Jahr 1991	Mitteilungen der Mikro AG Stuttgart e. V.	Heft 3

Symbiontische Flagellaten in der Gärkammer von Termiten

Dr. Renate Radek
(FU Berlin)

Symbiontische, Nahrung für den Wirt aufschließende Flagellaten findet man ausschließlich im Darm holzfressender Insekten, zum Beispiel Termiten und Schaben.

Termiten gehören zur Insektenordnung Isoptera. Es sind soziale Tiere, die in komplexen Staaten mit morphologisch und funktionell unterschiedlichen Individuen leben. Ihre Nester legen sie als verzweigte, gekammerte Gangsysteme in Holz oder als unterirdische Bauten oder aber in Form auffallender überirdischer Hügel aus Erde, Speichel und Kot an. Eine Vielzahl von Arten sind gefürchtete Holzschädlinge und manche machen sogar vor unverdaulichen Materialien wie Plastikisolierungen, Bleiummantelungen und ähnlichem keinen Halt. Dreiviertel der circa 2000 Arten sind "Höhere Termiten". Sie beherbergen keine symbiontischen Protozoen. Neben eigenen Enzymen setzen sie vornehmlich Stoffwechselprodukte von Pilzen und symbiontischen Bakterien zum Aufschluss der recht vielseitigen pflanzlichen Nahrung ein. Die "Niederen Termiten" hingegen sind zur Verdauung der Cellulose vollkommen auf ihre Flagellatenfauna angewiesen. Ein Abschnitt ihres Enddarms ist speziell zur Aufnahme dieser Flagellaten zu einer großen Gärkammer ausgeweitet. Verschiedene, ebenfalls hier lebende Bakterien sind für die Aufrechterhaltung des typischen Gärkammermilieus und die Bereitstellung weiterer Nährstoffe von Bedeutung. Eine Klappe verhindert den Übertritt von Gärkammerinhalt in den Mitteldarmbereich. Die gefüllte Gärkammer kann 1/3 bis 1/7 des Körpergewichts der Termiten ausmachen.

Die überwiegende Anzahl der Symbionten geht bei den Häutungen der Termiten verloren, da die Gärkammer als ektodermale Struktur mit einer Kutikula ausgekleidet ist, die mit abgestoßen wird. Die Flagellaten werden wie in einem Sack eingeschlossen mit abgegeben. Da die abgestreifte Exuvie häufig von den Termiten aufgefressen wird, haben vielleicht einige der Flagellaten eine Chance, durch den Darmtrakt wieder in die Gärkammer zu gelangen.

Die Häutungen haben nicht nur eine mechanische Entleerung der Gärkammer zur Folge, sondern bewirken vorweg, ausgelöst durch die Häutungshormone, eine Veränderung vieler Flagellaten. Je nach Flagellaten- oder Wirtsspezies und der Art der Häutung (zwischen Larvenstadien oder Häutung zur Imago) findet eine morphologische Umgestaltung, Teilung und in einigen Fällen eine sexuelle Fortpflanzung statt. Deutli-

che morphologische Veränderungen wurden zum Beispiel bei der Hypermastigine *Joenia annectens* beobachtet, die sich vor der Imaginalhäutung ihres Wirtes nach mehrfachen Teilungen in sehr kleine Formen umwandelt, die nur noch wenige Flagellen besitzen. Der hintere, mit Bakterien besetzte Zellabschnitt wird abgeschnürt. Schließlich entstehen sogenannte Pseudocysten. Echte Dauercysten wurden bei Termitenflagellaten nicht nachgewiesen. Ein Leben im Schutz des Wirtstieres scheint dieses zu erlauben. Die Übertragung der empfindlichen Flagellaten auf andere Wirtstiere wird dadurch gewährleistet, dass ein von einer anderen Termite angebetteltes Tier einen Tropfen Gärkammerinhalt am Hinterende abgibt, der dann von dem anderen Tier aufgeleckt wird. Bei der folgenden Darmpassage werden sicherlich viele Einzeller verletzt und verdaut, doch ein offenbar genügender Anteil erreicht die Gärkammer und vermehrt sich wieder.

