

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 : V. Läuse (Anoplura, Pediculidae)
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-310822>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

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

V. Läuse (*Anoplura, Pediculidae*)

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, inwiefern die Anopluren als Überträger von Krankheitskeimen bei Mensch und Haustieren in den Tropen und Subtropen von Bedeutung sind. Hier soll speziell von der Rolle der Menschenläuse bei der Übertragung des Fleckfiebers die Rede sein und in einem späteren Abschnitt noch kurz auf das Läuserückfallfieber eingegangen werden (S. 329 ff.). Wie schon bei der Behandlung der Pest wird wieder das Hauptgewicht auf die Aetiologie sowie auf die Charakteristika des Überträgers gelegt.

RICKETTSIOSEN

FLECKTYPHUS

Synonyme: deutsch: Fleckfieber, Klassisches Fleckfieber
(Brill'sche Krankheit = Variante des Flecktyphus mit milderem Verlauf, gedeutet als späte Rückfälle)
französisch: typhus exanthématique (historique, épidémique)
englisch: epidemic typhus fever, typhus exanthematicus, louse typhus, jail fever, ship fever.

Erreger: *Rickettsia prowazeki* (DA ROCHA LIMA 1916)
bazilliformer, nicht aktiv beweglicher, rein intrazellulär, jedoch nie intranukleär lebender Erreger; selektiv bipolar färbbar mit GIEMSA-Lösung (vgl. die sehr ähnliche *R. burneti*, den Erreger des Queenslandfiebers, T. I 1).

Nach *R. prowazeki* sind noch eine ganze Reihe anderer sehr ähnlicher, in der Regel pathogener Mikroorganismen entdeckt worden. Man faßt sie alle unter dem Namen Rickettsien zusammen und bezeichnet die von ihnen hervorgerufenen Krankheiten als Rickettsiosen. Die Sonderstellung dieser Gruppe

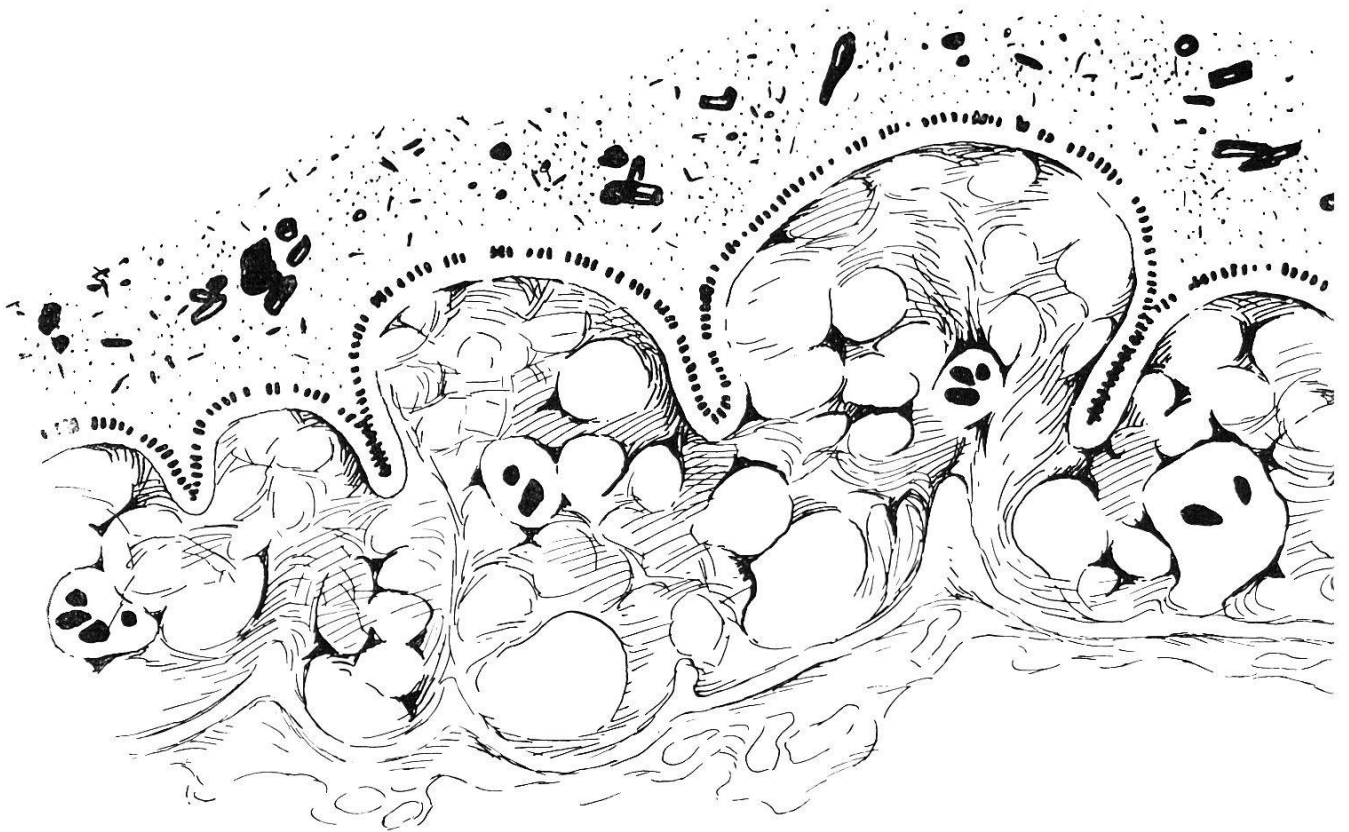


Fig. 12

Rickettsia quintana extrazellulär auf Darmzellen von *Pediculus vestimenti*

Rickettsia quintana en position extracellulaire sur l'épithélium intestinal de *Pediculus vestimenti*

Rickettsia quintana. Extracellular Position on the Intestinal Epithelium of *Pediculus vestimenti*

zwischen den Viren und den Bakterien (siehe Tab. 1) rechtfertigt sich, da die Rickettsien optisch wahrnehmbar sind und eine typische Eigenstruktur aufweisen. Eine Unterscheidung von Kern und Plasma wie bei den Bakterien ist hier nicht möglich. Charakteristischerweise vermehren sich alle Rickettsien — mit Ausnahme von *R. quintana*, dem Erreger des Fünftagefiebers (Fig. 12) — bei Warmblütern und Arthropoden nur innerhalb tierischer Zellen, und zwar im Plasma derselben.

