

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Sechszwanzigster Band.

Mit 26 lithographirten Tafeln.



Berlin, 1894.

Verlag von Gebrüder Borntraeger

Ed. Eggers.

Inhalt.

	Seite
Lad. J. Čelakovský. Ueber Doppelblätter bei <i>Lonicera periclymenum</i> L. und deren Bedeutung. Mit Tafel I—III	1
Erklärung der Tafeln	46
P. Dietel. Ueber Quellungserscheinungen an den Teleutosporenstielen von Uredineen. Mit Tafel IV.	49
Erklärung der Abbildungen	81
M. Küstenmacher. Beiträge zur Kenntniss der Gallenbildungen mit Berücksichtigung des Gerbstoffes. Mit Tafel V—X	82
Einleitung	82
I. Negative Versuche zur Hervorbringung eines Gallenreizes	85
II. Entwickelungs-Geschichte einiger Gallen	89
1. Entwickelungsgeschichte der Eglanteriae-Galle	94
2. Aulax Glechomae Hart.	98
III. Der Abfall und das Oeffnen der Gallen	107
IV. Entwickelungszeit der Gallen	108
V. Vertheilung einiger Gallen auf der Eiche	109
VI. Eintheilung der Gallen	110
VII. Das Auftreten des Gerbstoffes in den Gallenbildungen	116
Andricus ostreus Gir.	118
Andricus globuli Hartig	119
Andricus fecundatrix Hart. <i>Cynips gemmae</i> L.	120
Cynips callidoma Gir.	121
Cynips Hedwigia n. sp.	123
Dryophanta folii Linné	124
Dryophanta divisa Hart.	125
Dryophanta longiventris Hart.	125
Dryophanta agama Hart.	126
Dryophanta disticha Hart.	127
Dryophanta verrucosa Schl.	127
Rhodites Rosarum Gir.	129
Rhodites eglanteriae Hart.	130
Neuroterus Réaumurii Hart. (<i>N. numismatis</i> Oliv.)	130
Neuroterus Malpighii Hart. (<i>N. lenticularis</i> Ol.)	133

	Seite
Neuroterus laeviusculus Schenck (N. pezizaeformis Schlecht.) . . .	133
Andricus solitarius Fonsc. (Cynips ferruginea Hart.)	134
Trigonaspis renum Gir.	135
Trigonaspis megaptera Pz.	135
Andricus corticis Hart.	137
Andricus inflator Hart.	137
Andricus curvator Hart.	140
Rhodites spinosissimae Gir.	141
Rhodites Rosae L.	141
Rhodites orthospinae Beyerinck	142
Neuroterus albipes Schenck	143
Neuroterus vesicatrix Schl.	143
Neuroterus baccarum Linné	144
Neuroterus tricolor Hart.	145
Andricus pseudostreus n. sp.	145
Dryophanta pseudodisticha n. sp.	146
Nematus Capreae L. (N. saliceti Dhlb., N. vallisnerii Hrt.) . . .	146
Nematus viminalis L. (Nematus gallarum Hrt., Tenthredo intercus Pz.)	148
Nematus pedunculi Hrt.	148
Aulax Hieracii Bouché	148
Aulax Glechomae Hart.	150
Lasioptera picta Meig.	150
Diastrophus Mayri Reinh.	151
Cecidomyia salicis Schrk.	151
Hormomyia Ptarmicae Vall.	152
Cecidomyia Veronicae Bremi	152
Cecidomyia Artemisiae Behé.	153
Cecidomyia Euphorbiae Lw.	153
Cecidomyia bursaria Bremi	154
Hormomyia Millefolii Lw.	155
Cecidomyia Tremulae Winn.	156
Cecidomyia Galii Winn.	156
Cecidomyia urticae Perr.	158
Cecidomyia Rosae Br.	158
Cecidomyia marginem torquens	158
Cecidomyia Tiliae Br.	159
Schizoneura compressa Koch	159
Tetraneura Ulmi De G.	160
Aphis Oxyacanthae Koch	161
Aphis pisi Kalt.	161
Bursifex Tiliae Kirchn.	162
Bursifex Alni Kirchn.	162
Syncrista Alni Kirch.	163
Bursifex Ulmi	163
Volvulifex Aceris Am.	164

Aspidiotus sp. (Altum)	164
Aecidium Tussilaginis Gmelin.	165
Aecidium Rhamni Gmel.	165
Gymnosporangium Sabinæ Dicks.	166
Pemphigus spirothece L.	166
Chermes abietis L. Fichtenrindenlaus	167
Erineum tiliaceum Pers.	168
VIII. Chemische Unterschiede der Gerbstoffe	168
Schluss	177
Erklärung der Abbildungen	183