Das anaerobe, also praktisch sauerstofffreie Milieu in der Gärkammer hat weitreichende Auswirkungen auf den Stoffwechsel der Einzeller und schlägt sich auch morphologisch nieder. Anstelle von oxidativ arbeitenden Mitochondrien findet man ähnlich wie bei anaerob lebenden Amöben und Ciliaten Hydrogenosomen. Aus dem Celluloseabbau gewonnener Traubenzucker (= Glucose) wird in diesen Organellen zu Acetat (= Salz der Essigsäure), Kohlendioxyd und Wasserstoff vergoren. Das Acetat wird von den Flagellaten ins Medium abgegeben und kann nun von den Termiten über die Gärkammerwand aufgenommen und verarbeitet werden. Auch Bakterien sind wichtig für den Erhalt beziehungsweise die Einstellung eines bestimmten Gärkammermilieus.

Bisher wurde generell von "Termitenflagellaten" gesprochen. Dahinter verbergen sich im wesentlichen drei unterschiedliche Ordnungen, die Trichomonadida, Oxymonadida, und Hypermastigida. Die Trichomonadida verfügen meist über 4-6 Geißeln, von denen eine zurücklaufend ist und mit dem Körper verbunden sein kann. Der den Körper in Längsrichtung durchziehende Achsenstab aus Mikrotubuli (Axostyl) ist unbeweglich. Ein großer Golgi-Apparat steht in Verbindung mit Wurzelfasern (= Parabasalfasern), die anden Basalkörpern ansetzen. Die Oxymonadida besitzen ein oder mehrere Kerngeißelapparate aus je vier, in zwei Paaren angeordneten Geißeln und einem Kern. Entsprechend zahlreiche, häufig bewegliche Axostyle sind vorhanden. Es gibt keinen lichtmikroskopisch erkennbaren Golgi-Apparat. Viele Oxymonadinen sind auf ihrer Oberfläche mit Bakterien besetzt. Die Hypermastigida schließlich zeichnen sich durch eine ausgeprägte Begeißelung aus. Die zahlreichen Flagellen sind in einem vorderen Büschel oder in Reihen angeordnet, die über den Körper verlaufen. Die an den Wurzelstrukturen der Flagellen lokalisierten Elemente des Golgi-Apparates (= Parabasalapparat) sind außerordentlich stark vermehrt. Das Axostyl ist unbeweglich. Häufig ist die Oberfläche der Tiere mit Bakterien besetzt.

Die Artenzusammensetzung der Flagellaten ist in der Regel charakteristisch für eine Termitenart. Nahe verwandte Termiten können jedoch ein sehr ähnliches, wenn nicht sogar identisches Protozoenspektrum besitzen.

In der australischen Termite *Mastotermes darwiniensis* findet man drei auffällige, große Flagellatenarten. *Koruga bonita* und *Deltotrichonympha operculata* lassen sich aufgrund ihrer starken Begeißelung leicht den Hypermastiginen zuordnen. Die Geißelreihen verlaufen in Längsrichtung über den Körper. Aufgrund des koordinierten Geißelschlages laufen metachrone Wellen von vorne nach hinten über den Körper. Am Vorderpol setzt sich ein kappenartiges Rostrum ab, dessen Geißeln unabhängig von den restlichen Körpergeißeln arbeiten. Das Hinterende von *Deltotrichonympha* ist mit beweglichen Spirochaeten besetzt, im Gegensatz zu dem glatten Zellpol von Koruga. *Mixotricha paradoxa* besitzt als Trichomonadide nur vier Geißeln. Außer einem Bereich am Hinterende ist der Zellkörper jedoch mit regelmäßig angeordneten Spirochaeten besetzt. Da sich diese koordiniert bewegen, entstehen auch hier metachrone Wellenbewegungen, die das Tier nach vorne treiben. Der Kern von *Mixotricha* ist klein und liegt im schlauchförmigen Axostyl. Neben einer kleinen fünfgeißeligen Form mit einer spiralig um den Körper gewundenen undulierenden Membran (Pentatrichomonoides) gibt es einen viergeißeligen Flagellaten in Mastotermes, dessen Axostyl hervorragt (*Metadevescovina extranea*).