Überträger: *Pediculus vestimenti*
Pediculus capitis

Befallene Organsysteme

- a) beim Überträger: Mitteldarmepithel
- b) beim Träger: Gefäßendothelien (perivaskuläre Infiltrationen).

Geographische Verbreitung.

Das Fleckfieber ist als Epidemie in fast allen Kontinenten aufgetreten, außer in Australien, Kanada und USA. — Vorkommen besonders in kühleren

Gebieten, wo relativ dicke Kleider getragen und wenig gewechselt werden: Arabien, Persien, Tibet, China, Japan. — In der Tropenzone speziell in höher gelegenen Gebieten: Mexiko, Zentralamerika, westliches Südamerika, Marokko, Tunis, Algier, Ägypten, Abessinien, Belg. Kongo. — Berüchtigte Kriegsseuche als Begleiterscheinung der unter den Armeen oft herrschenden mangelnden Hygiene; im 1. Weltkrieg vielerorts in Europa, speziell in Polen, Rußland, Serbien, Rumänien usw.

Wichtige Entdeckungen zur Aetiologie.

NICOLLE wies 1908 die Übertragung des Flecktyphus durch die Kleiderlaus nach. RICKETTS und WILDER haben 1910 in Blutausstrichen und Ausstrichen von Fleckfieberläusen winzige, rotgefärbte, nur mit GIEMSA färbbare Mikroorganismen gesehen. 1916 beschrieb DA ROCHA LIMA einen nur in Fleckfieberläusen nachweisbaren, ausschließlich in den Mitteldarmzellen wuchernden, ebenfalls nur mit GIEMSA darstellbaren Mikroorganismus, den er *Rickettsia prowazeki* nannte. WOLBACH gelang 1920—22 der Nachweis, daß *R. prowazeki* im kranken Menschen in den Endothelzellen der kleinen Blutgefäße wuchert. Zahlreiche Autoren haben sich in den darauffolgenden Jahren, zum Teil bis in die neuere Zeit, mit der Epidemiologie dieser Krankheit, speziell auch mit der Übertragungsweise durch die Laus befaßt. Wir zitieren z. B. ANDERSON, ARKWRIGHT u. BACOT.

Das von MOOSER 1928 in Mexiko entdeckte murine Fleckfieber ist eine mit dem klassischen Fleckfieber verwandte, jedoch milder verlaufende Krankheit. Deren Erreger *Rickettsia mooseri* ist nicht so eindeutig auf einen Überträger spezialisiert, wie dies bei *R. prowazeki* der Fall ist, sondern kann in erster Linie durch verschiedenste Floharten, dann aber auch durch Läuse übertragen werden.

1. Die Menschenläuse¹

Verschiedene Läusearten und ihre Wirtsgebundenheit

Ähnlich wie die Flöhe sind auch die Läuse auf bestimmte Wirte spezialisiert, nur daß sie in stärkerem Maße an dieselben gebunden sind (S. 291). So wird eine Tierlaus nicht auf dem Menschen und eine Menschenlaus im allgemeinen nicht auf Tieren leben können; auch innerhalb der Tierläuse ist in der Regel jede Lausart einem bestimmten Wirt (Ratte, Schwein, Esel, Rind, Büffel, Affe usw.) zugeordnet. Eine gewisse Umpassungsfähigkeit ist allerdings vorhanden. So gelingt es z. B., die Kleiderlaus nach einer gewissen Selektion während mehrerer Generationen auf Kaninchen zu adaptieren und regelmäßig auf solchen zu füttern (S. 311). Interessant ist vor allem auch die Spezialisierung der Menschenläuse auf be-

¹ Wir verweisen hier auf BUXTON's 1947 in 2. Auflage erschienene, ausgezeichnete Monographie über die Laus.

stimmte Körperzonen. So lebt die Keiderlaus, *Pediculus vestimenti*, in den der Haut aufliegenden, körperwarmen Kleidern, legt dort ihre Eier an die Gewebefasern und begibt sich zum Blutsaugakt direkt auf die Haut. Die Kopflaus, *Pediculus capitis*, hält sich ausschließlich in den Kopfhaaren auf; die Filz- oder Schamlaus, *Phthirus pubis*, dagegen hat die behaarten Teile der Schamgegend, der Oberschenkel, der Achselhöhle sowie etwa auch der Augenbrauen und Wimpern als Biotop adoptiert. Die beiden letzten Arten befestigen ihre Eier infolgedessen an den Haarschäften. Vor allem *Pediculus vestimenti* und *capitis*, weniger aber *Phthirus pubis* sind als natürliche Keimüberträger bekannt, wir befassen uns deshalb im folgenden lediglich mit den beiden ersteren.

Die Kopflaus sieht der Kleiderlaus zum Verwechseln ähnlich¹, nur ist sie im Adultzustand etwas kleiner als die Kleiderlaus und zeigt Verschiedenheiten in der Ausbildung der Bauchmuskulatur des Abdomens. Aus der Systematik ergeben sich gewisse Beziehungen zwischen Affen- und Menschenläusen, so daß man sich also phylogenetisch eine sekundäre Anpassung an den Menschen vorstellen kann. Es liegt auch nahe anzunehmen, daß die Kopflaus die archaischere Form darstellt und den Menschen schon parasitierte, als er noch unbekleidet ging, während die morphologisch kaum veränderte Kleiderlaus ihre biologischen Artmerkmale sekundär erworben hätte.

Wenn im vorhergehenden Kapitel (S. 289) die Flöhe im übertragenen Sinne mit flinken Waldantilopen verglichen worden sind, so muß man bei den Läusen eher an Faultiere oder Affen denken, wenn man sich vorstellt, wie sie geschickt im Haarwald oder im Kleidergewebe herumturnen. Mit ihren langen Klauen, die wie Zangen geschlossen werden können (Photo 24), haken sie sich an den Fasern fest und hissen sich von Haarschaft zu Haarschaft, oder, wenn sie zum Saugakt auf die Haut niedergehen, vermögen sie sich so dicht an jede Rauheit der Oberfläche anzuklammern, daß man Mühe hat, sie zu entfernen. Ihre Fortbewegung ist bedächtiger als

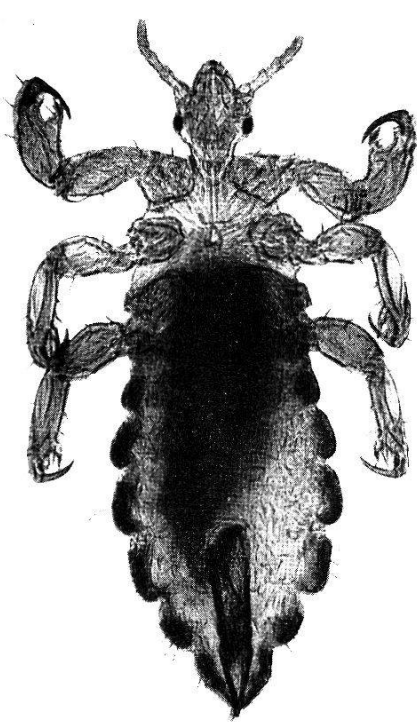
¹ Es kommen zwischen den beiden auch Bastardierungen vor, wobei man die Hybriden vornehmlich bei den Kleiderläusen findet, während sich die Kopfläuse reiner erhalten haben.

