

Zeitschrift: Acta Tropica
Herausgeber: Schweizerisches Tropeninstitut (Basel)
Band: 16 (1959)
Heft: (6): Erreger und Überträger tropischer Krankheiten

Artikel: Erreger und Überträger tropischer Krankheiten
Autor: Geigy, R. / Herbig, A.
Kapitel: A. Arthropoden als Überträger : IV. Flöhe (Siphonaptera, auch Aphaniptera)
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-310822>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IV. Flöhe

(Siphonaptera, auch Aphaniptera)

Aus Tabelle 2 geht die medizinische Bedeutung der Flöhe hervor, soweit sie in unserem Zusammenhang von Belang ist. Die bedeutsamste, auch in den Tropen verbreitete Krankheit, die mindestens zum Teil von Flöhen übertragen wird, ist die Pest. Wir geben hier lediglich einige der wichtigsten Daten über diese Krankheit, verzichten aber, auf die weitschichtigen epidemiologischen Probleme der Pest näher einzugehen. Wir beschränken uns auf eine knappe Schilderung der Aetiologie unter besonderer Berücksichtigung des Flohs als Ektoparasit und Überträger, sowie der Ratten als Reservoir.

BAKTERIOSEN

PEST

Synonyme: französisch: peste

englisch: (Oriental) plague, pest, black death.

Erreger: *Pasteurella pestis* (YERSIN u. KITASATO 1894). Kurzer, unbeweglicher, gramnegativer, bipolar färbbarer Bazillus (T. I 2).

Überträger: *Xenopsylla cheopis* ROTHSCHILD.

Neben diesem in den Tropen weitverbreiteten Rattenfloh, der als anerkannter Hauptüberträger der Bubonenpest auch Pestfloh genannt wird, können auch verschiedene andere Floharten *Pasteurella pestis* übertragen. Sie gehören z. B. den Gattungen *Xenopsylla*, *Ceratophyllus* (*Nosopsyllus*), *Synosternus*, *Synopsyllus*, *Pulex*, *Rhopalopsyllus*, *Diamanus* u. a. an und sind Ektoparasiten wilder Nager, speziell auch verschiedener Ratten (hierzu auch CHABAUD 1947).

*Befallene Organsysteme**beim Überträger:* Pharynx, Proventrikel und Mitteldarm

<i>beim Träger:</i> Lymphatische Gewebe	}	Bubonenpest
Haut, Unterhaut, Eingeweide		(Bubo-Geschwüre)
Lunge	Lungenpest	

Geographische Verbreitung.

In fast allen Kontinenten ist die Pest aufgetreten, und es existieren heute zahlreiche endemische Herde in Nagetier-Populationen. Einige der wichtigsten befinden sich in Indien, China, Mongolei, Mandschurei, Transkaukasien, Arabien, Kurdistan, Iran, Nord-, West- und Südafrika, Madagaskar, Süd- und Zentralamerika, Weststaaten von Nordamerika.

Wichtige Entdeckungen zur Aetiologie.

Schon aus weitentlegenen Jahrhunderten vorchristlicher Zeit hat uns die Geschichte Anhaltspunkte über das Auftreten großer Pestepidemien überliefert. Und bis in die Anfänge des 20. Jahrhunderts hinein war die Menschheit dieser damals noch immer unerkannten, gefährlichen Krankheit mit ihren verheerenden Massensterben fast wehrlos preisgegeben. Auch Europa ist davon nicht verschont geblieben — man denke an die berüchtigten Epidemien in London oder Marseille, auf Malta, den Ionischen Inseln usw. —, wenn auch die hauptsächlichsten und immer wieder aufflackernden Ursprungsherde der «Pestilenz» in Indien und China lokalisiert waren. Und dort ist es auch, kurz vor der Jahrhundertwende, einigen Vertretern der jung aufstrebenden bakteriologischen Wissenschaft gelungen, die Natur der Pest zu erkennen. Die Möglichkeiten ihrer Bekämpfung sind in der Folgezeit so gründlich ausgearbeitet und nach allen Seiten hin studiert worden, daß die Krankheit heute im wesentlichen ihre Schrecken verloren hat. — Eine sorgfältige Zusammenstellung der einzelnen Daten zu diesem fesselnden Kapitel medizinischer Geschichte findet man in HIRST's reichhaltigem Buch über «The Conquest of Plague» (1953).

Die wissenschaftliche Erforschung der Pest hat im Jahre 1894 in einem Pestspital in Hongkong begonnen, wo der anlässlich einer Epidemie von der japanischen Regierung entsandte Bakteriologe Professor S. KITASATO mit dem vom französischen Kolonialministerium delegierten gebürtigen Schweizer Dr. YERSIN vom PASTEUR-Institut Paris zusammengetroffen ist. Jeder in eigener Mission, applizierten diese Schüler KOCH's und PASTEUR's neueste bakteriologische Methoden am ständig frisch eingehenden Material. Am selben Ort, jedoch in getrennten Arbeitsräumen, also völlig unabhängig voneinander, entdeckten diese beiden Männer innerhalb weniger Tage sozusagen gleichzeitig den Pestbazillus im Menschen. YERSIN insbesondere baute seine Entdeckungen weiter aus. Beim Untersuchen von Ratten aus dem Pestgebiet fand er einen Bazillus, der vom menschlichen Pesterreger nicht zu unterscheiden war; dies veranlaßte ihn, bereits richtig vorauszusehen, die Ratte könnte als Reservoir funktionieren. Er hat auch eine fruchtbare Idee für die Herstel-