Alfred Fischer. Ueber die Geisseln einiger Flagellaten. Mit Tafel XI u. XII 187

I. Bau der Geisseln	188
1. Flimmergeisseln	190
Euglena viridis	190
Monas Guttula	195
2. Peitschengeisseln	196
Polytoma Uvella	196
Chlorogonium euchlorum	201
Bodo spec.	201
3. Die Körnchenstructur des Geisselfadens.	201
II. Abwerfen und Einziehen der Geisseln	204
Literatur	205
Flagellaten	205
Infusorien	209
Schwärmosporen von Algen	209
Schwärmosporen von Pilzen	211
Spermatozoiden	211
Eigene Beobachtungen	212
1. Polytoma Uvella	212
2. Euglena viridis	219
3. Andere Flagellaten	222
4. Verhalten der Geisseln bei der Plasmolyse	222
III. Das Absterben der Geisseln	223
1. Polytoma Uvella	224
2. Euglena viridis	227
3. Monas Guttula	229
Ergebnisse	229
Erklärung der Abbildungen	232

Arthur Weisse. Neue Beiträge zur mechanischen Blattstellungslehre. Mit

Tafel XIII u. XIV	236
I. Fragestellung	236
II. Untersuchungen über die Blattstellungen an Adventivsprossen	238
1. Adventivspresse an Pflanzen mit spiraliger Blattstellung	239
Salix alba var. vitellina	239

	Seite
Salix fragilis	242
Ficus Carica	243
Euphorbia Cyparissias	244
Linum rubrum	245
2. Adventivspresse an Pflanzen mit zweizeiliger Blattstellung	245
Corylus Avellana und Colurna	245
Castanea vesca	247
Begonia Rex	247
3. Adventivspresse an Pflanzen mit decussirter Blattstellung	248
Salix purpurea	248
Aesculus Hippocastanum	249
Fraxinus excelsior	250
Acer dasycarpum	250
Sambucus nigra	250
Syringa vulgaris	250
Philadelphus coronarius	251
Euphorbia Lathyris	251
Bryophyllum calycinum	252
4. Adventivspresse an Pflanzen mit mehrgliedrigen Blattquirlen	252
Nerium Oleander	252
III. Ueber das Zustandekommen der verschiedenen Blattstellungstypen	255
1. Die spirale Blattstellung	255
2. Die zweizeilige Blattstellung	267
3. Die decussirte Blattstellung	277
4. Die mehrgliedrig quirlige Blattstellung	288
IV. Zusammenfassung	292
Figuren-Erklärung	293
Raoul Francé. Die Polytomeen, eine morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Studie. Mit Tafel XV—XVIII und 11 Textfiguren	295
Einleitung	295
I. Methode der Untersuchung	297
II. Historische Uebersicht	298
III. Literaturübersicht	302
IV. Allgemeine Morphologie des Körpers	304
V. Feinerer Bau des Körpers	304
A. Die Körperform	304
B. Pellicular- und Schalengebilde	306
1. Pellicula	306
2. Schalen	308
C. Die Geisseln	310
D. Inhaltskörper	313
a) Nicht contractile Vacuolen	313
b) Contractile Vacuolen	313
c) Amylum	316
d) Das Stigma	318

	Seite
e) Verschiedenartige Einschlüsse	320
1. Oel	320
2. Pigmente	321
3. Excretkörnchen	321
f) Der Nuclens	321
VI. Fortpflanzungsverhältnisse	323
A. Ungeschlechtliche Fortpflanzung	326
B. Sexuelle Fortpflanzung	331
C. Der Dauerzustand	333
VII. Physiologisch-biologische Beobachtungen	335
A. Bewegungserscheinungen	335
1. Metabolie	335
2. Geisselbewegungen	335
B. Verhalten gegen physikalische Einflüsse	336
1. Phototaxie	336
2. Thermotaxie	336
3. Chemotaxie	337
C. Ernährungs- und Wohnortsverhältnisse	337
D. Geographische Verbreitung	339
VIII. Systematik	339
A. Die Stellung im System	339
B. Die systematische Eintheilung innerhalb der Familie	347
C. Beschreibung der Formen	349
a) <i>Polytoma uvella</i> Ehrb.	349
b) <i>Polytoma ocellata</i> Perty	357
c) <i>Polytoma spicata</i> Krass.	358
d) <i>Polytoma striata</i> nov. spec.	359
Ungenau bekannte Formen	361
e) <i>Polytoma multifilis</i> (Klebs)	361
f) <i>Chlamydolepharis brunnea</i> nov. gen. nov. sp.	362
g) <i>Chl. brunnea</i> var. <i>cylindrica</i> nov. var.	370
h) <i>Chl. brunnea</i> var. <i>lagenella</i> nov. var.	370
i) <i>Chl. brunnea</i> var. <i>perforata</i> nov. var.	371
Anhang. Ueber die Familie der Sycamineen	372
Nachschrift	375
Figuren-Erklärung	376
Dr. J. Grüss. Ueber das Verhalten des diastatischen Enzyms in der Keimpflanze. Mit Tafel XIX u. XX	379
Untersuchungs-Methoden	379
Die Diffusion der Diastase	383
Diffusion der Diastase durch die Zellwand	388
Die Diastase in der Keimpflanze	420
Die Diastase in den Kotyledonen	425
Versuche mit Keimpflanzen, denen die Kotyledonen genommen werden	429
Figuren-Erklärung	437