Phot. 24

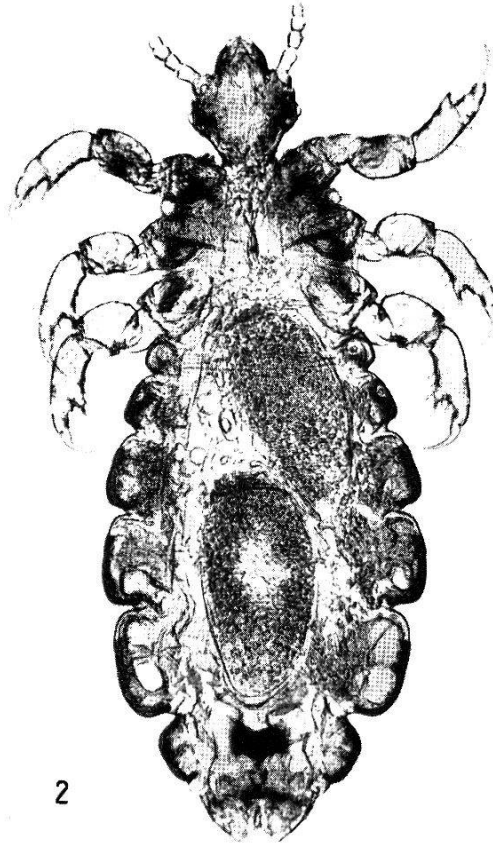
Läuse — Poux — Lice

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. <i>Pediculus vestimenti</i> ♂ | 6. <i>Phthirus pubis</i> ♀ |
| 2. <i>P. vestimenti</i> ♀ | 7. <i>P. vestimenti</i> , Nisse — Euf — Egg |
| 3. <i>P. vestimenti</i> , Larve I | 8. <i>P. capitis</i> , Nisse — Euf — Egg |
| 4. <i>P. vestimenti</i> , Larve II | 9. <i>Phthirus pubis</i> , Nisse — Euf — Egg |
| 5. <i>P. capitis</i> ♀ | 10. <i>Haematopinus asini</i> ♀ |

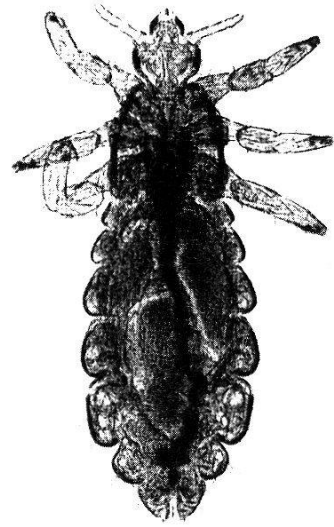
(Vergrößerung: 1. bis 6. und 10. ca. 15×; 7. bis 9. ca. 30×.)



