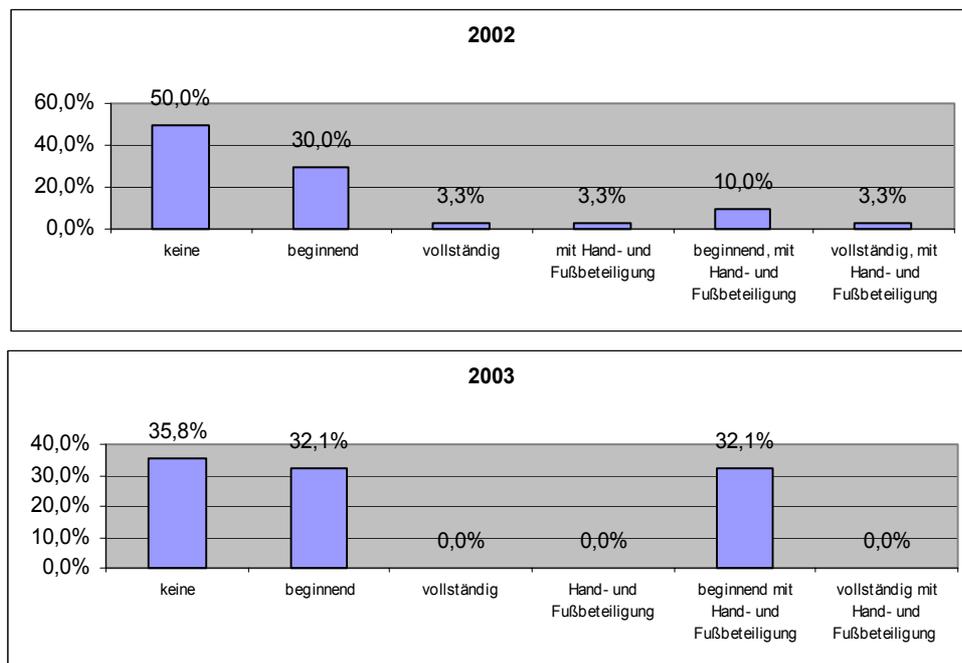


Abb. 23: Ausprägung der Vertrocknungserscheinungen im Bereich der Extremitäten (Stichprobe) 2002, 2003

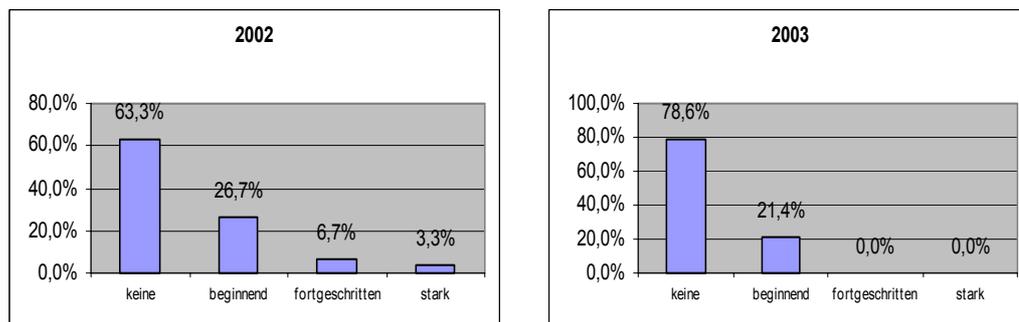


Abb. 24: Ausprägung der Vertrocknungserscheinungen im Kopfbereich (Stichprobe) 2002, 2003

Fettwachsbildung konnte in keinem der untersuchten Fälle nachgewiesen werden (siehe Abbildung 25). Das Milieu, welches eine Fettwachsbildung ermöglicht, bietet nekrophagen Insektenlarven üblicherweise keine optimalen Lebensbedingungen.

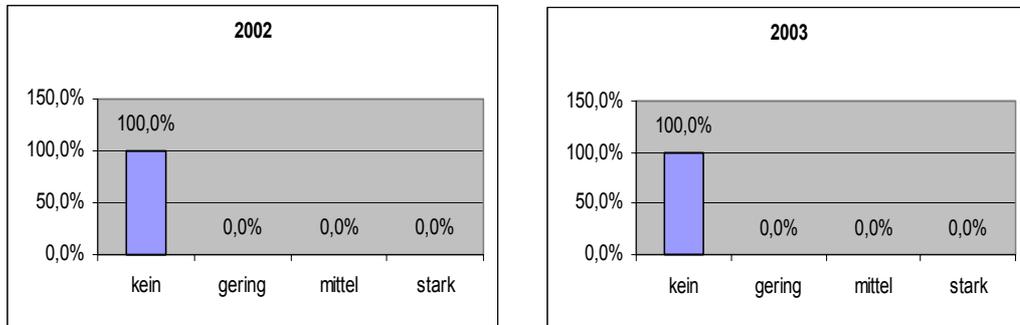


Abb. 25: Ausprägung von Fettwachs (Stichprobe) 2002, 2003

Die Aktivität der besiedelnden Insektenlarven war in einigen Fällen so stark, dass es zu größeren Weichteildefekten und Skelettierung hauptsächlich im Bereich der Extremitäten und des Schädels kam. Keiner der untersuchten Fälle wies eine vollständige Skelettierung auf (siehe Abbildung 26).

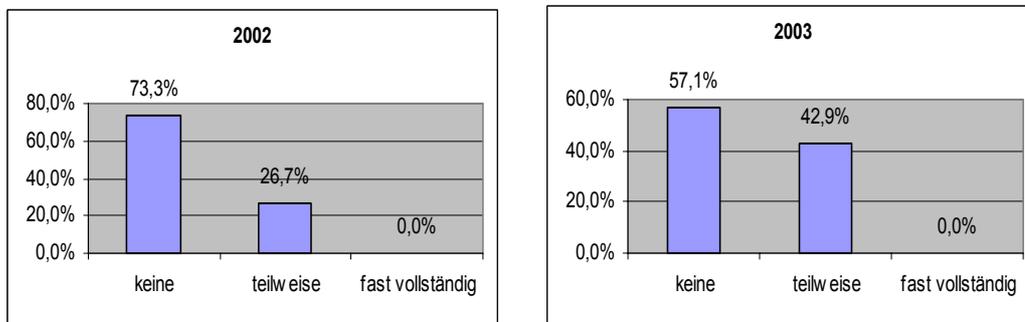


Abb. 26: Ausmaß der Skelettierung (Stichprobe) 2002, 2003

3.2 Untersuchungsbefunde über den Einfluss von Ethanol auf die Entwicklung von *Lucilia sericata*

3.2.1 Wachstumsverhalten

Wie in Abbildung 27 dargestellt, waren die Unterschiede in der Wachstumsrate, im Sinne der Längenzunahme über die Zeit nur unwesentlich. Die größte Längendifferenz war zwischen der Kontrollgruppe und der 8 ‰ – Gruppe am 5. Tag mit ca. 0,7 mm feststellbar ($p < 0,001$). Die 8 ‰ – Gruppe entwickelte sich bis zum 5. Tag im Vergleich zur Kontrollgruppe und den übrigen Testgruppen am langsamsten. Zwischen den übrigen Testgruppen und der Kontrollgruppe bestanden nur geringe und zum Teil nicht signifikante Unterschiede ($p > 0,05$). Nach Übergang in das postfeeding – Stadium bestanden mitunter noch Unterschiede in der Längenabnahme über die Zeit bis zum Eintritt in das Puppenstadium. Diese waren überwiegend schwer erfassbar und zum Teil nicht signifikant ($p > 0,05$).

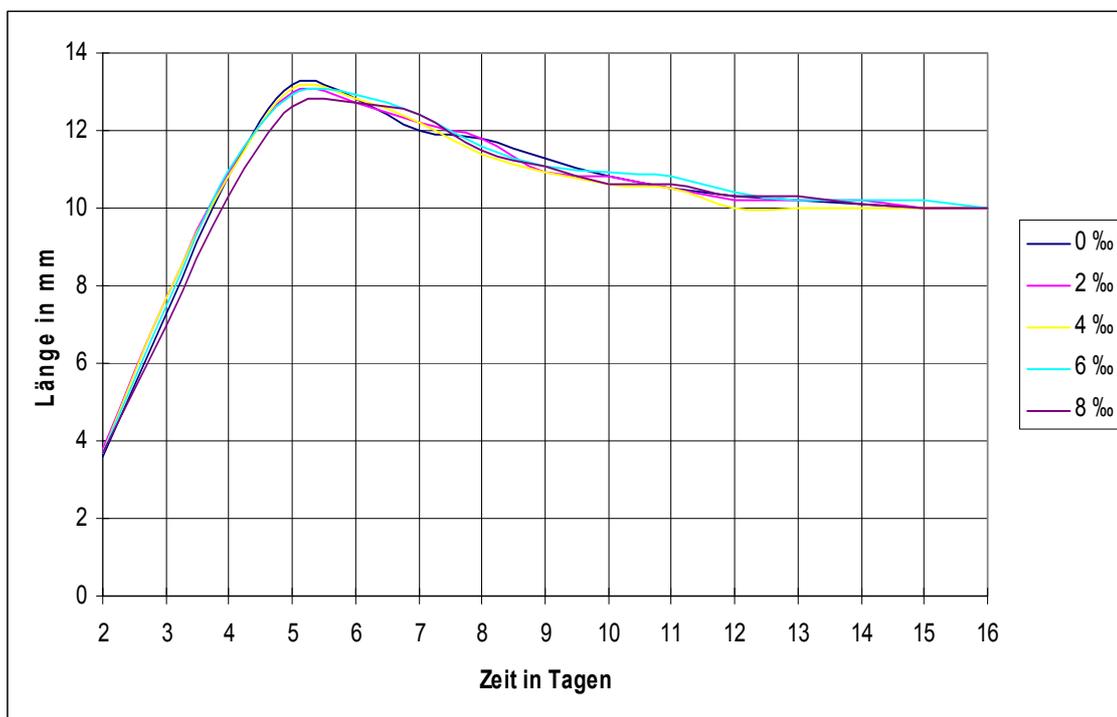


Abb. 27: Wachstumsrate von *Lucilia sericata* als Längenzunahme über die Zeit bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen in der Futterquelle, Testblock 1

Bei der Betrachtung der Wachstumsraten des zweiten Testblocks war festzustellen, dass die Testgruppen mit sehr hoher Ethanolkonzentration (8 ‰, 9 ‰, 10 ‰) gegenüber der Kontrollgruppe und den übrigen Testgruppen bis zum 5. Tag langsamer wuchsen (siehe Abb. 28). Entsprechend nahm die 10 ‰ – Gruppe am langsamsten an Länge zu. Die Differenz zur Kontrollgruppe betrug am 4. Tag 2,5 mm ($p < 0,001$) und zur 2 ‰ – Gruppe 2,7 mm ($p < 0,001$). Die Gruppen der forensisch relevanten Ethanolkonzentrationen (von 2 ‰ – 5 ‰) nahmen in dieser Zeit im Vergleich zur Kontrollgruppe schneller an Länge zu. Die Differenz zwischen der 2 ‰ – Gruppe und der Kontrollgruppe betrug am 3. Tag 1,4 mm ($p < 0,001$). Die 1 ‰ – Gruppe zeigte zunächst Unregelmäßigkeiten, glich sich aber um den 4. Tag an die Gruppe der forensisch relevanten Konzentrationen an. Nach Eintritt in das postfeeding – Stadium waren die Längenunterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Gruppen mit niedrigeren Ethanolkonzentrationen (bis 6 ‰) nicht signifikant ($p = 0,043 – 1,0$). Zwischen der Kontrollgruppe und den Gruppen mit hohen Ethanolkonzentrationen waren noch signifikante Unterschiede zu verzeichnen ($p < 0,001$). Zum 7. Tag hin zeichnete sich ein zunehmender Angleich aller Versuchsgruppen ab.