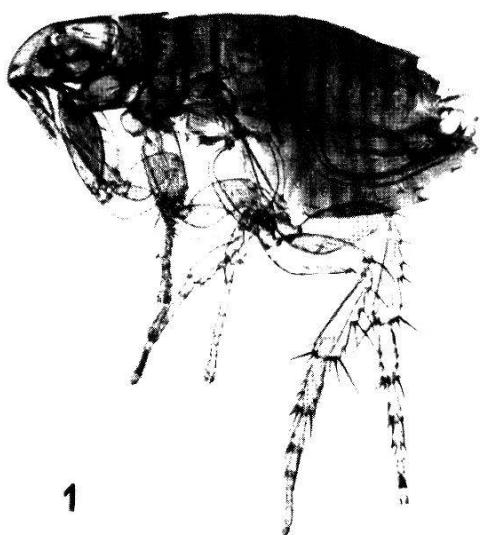
Phot. 23.

Flöhe — Puces — Fleas

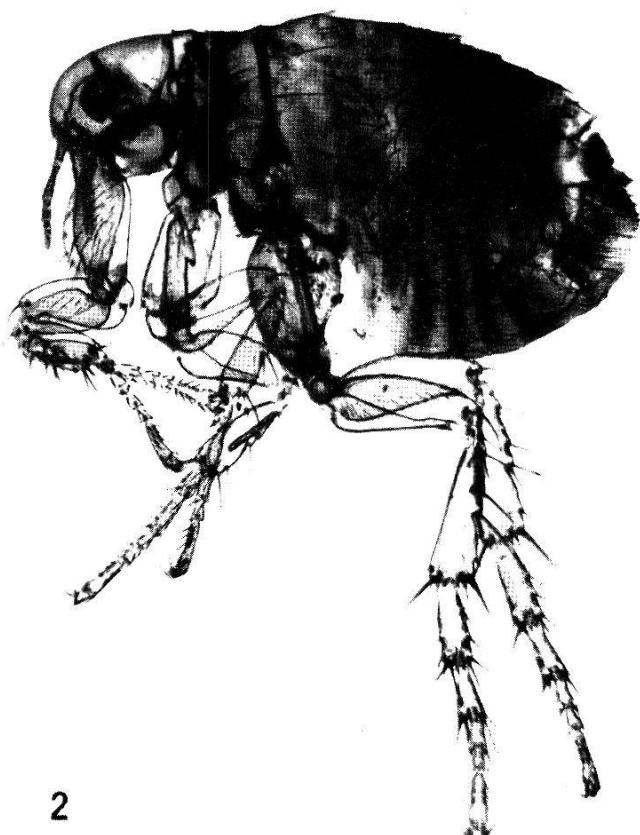
- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Ctenocephalides felis</i> ♂ | 5. <i>Xenopsylla cheopis</i> |
| 2. <i>Pulex irritans</i> ♀ | 6. <i>Ctenocephalides felis</i> |
| 3. <i>Xenopsylla cheopis</i> , Larve | 7. <i>Ctenocephalides canis</i> |
| 4. <i>Pulex irritans</i> | |

(Vergrößerung: 1. und 2. ca. 20×; 3. bis 7. ca. 50×.)