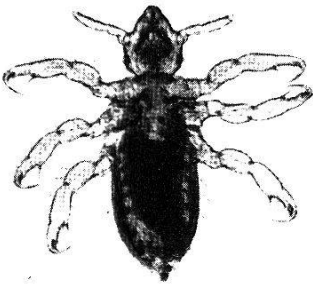
1



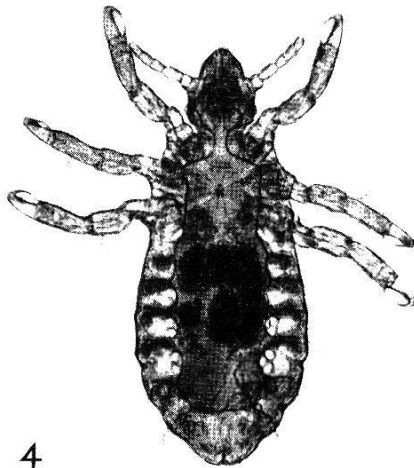
2



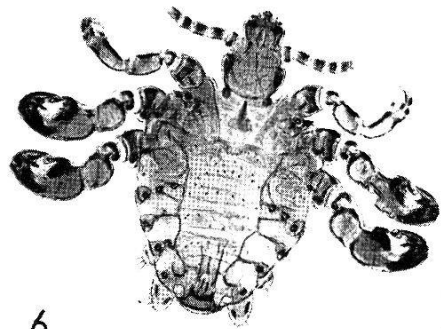
5



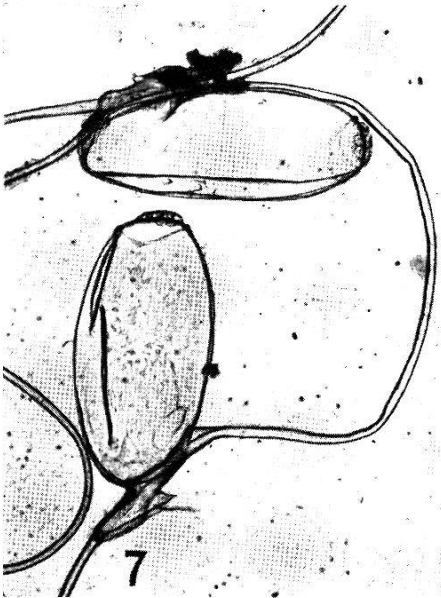
3



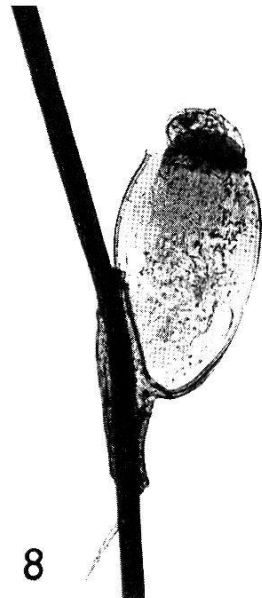
6



4



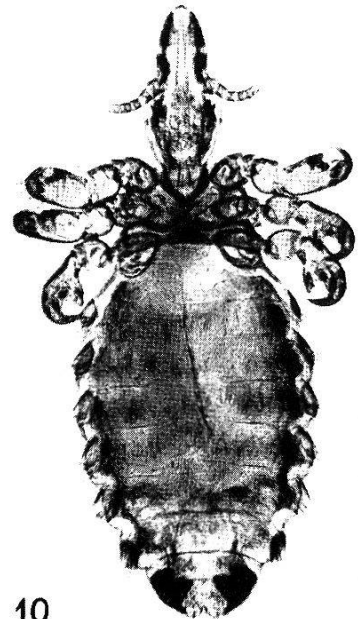
7



8



9



10

diejenige der Flöhe, und da sie weder Flügel noch Sprungbeine besitzen, können sie nur dann von einem Wirts-Individuum auf das andere gelangen, wenn die beiden in engen Kontakt miteinander kommen.

Entwicklung und Saugakt

Auch in der Art der Fortpflanzung drückt sich die relative Ortsgebundenheit der Läuse aus. Das Gewebe des der Haut aufliegenden Bekleidungsstückes — sei es Unterwäsche oder die primitive Tracht eines Eingeborenen — bildet das Réduit und den Brutort der Kleiderlaus; *Pediculus capitis* dagegen nistet direkt im Haar. Die als Nissen bezeichneten weißlich-opaleszierenden Eier, die trotz ihrer Kleinheit (ca. 0,8 mm lang und 0,3 mm dick) auf dunkler Unterlage sofort auffallen, haben eine besondere Eigenschaft. Sie werden von den Weibchen bei der Ablage mit einer Scheide versehen, die gewissermaßen um den Haarschaft bzw. die Kleiderfaser herumgegossen wird (Photo 24). Bei *P. vestimenti* ist diese Haftscheide relativ kurz und umfaßt eine Stofffaser, während sie sich bei den Nissen von *P. capitis* auf langer, dem Ei entlanglaufender Strecke um den Haarschaft herumlegt; bei *Phthirus pubis* ist die Scheide kürzer und auf den Hinterpol des Eis beschränkt¹ (Photo 24). Dadurch sind die Nissen fest am Brutpatz verankert und können nicht, wie etwa die Floheier, zu Boden rollen. Von Körperwärme umgeben, entwickeln sie sich gewissermaßen in natürlichem «Brutofen» (das Optimum liegt zwischen 29° und 32° C) innert etwa 8 Tagen. Da direkte Entwicklung ohne Metamorphose vorliegt, schlüpfen aus den Eiern kleine, als Larven bezeichnete Jungläuse, die den Adulttieren schon weitgehend ähnlich sehen. Mit ihrem Kopf stoßen sie den am Vorderpol der Nisse sitzenden, mit perlartigen Strukturen verzierten Deckel auf und hissen sich am tragenden Haarschaft (bzw. der Faser) heraus. Währenddem die Larven beiderlei Geschlechts bereits periodisch Blut aufnehmen, durchlaufen sie drei durch Häutungen getrennte, morphologisch unter sich sehr ähnliche Stadien, wobei ihr allmähliches Wachstum vor allem in einer Verlängerung des Abdomens besteht. Diese Periode nimmt bei maximaler Fütterung etwa 9 Tage in Anspruch, erhöht sich aber unter natürlichen Verhältnissen bei der Kleiderlaus auf 16 bis 19 Tage, da sie ja oft über Nacht mit den abgelegten Kleidern vom blutspendenden Wirt getrennt wird. Die Lebensdauer der Adultlaus beträgt etwa 48 Tage. Die geschlüpften

¹ Die Nissen der beiden Arten lassen sich außerdem am Perlkrönchen unterscheiden, das ihrem Deckel am Vorderpol aufsitzt und das bei *Phthirus pubis* aus einer einfachen, bei *P. capitis* aus einer doppelten Lage von Perlen besteht.

Imagines paaren sich schon nach 10 Stunden und müssen etwa ein- bis zweimal täglich eine Blutmahlzeit zu sich nehmen.

Die am S a u g a k t beteiligten Mund- und Kopfteile sind folgende: Zuvorderst am Kopf öffnet sich das aus dem Labium gebildete Haustellum, eine Art elastischer Mundstutzen, der auf kurzer Strecke vor- und rückziehbar ist, vorne einen Kranz spitzer Zähne trägt und nach hinten in das relativ starre Mundrohr einmündet, welches sich rückwärts in Cibarium und Pharynx fortsetzt (vgl. Flöhe S. 290 f.). Ventral von diesen Gebilden liegt eine die Stechborsten und den Speichelkanal enthaltende blind endende Scheide, die sich vorne in das Haustellum öffnet. Die aus der zweiten Maxille hervorgegangenen beiden Stechborsten tragen am Vorderende scharfe Zähnchen; zwischen ihnen eingebettet liegt der speichelführende Hypopharynx, in den von hinten her die beiden Speichelgänge einmünden. Bei der Blutmahlzeit verankert sich die Laus zunächst mit den Zähnchen ihres vorgestülpten Haustellums in der Haut des Wirtes. Sodann treten die Stechborsten in Aktion, bohren mit ihren gezähnten Spitzen die Haut an und dilazieren die Gewebe, indem sie wiederholt vor- und rückgestoßen werden. Jetzt erfolgt das Einspritzen des Speichels durch den Hypopharynx, der gleichzeitig mit den Stechborsten eingeführt worden ist. Und nun wird das via Einstichkanal herausdrängende Blut durch das dicht angepreßte Haustellum und das Mundrohr gesammelt, alsbald von den Pumpbewegungen des Cibariums und des Pharynx erfaßt und in den Mitteldarm hineinbefördert. Dieser ist weit und mit 2 vorderen Blindsäcken sowie einer ventralen Magenscheibe, dem Mycetom, versehen. Eine peritrophe Membran ist nicht vorhanden. Das Mycetom enthält pilzartige Mikro-Organismen, die stetsfort über die Eier weiterverpflanzt werden, und die als Symbionten — und zwar wahrscheinlich als wichtige Vitaminproduzenten — für die Laus unentbehrlich sind ¹.