Die mitteleuropäische Trockenholztermite *Kalotermes flavicollis* beherbergt eine große Hypermastigide (*Joenia annectens*). Joenia trägt einen Geißelschopf am Vorderpol. Auffällig ist der große Parabasalapparat, der sich kranzförmig um das stabförmige Axostyl windet. Die Oberfläche des Tieres ist mit stäbchenförmigen, unbeweglichen Bakterien besetzt. Mehrere kleine Trichomonadiden mit sechs (*Hexamastix*) oder vier Geißeln (*Foaina, Trimitus*) vervollständigen die Flagellatenfauna. Die nach hinten verlaufende Geißel von *Foaina* ist am Körper angeheftet, so dass der Zellkörper beim Geißelschlag undulierende Bewegungen vollzieht.

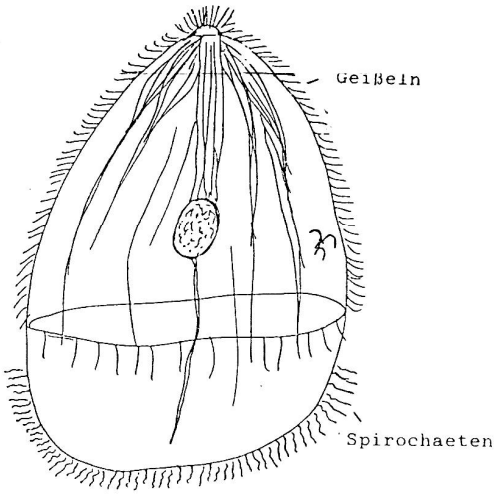
In Termiten der Gattung *Reticulitermes* findet man ein weites Spektrum von Flagellatenarten. Spirotrichonymphinen besitzen zahlreiche Geißeln, die in spiraligen Reihen angeordnet sind. *Trichonympha*-Arten hingegen weisen Längsreihen auf. Die Länge dieser Geißeln ist in den verschiedenen Körperregionen unterschiedlich. Diejenigen am Vorderpol (Rostrum) sind meist kurz. Bei *Microjoenia* sind die Geißel kreisförmig angeordnet. *Dinenympha* gehört zu den Oxymonadida. Sie besitzt die Form eines gedrehten Bandes. Ihre Geißeln sind am Körper angeheftet und werden erst am Hinterende frei.

Dies war nur eine kleine Auswahl von Flagellatenarten aus Termiten. Aufgrund der reizvollen Formenvielfalt der Termitenflagellaten lohnt es sich auf jeden Fall, den Darminhalt jeder (Niederen) Termite anzuschauen, auch ohne eine genaue Artdiagnose durchführen zu können.

Termiten kann man gegen einen Obolus von ca. 50 DM von der Bundesanstalt für Materialforschung in Berlin, Labor Zoologie und Materialbeständigkeit, Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45 oder von der Desowag-Bayer Holzschutz GmbH, Wissenschaftlich-Technische Abteilung, Postfach 326, 4150 Krefeld 11 beziehen.