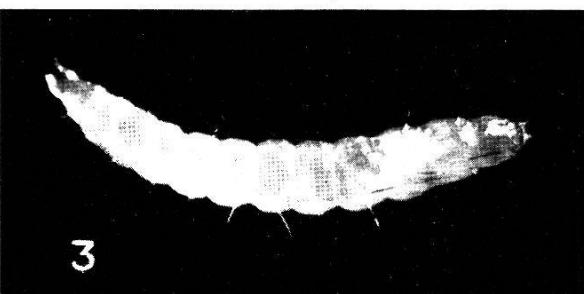
Phot. 23



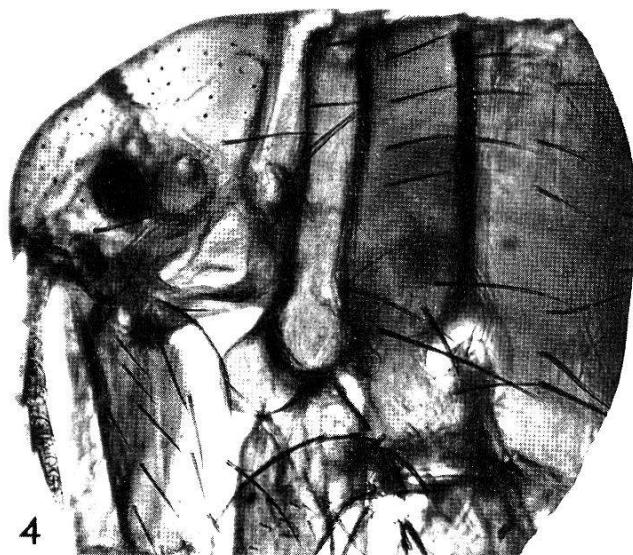
1



2



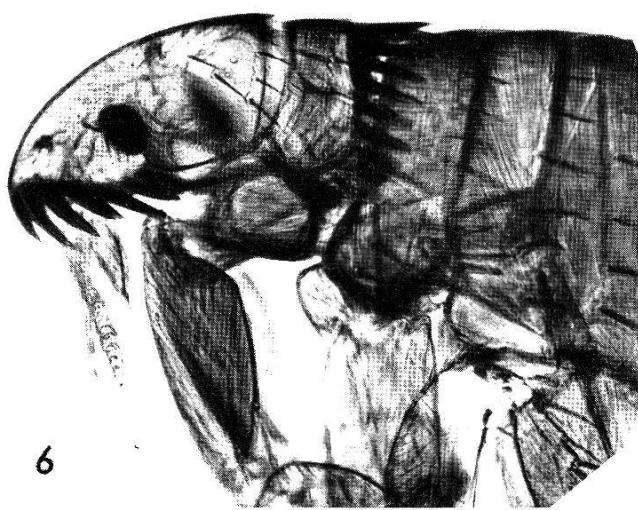
3



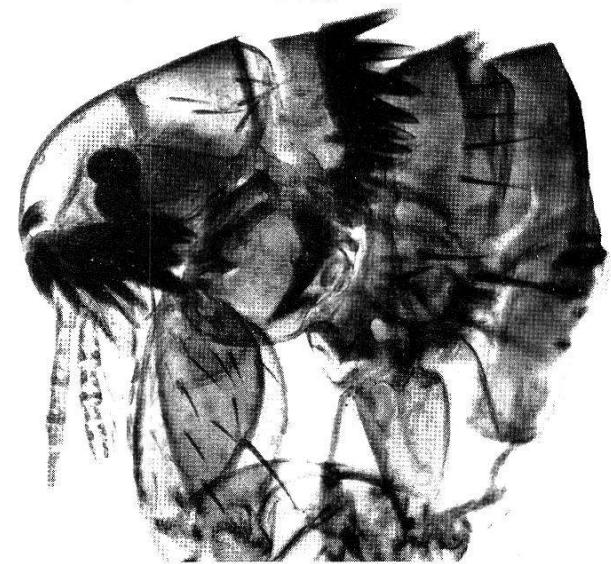
4



5



6



7

lung einer Schutzimpfung gegen Pest entwickelt, die später erfolgreich aufgegriffen worden ist. Die Frage des Rattenreservoirs ist bald darauf von ROUX (1897) bestätigt und weiter abgeklärt worden. Nachdem OGATA (1897) auf Formosa bereits Pestbazillen in Rattenflöhen beobachtet hatte, konnte SIMOND (1898) die Übertragung von *Pasteurella pestis* durch den Rattenfloh beweisen.

So sind in diesen kurz aufeinanderfolgenden, entscheidenden Entdeckungsjahren eigentlich schon alle wesentlichen Elemente gesammelt worden, auf denen fußend das Studium der Pest in den letzten Jahrzehnten besonders in epidemiologischer und prophylaktischer Richtung mit sehr beachtenswerten Resultaten weiter ausgebaut worden ist.

1. Die Flöhe

Biologie und Entwicklung (Saugakt)

Die Flöhe verbringen den Hauptteil ihres Daseins im warmen Feder- oder Haarkleid von Vögeln oder Säugetieren. Behende drängen sich ihre rot- oder gelbbraunen, seitlich zusammengepreßten schmalen Körper zwischen den Haarschäften hindurch, wie eine zierliche Waldantilope zwischen den Baumstämmen des feucht-warmen Urwaldes. An einer kahleren Stelle arbeiten sie sich etwa aus dem Pelz hervor, um einen kurzen Sprung zu wagen und dann wieder flink in der dichten Haardecke unterzutauchen. Sitzen aber ihre Wirte in enger Nestmulde oder Wohnröhre dicht beisammen, so ist es den Flöhen ein leichtes, von einem zum andern überzuspringen. Überhaupt bringen die muskulösen Sprungbeine des dritten Thoraxsegments den Flöhen eine gewisse Entschädigung für ihre Flügellosigkeit und befähigen sie immerhin dazu, die Luft über beträchtliche Strecken (etwa 35 cm in der Horizontalen) in einem Satz zu durchmessen. Ihre Virtuosität im Hüpfen dient ihnen auch bestens, wenn sie sich zeitweilig vom Wirt absetzen, um vom Boden aus wieder einen neuen anzuspringen. In diese Lage kommen vor allem die Weibchen, welche ihre Eier nicht immer auf dem Warmblüter selbst deponieren (aus dessen Fell sie dann leicht herunterrollen), sondern manchmal auch zur Eiablage direkt in der Nestmulde oder auf der Erde einen geschützten, etwas feuchten, detritusreichen Ort aufzusuchen.

Das Deponieren der Eier erfolgt meist in rascher Folge. Es werden zwischen 300 und 500 ovale, ca. $\frac{1}{4}$ mm lange, weiße Eier lose nebeneinander hingelegt. Die Flöhe, die ja meist in engem

Kontakt mit der Haut eines Warmblüters leben, sind sehr wärmebedürftig, und so ist auch ihre Entwicklung in besonderem Maße von der Temperatur abhängig. In kälteren Gegenden beschränkt sich ihre Fortpflanzungszeit deshalb im allgemeinen auf die Sommermonate, in den Tropen erstreckt sie sich jedoch über das ganze Jahr. Für die Entwicklung des Embryos im Ei benötigt der europäische Rattenfloh (*Nosopsyllus*) ein Minimum von 5° C, der tropische Ratten- oder Pestfloh ein solches von 13° C. Es besteht also immerhin eine gewisse Anpassung an die lokalen klimatischen Verhältnisse; stets muß aber die Wärme von mäßiger Feuchtigkeit begleitet sein, denn in trocken-warmem Substrat kann kein Floh gedeihen.