2. Übertragung von *Rickettsia prowazeki* durch die Kleiderlaus

Ein Fleckfieber-Patient ist nur in den ersten 10 bis 14 Tagen vom Krankheitsbeginn an gerechnet für die Laus infektiös. Wie

¹ Interessanterweise finden sich im Darm verschiedener haematophager Insekten (z. B. auch bei Glossinen und Reduviiden, siehe GEIGY, HALFF u. KOCHER 1953) solche Symbionten, die meistens wichtige Glieder im Vitaminhaushalt ihrer Träger bilden, da sie Substanzen zu liefern haben, die in der Blutnahrung nicht oder nur ungenügend vorhanden sind. Vgl. hierzu insbesondere BUCHNER (1953).

WOLBACH, TODD und PALFREY (1922) gezeigt haben, infizieren sich allerdings nie alle Läuse, die auf einem Kranken saugen. Es mag sein, daß ein bestimmter Prozentsatz derselben gegen Rickettsien resistent ist, wie man dies ja bei vielen übertragenden Arthropoden gegenüber den zugeordneten Erregern feststellt. Zudem wird aber auch der Zufall eine gewisse Rolle spielen, ob eine Laus von den Rickettsien, die im Blut treiben, respektive in den perivaskulären Herden vorhanden sind, bei der Blutmahlzeit ein genügendes Quantum aufnimmt (T. XXIV B). Im Mitteldarm angelangt, beginnen sich die Erreger schon im Lumen zu vermehren, vor allem aber dann, wenn sie jetzt nach allen Seiten in die kolbenförmigen Zellen des Darmepithels eindringen, wo sie vom 6. Tag an nachweisbar sind.

MOOSER (1945) beschreibt den Vorgang wie folgt: «Ihr (d. h. der Rickettsie) wichtigstes biologisches Kennzeichen ist die Art und Weise, wie sie sich gegenüber der von ihr befallenen Magenzelle der Laus benimmt. Unter Schonung des Kerns wuchert die Rickettsia in der Zelle, bis deren Plasma mit dicht gepackten Mikroben vollständig ausgefüllt ist... Der Zelleib wird dabei immer mehr aufgetrieben, um schließlich zu platzen, bzw. zu desintegrieren und die Erreger wieder freizugeben. Von der Zelle bleibt gewöhnlich kaum etwas übrig als der nackte Kern. In frisch mit *R. prowazeki* befallenen Magenzellen der Laus präsentiert sich die Rickettsie in der Form eines kurzen, polgefärbten Stäbchens; aber auch fädige Formen und Stäbchenketten werden zuweilen beobachtet. In den Zellen, die dicht mit Rickettsien ausgefüllt sind, findet man fast immer nur kleine Diplo-Formen, die sich mit GIEMSA-Lösung rotviolett bis hellrot färben, während die Stäbchen und Fäden der wenig befallenen Zellen meist blaßblau gefärbt sind und oft rötlich gefärbte Einschlüsse zeigen.»

Die aus den platzenden Epithelzellen hervorquellenden Rickettsienmassen häufen sich im Darmlumen und werden in riesigen Mengen mit den Faeces anal ausgestoßen (T. XXIV B). Wenn nun eine infizierte Laus auf einen gesunden Menschen überwandert¹ und nach einem neuen Saugakt wie üblich Kot abgibt, so können die mitaustretenden Rickettsien durch Hautabrasionen oder durch direktes Einkratzen, natürlich auch beim Zerquetschen infizierter Läuse, zur Infektion kommen. Da der abgegebene Kot rasch eintrocknet, zerfallen die kleinen Kotballen, wenn sie zwischen den Kleidern hin- und hergerieben werden, und es bildet sich auf diese Weise feinsten Rickettsien-Staub. Durch die Luft kann er auf die Schleimhäute der Nase, der Augen und des Mundes, durch Ein-

¹ Es ist bekannt, daß die Läuse fiebernde Patienten gerne verlassen, da sie die gesteigerte Körperwärme nicht vertragen.