Die Versuchsgruppen des ersten Testblocks unterschieden sich in ihrer maximalen Endlänge nur graduell. Die Maden der Kontrollgruppe wurden mit durchschnittlich 13,2 mm am längsten, danach folgte die 4 ‰ – Gruppe mit 13,1 mm, die 2 ‰ – Gruppe mit 13 mm und die 6 ‰ – Gruppe mit 12,9 mm.

Die geringste Endlänge erreichte die 8 ‰ – Gruppe mit 12,7 mm. Die Kontrollgruppe sowie die 2 ‰ – 6 ‰ – Gruppen erreichten die maximale Endlänge am 5. Tag, die 8 ‰ – Gruppe am 6. Tag.

Die Versuchsgruppen des 2. Testblocks erreichten im Vergleich zum 1. Testblock eine größere maximale Endlänge. In der Kontrollgruppe und in den 1 ‰ – 6 ‰ – Gruppen betragen sie zwischen 13,9 mm und 13,7 mm. In den 7 ‰ – 10 ‰ – Gruppen verringerte sich die Endlänge sukzessiv, die Individuen der 10 ‰ – Gruppe wurden im Durchschnitt maximal 12,2 mm lang. Alle Versuchsgruppen erreichten die maximale Endlänge am 5. Tag.

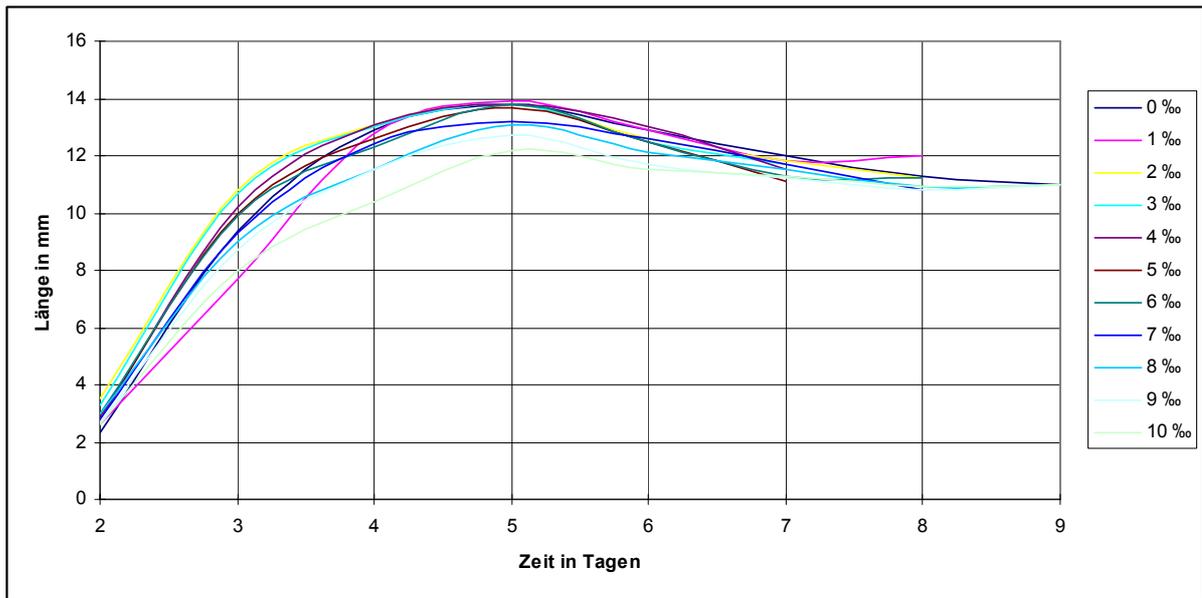
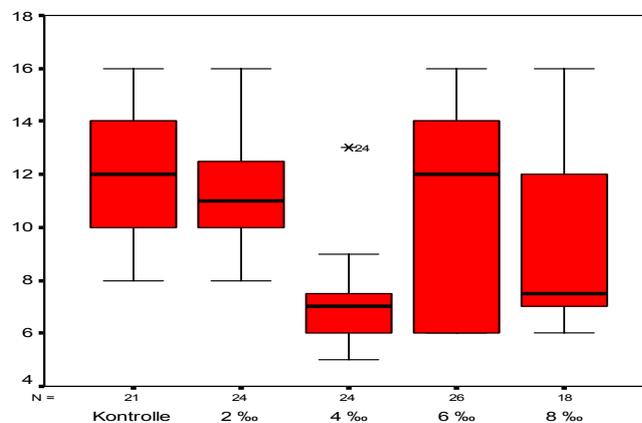


Abb. 28: Wachstumsrate von *Lucilia sericata* als Längenzunahme über die Zeit bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen in der Futterquelle, Testblock 2

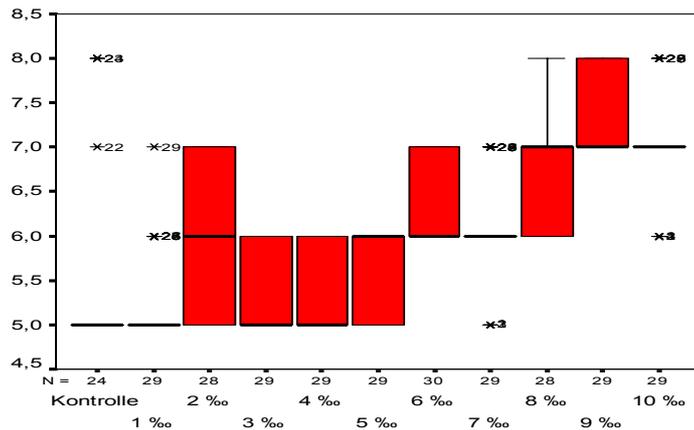
3.2.2 Entwicklungszeit

Wie aus Abbildung 29 hervorgeht, variierte die Zeitdauer des Larvenstadiums bis zur Verpuppung zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen sehr stark. Die längste durchschnittliche Entwicklungszeit war bei der Kontrollgruppe mit 12,2 Tagen (292,8 h) zu verzeichnen, gefolgt von der 2 ‰ – und 6 ‰ – Gruppe (11,3 Tage – 271,2 h; 10,7 Tage – 256,8 h). Die 4 ‰ – und 8 ‰ – Gruppe durchliefen mit 7 Tagen (168 h) bzw. 8,9 Tagen (213,6 h) das Larvenstadium wesentlich schneller. Es fällt auf, dass die Testgruppen unter Ethanol im Vergleich zur Kontrollgruppe durchschnittlich weniger Zeit für das Larvenstadium benötigten. Eine lineare Beziehung zwischen Ethanolkonzentration und Entwicklungsdauer war nicht erkennbar. Zwischen der Kontrollgruppe und den Gruppen mit forensisch relevanten Ethanolkonzentrationen (2 ‰, 4 ‰) besteht ein signifikanter Unterschied in der Entwicklungszeit von einem halben Tag (12 h) zwischen Kontrollgruppe und der 2 ‰ – Gruppe ($p < 0,001$) bzw. von 5,2 Tagen (124,8 h) zwischen Kontrollgruppe und der 4 ‰ – Gruppe ($p < 0,001$).



	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Kontrolle	21	8,0000	16,0000	12,190476	2,6003663	6,762
2 ‰	24	8,0000	16,0000	11,291667	2,1765383	4,737
4 ‰	24	5,0000	13,0000	7,041667	1,5736738	2,476
6 ‰	26	6,0000	16,0000	10,692308	3,9574662	15,662
8 ‰	18	6,0000	16,0000	8,888889	3,0076156	9,046
Valid	N18					
(listwise)						

Abb. 29: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Larvenstadium mit Medianen bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter, 1. Testblock



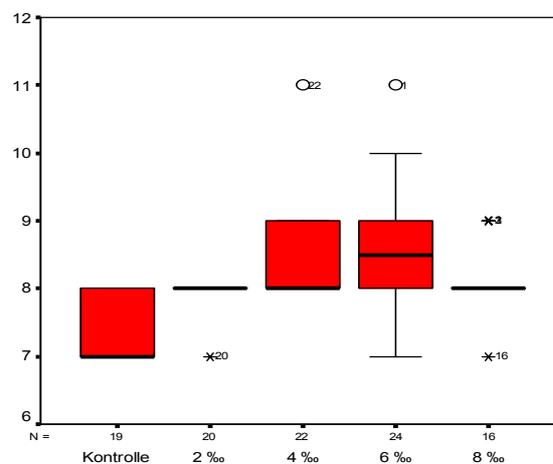
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Kontrolle	24	5,0000	8,0000	5,333333	,9168313	,841
1 ‰	29	5,0000	7,0000	5,241379	,5109635	,261
2 ‰	28	5,0000	7,0000	6,035714	,8811669	,776
3 ‰	29	5,0000	6,0000	5,379310	,4938040	,244
4 ‰	29	5,0000	6,0000	5,379310	,4938040	,244
5 ‰	29	5,0000	6,0000	5,551724	,5061202	,256
6 ‰	30	6,0000	7,0000	6,466667	,5074163	,257
7 ‰	29	5,0000	7,0000	6,103448	,5570860	,310
8 ‰	28	6,0000	8,0000	6,928571	,7163990	,513
9 ‰	29	7,0000	8,0000	7,275862	,4548588	,207
10 ‰	29	6,0000	8,0000	7,034483	,5658596	,320
Valid (listwise)	N24					

Abb. 30: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Larvenstadium mit Medianen bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter, 2. Testblock

Ein Unterschied zwischen dem 1. und 2. Testblock ist die insgesamt kürzere Entwicklungsdauer der Untersuchungsgruppen des zweiten Testblocks im Vergleich zu den entsprechenden Untersuchungsgruppen des ersten Testblocks, bei identischen Entwicklungsbedingungen. Weiterhin war festzustellen, dass die Individuen der Testgruppen des 2. Testblocks im Vergleich zur Kontrollgruppe zum Teil deutlich länger im Larvenstadium verweilten (Kontrollgruppe mit 5,3 Tagen – 127,2 h vs. 9 ‰ – Gruppe mit 7,2 Tagen – 172,8 h). Im Bereich der Gruppen mit forensisch relevanter Ethanolkonzentration bestanden überwiegend keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) zwischen den einzelnen Entwicklungszeiten. Lediglich in der 2 ‰ – Gruppe war gegenüber der Kontrollgruppe eine Verlängerung der Entwicklungszeit um 16,9 Stunden zu verzeichnen ($p = 0,006$).

Insgesamt am schnellsten entwickelte sich die 1 ‰ – Gruppe. Am längsten benötigte die 9 ‰ – Gruppe. Die Differenz in der Entwicklungszeit zwischen beiden Gruppen betrug 49 Stunden ($p < 0,001$).