Hermann Vöchting. Ueber die Bedeutung des Lichtes für die Gestaltung blattförmiger Cacteen. Zur Theorie der Blattstellungen. Mit Tafel XXI—XXV	438
I. Experimenteller Theil	444
Phyllocactus Form I	444
Phyllocactus Form II	458
Phyllocactus Form III	462
Rhipsalis paradoxa	462
Rückblick auf den I. Abschnitt	464
II. Entwicklungsgeschichtlicher und theoretischer Theil	468
Lepismium radicans	473
Phyllocactus Form I	481
Andere Phyllocactus-Formen	483
Schlussbetrachtung	484
Figuren-Erklärung	490
J. Reinke. Abhandlungen über Flechten I und II	495
I. Das Podetium von Cladonia. Mit 7 Holzschnitten	495
II. Die Stellung der Flechten im Pflanzensystem. Historisch-kritische Bemerkungen	524
Dr. E. Giltay und J. H. Aberson. Ueber den Einfluss des Sauerstoffzutritts auf Alkohol- und Kohlensäurebildung bei der alkoholischen Gärung	543
Einleitung. Geschichtliche Uebersicht	543
Resumé zur geschichtlichen Uebersicht	551
Eigene Versuchsanordnung	551
Näheres über die gebrauchten analytischen Methoden	554
a) Alkohol-Bestimmung	554
b) Hefevermehrung	555
c) Zuckerbestimmung	556
d) Kohlensäurebestimmung	556
Beispiel der Berechnung der Resultate	557
Luftkultur	557
Controlegärung	558
Discussion der numerischen Resultate für die Luftkulturen	559
Discussion der numerischen Resultate für die Controlegärungen und Vergleichung mit jenen der Luftkulturen	564
Vergleich der Resultate der ersten Serie mit denen Pedersen's und Hansen's	567
Spätere Versuche zur Bestimmung des Einflusses verschiedener Oxygenmengen auf die Gärung und zur Gewinnung genauerer Zahlen für Controleversuche	575
Versuchsanordnung	575
Vergleichung und Deutung der Resultate der Gaskulturen einerseits und der Controlen andererseits	580
Nähere Vergleichung der verschiedenen Oxygenmengen ausgesetzten Gaskulturen untereinander und mit denen vorigen Jahres	581
Definition verschiedener auf Gärung Bezug habenden Begriffe	584

	Seite
C. Correns. Ueber die vegetabilische Zellmembran. Eine Kritik der Anschauungen Wiesner's. Mit Tafel XXVI und 2 Textfiguren . . .	587
Inhaltsübersicht	589
I. Sind die Zellwände, zum Mindesten so lange sie wachsen, eiweiss- haltig?	592
A. Bromeliaceen	592
B. Uebrige Objecte	622
a) Zea Mays	622
b) Allium Cepa („Zwiebelschuppe“)	624
c) Chlorophytum Sternbergianum (Hartwegia comosa)	625
1. Blatt	625
2. Luftwurzeln	625
d) Oncidium sphacelatum (Blatt)	626
e) Begonia (Blattstiel)	626
f) Polytrichum spec.	628
g) Flechten	629
1. Sticta pulmonaria (L.)	629
2. Peltigera spec., frisch	630
h) Phaeophyceen	630
i) Florideen	630
k) Vegetationspunkte	632
l) Cambium	633
II. Enthält die Zellhaut, zum Mindesten so lange sie wächst, lebendes Protoplasma, ist ihr Wachsthum ein actives?	640
III. Besteht die Zellhaut aus bestimmt zusammengesetzten (d. h. ange- ordneten) Hautkörperchen, Dermatosomen?	655
Figuren-Erklärung	670
Benützte Literatur	671
 Ferdinand Pfeiffer R. v. Wellheim. Zur Präparation der Süsswasser- algen (mit Ausschluss der Cyanophyceen und unter besonderer Berück- sichtigung der Chlorophyceen)	674
A. Allgemeiner Theil	675
I. Fixirung, Härtung und Aufbewahrung	675
II. Entwässerung bezw. Ueberführen in starken Alkohol	679
1. Das Glycerinverfahren	679
2. Durch das in jedem der früher angeführten Handbücher be- schriebene Schulze'sche Entwässerungsgefäss	680
3. Durch Capillarwirkung	680
III. Färbung	681
1. Anilinfärbungen	682
a) Färbung mit Magdalaroth	682
b) Färbung mit Anilinblau (wasserlöslich)	684
c) Färbung mit Magdalaroth und Anilinblau	685