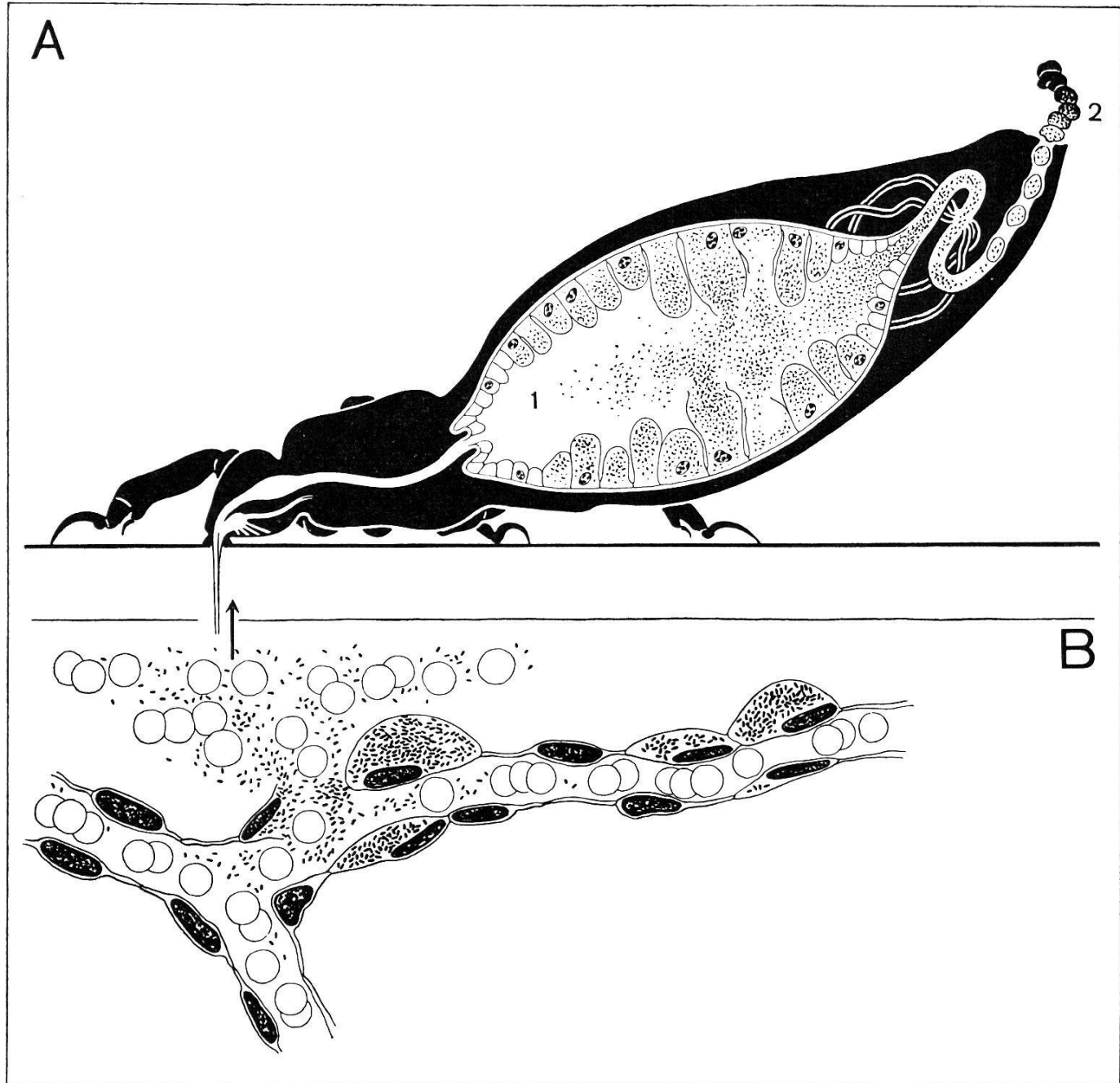
T. XXIV

Schema der Übertragung des Fleckfiebers durch die Kleiderlaus
 Diagramme montrant la transmission du typhus exanthématique
 par le pou

Diagram Showing the Transmission of Typhus Fever by the Louse

- A *Cyclus von Rickettsia prowazeki in Pediculus vestimenti*
 Evolution de *Rickettsia prowazeki* dans *Pediculus vestimenti*
 Cycle of *Rickettsia prowazeki* in *Pediculus vestimenti*
- 1 In den Mitteldarm aufgenommene Rickettsien haben das Epithel befallen und durch starke Vermehrung die Zellen aufgetrieben. Platzen die Zellen entlassen Rickettsien, die sich im Rectum mit dem Kot vermengen und anal abgegeben werden.
 Des rickettsies absorbées dans l'intestin moyen ont attaqué l'épithélium et, en se multipliant, font gonfler les cellules. Certaines de ces cellules ont éclaté en libérant des essaims de rickettsies qui se mêlent aux matières fécales dans le rectum et sont évacuées par voie anale
Rickettsiae received into the midgut are attacking the epithelium. They multiply in the cells, distending them. Bursting cells release *Rickettsiae* which mix in the rectum with excrements and are evacuated through the anus
 - 2 Infizierte Kotballen
 Excréments infectés
 Infected excrements
- B *Cyclus der Rickettsia prowazeki im Menschen*
 Evolution de *Rickettsia prowazeki* dans l'homme
 Cycle of *Rickettsia prowazeki* in man
- Die im Blut zirkulierenden Rickettsien haben Zellen der Kapillarwand befallen. Durch Platzen dieser Zellen werden die typischen peripheren Blutungen hervorgerufen
 Les rickettsies circulant dans le sang ont attaqué les cellules des parois capillaires qui en éclatant produisent les hémorragies périphériques typiques
Rickettsiae circulating in the blood have attacked the cells of the capillary wall which rupture and cause typical peripheral hemorrhage

T. XXIV



atmen sogar in die Lunge gelangen und auch auf diesem Weg Infektionen verursachen. Solche Fälle sind auf Grund von Personalinfektionen in Fleckfieber-Laboratorien klar erwiesen und haben zweifellos auch zu vielen anderen Malen, wenn z. B. die Isolierung von Fleckfieber-Kranken ungenügend war, eine Rolle gespielt. Die Rickettsien sollen in trockenem Läusekot über Monate virulent bleiben. Durch infizierten Kot können sich Läuse auch gegenseitig kontaminieren, wenn sie nahe beisammen leben und sich z. B. mit dem Rüssel betupfen. Alter, trockener Läusekot kann also auch in dieser Hinsicht eine gefährliche Infektionsquelle bilden.

Die mit Rickettsien infizierte Laus stellt aber auch einen der sehr seltenen, in der medizinischen Entomologie bekannten Fälle dar, wo der Überträger am Erreger selbst zugrunde geht. Wie weiter oben aus dem MOOSER'schen Zitat hervorgeht, wird ja das ganze Mitteldarmepithel bei der fortschreitenden Rickettsieninvasion desorganisiert. Dieses ist aber nicht imstande, die vernichteten Zellverbände genügend rasch zu regenerieren, so daß die Laus nach 10 oder mehr Tagen eingeht.

3. Technik zum Studium des Flecktyphus

HALTUNG UND PRÄPARATION VON MENSCHENLÄUSEN

a) Materialbeschaffung

Die Nissen der Kopfläuse (*Pediculus capitis*) können leicht als weißliche Punkte im Kopfhaar entdeckt werden. Da sie aber mit der erwähnten Kittscheide fest daran haften und beim Versuch, sie abzustreifen, verletzt werden können, schneidet man die betreffenden Haare am besten ab und läßt die Larven bei Körperwärme schlüpfen. Dasselbe gilt für die Kleiderlausnissen (*Pediculus vestimenti*): Man zupft die damit behafteten Stoffasern heraus oder schneidet ganze Gewebestückchen weg.

Wo Nissen sind, finden sich in der Regel auch Läuse; mit einer weichen Pinzette können sie vom Kopfhaar, bzw. von der Haut oder aus Stoff-Falten abgelesen werden.

b) Zucht

Will man Läuse züchten, so muß man ihnen reichlich Gelegenheit zum Blutsaugen bieten und sie bei etwa Körpertemperatur halten. Gute Resultate werden erzielt, wenn man die Zuchttiere in kleine, runde, ca. 1 cm hohe Metallkapseln, etwa von der Größe einer Armbanduhr, bringt. Diese sind an Ober- und Unterseite mit feiner Seidengaze bespannt und werden mit der einen Fläche fest auf die Haut des menschlichen Trägers appliziert, am besten mit Hilfe eines breiten Gummibandes, das an zwei seitlichen Ösen der Kapsel befestigt ist. Damit die Läuse sich festhalten und ihre Eier ablegen können, gibt

man ein kleines Stückchen Filz in die Kapsel. Durch die der Haut aufliegende Seidengaze können sie stechen und Blut saugen; die vom Körper weggewandte Gaze-Abdeckung sorgt für genügende Luftzufuhr. Am besten trägt man die Läusekapseln tagsüber auf sich, vielleicht mit einer Unterbrechung von 2—3 Stunden, so daß die Läuse mindestens zwei Blutmahlzeiten täglich zu sich nehmen können. Nachts werden die Kapseln abgenommen und an einem warmen, geschützten Ort aufbewahrt. Vergleiche hierzu auch weitere Varianten über die Zucht bei BUXTON (1947) und EICHLER (1952).