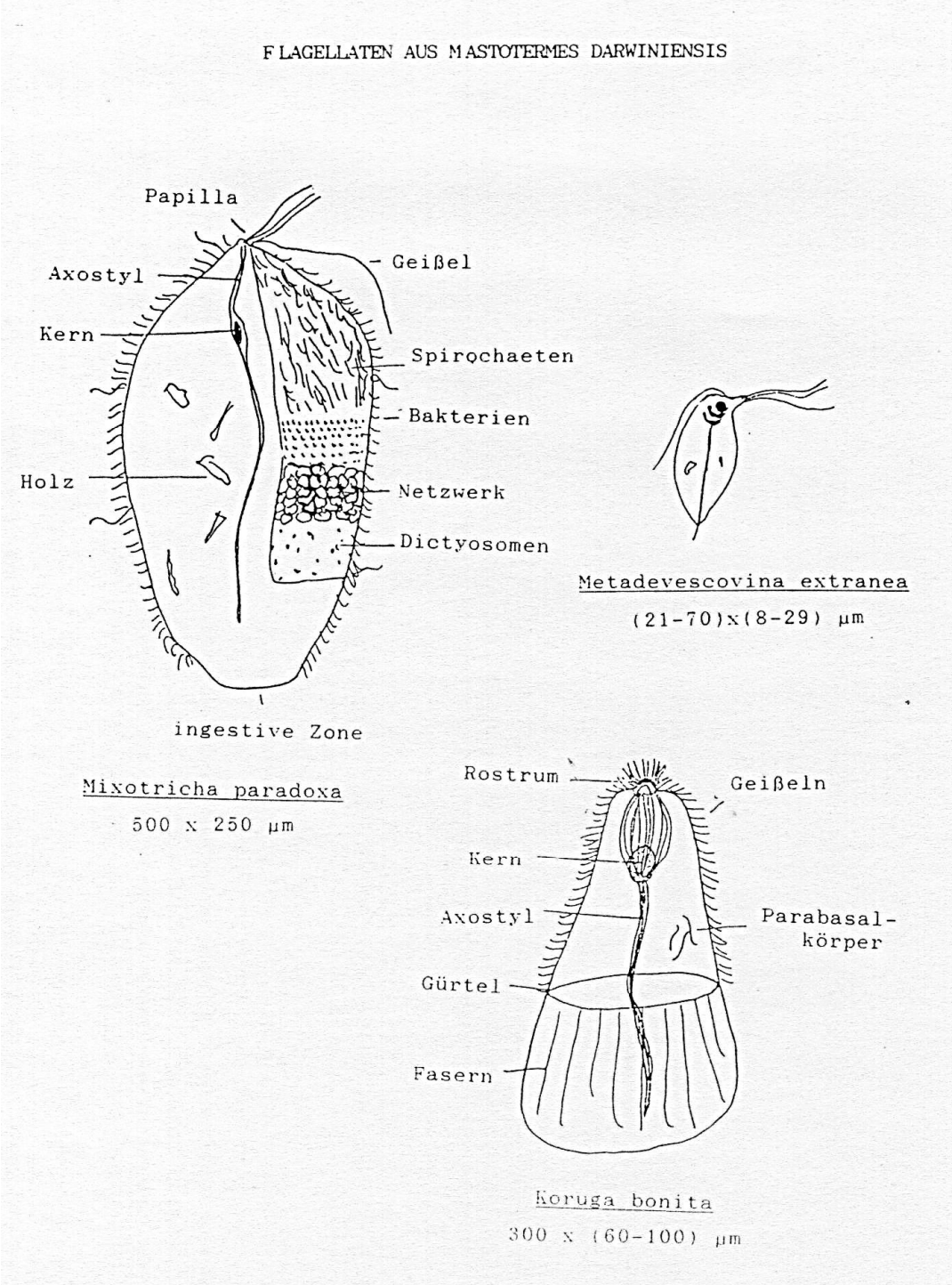
Da die Flagellaten nur im anaeroben Milieu überleben können, muss man bei der Herstellung von Lebendpräparaten zügig vorgehen. Man zieht den Darm mit einer spitzen Pinzette am Hinterende der Termite heraus und eröffnet ihn in einem Tropfen 0,6% Kochsalzlösung (NaCl) auf einem Objektträger. Durch leichtes Schwenken der aufgestochenen Gärkammer verteilen sich die Flagellaten in der Lösung. Dann deckt man möglichst schnell ab, eventuell unter Verwendung von Abstandshaltern (Deckglassplitter oder Vaseline), und mikroskopiert. Man wird schnell merken, dass die Tiere leider schon nach wenigen Minuten beginnen abzusterben und zu platzen. Eröffnet man den Darm in einer Fixierlösung wie 2,5 % Glutaraldehyd, so kann man zwar nicht die hübsche Bewegung beobachten, aber es bleibt mehr Zeit zum Studium der Zellstrukturen.