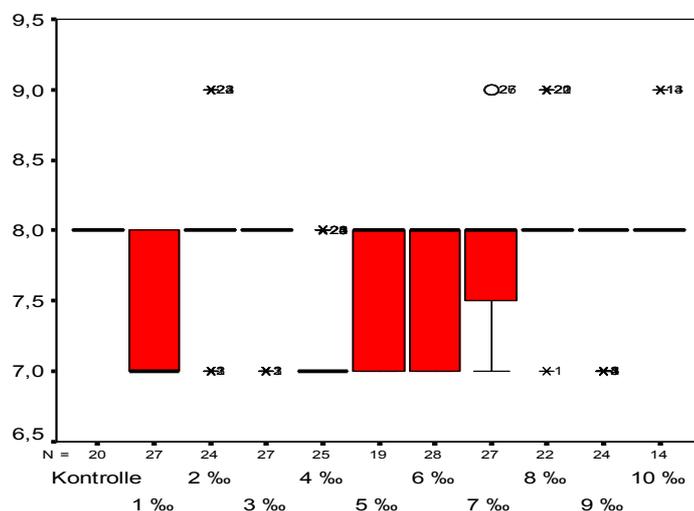
Im 1. Testblock stieg die Verweildauer im Puppenstadium zunächst proportional mit der Ethanolkonzentration bis zur 6 ‰ – Gruppe an (siehe Abb.31). Bis zur 4 ‰ – Gruppe bestanden signifikante Unterschiede ($p < 0,02$). Zwischen der 4 ‰ – Gruppe und der 6 ‰ – Gruppe konnte kein signifikanter Unterschied mehr erreicht werden ($p = 0,26$). Am schnellsten durchlief die Kontrollgruppe das Puppenstadium. Am längsten benötigte die 6 ‰ – Gruppe. Die Zeitdifferenz zwischen beiden Gruppen betrug 30,4 Stunden ($p < 0,001$). Im nicht forensisch relevanten Bereich (8 ‰ – Gruppe) sank die Verweildauer ab, blieb aber über der Verweildauer der Kontrollgruppe. Zwischen beiden Gruppen bestand ein Zeitunterschied von 19,4 Stunden ($p < 0,001$).



	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kontrolle	19	7,0000	8,0000	7,315789	,4775669
2 ‰	20	7,0000	8,0000	7,950000	,2236068
4 ‰	22	8,0000	11,0000	8,454545	,7385489
6 ‰	24	7,0000	11,0000	8,583333	,8297022
8 ‰	16	7,0000	9,0000	8,125000	,5000000
Valid	N 16				
(listwise)					

Abb. 31: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Puppenstadium mit Medianen bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter, 1. Testblock

Innerhalb der Untersuchungsgruppen des 2. Testblocks bestanden hinsichtlich der Entwicklungszeiten im Puppenstadium zum Teil signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Andererseits waren die Entwicklungszeiten zwischen der Kontrolle und einigen Testgruppen aber auch identisch oder annähernd gleich (siehe Abb. 32). Insgesamt zeigte sich keine lineare Abhängigkeit von der Ethanolkonzentration. Im Gegensatz zum 1. Testblock zeigte sich zwischen der Kontrollgruppe und den Testgruppen mit hoher Ethanolkonzentration im forensisch nicht relevanten Bereich (8 ‰, 10 ‰) kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$). Am längsten benötigte die 10 ‰ – Gruppe für die Entwicklung im Puppenstadium. Die kürzeste Entwicklungszeit war für die 4 ‰ – Gruppe zu verzeichnen. Die Differenz der Entwicklungszeit zwischen beiden Gruppen betrug 21,6 Stunden ($p < 0,001$).



	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Kontrolle	20	8,0000	8,0000	8,000000	,0000000	,000
1 ‰	27	7,0000	8,0000	7,370370	,4921029	,242
2 ‰	24	7,0000	9,0000	8,000000	,5107539	,261
3 ‰	27	7,0000	8,0000	7,888889	,3202563	,103
4 ‰	25	7,0000	8,0000	7,240000	,4358899	,190
5 ‰	19	7,0000	8,0000	7,684211	,4775669	,228
6 ‰	28	7,0000	8,0000	7,535714	,5078745	,258
7 ‰	27	7,0000	9,0000	7,814815	,5572623	,311
8 ‰	22	7,0000	9,0000	8,090909	,4264014	,182
9 ‰	24	7,0000	8,0000	7,791667	,4148511	,172
10 ‰	14	8,0000	9,0000	8,142857	,3631365	,132
Valid (listwise)	N 14					

Abb. 32: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Puppenstadium mit Medianen bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter, 2. Testblock

3.2.3 Mortalitätsrate

Innerhalb des 1. Testblocks konnte kein wesentlicher Unterschied zwischen den Mortalitätsraten im Larvenstadium und den Gesamtmortalitätsraten festgestellt werden. Der größte Teil der verendeten Individuen hatte das Puppenstadium nicht erreicht. Die 8 ‰ – Gruppe zeigte mit 40 ‰; 43,3 ‰ die höchste Sterblichkeit, gefolgt von der Kontrollgruppe mit 30 ‰; 36 ‰. In den Gruppen mit 2 ‰ – 6 ‰ verringerten sich die Mortalitätsraten mit steigender Ethanolkonzentration, entsprechend Abbildung 33.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des 1. Testblocks stehen die Beobachtungen aus dem 2. Testblock. Hier ergab sich eine erhebliche Differenz zwischen den Mortalitätsraten im Larvenstadium und den Gesamtmortalitätsraten. Der Großteil der verendeten Individuen hatte das Puppenstadium nicht durchlaufen. Während die Mortalitätsraten im Larvenstadium innerhalb der Testgruppen noch relativ homogen und niedrig waren, waren die Gesamtmortalitätsraten sehr variabel und zum Teil sehr hoch, ohne eine Abhängigkeit von der Ethanolkonzentration erkennen zu lassen. Ähnlich wie im Testblock 1 waren die höchsten Mortalitätsraten bei der Gruppe mit der höchsten Ethanolkonzentration (3,3 ‰; 53,3 ‰) zu registrieren. Daneben zeigten sich hohe Mortalitätsraten in der 5 ‰ - Gruppe (3,3%; 36,7 ‰) sowie in der Kontrollgruppe (20 ‰; 33,3 ‰). Die übrigen Mortalitätsraten verteilten sich entsprechend Abbildung 34.

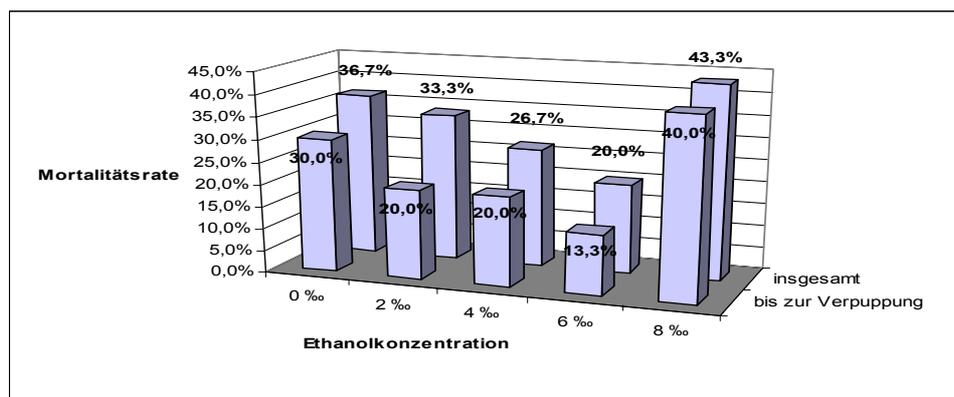


Abb. 33: Mortalitätsraten der Versuchsgruppen von *Lucilia sericata* bis zur Verpuppung und Gesamtmortalitätsrate bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen in der Futterquelle, 1. Testblock

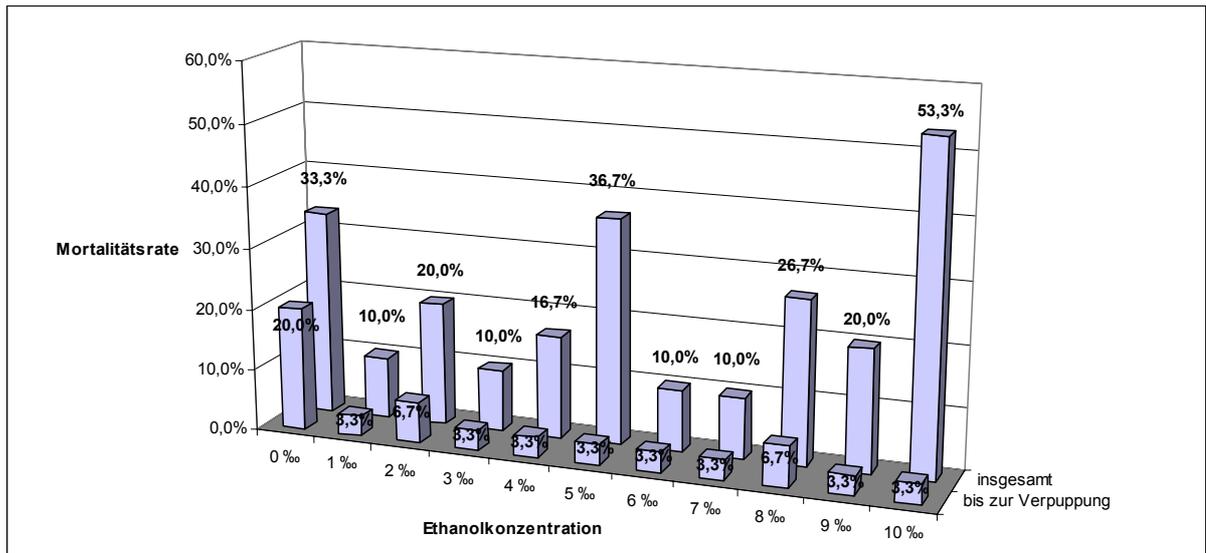


Abb. 34: Mortalitätsrate der Versuchsgruppen von *Lucilia sericata* bis zur Verpuppung und Gesamtmortalitätsrate bei verschiedenen Ethanolkonzentrationen in der Futterquelle, 2. Testblock

3.3 Untersuchungsbefunde über den Einfluss von Methadon auf die Entwicklung von *Lucilia sericata*

3.3.1 Wachstumsverhalten

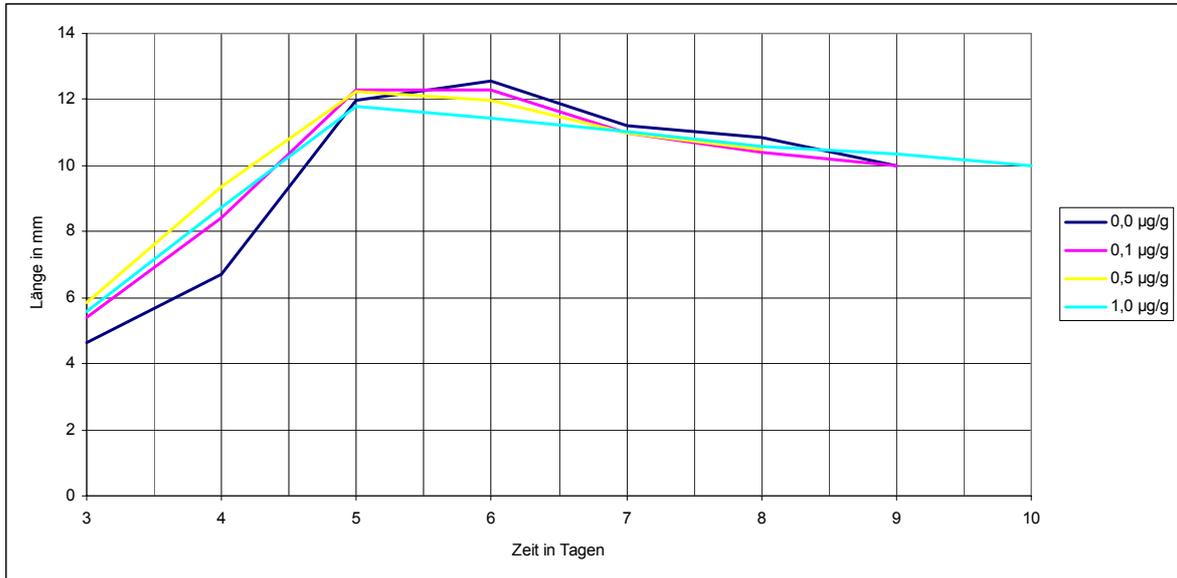


Abb. 35: Wachstumsrate von *Lucilia sericata* als Längenzunahme über die Zeit bei verschiedenen Methadonkonzentrationen in der Futterquelle

Abbildung 35 zeigt, dass die Unterschiede in der Wachstumsrate zwischen dem 3. und 5. Tag am größten waren. Die Kontrollgruppe entwickelte sich gegenüber den Testgruppen langsamer. Innerhalb der Testgruppen bestanden geringe aber signifikante Unterschiede (alle $p < 0,001$). Am schnellsten entwickelte sich die 0,5 μ - Gruppe. Der mittlere Längenunterschied zwischen der Kontrollgruppe und der 0,5 μ - Gruppe betrug am 4. Tag fast 3 mm ($p < 0,001$). Größere Differenzen in der Wachstumsrate waren weiterhin um den 6. Tag feststellbar. Die 1 μ - und 0,5 μ - Gruppe waren in dieser Zeit bereits in das postfeeding – Stadium eingetreten. Am 6. Tag bestand der größte mittlere Längenunterschied zwischen der Kontrollgruppe und der 1 μ - Gruppe mit 1,1 mm ($p < 0,001$).