Die Embryonalentwicklung dauert je nach Temperatur 2 bis 14 Tage; dann ritzt die Larve mit ihrem Eizahn die Eihaut der Länge nach auf, schlüpft hervor und verkriecht sich im Detritus. Diese wenig behaarte, weißlich-durchsichtige Made mit gelblich chitinisiertem, augenlosem Kopf, kurzen Antennen und abdominalen Nachschiebern ernährt sich dort von allerhand organischen Substanzen. Sie braucht aber nachgewiesenermaßen auch eisenhaltige Stoffe und frißt deshalb mit Vorliebe die dem Substrat beigemengten Reste trockenen Blutes, die von den Faeces herrühren, welche die Flohweibchen am Brutort reichlich abgeben. Die 3 durch Häutungen getrennten Larvenstadien werden, wieder in starker Temperaturabhängigkeit, innert 1 bis 24 Wochen zurückgelegt. Die reife Larve zieht sich in eine kleine Ritze oder Bodenspalte zurück, umgibt sich mit einem Gespinst und häutet sich zur Puppe. Auch dieses Ruhestadium reift je nach Temperatur schnell oder nur sehr langsam heran und beansprucht bis zum Schlüpfen der Imago eine bis viele Wochen. Es ergibt sich also für die Gesamtentwicklung eine Zeitspanne von minimal gegen 3 Wochen, maximal über 1 Jahr.

Die Flöhe haben ein zähes Leben. So ertragen z. B. Rattenflöhe Hungerperioden von 17 Monaten; bei regelmäßiger Ernährung mit Menschenblut wurden weibliche Menschenflöhe 500 und mehr Tage in Gefangenschaft am Leben erhalten, die Männchen nur etwa halb so lang. Es scheint aber, daß in der Natur die Lebensdauer im allgemeinen kürzer ist. Die Flöhe sind dort in vermehrtem Maße allerhand schädigenden Einflüssen, u. a. auch dem für sie oft tödlichen Beißen und Kratzen ihrer Wirte, ausgesetzt. Deshalb wählen manche Floharten für den Saugakt Körperstellen aus, wo sie von Schnauze und Pfote schwer erreicht werden, wie z. B. auf dem Rücken, zwischen den Schulterblättern und am Nacken. Dort versenken sie, indem sie den Vorderkörper mit aufgestemmten Sprungbeinen herunterpressen, ihren Stechrüssel unter die Haut. Er besteht (hierzu WENK 1953) aus den paarigen, am Rande gezähnten,

satt aufeinandergepreßten Lacinien, die den Stich führen. Auf den Innenflächen dieser lanzettlichen Gebilde verlaufen die rückwärts mit dem Speichelgang verbundenen Speichelkanäle, und zwischen den Lacinien eingeklemmt findet sich der Epipharynx, der als Blutsaugrohr funktioniert. Das Labium und in seiner Verlängerung die beiden flachen Labialpalpen überdecken den Stechrüssel als schützende Scheide. An der Basis der Scheide sind auch die beiden Maxillarloben beteiligt, auf denen die viergliedrigen Maxillarpalpen sitzen. Das Cibarium und zwei besonders ausgebauten Pharynixerweiterungen betätigen sich bei der Aufnahme des Blutes als Saugpumpen, und ein stacheliger Bürstenbelag im Proventrikel dient zum Zerquetschen der Blutkörperchen (T. XXIII A). Im Mitteldarm befindet sich keine peritrophe Membran. Besonders die Weibchen, die einen Teil der Nahrung zum Aufbau ihrer Eierstöcke verwerten müssen, sind gierige Sauger und können bis 4 Stunden ohne Unterbruch Blut absorbieren, wovon allerdings nur ein Bruchteil wirklich verdaut, der Rest aber wieder tropfenweise durch den Anus ausgestoßen wird.

Wirtstreue und Unterscheidungsmerkmale verschiedener Floharten

Die Flöhe sind ausschließlich Ektoparasiten von Vögeln und Säugetieren; und zwar sind die verschiedenen Floharten im allgemeinen auf gewisse Wirte wie Mensch, Hund, Katze, bestimmte Wiederkäuer, Ratten, viele andere Nager, verschiedenste Vogelarten usw. spezialisiert. Es handelt sich aber eher um eine betonte Vorliebe als um eine absolute Wirtsgebundenheit. Auch das Pestproblem würde sich, wie wir im nächsten Kapitel noch sehen werden, anders gestalten, wenn die Flöhe nicht fähig wären, ihren angestammten Wirt gelegentlich gegen einen andern einzutauschen. Daß dies möglich ist, hat jeder schon erfahren, der einmal von Katzen- oder Hundeflöhen gebissen worden ist. Ganz ohne irgend einen zwingenden Grund wird der Wirtswechsel freilich nicht vorgenommen, denn offenbar spielen hier feine, im einzelnen noch ungenügend bekannte sinnesphysiologische Affinitäten eine Rolle, die den Floh dazu bestimmen, der «Geruchssphäre», der Hautoberfläche, der Pelz- oder Federart dieses oder jenes Warmblüters den Vorzug zu geben. Es ist z. B. auffallend, daß Pferde nie von Flöhen