	Seite
2. Eisenfärbungen allein oder mit Anilinfarben combinirt . . .	686
α) Durch Gallussäure	687
β) Durch Echtgrün (Dinitroresorcin)	688
γ) Durch Gallëin	690
δ) Eisenfärbung nach Methode α), β) oder γ), combinirt mit Magdalarothnachfärbung	691
ϵ) Die Echtgrün- + Indulin- + Magdalarothfärbung . . .	693
$\alpha\alpha$) Goldchlorid und Pyrogallussäure	694
IV. Einschluss	695
1. Venetianischer Terpentin	695
2. Styrax (bezw. Styrax + venetianischer Terpentin) . . .	701
3. Glyceringelatine	702
4. Gelatineeinschluss, combinirt mit harzigen Medien . . .	703
5. Damarlack und Canadabalsam	704
6. Verdünntes Glycerin und Kali aceticum	704
V. Umrahmung der fertigen Präparate	705
B. Besonderer Theil	706
I. Rhodophyceae	707
II. Phaeophyceae	708
III. Chlorophyceae	709
IV. Diatomaceae	732

Verzeichniss der Tafeln.

- Tafel I—III. Doppelblätter bei *Lonicera periclymenum* L. Vergl. S. 46.
Tafel I u. II. *Lonicera periclymenum*.
Tafel III. Fig. 1—10, 12—16. *Lonicera periclymenum*.
Fig. 11. *Morina persica*.
- Tafel IV. Teleutosporenstiele von Uredineen. Vergl. S. 81.
- Tafel V—X. Gallenbildungen. Vergl. S. 183.
- Tafel XI—XII. Die Geisseln einiger Flagellaten. Vergl. S. 232.
- Tafel XI. Flimmergeisseln.
Fig. 1—17. *Euglena viridis*.
Fig. 18—26. *Monas Guttula*.
- Tafel XII. Peitschengeisseln.
Fig. 1—28. *Polytoma Uvella*.
Fig. 29. *Bodo spec.*
Fig. 30. *Chlorogonium euchlorum*.
- Tafel XIII—XIV. Neue Beiträge zur mechanischen Blattstellungslehre. Vergl. S. 293.
- Tafel XV—XVIII. Die Polytomeen. Vergl. S. 376.
- Tafel XV. Fig. 1—6, 8—10, 15 u. 16. *Polytoma uvella* Ehrb.
Fig. 7. *Polytoma uvella* var. *rostrata* Perty.
Fig. 11, 14, 17. *Polytoma spicata* Krass.
- Tafel XVI. Fig. 1. *Polytoma striata* nov. spec.
Fig. 2. *Polytoma ocellata* Perty.
Fig. 3. *Polytoma spicata* Krass.
Fig. 4. *Polytoma uvella* var. *unifilis*.
Fig. 5—17. Fortpflanzung von *Polytoma uvella* Ehrb.
- Tafel XVII. Fig. 1—7. *Chlamydolepharis brunnea* nov. gen. nov. spec.
Fig. 8. *Chlamydolepharis brunnea* var. *perforata* nov. var.
Fig. 9, 10, 12. *Chlamydolepharis brunnea*.
Fig. 11. *Chlamydolepharis brunnea* var. *lagenella* nov. var.

- Tafel XVIII. Fig. 1—3. *Chlamydolepharis brunnea* nov. gen. nov. spec.
Fig. 4. *Chlamydolepharis brunnea* var. *cylindrica* nov. var.
Fig. 5. *Chlamydolepharis brunnea* var. *perforata* nov. spec.
Fig. 6—9. *Chlamydolepharis brunnea*.
- Tafel XIX—XX. Verhalten des diastatischen Enzyms in der Keimpflanze. Vergl. S. 437.
- Tafel XXI—XXV. Bedeutung des Lichtes für die Gestaltung blattförmiger Cacteen. Vergl. S. 490.
- Tafel XXVI. Ueber die vegetabilische Zellmembran. Vergl. S. 670.
-

**Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes
Inhaltsverzeichniss.**

	Seite
Lad. J. Čelakovský. Ueber Doppelblätter bei <i>Lonicera periclymenum</i> L. und deren Bedeutung. Mit Tafel I—III	1
C. Correns. Ueber die vegetabilische Zellmembran. Eine Kritik der Anschauungen Wiesner's. Mit Tafel XXVI und 2 Textfiguren	587
P. Dietel. Ueber Quellungserscheinungen an den Teleutosporenstielen von Uredineen. Mit Tafel IV	49
Alfred Fischer. Ueber die Geisseln einiger Flagellaten. Mit Tafel XI u. XII	187
Raoul Francé. Die Polytoemen, eine morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Studie. Mit Tafel XV—XVIII und 11 Textfiguren	295
Dr. E. Giltay und J. H. Aberson. Ueber den Einfluss des Sauerstoffzutritts auf Alkohol- und Kohlensäurebildung bei der alkoholischen Gährung	543
Dr. J. Grüss. Ueber das Verhalten des diastatischen Enzyms in der Keimpflanze. Mit Tafel XIX u. XX	379
M. Küstenmacher. Beiträge zur Kenntniss der Gallenbildungen mit Berücksichtigung des Gerbstoffes. Mit Tafel V—X	82
J. Reinke. Abhandlungen über Flechten I und II. Mit 7 Holzschnitten .	495
Hermann Vöchting. Ueber die Bedeutung des Lichtes für die Gestaltung blattförmiger Cacteen. Zur Theorie der Blattstellungen. Mit Tafel XXI bis XXV	438
Arthur Weisse. Neue Beiträge zur mechanischen Blattstellungslehre. Mit Tafel XIII u. XIV	236
Ferdinand Pfeiffer R. v. Wellheim. Zur Präparation der Süßwasser-algen (mit Ausschluss der Cyanophyceen und unter besonderer Berücksichtigung der Chlorophyceen)	674

Ueber die Geisseln einiger Flagellaten.

Von

Alfred Fischer.

Mit Tafel XI u. XII.

Bei einer Untersuchung über die zum Theil so absonderlichen Geisseln, welche Löffler¹⁾ bei verschiedenen Bakterien nachgewiesen hat, stellte sich das Bedürfniss heraus, grössere, auch ohne Beizung bereits sichtbare Geisseln zum Vergleich heranzuziehen. Als beste Objecte boten sich die Flagellaten dar, nicht bloss durch die Grösse ihrer Bewegungsorgane, sondern auch deshalb, weil durch den Nachweis der Geisseln an den Bakterien engere verwandtschaftliche Beziehungen zwischen diesen und den Flagellaten aufgedeckt worden sind. Auf diese Verwandtschaft ist auch bereits früher von mehreren Forschern hingewiesen worden, so von Bütschli²⁾ und von de Bary³⁾. Ausser der dauernden oder zeitweisen Schwämbewegung der Bakterien führen die genannten Forscher auch noch die Uebereinstimmung an, welche zwischen der Bildung der Endosporen bei den Bakterien und der Cysten bei einigen von Cienkowski⁴⁾ untersuchten Flagellaten (*Spumella vulgaris*, *Chromulina nebulosa*) besteht. In der That stimmt die Beschreibung, welche Cienkowski giebt, vollkommen mit dem überein, was bei der Entstehung der Endosporen sich beobachten lässt. Durch den Nachweis der Geisseln, die früher nur an den grösseren Formen und zum Theil nicht ganz

1) Centralbl. f. Bakteriol. VI u. VII.

2) Bronn's Classen und Ordnungen des Thierreiches, Protozoën p. 808.

3) Morphologie und Biologie der Pilze 1884, p. 513.

4) Archiv f. mikrosk. Anatomie 1870, VI, p. 434.

richtig gesehen worden waren, an allen beweglichen Bakterien hat sicherlich die Verwandtschaft dieser mit den Flagellaten eine neue Stütze erhalten.

In der reichen Literatur über die Flagellaten und die ihnen ähnlichen beweglichen Zustände von Algen und Pilzen sind zwar eine Menge einzelner Beobachtungen auch über die Geisseln und Cilien niedergelegt, aber einige Fragen doch nicht in dem Maasse behandelt, wie es für einen Vergleich mit den Bakteriengeisseln wünschenswerth war. Deshalb habe ich die Geisseln einiger Flagellaten genauer untersucht, soweit, als es mir für meine Zwecke nothwendig erschien. Dabei sind, Dank der vortrefflichen Löffler'schen Beizungsmethode, mancherlei neue Thatsachen hervorgetreten, die ich hier, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, mittheilen möchte. Ueber die Entwicklung der Geisseln habe ich, darauf mag gleich hier hingewiesen werden, keine Untersuchungen angestellt. Einige Erfahrungen über die Beizungsmethode sollen in einer später erscheinenden Arbeit, die mit den Geisseln der Bakterien sich beschäftigten wird, mitgetheilt werden.

I. Bau der Geisseln.

Literatur. Abgesehen von den noch zu besprechenden Angaben Künstler's und Löffler's herrscht grosse Uebereinstimmung in den Beschreibungen der Autoren¹⁾. Die Geissel ist ein homogener, dünner Faden, der keinerlei besondere Anhängsel trägt und durch schwache Färbbarkeit sich auszeichnet. Gewöhnlich werden die Geisseln spitz zulaufend abgebildet, jedoch meint Bütschli²⁾, dass sie häufiger ihrer ganzen Länge nach gleich dick oder am Ende doch nur sehr wenig verdünnt erscheinen. Die Geisseln von *Euglena* beschreibt Klebs³⁾ als fadenförmige, anscheinend vollkommen homogene, nach der Spitze zu nur wenig verjüngte Körper von schwacher Lichtbrechung und geringer Färbbarkeit, an denen eine feinere Structur nicht zu erkennen war. Die Substanz der Geissel ist nach

1) Bütschli, Protozoën, p. 672.