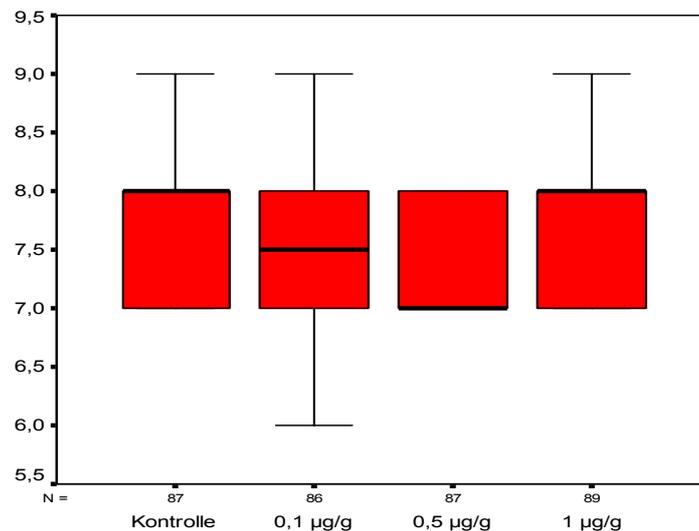
Am 5. Tag und ab dem 7. Tag waren die Längenunterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen gering und zum Teil nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die größte maximale Endlänge erreichte die Kontrollgruppe mit durchschnittlich 12,6 mm am 6. Tag. Die Testgruppen erreichten mit steigender Methadonkonzentration geringere durchschnittliche Endlängen,

die 0,1 μ - Gruppe 12,3 mm, die 0,5 μ - Gruppe 12,3 mm und die 1 μ - Gruppe 11,8 mm. Die 0,1 μ – Gruppe erreichte die durchschnittliche maximale Endlänge wie auch die Kontrollgruppe am 6. Tag, die 0,5 μ - und 1 μ – Gruppe bereits am 5. Tag.

3.3.2 Entwicklungszeit

Wie aus Abbildung 36 hervorgeht, verringerte sich die Entwicklungszeit im Larvenstadium zunächst mit steigender Methadonkonzentration. Die Zeitdifferenz zwischen der Kontrollgruppe und der 0,1 µ - Gruppe betrug 4,2 Stunden. Zwischen der 0,1 µ - Gruppe und der 0,5 µ - Gruppe bestand eine Differenz von 5,4 Stunden. Der Unterschied war jeweils signifikant (alle $p < 0,001$). Die 0,5 µ - Gruppe erreichte als erste das Puppenstadium. Die Entwicklungszeit der 1 µ - Gruppe verlängerte sich im Verhältnis zur Kontrollgruppe um 3,8 Stunden ($p < 0,001$). Die Differenz der 1 µ - Gruppe zur 0,5 µ - Gruppe betrug 13,9 Stunden ($p < 0,001$).



	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Kontrolle	87	7,00	9,00	7,7241	,56424	,318
0,1 µg/g	86	6,00	9,00	7,5465	,62604	,392
0,5 µg/g	87	7,00	8,00	7,3218	,46989	,221
1 µg/g	89	7,00	9,00	7,8989	,67496	,456
Valid (listwise)	N86					

Abb. 36: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Larvenstadium mit Medianen bei verschiedenen Methadonkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter

In Bezug auf die Verweildauer im Puppenstadium ergaben sich nur graduelle Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen (siehe Abb. 37). Dabei verringerten sich die Entwicklungszeiten zunächst ebenfalls mit steigender Methadonkonzentration, in der 1 μ - Gruppe stiegen sie wieder an. Ein signifikanter Unterschied war zwischen der Kontrollgruppe und der 0,5 μ - Gruppe mit 1,9 Stunden nachweisbar ($p = 0,004$) sowie zwischen der 0,5 μ - Gruppe und der 1 μ - Gruppe mit 1,8 Stunden ($p = 0,024$).

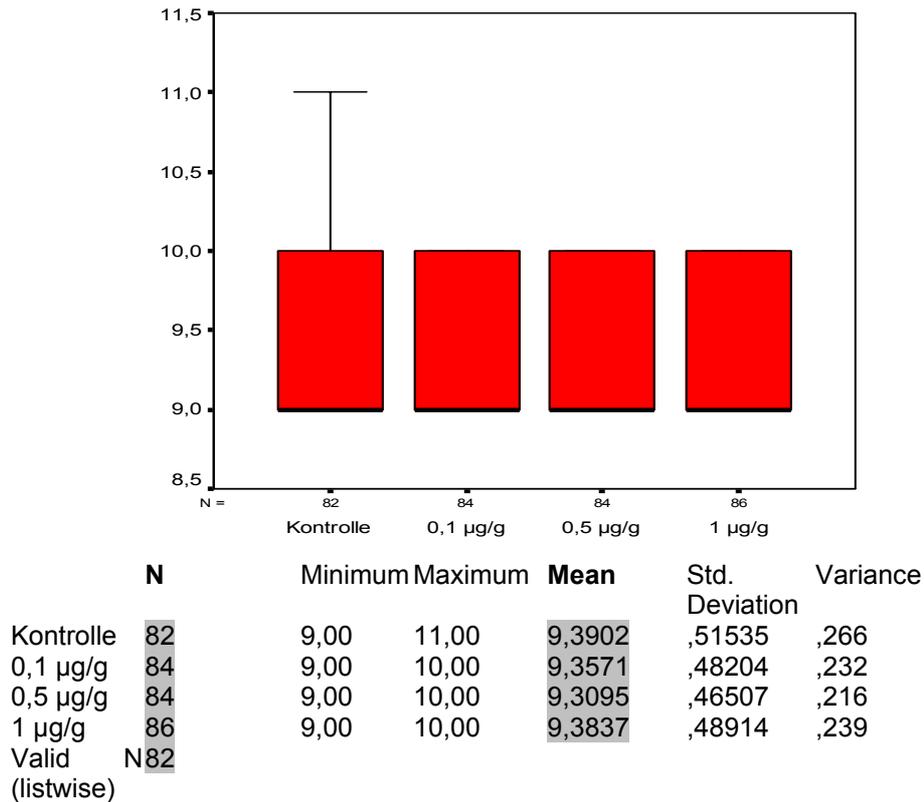


Abb. 37: Boxplots der Entwicklungszeiten in Tagen von *Lucilia sericata* im Puppenstadium mit Medianen bei verschiedenen Methadonkonzentrationen, deskriptiv statistische Parameter

3.3.3 Mortalitätsrate

Die insgesamt höchste Mortalitätsrate war in der Kontrollgruppe mit 7,2 % zu verzeichnen. Dabei waren die meisten Individuen im Puppenstadium verstorben. Innerhalb der Versuchsgruppen differierte die Mortalitätsrate sehr stark. In der 1 μ - Gruppe überlebten die meisten Individuen sowohl das Larven- wie auch das Puppenstadium. Die Population verminderte sich insgesamt nur um 2,7 %. Die 0,1 μ und 0,5 μ – Gruppe hingegen näherten sich in der Mortalitätsrate der Kontrollgruppe an.

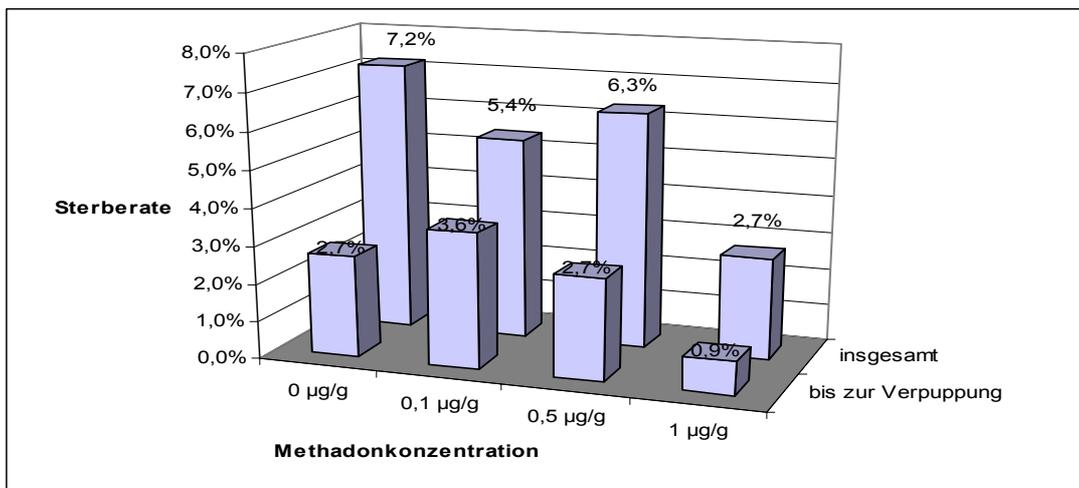


Abb. 38: Mortalitätsrate der Versuchsgruppen von *Lucilia sericata* bis zur Verpuppung und Gesamtmortalitätsrate bei verschiedenen Methadonkonzentrationen in der Futterquelle

4. Diskussion

4.1 Epidemiologische und soziale Aspekte

Die Untersuchungen der in den 2 Jahren im Institut für Rechtsmedizin Hamburg verwahrten Leichen mit Insektenbesiedlung ermöglichte aufgrund der relativ hohen Fallzahl von 204 (3,7 % aller verwahrten Leichen) eine Vielzahl von Aussagen. Bei den Verstorbenen handelte es sich überwiegend um Männer im Alter um die 60 Jahre. In den Gruppen mit höherem Alter war im Vergleich zu den anderen Altersgruppen ein höherer Anteil weiblicher Leichen zu verzeichnen. Vergleicht man die Geschlechterverteilung und die Altersgruppen mit den toxikologischen Befunden, so ist festzustellen, dass Alkohol als alleinige Substanz fast ausschließlich bei männlichen Leichen in den Altersgruppen zwischen 40 und 79 Jahren nachweisbar war. Die beiden todesursächlichen Alkoholintoxikationen entfallen auf diese Gruppen. Dem gegenüber steht ein Fall von Alkoholnachweis bei einer weiblichen Leiche. Die Fälle von Drogen- und Medikamentennachweis in überwiegend tödlicher Konzentration erfassen männliche wie weibliche Verstorbene gleichermaßen und sind jeweils in die Gruppe der 30 bis 39 jährigen einzuordnen.