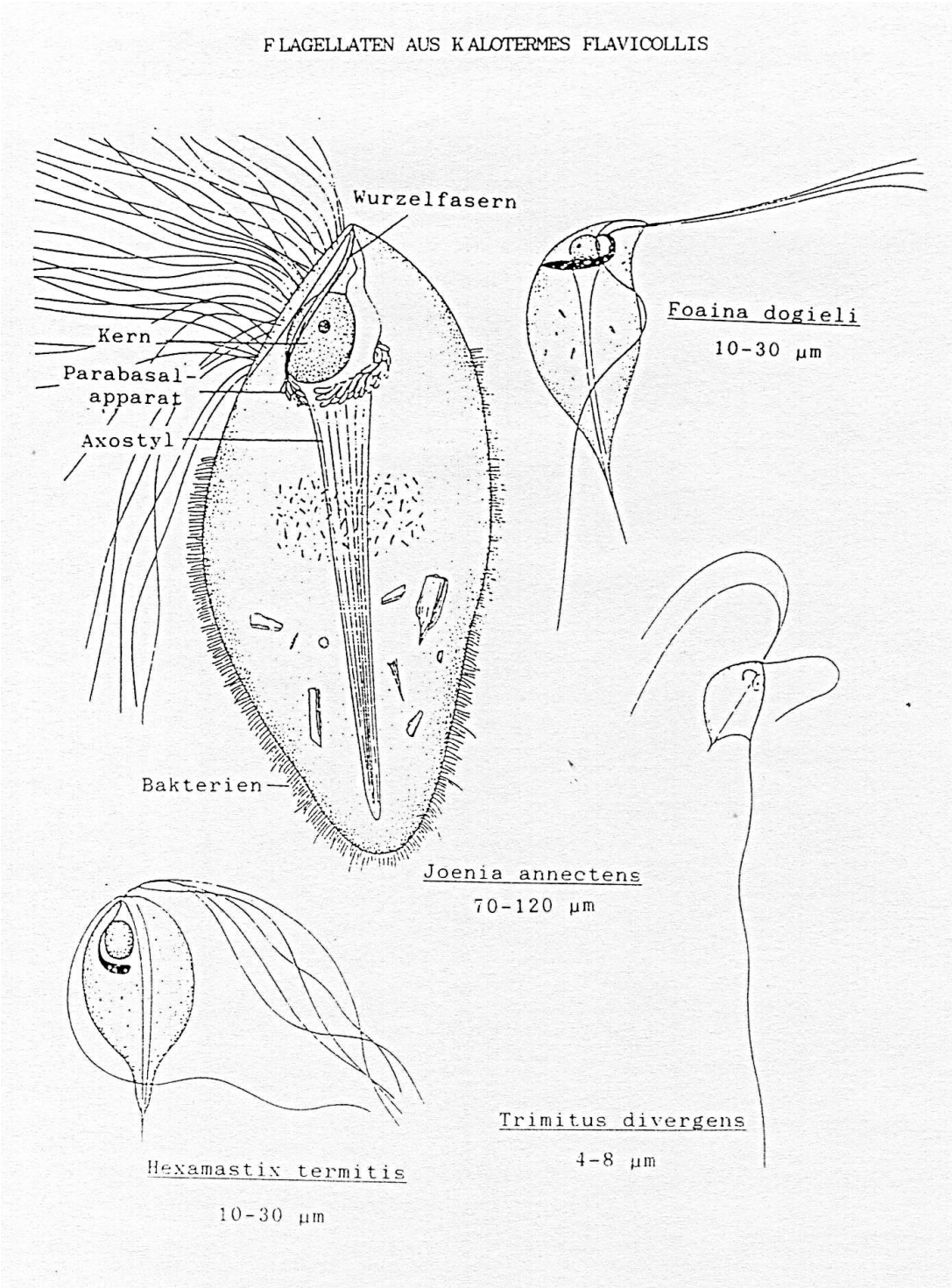
FLAGELLATEN AUS MASTOTERMES DARWINIENSIS