2) l. c., p. 673.

3) Unters. bot. Instit. Tübingen, I, p. 255.

Klebs nicht identisch mit der des Cytoplasmas, aber ihr doch sehr ähnlich.

Nach O. Hertwig¹⁾ bestehen Geisseln und Cilien aus einer homogenen, körnchenfreien Substanz von protoplasmatischer Natur, aber ausgezeichnet durch grosse Contractilität. Eine besondere äussere Gliederung der Geisseln ist auch Hertwig nicht bekannt.

In einer anderen, später erschienenen Arbeit hebt auch Bütschli²⁾ nochmals hervor, dass er an zahlreichen Flagellatengeisseln, selbst mit den stärksten Zeiss'schen Apochromaten, keinerlei Structur wahrnehmen konnte.

Diesen übereinstimmenden Beschreibungen stehen diejenigen Künstler's und Löffler's gegenüber, von denen der erstere eine feinere, innere Structur, der letztere eine besondere äussere Gliederung des Geisselfadens schildert.

Künstler³⁾ möchte zunächst den Geisseln eine zwar sehr elastische, aber ziemlich steife Haut zuschreiben, die sie vollständig überzieht. Der Geisselfaden selbst zeigte nach Künstler bei verschiedenen Flagellaten (*Cryptomonas olivaceus*, *Euglena oxyurus*, *Chilomonas paramaecium*, *Chlamydomonas pluvisculus* etc.) eine Querstreifung, ähnlich den quergestreiften Muskelfibrillen. Dieses Bild entsteht nach Künstler dadurch, dass in dem Geisselfaden eine Reihe von Kügelchen liegt, die durch schmale Streifchen der hellen Grundmasse von einander getrennt und von dieser auch nach der Oberfläche der Geissel zu überzogen sind. In welcher Weise Künstler diesen Bau sichtbar machen konnte, geht aus der Arbeit nicht klar hervor. Es heisst nur, dass bei den stärksten Vergrösserungen und nach Behandlung mit färbenden Reagentien beobachtet wurde.

Die Kügelchen hält Künstler, was nur nebenbei erwähnt sein mag, für Vacuolen; eben solche Vacuolen sind nach Künstler auch die im Cytoplasma der Flagellaten reichlich vorkommenden Kügelchen, die ja gewöhnlich als massive Mikrosomen gedeutet werden.

Betreffs der Geisseln mag noch hervorgehoben werden, dass Künstler ihre schwache Färbbarkeit auf das Vorhandensein der rigiden Haut zurückführt und die Geisseln immer ausserordentlich

1) Zelle und Gewebe, p. 64.

2) Ueber den Bau der Bakterien, 1890, p. 7.

3) Bulletin société zoologique de France, 1882, VII. Bd., p. 20.

fein auslaufend zeichnet. Bütschli¹⁾ scheint den Behauptungen Künstler's etwas zweifelhaft gegenüber zu stehen. Es wird sich später zeigen, welcher Werth Künstler's Beobachtungen zukommt.

Löffler²⁾ hat an den Geisseln einiger Flagellaten, die er nebenbei zur Controle seiner neuen Methode untersuchte, sehr eigenthümliche äussere Gliederungen wahrgenommen. Für die beiden von Löffler kurz erwähnten Geisselstructuren mögen gleich hier die beiden Namen „Flimmergeissel“ und „Peitschengeissel“ vorgeschlagen werden.

Die Flimmergeissel fand Löffler bei einer eingeisseligen Monade, vielleicht einer Oikomonas; seiner ganzen Länge nach war der Geisselfaden mit sehr zarten, fast rechtwinkelig abstehenden Härchen dicht besetzt. Löffler sagt, dass diese auf beiden Seiten standen, womit aber wohl nur der Eindruck des mikroskopischen Bildes gemeint ist. Ob wirklich die Härchen nur auf zwei Flanken oder ringsherum den cylindrischen Faden bedeckten, wurde von Löffler nicht näher geprüft.