In 5 von 6 Fällen war Methadon nachweisbar, davon 4-mal in tödlicher Konzentration und einmal als Monointoxikation. In den Untersuchungen von Heinemann et al. [26] wurde bereits festgestellt, dass die Todesfälle mit Methadonbeteiligung im Großraum Hamburg, in den 90-er Jahren zunehmend, überwiegend als Mischintoxikationen einzustufen waren. Es zeigte sich eine Häufung von Todesfällen in den Altersgruppen zwischen 26 und 40 Jahren. Weiterhin stellte sich heraus, dass die Suizidhäufigkeit in Verbindung mit Methadonkonsum erhöht war. Ein entsprechender Fall von suizidalem Tod durch Erhängen mit postmortalem Methadonnachweis ist in den eigenen Untersuchungen repräsentiert. Unter den Fällen von natürlichem Tod dominieren die kardialen Ursachen in beiden Jahren mit ca. 67 %, seltener fanden sich Pneumonien. Weiterhin konnten eine akute Pankreatitis und eine Ösophagusvarizenblutung als typische Todesursachen bei chronischem Alkoholabusus nachgewiesen werden.

Eine postmortale Insektenbesiedlung setzt voraus, dass der Tod eines Menschen längere Zeit unbemerkt bleibt. Dies ist häufig bei Gewaltverbrechen der Fall, aber auch Ergebnis gesellschaftlicher Ausgrenzung und Isolation mit beschränkten oder fehlenden sozialen Kontakten im Alkoholiker- und Drogenmilieu, sowie bei alten Menschen in anonymer städtischer Umgebung. Etwa 3 – 5 % der über 65 jährigen sehen sich als sozial isoliert, Frauen häufiger als Männer (www.carelounge.de/altenarbeit/wissen/themen_einsam.php).

Die untersuchten Fälle spiegeln das Gesagte weitestgehend wieder, wenngleich unter den Fällen von nicht natürlichem Tod keine Todesursachen zu finden waren, die Fremdverschulden voraussetzen. Auf die Alkohol- und Drogenproblematik ist bereits eingegangen worden. Der Anteil der 70 bis über 80 jährigen betrug in beiden Jahren zusammen 24 %. In der Gruppe der über 80 jährigen (7,8 %) überwiegt der Frauenanteil mit 56 % entsprechend der Altersverteilung in der Bevölkerung.

Erwartungsgemäß zeigte sich eine Häufung von Verstorbenen mit Insektenbesiedlung vom späten Frühjahr bis in den frühen Herbst. In diesen Zeitraum fällt die größte Aktivität von nekrophagen Insekten, wie von Insekten überhaupt. In den Wintermonaten ist die Insektenbesiedlung bei so genannten Wohnungsleichen zu beobachten, weil die Tiere aufgrund der verbreiteten Fernheizung mit konstant hohen Wohnungstemperaturen auch im Winter noch geeignete Bedingungen vorfinden. 23,5 % der untersuchten Fälle sind in die Zeit zwischen November und April beider Jahre einzuordnen. Diese Zahl liegt höher als bei den Untersuchungen von Niess et al. [42] mit 16 % Insekten besiedelter Leichen im Obduktionsgut, wobei gesagt werden muss, dass bei den eigenen Fällen auch nicht obduzierte Verstorbene erfasst sind.

4.2 Forensische Verwertbarkeit der besiedelnden Insekten und ihrer Entwicklungsstadien

Bei der Untersuchung von Stichproben beider Jahre wurden zunächst die Topographie der Insektenbesiedlung und die Entwicklungsstadien der einzelnen Insekten erfasst. Letztere sind in unterschiedlicher Weise dazu geeignet forensisch entomologische Fragestellungen zu beleuchten. Auf nahezu allen Leichen konnten nekrophage Fliegenmaden beobachtet werden.

Diese eignen sich sowohl für die Bestimmung der Leichenliegezeit, je nach Art und Besiedlungsphase sind stundengenaue Aussagen möglich, als auch für toxikologische Untersuchungen. In der Literatur sind hierzu zahlreiche Studien und kasuistische Betrachtungen zu finden (Benecke [5], Kintz et al. [32, 33], Sukontason et al. [55], Wilson et al. [59]).

Die Methoden der Leichenliegezeitbestimmung mit Hilfe von Fliegenmaden sind im Einleitungsteil bereits kurz beschrieben worden. In der forensischen Entomotoxikologie können Fliegenmaden für den Nachweis pharmakologisch - toxischer Substanzen mittels gaschromatographischer Verfahren benutzt werden (Campobasso et al. [13], Hedouin et al. [24, 25]). Bourel et al. [10] gelang der immunhistochemische Nachweis von Morphin in Calliphoridenlarven.

In etwa der Hälfte der Fälle waren Fliegeneier nachweisbar. Diese eignen sich für eine Liegezeitbestimmung innerhalb des short-term post-mortem interval. Bourel et al. [11] führten dazu eine Studie durch, in der die Entwicklungszeit von Eiern der Fliegenart *Lucilia sericata* unter Labor- und Feldbedingungen bei unterschiedlichen Temperaturen bestimmt wurde. Da *Lucilia sericata* ein Erstbesiedler menschlicher Leichen ist, ist eine Todeszeitbestimmung besonders exakt. Die Toleranz lag bei den von Bourel et al. durchgeführten Versuchen bei 2 Stunden.

Ebenso wie Fliegenmaden eignet sich auch das darauf folgende Entwicklungsstadium, die Puppen, zum Nachweis pharmakologisch toxischer Substanzen. In der bereits erwähnten Studie von Bourel et al. [10] konnte gezeigt werden, dass Morphin in Teilen der Larvenkutikula kumuliert und durch den Sklerotisierungsprozess gleichsam konserviert wird.

Andere Autoren berichten vom erfolgreichen Nachweis von Amitriptylin und Nortriptylin (Sadler et al. [47]), MDMA (Ecstasy) und MDA (Goff et al. [20]). Hingegen misslang der Nachweis von Barbituraten (Sadler [46]) und der Kombination aus Propoxyphen und Acetaminophen in Verbindung mit Amitriptylin in Fliegenpuppen (Wilson [59]) trotz positiver Befunde in den Fliegenmaden. Gagliano-Candela und Aventaggio [15] erklären dies mit metabolischen Prozessen während der larvalen Entwicklung verschiedener Fliegenarten bzw. mit Konzentrationen der einzelnen Stoffe im Substrat unterhalb der Nachweisgrenze für die jeweiligen Nachweisverfahren.

Auch der Schlupf der adulten Insekten aus der Puppe macht den Substanznachweis nicht unmöglich. Miller et al. [40] gelang der Nachweis von Amitriptylin in leeren Puparien, die sich auf einem mumifizierten menschlichen Leichnam befanden.

Puparien sind aufgrund ihrer chemischen Struktur gegenüber natürlichen Zersetzungsprozessen und Witterungseinflüssen über viele Jahre resistent (Reiter und Wollenek [45]). Über den Zeitraum, in dem ein positiver Nachweis von pharmakologisch toxischen Substanzen möglich ist, liegen keine Untersuchungen vor. Für die Liegezeitbestimmung sind vitale Fliegenpuppen verwertbar, wenn sie unter kontrollierten Bedingungen, d.h. Bedingungen wie sie am Leichenfundort herrschten, zum Schlupf gebracht werden (Grassberger [21]).

Leere Puparien hingegen sind bedingt aussagekräftig (Reiter und Wollenek [45]). Unter den eigenen untersuchten Fällen fanden sich vitale Puppen in ca. 30 % bis 40 % der Fälle. Leere Puparien waren nur im Jahr 2002 in ca. 7 % der Fälle nachweisbar.

Fliegen kamen in 10 % bis 20 % der Fälle in beiden Jahren vor. Es handelte sich dabei überwiegend um tote Individuen. Es ist kaum mit Sicherheit festzustellen, ob eine Fliege mit einem bestimmten Leichnam assoziiert ist. Deshalb sind forensisch verwertbare Rückschlüsse schwer zu ziehen, wenn nicht unmöglich. Aus ökologischen Untersuchungen sind positive Ergebnisse beim Nachweis von Umweltgiften in adulten Fliegen bekannt (Sohal und Lamb [54]).

Ähnliches ist über adulte Käfer an Leichen zu sagen. Einzelne Individuen ermöglichen kaum verwertbare Aussagen, da diese nicht sicher mit einem Leichnam assoziiert sein müssen. Kulshrestha und Satpathy [34] bemerken dazu,

dass erst bei Vorkommen von Larven von einer Besiedlung ausgegangen werden kann und dann sichere Aussagen zur Liegezeit möglich sind. Käfer erscheinen erst in späteren Besiedlungswellen am Leichnam. Die Liegezeit errechnet sich dann nur mit erheblichen Toleranzen. Sichere Ergebnisse konnten bei toxikologischen Untersuchungen gewonnen werden, Miller et al. [40] gelang der Nachweis von Amitriptylin und Nortriptylin in Käferexuvien (Larvenhüllen) und im Käferkot. In dem berichteten Fall ist von einer Leichenliegezeit von 2 Jahren ausgegangen worden. In ca. 7 % bis 13 % der eigenen Untersuchungen sind Käfer und Käferlarven beobachtet worden.

Es handelte sich überwiegend um Speckkäfer (Dermestes). Die Käferlarven besiedelten die in diesen Fällen mumifizierten und teilskelettierten Leichen massenhaft. Von Schäfer [48] ist eine Übersicht über die am häufigsten vorkommenden nekrophilen Käferarten im mitteleuropäischen Raum veröffentlicht worden.

Es ist mehrfach versucht worden, einen Zusammenhang zwischen der Konzentration bestimmter Substanzen im Leichnam und der Konzentration im entomologischen Untersuchungsmaterial herzustellen (Hedouin et al. [25], Sadler et al. [46, 47]). Unter anderem auch nach Untersuchungen von Tracqui et al. [58] stellte sich heraus, dass dies keineswegs praktikabel ist. Die Bestimmung von Substanzkonzentrationen in Maden aus verschiedenen Körperregionen des Leichnams lieferten nach Erfahrungen dieser Arbeitsgruppe zum Teil nicht nachvollziehbare Ergebnisse. Die Konzentrationen, welche in einzeln untersuchten Maden bestimmt wurden, variierten erheblich. In einigen Fällen misslang der Nachweis trotz Positivität im Untersuchungsmaterial vom Leichnam. Es kann gesagt werden, dass der Substanznachweis im entomologischen Material in einigen Fällen durchaus sinnvoll ist und qualitative Aussagen zulässt, jedoch keine Rückschlüsse auf die Quantität möglich sind. Untersuchungsmaterial aus dem Leichnam, sofern vorhanden, ist für die Analyse zu bevorzugen.

4.3 Topographie der Insektenbesiedlung

Hinsichtlich der Besiedlungstopographie konnten keine neuen Erkenntnisse gewonnen werden. Entsprechend bekannter Gesetzmäßigkeiten war die Hauptbesiedlungsaktivität im Gesichtsbereich, besonders im Bereich der Mundhöhle und der Augen. Aufgrund der leichten Zugänglichkeit zur Futterquelle wählen die weiblichen Fliegen diese Stellen bevorzugt zur Eiablage.

Vom Kopf-/Halsbereich abwärts sank die Besiedlungshäufigkeit sukzessiv, mit Ausnahme der Genitalien, da hier vor allem auch den frisch geschlüpften Fliegenmaden optimale Bedingungen für eine schnelle Nahrungsaufnahme geboten werden.

Eine in dieser Arbeit nicht gesondert aufgeführte, bevorzugte Besiedlungsstelle sind frische Wunden am Leichnam. Anderson [3] beschreibt dazu einen Fall aus Kanada, in dem der vom Körper abgetrennte Kopf eines Leichnams zuerst von den Wundflächen her besiedelt wurde. Die natürlichen Körperöffnungen des Kopfes zeigten keine Fraßspuren. Im Übrigen ist die Art der Besiedlung von der Bekleidung oder Bedeckung des Leichnams, der Temperatur und den Lichtverhältnissen (Benecke [7]), sowie vom Stadium der Dekomposition abhängig (Amendt et al. [1]).