angegangen werden und daß Pferdepfleger, die den spezifischen Geruch an sich haben, ebenfalls von Flöhen gemieden werden. Andrerseits mag aber auch die arttypische Qualität des Blutes eine Rolle spielen, denn eine Flohart läßt sich erfolgreich nicht mit Blut beliebiger Tierarten oder etwa des Menschen füttern, sogar wenn es zum Saugakt kommt, wohl weil nur bestimmte Blutsorten ertragen bzw. assimiliert werden können. Wesentlich in diesem Zusammenhang bleibt aber, daß keine strenge Wirtsbeschränkung vorliegt und das Umpassungsvermögen immerhin so weit geht, daß z. B. Rattenflöhe neben Ratten auch Meerschweinchen, Hamster und andere Nager, aber auch den Menschen angehen und auf diesen ungewohnten Wirten leben können.

Das Bestimmen von Floharten muß im einzelnen dem erfahrenen Spezialisten überlassen werden. Eine gewisse Orientierung ist aber trotzdem auch für den Laien möglich und nützlich im Hinblick auf das Pestproblem. So ist es z. B. wünschbar, unterscheiden zu können zwischen (Photo 23):

- dem Rattenfloh *Xenopsylla cheopis*, der als Hauptüberträger gilt:
- dem viel weniger gefährlichen Menschenfloh *Pulex irritans L.*, der höchstens von Mensch zu Mensch überträgt, aber nicht von Reservoirtieren auf den Menschen (s. Kap. 2);
- dem Hunde- und Katzenfloh *Ctenocephalides canis* (CURTIS) und *Ctenocephalides felis* (BOUCHÉ), die wohl als experimentelle, nicht aber als natürliche Überträger in Frage kommen, jedoch oft in der Umgebung des Menschen anzutreffen sind und auf ihm vikariieren.

Folgende Unterschiede sind zu beachten:

1. *Geschlechtsunterschied*: Das Flohmännchen ist stets kleiner als das Weibchen, seine Rückenlinie verläuft gerade bis zum aufwärtsgerichteten Körperende, wo das Genital- und Afterfeld liegt. Sein auffallend umfangreicher Kopulationsapparat ragt, in eine Penisscheide eingehüllt, sichelförmig tief in den Hinterleib hinein. Das größere Flohweibchen besitzt einen gleichmäßigen ovalen Körperumriß, indem die Rückenfläche ähnlich wie die Bauchseite gewölbt zum Hinterende führt; im Abdomen ist auf Präparaten die Spermatheke als birnförmiges Bläschen sichtbar.

2. Unterscheidung nach den auf Kopf und Pronotum stehenden Borsten und Stachelkämmen (Ctenidien).

	Kopfform	Occipitalborsten	Augenborste	Ctenidien
Xenopsylla cheopis	gewölbt	V-förmig angeordnet: Hint. Reihe dem Hinterrand des Kopfsegments entlanglaufend Vord. Reihe vom unteren Kopfrand nach vorne gegen den Scheitel verlaufend	1 vor dem Auge (rückwärts darüber hin gerichtet)	keine
Pulex irritans	stark gewölbt	nur 1 Borste, die unterste der vorderen Reihe, vorhanden	1 unter dem Auge	keine
Ctenocephalides canis	schwach gewölbt			1 Kamm am unteren Kopfrand und
Ctenocephalides felis	abgeflacht	wie bei X. cheopis	keine	1 Kamm am Hinterrand des 1. Thorax-Segments (Pronotum)

Die meisten pestübertragenden Arten, wie z. B. *Xenopsylla*, *Synosternus*, *Synopsyllus*, sind durch das Fehlen beider Ctenidien charakterisiert. *Ceratophyllus* besitzt nur 1 Pronotal-Ctenidium.

Übertragung des Bazillus der Bubonenpest durch den Floh

Wenn ein Floh auf einem pestkranken Nager (siehe Kap. 2) oder Menschen eine Blutmahlzeit aufnimmt, so saugt er die in der Blutflüssigkeit enthaltenen Pestbazillen in seinen Mitteldarm ein (T. XXIII A). Bei gewissen Floharten, insbesondere bei *Xenopsylla cheopis*, vermehrt sich *Pasteurella pestis* auffallend aktiv in diesem neuen Milieu, so daß es sehr bald zu einer Massierung der Erreger, vor allem im vorderen Darmabschnitt, kommt. Besonders zwischen dem Bürstenbelag des Proventrikels stauen sich die Bazillenschwärme auf und obstruieren schließlich diesen Darmabschnitt fast vollständig (T. XXIII B). Diese «bazilliäre Embolie» kann bei gewissen Flohindividuen den Tod herbeiführen, da der Pferopf ein normales Funktionieren der Verdauung und jede weitere Nahrungsaufnahme verhindert. Meistens aber kommt es nicht so weit,