Eine ganz andere Eigenthümlichkeit entdeckte Löffler an einem Infusor, das eine sehr lange Schwanzgeissel trug, die doppelt so lang war als die übrigen Cilien. Diese hatte an ihrem Ende einen deutlichen Absatz, an den sich noch ein ausserordentlich feiner, in ein kleines Knöpfchen endender Faden anschloss. Aber nicht allmählich ging dieser in den dickeren, ihn tragenden Theil über, sondern ganz unvermittelt und plötzlich. Löffler deutet das Bild dahin, dass der untere dicke, für gewöhnlich allein sichtbare Theil eine Scheide sei, aus der der sehr zarte, am Ende geschwollene Protoplasmafaden gewissermassen pseudopodienartig hervorgestreckt werde. Aus der Endanschwellung möchte Löffler auf die Function eines primitiven Tastorganes schliessen. Später wird Löffler's Deutung noch zu besprechen sein; hier sei nur bemerkt, dass er jedenfalls eine Peitschengeissel vor sich hatte.

1. Flimmergeisseln.

Euglena viridis. Die kräftige Geissel lässt weder lebend, noch nach der Abtödtung mit Jod oder siedendem Wasser irgendwelchen

1) Protozoëen, I. c., p. 673.

2) Bakteriolog. Centralbl. 1889, VI, p. 215, Taf. II, 7 u. 8.

feineren Bau erkennen. Auch auf dem Deckglas eingetrocknete und nur mit wässriger Fuchsinlösung gefärbte Geisseln zeigen keine feine Structur. Die Geissel erscheint in solchen Präparaten als cylindrischer, nach dem Ende nicht deutlich zugespitzter, schwach gefärbter, homogener Faden (Fig. 1, Taf. XI).

Betrachtet man dagegen die auf dem Deckglas eingetrockneten Organismen in Luft, so sieht man an dem Geisselfaden eine feine, sogleich genau zu beschreibende Behaarung, die aber beim Zusatz von Jod oder Fuchsinlösung wieder unsichtbar wird, weil jetzt keine so grossen Differenzen in der Lichtbrechung mehr bestehen.

Ueberraschende Bilder erhält man, wenn man eingetrocknete Euglenen nach Löffler's Methode beizt und färbt. Der Geisselfaden ist 3—5-, ja selbst 10mal so dick, wie bei gewöhnlicher Färbung. Er ist cylindrisch und nur kurz vor dem freien Ende schwach, aber deutlich zugespitzt; eine ähnliche Verdünnung zeigt sich auch an der Basis (Fig. 2, 3, 7, 8, Taf. XI).

Der Faden trägt einen kurz über der Anheftungsstelle beginnenden und nahe bis an die Spitze reichenden Haarbesatz aus lauter gleich langen dünnen Fädchen, die man wohl als Cilien bezeichnen darf. Diese Cilien bedecken aber nicht die ganze Oberfläche des Fadens, sondern sind nur in einer Längsreihe angeordnet. Da die Geisseln oft mehrmals gedreht sind (Fig. 2, 3, 4b, c, d, 7, Taf. XI), so liegen die Cilien nicht immer auf derselben Seite; immer ist aber nur eine Seite davon bedeckt, die gegenüberliegende frei. Hieraus folgt aber unbedingt, dass die Cilien nur auf einer Seite stehen, wie es auch an ungedrehten Geisseln zu sehen ist (Fig. 4a, Taf. XI).

In den verschiedensten Lagen erscheint der Faden immer cylindrisch, niemals bandartig verbreitert. Die Cilien stehen, soweit diese Frage sich sicher entscheiden lässt, nur in einer einzigen Längsreihe. Sie sind länger als der Geisselfaden dick ist und laufen deutlich spitz zu. Immer haben alle Cilien einer solchen Flimmergeissel dieselbe Richtung, entweder weisen alle nach der Basis (Fig. 3, Taf. XI) oder nach der Spitze des Fadens (Fig. 2, Taf. XI) oder nehmen eine Zwischenstellung ein (Fig. 9, Taf. XI). Hieraus folgt, dass diese feinen Cilien, sowie es ja auch für die Cilien vieler Infusorien und für Flimmerepithelien bekannt ist, gleichmässig schlagen.

Auch der die Flimmern tragende Faden scheint nicht selten eine besondere Structur zu besitzen, ich sage scheint, weil hier

wirklich nur eine Scheinstructur unter gewissen Umständen entsteht. Wenn man lebende bewegliche Euglenen dadurch tödtet, dass man zu siedendem Wasser ein ungefähr gleiches Volumen des die Organismen enthaltenden Wassers schüttet, so werfen viele Euglenen noch vor dem Eintritt des Todes ihre Geisseln ab. Diese werden dann auf den ersten Stadien der später zu schildernden Einrollung fixirt. Beizpräparate aus diesem abgebrühten Material lassen die Cilienreihe sehr schön erkennen, im Geisselfaden selbst aber tritt hier keine feinere Gliederung hervor. Er erscheint ungefähr doppelt so dick wie bei gewöhnlicher Färbung, entsprechend der durch die Beize bewirkten Quellung, und ist überall gleichmässig stark gefärbt (Fig. 10, Taf. XI). Die gleichen Bilder erhält man zuweilen bei der Beizung mit schwacher Jodjodkaliumlösung getödteter und dann ausgewaschener Euglenen. Bei dieser Behandlung bleiben die Geisseln fast immer sitzen und zeigen nur ausnahmsweise die Flimmerstructur.