4.4 Taphonomische Veränderungen

Bei der forensisch entomologischen Leichenliegezeitbestimmung ist neben den Befunden, welche sich aus der Insektenbesiedlung ergeben, immer auch das Gesamterscheinungsbild des Leichnams, die taphonomischen Veränderungen, in die Kalkulation mit einzubeziehen.

Oft lässt der Zustand der Leiche, gerade bei Insektenbesiedlung, den Eindruck einer weitaus längeren Liegezeit als der tatsächlichen entstehen, weil die Zersetzungsprozesse in diesen Fällen schneller vonstatten gehen (Campobasso et al. [12]). Auf der anderen Seite kann nicht immer davon ausgegangen werden, dass die Eiablage einer am Leichnam vorkommenden Insektenart sofort nach Todeseintritt erfolgt und somit kann die Liegezeit als zu kurz angenommen werden (Amendt et al. [1]).

Die Abbildungen 39 und 40 illustrieren, wie die Leichenerscheinungen im Falle einer Insektenbesiedlung variieren, und das im Normalfall zeitlich aufeinander folgende Stadien der Dekomposition an einem Leichnam auch nebeneinander bestehen können (hierzu siehe auch Madea [35]).



Abb. 39: Leichenfundort in einer Wohnung, der Verstorbene ist teilbekleidet und teilweise bedeckt. Der Kopf war unbedeckt und zeigte die Hauptaktivität der Insektenbesiedlung in Form von Fliegenmaden. Am Körperstamm und an Teilen der Extremitäten waren Zeichen der beginnenden Fäulnis nachweisbar, mit beginnender Grünfärbung, Gasblähung, Durchschlagen des Venennetzes und flächenhafter Oberhautablösung. An der rechten Hand sind bereits Vertrocknungen, respektive beginnende Mumifikation sichtbar.



Abb. 40: Der Kopf des Verstorbenen im Stadium der fortgeschrittenen Fäulnis mit hochgradiger Dunsung, grünlich – bräunlicher Hautverfärbung, Haarverlust und vermehrtem Austritt von Fäulnisflüssigkeit. Trotz des Transports in das Rechtsmedizinische Institut, mit Veränderung der Temperatur- und Lichtverhältnisse sind noch zahlreiche Fliegenmaden erkennbar.

In diesem Zusammenhang soll nicht unerwähnt bleiben, dass der Zersetzungsstatus der Leiche in Verbindung mit der Insektenbesiedlung auch hinsichtlich eventuell zu Lebzeiten entstandener Verletzungen bewertet werden muss. Madenfraßdefekte sind meist rundlich, glatt begrenzt und bisweilen gruppiert angeordnet. Bei erheblicher Dunsung können diese schlitzförmig aufreißen und somit den Eindruck von Schuss-, Schnitt- oder Stichverletzungen erwecken, Pollak und Reiter [44] haben über diesen Umstand berichtet (siehe auch Abbildung 41).



Abb. 41: An der linksseitigen Kinn- und Wangenpartie erkennbare rundliche und ovaläre, scharf begrenzte Madenfraßdefekte.

Ein weiterer Aspekt, welcher an dieser Stelle erwähnt werden muss, ist die Problematik der postmortalen Redistribution von pharmakologisch toxischen Substanzen. Es handelt sich dabei um die Rückverteilung von Substanzen aus den Organen in das Blut durch autolytische und mikrobielle Prozesse (Madea [36]). In der rechtsmedizinischen Routine hat dies Bedeutung bei der Probengewinnung, zum Beispiel für die Bestimmung der Blutalkoholkonzentration. Diese kann im Herzblut durch die räumliche Nähe zum Magen und den postmortalen Diffusionsprozess durchaus höher liegen, als in peripheren venösen Gefäßen. Dieses Phänomen wird als site – dependence bezeichnet. Die postmortale Redistribution von Alkohol wird insgesamt als gering eingeschätzt. Das bedeutet eine Differenz der Konzentration zwischen Herz- und Femoralvenenblut von bis zu 20 %. Für Methadon wird eine mäßige Redistribution angenommen, entsprechend einer Konzentrationsdifferenz von 21 % – 50 % (Madea [36]). Caplehorn und Drummer [14] haben den Zusammenhang zwischen Methadondosis bei Lebenden und der postmortalen

Blutkonzentration in 31 Fällen untersucht und kamen zu dem Ergebnis, dass die Blutkonzentration von Methadon nach dem Tode doppelt so hoch ist wie bei vergleichbaren lebenden Individuen, bei Frauen sogar drei mal so hoch. Als Ursache wurde die postmortale Redistribution angeführt.

Durch mikrobielle Prozesse werden postmortal zahlreiche Stoffe gebildet, darunter auch Ethanol. Zur Untersuchung der postmortalen Alkoholentstehung ließen Osterhaus und Johannsmeier [43] Ethanol – negative Leichenblutproben in vitro in Fäulnis übergehen und stellten fest, dass innerhalb von 2 Tagen Ethanol in allen Proben nachweisbar war. In 80 % der Fälle lag die Ethanolkonzentration unter 0,5 ‰, der höchste Wert lag zwischen 0,9 ‰ und 1 ‰. Bei den Untersuchungen von Takayasu et al. [56] an Hasenkadavern konnte ebenfalls eine endogene Ethanolbildung festgestellt werden. Die gemessenen Konzentrationen in den einzelnen Organen erreichten überwiegend nach 2,5 Tagen den höchsten Wert. In der Leber kam es zur stärksten Ethanolneubildung, (0,499 mg/g) gefolgt vom Gehirn (0,393 mg/g) und der Lunge (0,371 mg/g). Im Herzblut konnte hingegen nur eine maximale Konzentration von 0,147 mg/g erreicht werden.

Bei den in dieser Arbeit untersuchten Leichen waren in sehr wenigen Fällen frühe Leichenerscheinungen festzustellen. Für eine klassische Leichenliegezeitbestimmung haben in nahezu keinem Fall verwertbare Befunde vorgelegen. In beiden Jahren konnte in je einem Fall die Totenstarre nachgewiesen werden. Die an einigen Leichen registrierten Livores waren in keinem Fall mehr wegdrückbar. Demgegenüber waren verschiedene Fäulniszeichen an den meisten Leichen ausgeprägt, zum Teil durch die vorherrschende Madenbesiedlung deutlich verstärkt (siehe auch Abbildung 44 und 45). Bei etwa einem Viertel der untersuchten Verstorbenen konnten Zeichen der beginnenden Mumifikation, hauptsächlich im Bereich der Extremitäten und des Kopfes beobachtet werden. Diese bestanden meist neben aktiver Fäulnis oder Verwesung im Bereich des Körperstamms. In einem Fall war die Mumifikation vollständig ausgeprägt. Etwa 30 % – 40 % der Leichen waren aufgrund der Madenaktivität bereits teilweise skelettiert. Eine vollständige Skelettierung war in keinem Fall zu registrieren.

4.5 Einfluss von Ethanol und Methadon auf die Entwicklung von *Lucilia sericata* - Verwertbarkeit für die forensisch entomologische Leichenliegezeitbestimmung

Wie gezeigt werden konnte, spielt Ethanol im Zusammenhang mit so genannten Madenleichen keine geringe Rolle, deshalb ist untersucht worden, inwieweit die Entwicklung von nekrophagen Insektenlarven bei Vorliegen von Ethanol im Leichnam vom normalen Modus abweicht. Es stellte sich heraus, dass unterschiedliche Populationen von *Lucilia sericata* unter gleichen Bedingungen vollkommen unterschiedlich reagieren. Im 1. Testblock sind hinsichtlich der Längenzunahme über die Zeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen, auch im Vergleich zur Kontrollgruppe, feststellbar. Eine Ausnahme bildete die 8 ‰ – Gruppe, die sich deutlich langsamer entwickelte, was jedoch ohne forensische Bedeutung ist.

Sherman et al. [52] machten ähnliche Beobachtungen bei der Untersuchung über den Einfluss von verschiedenen Antibiotika auf die Entwicklung der Maden von *Lucilia sericata* vor dem Hintergrund der medizinischen Madentherapie. In sehr hohen Konzentrationen führten zwei Substanzen zu höheren Mortalitätsraten. Insgesamt hatten die Antibiotika jedoch keine Wirkung auf die Entwicklung der Maden gezeigt. Im 2. Testblock entwickelten sich die Maden bei sehr hohen Ethanolkonzentrationen ebenfalls langsamer, bei humanrelevanten Konzentrationen jedoch schneller als die Kontrollgruppe. Die größte Längendifferenz betrug 1,4 mm zwischen der 2 ‰ – Gruppe und der Kontrollgruppe. Die Gesamtentwicklungszeit war gegenüber dem 1. Testblock stark verkürzt, die Differenz betrug im Durchschnitt 4 Tage. Die Entwicklungszeiten, getrennt bezogen auf das Larven- und das Puppenstadium, zeigten keine lineare Abhängigkeit von der Ethanolkonzentration und fielen in beiden Testblöcken bei gleichen Ethanolkonzentrationen unterschiedlich aus. Während im 1. Testblock bei niedrigen Konzentrationen längere Entwicklungszeiten erreicht wurden, waren diese im 2. Testblock verkürzt. Im 2. Testblock bestanden keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Entwicklungszeit zwischen der Kontrollgruppe und den Ansätzen mit humanrelevanten Ethanolkonzentrationen. Im 1. Testblock betrug die Zeitdifferenz hingegen zwischen 21,6 und 124,8 Stunden.

Bei Untersuchungen von Goff et al. [16, 18] mit Kokain und Methamphetamin im Nährsubstrat konnten Zeitdifferenzen zwischen 12 und 48 Stunden festgestellt werden.

Geringere Differenzen zeigten sich bei den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen mit Methadon in der Futterquelle. Diese lagen während des Larvenstadiums zwischen 5 und 14 Stunden. Die Entwicklungszeit verringerte sich zunächst mit steigender Methadonkonzentration, in der 1 μ - Gruppe stieg sie allerdings und erreichte einen höheren Wert als die Kontrollgruppe. Im Puppenstadium bestanden keine signifikanten Unterschiede. Nach Musvasva et al. [41] könnte dies mit der Metabolisierung und Ausscheidung der Droge vor Eintritt in das Puppenstadium erklärt werden. Demgegenüber hatten Bourel et al. [10] die Kumulation des Methadon verwandten Morphin in der Puppenhülle nachgewiesen. Die Wachstumsrate war in den Ansätzen mit Methadon gegenüber der Kontrollgruppe insgesamt erhöht. Die größte Längendifferenz betrug 3 mm zwischen der 0,5 μ - Gruppe und der Kontrollgruppe am 4. Tag.

Die Mortalitätsrate war in der Kontrollgruppe am höchsten, in der 1 μ - Gruppe verendeten die wenigsten Individuen. Ähnliche Tendenzen konnten Goff et al. [18] bei der Fleischfliege *Parasarcophaga ruficornis* unter verschiedenen Methamphetaminkonzentrationen in der Futterquelle feststellen. Die Wachstumsrate war bei höheren Konzentrationen erhöht, wobei die Kontrollgruppe die größte maximale Endlänge erreichte. Im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen mit Methadon bestanden bei den Versuchen mit *Parasarcophaga ruficornis* größere Unterschiede in der Länge der Verpuppungsdauer.

Vollkommen gegensätzliche Beobachtungen machten Bourel et al. [9] bei Untersuchungen mit *Lucilia sericata* auf Hasenkadavern mit verschiedenen Konzentrationen an Morphin. Sie kamen zu dem Schluss, dass Morphin die larvale Entwicklung deutlich verzögert. Getestet wurde ausschließlich mit für den Menschen tödlichen Konzentrationen.