T. XXIII

Schema der Pestübertragung durch Xenopsylla cheopis

**Diagramme montrant la transmission de la peste par
Xenopsylla cheopis**

**Diagram Showing the Transmission of Plague by
Xenopsylla cheopis**

- A Floh nimmt mit Pasteurella pestis infiziertes Blut auf (Bürstenbelag des Proventrikels)
Puce suçant du sang infecté de Pasteurella pestis (bordure en brosse du proventricule)
Flea sucking blood infected with Pasteurella pestis (proventriculus lined with spines)
- B Vermehrung der Bazillen, die sich im vorderen Teil des Mitteldarmes und im Proventrikel stauen
Multiplication des bacilles qui finissent par obstruer le proventricule et la partie antérieure de l'intestin moyen
Multiplication of bacilli, crowding in the front part of the midgut and in the proventriculus, causing obstruction
- C Beim nächsten Saugakt werden aus dem Proventrikel Erreger in das Wirttblut ausgewürgt
Lors de la prochaine piqûre la puce régurgite des agents pathogènes dans le sang de l'hôte
During the next attempt to feed the plug of bacteria becomes dislodged and some of them are injected into the host's blood.

A**B****C**

sondern der Ppropf erfährt beim nächsten Saugakt wieder eine gewisse Auflockerung. Das Hin und Her der anfänglich erfolglosen Pumpversuche des Pharynx führt dazu, daß ganze Gruppen von Bazillen durch den Epipharynx wieder in das Blut des neuen Wirtes ausgewürgt werden, der auf diese Weise infiziert wird.

Offenbar kommt es aber nicht bei allen Floharten, die als natürliche Pestüberträger bekannt sind, zu dieser Obstruktion des Proventrikels, sondern zu einer mäßigeren Vermehrung des Erregers im Mitteldarm. Die Ausscheidung der Bazillen findet in diesem Fall nicht durch Auswürgen statt, sondern wohl auf dem normalen Weg via After. Man glaubt deshalb, daß neben dem auf T. XXIII dargestellten klassischen Übertragungsmodus der Pest auch noch ein solcher durch die Flohfaeces existiert, wobei der Erreger durch Einkratzen oder via Schleimhäute in den Menschen gelangen kann.

2. Ratten als Pestreservoir

Wie in der kurzen historischen Übersicht bereits erwähnt wurde, erkannten schon die ersten Pestforscher einen Zusammenhang zwischen Ratte und Pest. Man beobachtete, daß den Pestepidemien in großen Städten und Seehäfen meistens ein Rattensterben vorausging bzw. damit parallel lief. Und nachdem schon YERSIN die Identität des Erregers bei Mensch und Ratte festgestellt hatte, glaubte man vorerst, der Mensch könne sich schon beim Berühren pestkrank verendeter Ratten kontaminieren. Erst SIMOND (1898) und manche Autoren nach ihm bewiesen einwandfrei die Überträgerrolle von *Xenopsylla cheopis*. Wie leicht konnte und kann es in hygienisch mangelhaften, dicht besiedelten Quartieren vorkommen, daß die Rattenflöhe die erkaltenden Körper der verendeten Ratten verlassen und direkt auf den Menschen überspringen (vgl. S. 289). Vor kurzem noch hatten sie infiziertes Rattenblut aufgenommen und übertragen nun beim nächsten Stich sehr bald *Pasteurella pestis* auf den Menschen.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß bei diesem Übertragungsmodus nur solche Ratten als Infektionsquelle in Frage kommen, die in engem Kontakt mit den Menschen leben. Dies trifft in erster Linie zu für die weitverbreitete Hausratte *Rattus rattus* (L.) und für ihre Varietät *Rattus rattus alexandrinus* (Is. GEOFF.), die sich von der schwarzgrauen Stammform durch die weiße Farbe ihres Bauches und ihrer Füße unterscheidet. Diese beiden guten Kletterer und Kornfresser hausen in Speichern, Dachgebälk, Vorratskammern, Blindböden, unter Strohdächern, in Hüttenwänden

aus Bambus und dgl. Sie sind als die Hauptreservoirtiere der Pest anzusehen. In einer solchen Rattenpopulation kann der Erregerstamm durch irgendeinen Umstand aktiviert werden; die ehemals schlechende, kaum bemerkte Endemie wird zur Epidemie und greift rasch auf den Menschen über. Die erkrankten Menschen bilden aber neue Reservoirs, von denen aus durch abspringende Rattenflöhe wieder neue Ratten infiziert werden können. Jetzt besteht auch die Möglichkeit, daß *Pulex irritans* bei der Übertragung von *Pasteurella* von Mensch zu Mensch mitwirkt, so daß sich folgendes Schema ergibt:



Man hat beobachtet, daß auch die Hausmaus *Mus musculus* L. Trägerin des Pestbazillus sein kann, doch ist ihre Kapazität als Reservoir gering. Abseits steht scheinbar auch die Wanderratte *Rattus norvegicus* (ERXL) syn. *R. decumanus* (PALL), die sich außerhalb der menschlichen Wohnungen in Kanalisationen, längs abwasserführender Wasserläufe, unter Wurzeln von Alleenbäumen und zum Teil in selbstgegrabenen Galerien und Löchern aufhält und sich omnivor von allerhand Abfällen ernährt. Auch bei ihr stellt man in Pestgebieten einen hochprozentigen Befall mit *Pasteurella pestis* wie auch mit *Xenopsylla cheopis* fest. Da sie aber mit dem Menschen nicht in nähere Berührung kommt, spielt sie als direktes Reservoir, d. h. für die Abgabe infizierter Pestflöhe an den Menschen, praktisch keine Rolle. Dagegen konnte z. B. in Bombay gezeigt werden, daß Wander- und Hausratten im Umkreis menschlicher Wohnungen zusammentreffen, wobei natürlich ein Überspringen von Pestflöhen von der einen auf die andere Art häufig vorkommt. Es ergaben sich weiter folgende Erkenntnisse: Die Wanderratte sorgt gewissermaßen für die Erhaltung der Endemie außerhalb des menschlichen Wohnbereichs, selbst in Jahren und Jahreszeiten, wo diese bei der Hausratte erloschen oder stark gedämpft ist. Die Wanderratte, die wegen ihrer beträchtlichen Größe und ihrer Lebensweise auf feuchtem Substrat ein viel günstigerer «Nährboden» für *Xenopsylla* ist, gibt infizierte Rattenflöhe an uninfizierte Hausratten ab. So kann sie das Aufflackern einer Epidemie gewissermaßen induzieren. Es ergibt sich somit folgende Infektionskette:



Zum Auseinanderhalten dieser beiden wichtigen Rattenarten gelten folgende Merkmale: *Rattus norvegicus* ist bedeutend größer und

massiger als *Rattus rattus*. Ihre Ohren sind jedoch viel kleiner und ihr Schwanz ist im Verhältnis zum Körper kürzer als derjenige von *Rattus rattus*; legt man ihn gestreckt auf die Bauchseite um, so reicht er nicht bis zur Schnauzenspitze, bei *Rattus rattus* aber übertragt er sie um ein gutes Stück.

Dieses Kapitel wäre unvollständig, würde nicht wenigstens erwähnt, daß endemische Pestherde auch außerhalb von Städten und Siedlungen, gewissermaßen im freien Feld vorkommen. Gut untersuchte Beispiele sind aus verschiedenen Kontinenten bekannt. Auch hier bilden Nager, z. B. Feldratten, Wüstenmäuse, Hamster, Erdhörnchen, Murmeltiere, das Reservoir des oft wenig virulenten Erregers, der als *Pasteurella pestis* identifiziert werden kann. Es ist höchst wahrscheinlich, daß in manchen Fällen solche ruralen Herde zu Ausgangspunkten für urbane Pestepidemien geworden sind, bzw. werden können. Denn es lassen sich in der Tat Übertragungsketten rekonstruieren von solchen infizierten Feldnagern über Ratten, welche (wie die Wanderratten) Siedlungsperipherien bewohnen, zu Hausratten und von diesen zum Menschen. In diesen Ketten bilden selbstverständlich stets infizierte Nagerflöhe, oft zweier oder mehrerer Arten, die verbindenden Glieder.

3. Technik zum Studium der Pest

HALTUNG UND PRÄPARATION VON FLÖHEN

a) Materialbeschaffung

Auf Tieren, die stark von Flöhen befallen sind, z. B. auf Hunden, Katzen, Igeln, Ratten, Vögeln usw., kann man sich für Sammlungsziecke leicht Flöhe beschaffen. Zwischen den Haaren, den Stacheln oder im Gefieder fahndet man nach ihnen und betupft sie mit einem in Alkohol (85%) getränkten Pinsel. Der getroffene Floh wird fast sogleich bewegungslos, bleibt am Pinsel hängen und kann zur Aufbewahrung in Alkohol oder in eine andere Fixierungsflüssigkeit (siehe histologische Auswertung S. 300) übergeführt werden.

Benötigt man lebende Flöhe für Zuchtzwecke, so beschafft man sich einen stark von solchen befallenen Warmblüter und hält diesen in einem Käfig mit Gitterboden, unter dem sich eine mit feinem Sägemehl oder Sand bedeckte Schublade befindet. Die herabfallenden Floheier oder zur Ablage bereiten Flohweibchen werden dort aufgefangen, und bald entwickeln sich in diesem Substrat, dem man vorteilhaft noch etwas pulverisiertes Trockenblut beimischt, die Flohlarven und können bei geeigneten Temperaturen (26 bis 30° C) weitergezüchtet werden (vgl. auch EICHLER 1952).

b) Zucht

Der Pestfloh *Xenopsylla cheopis* kann ohne Schwierigkeiten auf Goldhamstern gezüchtet werden, indem er denselben an Stelle der Hausratte leicht

als Wirt adoptiert. Man setzt den befallenen Nager in ein hohes, mit einem Gitter abgedecktes Glasgefäß, an dessen glatten Wänden die Flöhe nicht hochklettern können. Den Boden bedeckt man mit einer 3—4 cm hohen Schicht feinen Sandes, dem man von Zeit zu Zeit einige Prisen Trockenblut zugibt. Der Hamster kann dort wochenlang gehalten und gefüttert werden. Urin und Kot des Hamsters halten das Substrat feucht und dienen zum Teil auch den Flohlarven als Nahrung. Im übrigen nehmen sie auch das Trockenblut und die von den Adultflöhen abgegebenen Blutfäzes auf (S. 291). Periodisch kann der Hamster von einem überalterten Substrat auf ein neues übersetzt werden. Flöhe werden auf frische Hamster übertragen, indem man diese mit parasitierten Tieren zusammenhält. (Über die Zucht des Hundeflohs siehe bei EICHLER 1952.)

c) Konservieren und Präparieren

Am besten eignet sich Feuchtkonservierung in Alkohol (85%). Für Totalpräparate führt man die Flöhe bzw. Flohlarven über Wasser in FAURE oder PURI über.