Neben dieser klassischen Methode der Läusehaltung auf dem Menschen, die wegen der für empfindliche Personen etwas lästigen Hautirritation gewisse Nachteile bieten mag, gibt es nach CULPEPPER (1946) noch eine andere Fütterungsmöglichkeit. Diesem Autor ist es gelungen, einem während mehrerer Generationen selektionierten Stamm von Kleiderläusen auf Kaninchen anzupassen. Nach persönlichen Mitteilungen CULPEPPER's eignen sich verschiedene Kaninchenhybriden besser als reinrassige Individuen. Die Läuse werden zweimal täglich auf Wollappen dem rasierten Bauch eines in Rückenlage fixierten Kaninchens aufgelegt und dort während etwa zwei Stunden belassen, am besten im Dunkeln und möglichst ungestört. Die Läuse werden während der übrigen Zeit in Wärmeschränke bei ca. 30° C und einer RLF von mindestens 60% eingestellt; bei regelmäßiger Fütterung genügt der Wassergehalt der Blutnahrung, um die Laus vor dem Austrocknen zu schützen.

c) Konservieren und Präparieren

Läuselarven oder Imagines, die man für Total- oder Schnittpräparate fixieren will, sollten auf Filtrierpapier verbracht werden, bis sie ihren Darminhalt abgegeben haben, da dieser sich später im Präparat störend auswirken kann. Für Totalpräparate kommt nur Feuchtfixierung, gewöhnlich mit Alkohol (85%), in Frage, danach Wässern und Einschließen in FAURE oder PURI (Rezepte S. 404, 405).

Schnittmethode siehe unten.

METHODEN ZUR DARSTELLUNG DER RICKETTSIEN

Im folgenden wird nicht nur auf den Nachweis der *Rickettsia prowazeki* eingegangen, sondern auch die wichtigsten Methoden zur Darstellung einiger anderer Rickettsien erörtert. Die verschiedenen Rickettsienarten können morphologisch heute noch nicht differenziert werden, sondern nur biologisch auf Grund ihrer voneinander abweichenden Verhaltensweise in Laboratoriumstieren und Überträgern.

A. Bei Mensch und Laboratoriumstieren

a) Im peripheren Blut

Der direkte Nachweis der Rickettsien im Blut gelingt nicht, da die Konzentration der Erreger zu gering ist. Hingegen ist ein *i n d i r e k t e r* Nachweis durch serologische Diagnosen (WEIL-FELIX'sche Reaktion, Komplementbindung und Agglutination mit spezifischen Antigenen), Inokulation von geeigneten Laboratoriumstieren inklusive Hühnerembryonen, sowie durch Xenodiagnose möglich.

b) In den Organen

Rickettsien können in menschlichen Organen kaum nachgewiesen werden. Die günstigsten Objekte sind Biopsien von exanthematischen Stellen der Haut. In diesen können zuweilen die Rickettsien in GIEMSA-gefärbten Gewebsschnitten nachgewiesen werden (WOLBACH, TODD und PALFREY, 1922).

c) Im Tierversuch (nach intraperitonealer Inokulation)

R. prowazeki (Klassisches Fleckfieber) ruft bei i.p. Inokulation im Meerschweinchen nach 6—8 Tagen ein mehrere Tage dauerndes Fieber hervor, d. h. Erhöhung der Temperatur von ca. 39,5° auf 40—41° C. Im Meerschweinchen selbst können die Rickettsien nicht direkt nachgewiesen werden, sondern erst nach Subinokulation auf Hühnerembryonen. Am 3. Fiebertag werden die Meerschweinchen getötet, eine Hirnbroyage hergestellt und diese in den Dottersack von 6—8 Tage alten Hühnerembryonen injiziert. Die Rickettsien lassen sich nach weiteren 5—7 Tagen Bebrütung in Ausstrichen des Dottersackes nachweisen.

R. mooseri (Murines Fleckfieber) und *R. orientalis* (Tsutsugamushi-Fieber) rufen bei i.p. Inokulation in der Maus eine diffuse Rickettsien-Peritonitis hervor. Die Parasiten können in Peritoneal-Ausstrichen mikroskopisch leicht festgestellt werden.

R. burneti (Q-Fieber) dagegen läßt sich am besten in Tupfpräparaten von Mäusemilz nachweisen. Charakteristisch sind in diesem Falle durch die Rickettsien aufgetriebene, vakuolenartige Zellen (siehe T. I, 1).

In allen erwähnten Fällen werden die Ausstriche nach Trocknen mit Methanol fixiert und nach GIEMSA (beste Resultate) oder MACCHIAVELLO (rascher) gefärbt (Rezepte S. 400 und 397).

Wir möchten uns hier auf diese wenigen Angaben beschränken und verweisen im übrigen auf die sehr ausführliche Zusammenstellung von SNYDER (1952).

d) Xenodiagnose

R. prowazeki: Die Xenodiagnose leistet zum Nachweis von klassischem Fleckfieber gute Dienste. Da der Infektionsindex bei natürlicher Infektion, also durch Blutmahlzeit, bei der Laus oft nur 10% beträgt, müssen mindestens 30—50 reine (=nicht infizierte) Läuse aus einem Laboratoriumsstamm (S. 310 f.) zur Diagnose angesetzt werden. Nach 6—18 Tagen finden sich die Rickettsien im Läusekot oder können bei schwächeren Infektionen in Darmausstrichen nachgewiesen werden. Wegen Infektionsgefahr ist hier äußerste Vorsicht geboten!

R. burneti: Auch für das Q-Fieber findet die Xenodiagnose, hier mit der Zecke *Ornithodoros moubata* (S. 335 f.), Verwendung. Da der Infektionsindex in diesem Falle höher ist, genügt das Ansetzen von etwa 5—10 Individuen. Nach etwa 20 Tagen lassen sich die Parasiten in Ausstrichen oder Schnitten des Darmes nachweisen (BURGDORFER, 1951).

R. quintana: Bei dem Wollhynischen Fieber (Trench fever) lassen sich die Rickettsien einzig auf dem Überträger, der Laus, direkt nachweisen, da *R. quintana* auf Laboratoriumstieren, inklusive Hühnerembryonen, nicht angeht.