In den im Einleitungsteil bereits erwähnten Versuchen von Goff et al. [17] mit der Fleischfliege *Boettcherisca peregrina* wurde das Entwicklungsverhalten unter verschiedenen Heroinkonzentrationen getestet.

Die Wachstumsraten der Untersuchungsgruppen mit Heroin in der Futterquelle waren gegenüber der Kontrollgruppe deutlich erhöht, das Larvenstadium verkürzt. Die längere Gesamtentwicklungszeit der Individuen in den Heroinansätzen kam durch ein deutlich verlängertes Puppenstadium zustande.

Es konnten Differenzen zwischen einzelnen Entwicklungszeiten im Larvenstadium von bis zu 29 Stunden und im Puppenstadium von bis zu 36 Stunden ermittelt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beide getesteten Substanzen die einzelnen Entwicklungsstadien von *Lucilia sericata* in unterschiedlicher Weise beeinflussen. Dabei kommt es zum Teil zu erheblichen Entwicklungszeitdifferenzen, die in jedem Fall von forensischer Bedeutung sein können. Die gemachten Vergleichsbeobachtungen mit Ethanol in der Futterquelle haben gezeigt, dass die Einflüsse der Testsubstanz von Population zu Population unterschiedliche Auswirkungen haben, es kann keine allgemeingültige Aussage abgeleitet werden. Das bedeutet für die Praxis, dass von einer im Leichnam nachgewiesenen Substanzkonzentration nicht sicher auf das Entwicklungsverhalten der forensisch relevanten Insekten am Leichnam geschlossen werden kann. Für die forensisch entomologische Liegezeitanalyse sollten die am Leichnam mit positiven Befunden für pharmakologisch toxische Substanzen gefundenen Insekten unter entsprechenden Substanzkonzentrationen vorzugsweise noch einmal nachgezüchtet werden. Es erscheint nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit durchaus denkbar, dass Populationen von *Lucilia sericata* mit unterschiedlicher Sensibilität reagieren.

5. Zusammenfassung

Es erfolgte eine Analyse von insgesamt 204 Leichen mit Insektenbesiedlung in den Jahren 2002 und 2003. Dabei wurden die Aspekte Alter, Geschlecht, Todeszeitpunkt, Todesursache und toxikologischer Befund berücksichtigt. Bei einer Stichprobe von insgesamt 57 Fällen erfolgte eine Dokumentation der Taphonomie und der Art der Insektenbesiedlung.

Es handelte sich überwiegend um männliche Verstorbene mit einem Durchschnittsalter von ca. 60 Jahren. Eine Insektenbesiedlung an Verstorbenen war erwartungsgemäß häufiger in den Sommer- und frühen Herbstmonaten zu beobachten. Sofern toxikologische Untersuchungen durchgeführt wurden, konnte in einer Vielzahl der Fälle Alkohol nachgewiesen werden. In einigen Fällen gelang der Nachweis von Methadon, überwiegend als Mischintoxikation. In den Fällen von Drogenintoxikation als Todesursache lag das Alter der Verstorbenen weit unter dem Durchschnittsalter aller untersuchten Verstorbenen. Frauen waren ebenso häufig betroffen wie Männer. Bei den in höherem Lebensalter Verstorbenen stieg der Anteil der Frauen. In den Fällen von natürlichem Tod dominierten kardiale Ursachen.

Bei den im Rahmen der Leichenschau untersuchten Verstorbenen waren in nahezu keinem Fall frühe Leichenerscheinungen nachweisbar. In den meisten Fällen bestanden ausgedehnte Fäulnisveränderungen. Der Madenbefall hatte in einigen Fällen zur Teilskelettierung geführt. Es wurde auf die Bedeutung der postmortalen Redistribution von pharmakologisch toxischen Substanzen hingewiesen.

Im Zusammenhang mit der Insektenbesiedlung wurde auf die Verwertbarkeit der nachgewiesenen Insekten und ihrer Entwicklungsstadien bei der Klärung von forensisch entomologischen und entomotoxikologischen Fragestellungen eingegangen.

Den zweiten Teil der Arbeit bildeten die experimentellen Untersuchungen über den Einfluss von Ethanol und Methadon auf die Entwicklung der Fliegenart *Lucilia sericata* in Hinblick auf die forensisch entomologische Leichenliegezeitbestimmung. Mit beiden Substanzen gelang eine Manipulation des Entwicklungszyklus.

Zwischen den einzelnen Testgruppen sowie zwischen den Test- und Kontrollgruppen konnten mitunter erhebliche, forensisch relevante, zeitliche Verschiebungen in der Entwicklung festgestellt werden. Es stellte sich heraus, dass zwei verschiedene Populationen der Fliegenart *Lucilia sericata* unterschiedlich auf das Vorliegen von Ethanol in der Futterquelle reagierten. Diese Ergebnisse sollten bei entsprechenden forensisch entomologischen Begutachtungen in Fällen von Ethanol- und Methadonintoxikationen berücksichtigt werden. Als Konsequenz sollten die Nachkommen der entsprechenden Larven noch einmal unter identischen Konzentrationen im Nährsubstrat im Vergleich mit einer Kontrollgruppe nachgezüchtet werden.

6. Literatur

- 1 Amendt J, Krettek R, Niess C, Zehner R, Bratzke H (2000) Forensic entomology in Germany. *Forensic Sci Int* 113: 309 – 14
- 2 Amendt J, Zehner R, Bratzke H (2003) Forensische Insektenkunde: Ein aktueller Forschungszweig der Rechtsmedizin. *Deutsches Ärzteblatt* 100: 3382 - 3385
- 3 Anderson GS (1997) The use of insects to determine time of decapitation: a case study from British Columbia. *J. Forensic Sci* 42: 947 – 50
- 4 Anderson GS (2004) Determining time of death using blow fly eggs in the early postmortem interval. *Int J Legal Med* 118: 240 - 241
- 4 Benecke M (1996) Zur insektenkundlichen Begutachtung in Faulleichenfällen. *Arch Kriminol* 198: 99 – 109
- 6 Benecke M, Leclercq M (1999) Ursprünge der modern angewandten rechtsmedizinisch – kriminalistischen Gliedertierkunde bis zur Wende zum 20. Jahrhundert. *Rechtsmed* 9: 41 – 45
- 7 Benecke M (2001) Rein einseitiges Auftreten von Schmeißfliegenmaden im Gesicht einer Faulleiche. *Arch Kriminol* 208: 182 - 185
- 8 Beyer JC, Enos WF, Stajic M (1980) Drug identification through analysis of maggots. *J Forensic Sci* 25: 411-2
- 9 Bourel B, Hedouin V, Martin-Bouyer L, Becart A, Tournel G, Deveaux M, Gosset D (1999) Effects of morphine in decomposing bodies on the development of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *J Forensic Sci* 44: 354-8

- 10 Bourel B, Fleurisse L, Hedouin V, Cailliez JC, Creusy C, Gosset D, Goff ML (2001) Immunohistochemical contribution to the study of morphine metabolism in Calliphoridae larvae and implications in forensic entomotoxicology. J Forensic Sci 46: 596-9
- 11 Bourel B, Callet B, Hedouin V, Gosset D (2003) Flies eggs: a new method for the estimation of short – term post mortem interval? Forensic Sci Int 135: 27 – 34
- 12 Campobasso CP, Di Vella G, Introna F (2001) Factors affecting decomposition and Diptera colonisation. Forensic Sci Int 120: 18 – 27
- 13 Campobasso CP, Gherardi M, Caligara M, Sironi L, Introna F (2004) Drug analysis in blowfly larvae and in human tissues: a comparative study. Int J Legal Med 118: 210 – 214
- 14 Caplehorn JR, Drummer OH (2002) Methadone dose and post-mortem blood concentration. Drug Alcohol Rev 21: 329 – 333
- 15 Gagliano-Candela R, Aventaggiato L (2001) The detection of toxic substances in entomological specimens. Int J Legal Med 114: 197-203
- 16 Goff ML, Omori AI, Goodbrod JR (1989) Effects of cocaine in tissues on the developmental rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae). J Med Entomol 26: 91-3
- 17 Goff ML, Brown WA, Hewadikaram KA, Omori AI (1991) Effects of heroin in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) and implications to the estimation of post mortem intervals using arthropod development patterns. J Forensic Sci 36: 537-42

- 18 Goff ML, Brown WA, Omori AI (1992) Preliminary observations of the effect of methamphetamine in decomposing tissues on the development rate of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect on the estimations of post mortem intervals. J Forensic Sci 37: 867-72
- 19 Goff ML, Brown WA, Omori AI, LaPointe DA (1993) Preliminary observations of the effects of amitriptyline in decomposing tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect to estimation of post mortem interval. J Forensic Sci 38: 316-22
- 20 Goff ML, Miller ML, Paulson JD, Lord WD, Richards E, Omori AI (1997) Effects of 3, 4-Methylenedioxymethamphetamine in decomposing tissues on the development of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and detection of the drug in post mortem blood, liver tissue, larvae and puparia. J Forensic Sci 42: 276-80
- 21 Grassberger M, Reiter C (2001) Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen- and isomorphen diagram. Forensic Sci Int 120: 32 – 6
- 22 Hauser G (1926) Ein Beitrag zum Madenfraß an menschlichen Leichen. Dtsch Z Ges Gerichtl Med 7: 179 – 191
- 23 Hedouin V, Bourel B, Martin-Bouyer L, Becart A, Tournel G, Deveaux M, Gosset D (1999) Morphine perfused rabbits : a tool for experiments in forensic entomotoxicology. J Forensic Sci 44: 347-50
- 24 Hedouin V, Bourel B, Martin-Bouyer L, Becart A, Tournel G, Deveaux M, Gosset D (1999) Determination of drug levels in larvae of *Lucilia sericata* (Diptera : Calliphoridae) reared on rabbit carcasses containing morphine. J Forensic Sci 44: 351-3

- 25 Hedouin V, Bourel B, Becart A, Tournel G, Deveaux M, Goff ML, Gosset D (2001) Determination of drug levels in larvae of *Protophormia terraenovae* and *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) reared on rabbit carcasses containing morphine. *J Forensic Sci* 46: 12-4

- 26 Heinemann A, Ribbat J, Püschel K, Iwersen S, Schmoltdt A (1998) Rauschgifttodesfälle mit Methadonbeteiligung (Hamburg 1990 – 1996). *Rechtsmedizin* 8: 55 - 60

- 27 Henke A (1851) *Lehrbuch der gerichtlichen Medicin*, Ferdinand Dümmler's Buchhandlung, Berlin (12. Aufl., S. 50 – 51)

- 28 Henssge C, Madea B, Gallenkemper E (1988) Death time estimation in case work. II. Integration of different methods. *Forensic Sci Int* 39: 77 - 87

- 29 Jachau K, Krause D (2002) Späte Leichenerscheinungen. (Beitrag zur Weiter- und Fortbildung) *Rechtsmed* 12: 175 - 186

- 30 Kashyap VK, Pillay VV (1989) Efficacy of entomological method in estimation of postmortem interval: a comparative analysis. *For Sci Int* 40: 245 – 50

- 31 Keil W (2003) Tod im Wasser. In: Madea B (Hrsg.) *Praxis Rechtsmedizin*. Springer, Berlin Heidelberg New York (S. 169)

- 32 Kintz P, Godelar B, Tracqui A, Mangin P, Lugnier AA, Chaumont AJ (1990) Fly larvae: a new toxicological method of investigation in forensic medicine. *J Forensic Sci* 35: 204-7

- 33 Kintz P, Tracqui A, Mangin P (1994) Analysis of opiates in fly larvae sampled on a putrefied cadaver. *J Forensic Sci Soc* 34: 95-7

- 34 Kulshrestha P, Satpathy DK (2001) Use of beetles in forensic entomology. *Forensic Sci Int* 120: 15 – 17