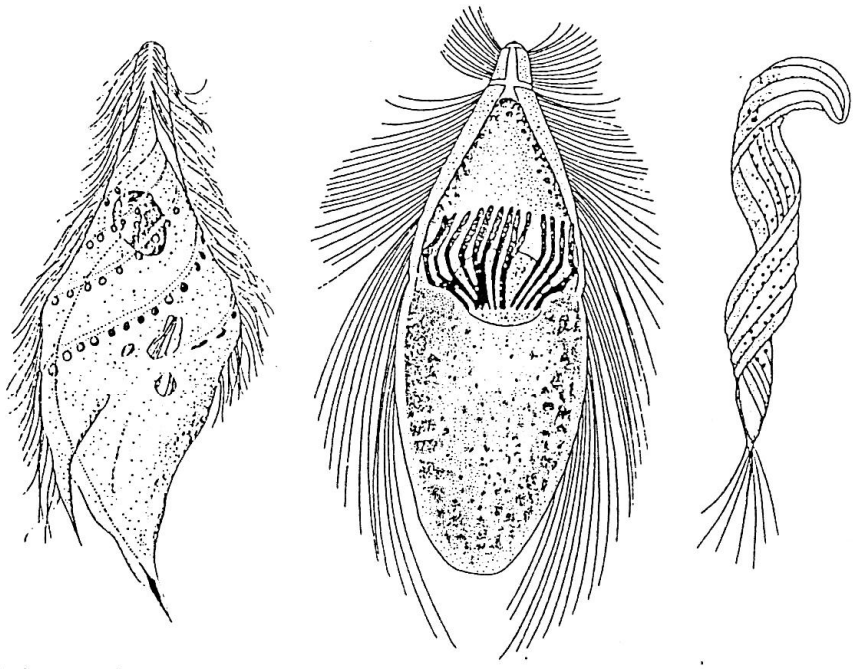
Deltotrichonympha operculata

(450-550)x(350-450) µm


FLAGELLATEN AUS MASTOTERMES DARWINIENSIS
Papilla
Axostyl
Geißel
Kern
Spirochaeten
Bakterien
Holz
Netzwerk
Dictyosomen
ingestive Zone
Mixotricha paradoxa
500 x 250 µm
Metadevescovina extranea
(21-70)x(8-29) µm
Rostrum
Geißeln
Kern
Axostyl
Parabasal-
körper
Gürtel
Fasern
Koruga bonita
300 x (60-100) µm


FLAGELLATEN AUS KALOTERMES FLAVICOLLIS
Wurzelfasern
Kern
Parabasal-
apparat
Axostyl
Bakterien
Foaina dogieli
10-30 µm
Joenia annectens
70-120 µm
Trimitus divergens
4-8 µm
Hexamastix termitis
10-30 µm

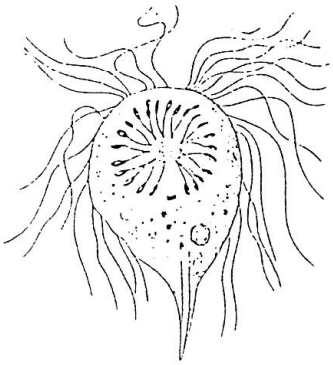
FLAGELLATEN AUS RETICULITERMES FLAVIPES



Spirotrichonympha spec. 50-100 µm

Trichonympha spec. ca. 100 µm

Dinenympha spec. 40-80 µm



Microjoenia spec. 10-20 µm