B. Bei der Laus

Fast alle heute bekannten Rickettsienarten gedeihen sehr gut auf der Laus, sei es nach natürlicher Inokulation durch Blutmahlzeit (*R. mooseri*, *quintana* und *prowazeki*), sei es nach künstlicher intracoelomaler oder rektaler Inokulation (*R. akari*, *burneti*, *conori*, *orientalis*, *rickettsi*, vgl. unten oder WEYER [1954]), und können in Ausstrich- oder Schnittpräparaten leicht aufgefunden werden.

a) Histologische Untersuchung

Ausstrich:

Zum Nachweis der Rickettsien stellt man je nach Inokulationsart (S. 314) Ausstriche von Haemolymph (Coelomflüssigkeit) oder Darm her, welche mit Methanol fixiert und nach GIEMSA gefärbt werden (Rezepte S. 400). Haemolymph gewinnt man durch Abtrennen eines der Beine, wobei die Läuse am Leben bleiben und weiter verwendet werden können. Zum Nachweis der Erreger im Darm wird dieser sorgfältig isoliert und auf einem Objektträger dünn ausgestrichen. In manchen Fällen (z. B. bei *R. prowazeki*) findet man die Rickettsien bei starker Infektion schon im Kot.

Schnittpräparate:

Eine Bestimmung der genauen Lokalisation von verschiedenen Rickettsien in der Laus gelingt nur im Schnittpräparat. Nach WEYER (persönliche Mitteilung) geht man folgendermaßen vor: Läuse werden etwa einen Tag nach Blutaufnahme — frisch vollgesogene Individuen bereiten bei der Verarbeitung Schwierigkeiten — in toto nach CARNOY (Rezepte S. 391) fixiert. Einige Minuten nach Einbringen in die Fixierflüssigkeit entfernt man sorgfältig Extremitäten, Kopf und — falls nur das Abdomen untersucht werden soll — auch den Thorax, um das Eindringen der Lösung zu erleichtern. Das Abtrennen dieser Körperteile sollte erst nach einigen Minuten Fixierung erfolgen, da sonst zu viel Haemolymph austritt.

- Fixierung während 3 Stunden
- Methylbenzoat I etwa 12 Stunden
- II 6—8 Stunden
- III 3 Tage
- Benzol I und II je 30 Minuten
- Benzol-Paraffin 45 Minuten
- Paraffin, flüssig 6—8 Stunden

3—5 μ dicke Schnitte werden am besten nach GIEMSA gefärbt (Rezepte S. 400).

b) Kultur von Rickettsien in der Laus

Die Laus, deren Darmsystem, abgesehen von den Symbionten der Magenscheibe (S. 306), keine Mikroorganismen enthält, also ein durchaus steriles Milieu darstellt, eignet sich vorzüglich für die Kultur von Erregern (vgl. Spirochaeten S. 338 f.), so auch für diejenige fast aller Rickettsienarten (WEYER, 1954).

Man muß sich dabei allerdings bewußt sein, daß hier, im Gegensatz etwa zur Zecke *Ornithodoros moubata*, der Enddarm nicht zur isolierten Ampulle verkümmert ist, sondern in normaler Verbindung mit dem Mitteldarm steht. Intestinal verabfolgte Rickettsien können also auch wieder anal evakuiert werden, was für den Experimentator eine Infektionsgefahr bedeutet.

Die Rickettsien-Aufschwemmungen können nach der WEIGL'schen Methode sowohl in den Darm der Laus als auch in ihre Leibeshöhle gebracht werden, wobei es sich in letzterem Fall gezeigt hat, daß die Läusehaemolymphie offenbar einen ausgezeichneten «Nährboden» bildet, worin sich die Rickettsien massenhaft vermehren. Die Verimpfung der Suspensionen erfolgt mit einer sterilen Mikropipette, die so fein ausgezogen ist, daß sie anal in das Rectum oder auch via Vagina in die Leibeshöhle der Laus eingeführt werden kann. WEYER, der diese Methode weiterentwickelt und mit Erfolg angewandt hat, geht folgendermaßen vor (vgl. WEIGL, 1920, REICHENOW, VOGEL, WEYER, 1952):

Die rickettsienhaltige Suspension (z. B. Organzerreibung) wird so weit mit Nährbouillon verdünnt, daß sie bequem mit der Mikropipette aufgesaugt werden kann. Man verwendet am besten weibliche Läuse, da diese größer sind und länger leben. Vor dem Eingriff werden die Läuse zur Desinfektion ihrer Oberfläche während 10—20 Minuten in Alkohol (70%) mit Jodzusatz verbracht. Für die *rektale Inokulation* wird die Laus in Normallage zwischen Objektträger und Deckglas leicht eingeklemmt und die gefüllte Pipette via After in den Enddarm eingeführt. Sobald die Laus auf der Pipette fest sitzt, injiziert man die Suspension vorsichtig mit Hilfe einer Rekordspritze. Sodann läßt man die Laus aus eigener Kraft von der Pipettenspitze weg auf einen Stoffstreifen kriechen. Die Rickettsien dringen in das Darmepithel ein und vermehren sich dort.

Für die *intracoelomale* Inokulation wird die Laus in gleicher Weise, aber in Rückenlage festgehalten. Die Pipette führt man durch die ventral von den Aftervalven gelegene, leicht sichtbare Geschlechtsöffnung in die Vagina ein. Diese wird innen mit der Pipettenspitze durchstoßen, welche nun ins Coelom hineingleitet. Weiter wird wie oben ausgeführt verfahren.

Mit Aufschwemmungen derart infizierter Läuse, in denen sich die Rickettsien innert weniger Tage stark vermehrt haben, können Passagen in andere Läuse vorgenommen werden und so die Erreger ohne Zwischenstation im Warmblüter beliebig lange gehalten werden. Eine Suspension von ein bis drei Läusen genügt zur Infektion von mehreren hundert neuen. Zur Inokulation kann auch mit Bouillon oder physiologischer Kochsalzlösung verdünnte Haemolymphie verwendet werden, die man durch Dekapitieren infizierter Läuse gewonnen hat.

Die Infektion der Laus wird je nach Art der Inokulation durch Untersuchen von Haemolymph- oder Darmausstrichen kontrolliert.

Das Verhalten der Rickettsien in der Laus kann nach WEYER differentialdiagnostisch verwendet werden.