- 35 Madea B, Dettmeyer R (1999) Praktische Durchführung der ärztlichen Leichenschau. In: Madea B (Hrsg.) Die ärztliche Leichenschau – Rechtsgrundlagen, Praktische Durchführung, Problemlösungen. Springer, Berlin Heidelberg New York (S. 144 – 145)
- 36 Madea B (Hrsg.) (2003) Praxis Rechtsmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York (S. 354)
- 37 Marchenko MI (2001) Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic Sci Int* 120: 89 - 109
- 38 Maschka J (1892) Gerichtliche Medicin, Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung, Tübingen (Band 3, S. 357 – 359)
- 39 Merkel H (1925) Die Bedeutung der Art der Tötung für die Leichenzerstörung durch Madenfraß. *Dtsch Z Ges Gerichtl Med* 5: 39 – 44
- 40 Miller ML, Lord WD, Goff ML, Donnelly B, McDonough ET, Alexis JC (1994) Isolation of amitriptyline and nortriptyline from fly puparia (Phoridae) and beetle exuviae (Dermestidae) associated with human remains. *J Forensic Sci* 39: 1305-13
- 41 Musvasva E, Williams KA, Muller WJ, Villet MH (2001) Preliminary observations on the effects of hydrocortisone and sodium methohexital on development of *Sarcophaga (Curraea) tibialis* MARCQUART (Diptera: Sarcophagidae), an implications for estimating postmortem interval. *Forensic Sci Int* 120: 37-41
- 42 Niess C, Amendt J, Krettek R, Zehner R (2001) Zur Bestimmung der Leichenliegezeit mit Hilfe nekrophiler Insekten in der kalten Jahreszeit. *Rechtsmed* 11: 64 – 68
- 43 Osterhaus E, Johanssmeyer K (1966) Postmortale Entstehung von Alkoholen durch Fäulnis. *Dtsch Z Ges Gerichtl Med* 57: 281 – 284

- 44 Pollak S, Reiter C (1988) Vortäuschung einer Schußverletzung durch postmortalen Madenfraß. Arch Kriminol 181: 146 – 54
- 45 Reiter C, Wolleneck G (1985) Verwitterungsbeständigkeit und Forensischer Informationsgehalt leerer Fliegenpuppenhülsen. Arch Kriminol 175: 47 – 56
- 46 Sadler DW, Chutter G, Seneveratne C, Pounder DJ (1997) Barbiturates and analgesics in *Calliphora vicina* larvae. J Forensic Sci 42: 1214-5
- 47 Sadler DW, Richardson J, Haigh S, Bruce G, Pounder DJ (1997) Amitryptiline accumulation and elimination in *Calliphora vicina* larvae. Am Forensic Med Pathol 18: 397-403
- 48 Schäfer AT (1998) Käfer an Leichen. Rechtsmed 8: 83 – 88
- 49 Schneider P (1936) Leichenzerstörung durch Madenfraß. Wie lange lag die Leiche im Gebüsch? Arch Kriminol 98: 216 – 221
- 50 Schröder H, Klotzbach H, Oesterhelweg L, Gehl A, Püschel K (2001) Artenspektrum und zeitliches Auftreten von Insekten an Wohnungsleichen im Großraum Hamburg. Rechtsmed 11: 59 – 63
- 51 Schulz M, Schmoldt A (2003) Therapeutic and toxic blood concentrations of more than 800 drugs and other xenobiotics. Pharmazie 58: 447 – 474
- 52 Sherman RA, Wyle FA, Thrupp L (1995) Effect of seven antibiotics on the growth and development of *Phaenicia sericata* (Diptera: Calliphoridae) larvae. J Med Entomol 32: 646-9
- 53 Smith KGV (1986) A manual of forensic entomology, The Trustees of the British Museum (Natural History), London
- 54 Sohal RS, Lamb RE (1977) Intracellular deposition of metals in the midgut of the adult house fly *Musca domestica*. J Insect Physiol 23: 1349-54

- 55 Sukontason K, Sukontason K, Vichairat K, Plangjai S, Lertthammongtham S, Vogtsberger RC, Olson JK (2001) The first documented forensic entomology case in Thailand. J Med Entomol 38: 746 – 8
- 56 Takayasu T, Ohshima T, Tanaka N, Maeda H, Kondo T, Nishigami J, Nagano T (1995) Postmortem degradation of administered ethanol-d6 production of endogenous ethanol: experimental studies using rats and rabbits. Forensic Sci Int 76: 129 – 140
- 57 Tantawi TI, Greenberg B (1993) The effect of killing an preservative solutions on estimates of maggot age in forensic cases. J Forensic Sci 38: 702 – 7
- 58 Tracqui A, Keyser – Tracqui C, Kintz P, Ludes B (2004) Entomotoxicology for the forensic toxicologist: much ado about nothing? Int J Legal Med 118: 194 – 196
- 59 Wilson Z, Hubbard S, Pounder DJ (1993) Drug analysis in fly larvae. Am J Forensic Med Pathol 14: 118-20
- 60 Zehner R, Amendt J, Krettek R (2004) STR typing of human DNA from fly larvae fed on decomposing bodies. J Forensic Sci 49: 337 - 40

Internet:

www.carelounge.de/altenarbeit/wissen/themen_einsam.php

Weiterführende Internetseiten:

<http://new.eafe.org> (offizielle Seite der European Association for Forensic Entomology)

www.benecke.com

7. Anhang

- Dokumentationsbogen
- Literaturliste – wissenschaftliche Arbeiten über den Einfluss pharmakologisch wirksamer Substanzen auf die Entwicklung nekrophager Insekten

Auffindedatum: Zeit:

M – Nummer: L – Nummer: Name: Vorname: Geburtsdatum:

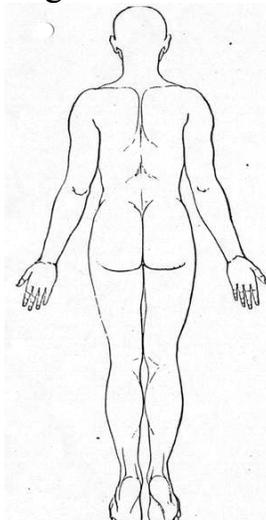
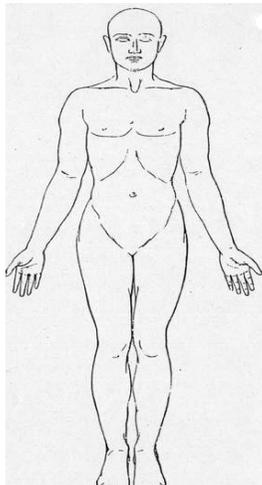
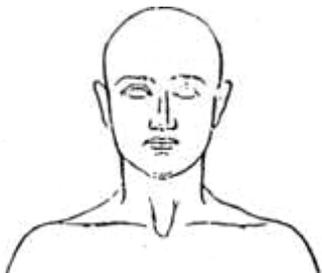
Geschlecht: männlich weiblich Größe: Gewicht: Alter:

BAK:

Drogenbefund:

Insektenbefall: Fliegeneier Maden Puppen leere Puppen Fliegen Käfer

Asservate: Maden Blut Muskel Fäulnisflüssigkeit



Taphonomie

Zustand der Leiche:

Livores: gut erkennbar noch erkennbar nicht mehr erkennbar

Rigor: kräftig mäßig gering gelöst

Beschreibung:

Fäulnis:

Grünfärbung: keine gering mittel stark

Gasblähung: keine gering mittel stark

Venenzeichnung: keine gering mittel stark

Fäulnisflüssigkeitsaustritt: keine gering mittel stark

Schimmelpilzbildung keine gering mittel stark

Blasenbildung: keine gering mittel stark

Oberhautablösung: keine gering mittel stark

Waschhaut: keine mittel stark

Fingernägel: fest gering abgelöst teils abgelöst handschuhartig abgelöst

Augäpfel: klar trüb eingesunken völlig erweicht fehlend

Beschreibung:

Mumifikation:

Finger/Zehen: keine beginnend vollständig mit Hand-/Fußbeteiligung

Nase/Ohr/Lippen: keine beginnend fortgeschritten stark

Beschreibung:

Fettwachs:

Ausprägung: keine gering mittel stark

Beschreibung:

Skelettierung:

Ausprägung: keine teilweise fast vollständig

Beschreibung:

Einfluss pharmakologisch wirksamer Substanzen auf die Entwicklungszeit nekrophager Insekten

Autor, Jahr	Fliegenart	Substanz
Goff et al., 1989	<i>Boettcherisca peregrina</i> (Sarcophagidae)	Cocain
Goff et al., 1990	<i>Boettcherisca peregrina</i> (Sarcophagidae)	Heroin
Goff et al., 1991	<i>Parasarcophaga ruficornis</i> (Sarcophagidae)	Methamphetamin
Goff et al., 1993	<i>Parasarcophaga ruficornis</i> (Sarcophagidae)	Amitriptylin
Goff et al., 1994	<i>Parasarcophaga ruficornis</i> (Sarcophagidae)	Phenylcycloarylamin
Sherman et al., 1995	<i>Lucilia sericata</i> (Calliphoridae)	Ampicillin Cefazolin Ceftizoxim Clindamycin Gentamicin Mezlocillin Vancomycin
Goff et al., 1997	<i>Parasarcophaga ruficornis</i> (Sarcophagidae)	3,4- Methylenedioxy-methamphetamin
Bourel et al., 1999	<i>Lucilia sericata</i> (Calliphoridae)	Morphin
Carvalho et al., 2001	<i>Chrysomya albiceps</i> (Calliphoridae) <i>Chrysomya putoria</i> (Calliphoridae)	Diazepam
Musvasva et al., 2001	<i>Sarcophaga tibialis</i> (Sarcophagidae)	Hydrocortison Methohexital
Pien et al., 2004	<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae)	Nordiazepam
O'Brien, Turner, 2004	<i>Calliphora vicina</i> (Calliphoridae)	Paracetamol

8. Danksagung

An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. med. Klaus Püschel für die Überlassung des Themas und die gewährte Unterstützung.

Frau Dr. med. Heike Klotzbach, Frau Dr. rer. nat. Hilke Schröder und Herrn Dr. med. Lars Oesterhelweg danke ich für die wissenschaftliche Betreuung sowie zahlreiche wertvolle Hinweise und Anregungen.

Mein Dank gilt Herrn Dipl. Wirtschaftsinformatiker (FH) Thorsten Wagner für die Beratung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Weiterhin danke ich Frau Anne Lützelberger und Herrn Michél Müller für das Lektorat der Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt auch den Sektions- und Präparationsassistenten des Instituts für Rechtsmedizin Hamburg für die Unterstützung bei der Bearbeitung des Untersuchungsgutes.

9. Lebenslauf

Persönliche Daten:	geboren am 15. 02. 1977 in Wolfen, Kreis Bitterfeld	
Schulbildung:	Polytechnische Oberschule Quellendorf	1983 – 1991
	Richard – Wagner Gymnasium Leipzig	1991 – 1992
	Ludwigsgymnasium Köthen/Anhalt	1992 – 1995
	Allgemeine Hochschulreife	1995
Zivildienst:	Seniorenwohnpark Coswig, Pfl egetätigkeit	1995 – 1996
Studium:	Studium der Humanmedizin, Universität Leipzig	WS 1996/97 – SS2000
	Studium der Humanmedizin, Università Cattolica del Sacro Cuore Gesù Milano – Sede di Roma (ERASMUS – Programm)	WS 2000/01 – SS 2001
	Studium der Humanmedizin, Universität Hamburg	WS 2001/02 – SS 2004
	Ärztliche Prüfung	Mai 2004
	Beruflicher Werdegang:	Assistenzarzt, Unfallkrankenhaus Berlin – Institut für Pathologie

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht an einen Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Lars Hecht