Schnittmethode S. 300.

METHODEN ZUR DARSTELLUNG VON PASTEURELLA PESTIS

A. Bei Mensch und Nager

a) Materialbeschaffung

In manchen Fällen, vor allem bei Pestsepticaemie, kann der Erreger im Blut, das an der Fingerbeere oder noch besser am Ohrläppchen entnommen wird, nachgewiesen werden.

B i o p s i e-Material: Untersucht wird Gewebesaft, der mit einer Spritze oder nach einer kräftigen Incision aus der Mitte einer Bubo entnommen wird (vereiterte Bubonen enthalten nur noch selten lebende Pasteurellen). Bei Pestpneumonien findet man die Erreger am ehesten im Sputum. Eventuell Rachenabstrich.

A u t o p s i e-Material kann durch Punktions von Milz, Leber, Lunge oder Knochenmark gewonnen werden. Die Erreger finden sich bei an Pest Verstorbenen oft auch in der Nasenflüssigkeit.

Wegen der Gefahr der Weiterverbreitung sollte Pestmaterial möglichst an Ort und Stelle verarbeitet und nicht verschickt werden.

b) Ausstriche

Von sämtlichen oben erwähnten Materialien können Ausstriche hergestellt und nach GRAM gefärbt werden (Rezepte S. 384 ff., S. 394, vgl. auch T. I 2).

c) Inokulation von Kleinnagern

Für diagnostische Zwecke eignen sich vor allem Ratten (s. c./Schwanzwurzelstich/i. p.) oder M e e r s c h w e i n c h e n (s. c./i. p.). Diese beiden Nagerarten sollten bei jeder Untersuchung von pestverdächtigem Material inokuliert werden. Ratten sterben meist nach 2—3 Tagen. Von den Organen der verendeten Tiere (Milz, Leber, Lunge, Knochenmark) werden Ausstriche hergestellt und gleichzeitig Kulturen angesetzt.

d) Ansetzen von Kulturen

Neben der Inokulation von Kleinnagern sollte stets gleichzeitig ein Teil des zu untersuchenden Materials zum Inokulieren von Nährböden, und zwar von Nährbouillon und Nähragar (Rezepte S. 406) verwendet werden. Die optimale Temperatur für das Wachstum von *Pasteurella*-Kulturen liegt zwischen 25 bis 30° C. Da sie aber auch schon bei niedrigeren Temperaturen verhältnismäßig gut wachsen — im Gegensatz zu anderen Bakterien —, setzt man oft einen Nährboden bei 10° C an. Nach 48 Stunden (bei 25—30° C) erscheinen die typischen Kolonien, die im Ausstrichpräparat (GRAM-Färbung) untersucht und mit Hilfe von spezifischen Immunitätsreaktionen (Agglutination und Präzipitin-Test) geprüft werden.

Die Diagnose von *P. pestis* erfordert große Übung. Wir möchten hier nur noch auf die ausführliche Zusammenstellung von POLLITZER (1952) hinweisen, die sämtliche heute angewendeten Methoden bespricht.

e) Untersuchung pestverdächtiger freilebender Ratten

Anhand anatomischer Veränderungen läßt sich die Diagnose selten stellen. Auch sind meist zusätzlich andere, stäbchenförmige Bakterien vorhanden, die im histologischen Präparat leicht mit *P. pestis* verwechselt werden können, so daß auch hier Kulturen angelegt werden müssen (vgl. Abschnitt c).

B. Beim Floh

a) Untersuchung des Flohdarmes

Bei einem infizierten Pestfloh kann schon makroskopisch eine auffallende Vergrößerung des Proventrikels festgestellt werden. Zur Diagnose werden Ausstriche des Mageninhaltes angefertigt und auch hier nach GRAM (S. 394) gefärbt, sowie Agar- und Bouillon-Kulturen angesetzt (S. 406).

TIVLOV (1946) empfiehlt die Inokulation von Ratten oder Meerschweinchen mit einer Broyage, die aus einer größeren Anzahl von Flohdärmen hergestellt wurde.

b) Schnittpräparate von ganzen Flöhen

Zum Studium der genauen Lage der Pestbazillen innerhalb des Flohes und für Demonstrationszwecke können Pestflöhe *in toto* fixiert, in Paraffin eingebettet und dann geschnitten werden. Die Flöhe werden in Alkohol (75%) fixiert, wobei die Pestbazillen innert weniger Stunden absterben. Anschließend wird mit Natriumthiosulfat entchitinisiert. Das Objekt muß folgende Stufen durchwandern:

- absteigende Alkoholreihe
 - dest. Wasser
 - Natriumthiosulfat (6%) 8—10 Stunden (minimal 3)
 - dest. Wasser 4—12 Stunden
 - aufsteigende Alkoholreihe
 - einbetten (evtl. über Butylalkohol).
- Es werden Schnitte hergestellt und am besten mit Methylenblau gefärbt.