Bei der Beizung von eingetrockneten Tropfen aber, die lebende bewegliche Euglenen enthielten, werden sehr verschiedene Bilder erscheinen, je nachdem die Geisseln bei jenem Eintrocknen gar nicht gelitten haben oder mehr oder weniger weit bereits in der Zersetzung vorgeschritten sind. Da die Geisseln sich oft schon verändern, bevor sie noch abgeworfen worden sind, so findet man auch unter den noch festsitzenden solche, an denen bereits Veränderungen bemerkbar werden. Häufiger begegnet man diesen an den abgerissenen und verschieden weit eingerollten Geisseln. Diejenigen, welche noch ansitzen, sind meistens sehr stark aufgequollen, so dass sie 3—5-, ja selbst 10mal so dick geworden sind wie vorher. Der ganze verquollene Geisselfaden ist gleichmässig gefärbt und lässt keinerlei Structur erkennen, weder Körnchenreihen noch einen dichteren Achsenstrang (Fig. 2, Taf. XI). Auch an abgerissenen, mehr oder weniger weit eingerollten Geisseln ist ausser der Quellung nichts zu bemerken (Fig. 7, 11, Taf. XI).

Daneben findet man nun aber, vereinzelt an noch festsitzenden, häufiger an abgerissenen und eingerollten Geisseln jene bereits erwähnte Scheinstructur. Der dick aufgequollene Geisselfaden scheint aus zwei Theilen zu bestehen, einer blasser gefärbten, wasserreichen Grundmasse und einem stark gefärbten, dichteren Achsenstrang (Fig. 3, 8, 12, Taf. XI). Letzterer ist homogen, nicht aus aneinander gereihten

Körnchen aufgebaut. In der bunten Mannigfaltigkeit, die solche Präparate bieten, fällt es anfangs schwer, die rechte Erklärung zu finden und die normale Structur von der Scheinstructur zu unterscheiden.

Die allgemein herrschende starke Aufquellung des Geisselfadens, gleichviel ob zunächst ein Achsenstrang sichtbar ist oder nicht, könnte entweder durch die Beize hervorgerufen worden sein oder mit dem Absterben der durch die Präparation geschädigten Geisseln zusammenhängen. Dagegen, dass die Beize, die zwar quellend wirkt, eine so bedeutende Quellung hervorgerufen haben sollte, sprechen entschieden folgende Wahrnehmungen.

Vereinzelt unter den gequollenen Geisseln findet man auch solche mit mässig gequollenem Faden (Fig. 9, Taf. XI), genau so, wie bei vorhergehender Abbrühung. Die starke Färbung und Deutlichkeit der Flimmerhaare beweist, dass die Beize auch an diesen Geisseln vollständig gewirkt hatte. Wenn hier die starke Aufquellung ausgeblieben war, konnte das nicht an der Beize, sondern musste an der Geissel selbst liegen. Ausserdem ist das Ende stark angequollener Geisseln oft noch dünn und nicht dicker als nach dem Abbrühen. Die Fig. 8 u. 12 mögen als Beispiele dienen. Wenn die starke Aufquellung durch die Beize entstände, so würde man nicht einsehen, warum diese über die ganze übrige Geissel sich erstreckende Wirkung an dem kurzen Endstück versagt haben sollte. Nur die Beschaffenheit der Geissel selbst ist die Ursache solcher Bilder. Endlich mag vorausgreifend erwähnt werden, dass die Beize bei den Geisseln von *Polytoma*, *Pandorina*, *Chlorogonium* höchstens eine, die Dicke um das Zwei- bis Dreifache steigernde Quellung hervorruft. Dasselbe Resultat ergab ja auch die Beizung abgebrühter *Euglena*-geisseln. Freilich aus dieser Thatsache allein möchte ich keine bindenden Schlüsse ziehen, da durch die Gerinnung des Geisselplasmas seine Quellungsfähigkeit verändert worden sein könnte. Aber auch die übrigen aufgeführten Thatsachen zeigen, dass die Beize höchstens eine Quellung auf die 2—3fache ursprüngliche Dicke veranlassen kann. Alle Geisseln, die bis auf das Fünf- und Zehnfache angeschwollen sind, mussten bereits vor der Einwirkung der Beize entsprechend gequollen sein. Bilder wie Fig. 8 u. 12 zeigen, dass diese Veränderung der Geissel von der eingerollten Spitze aus nach der Basis fortschreitet, um an dieser zuletzt einzutreten.

Unter Abrechnung der durch die Beize hervorgerufenen Auftreibung ergibt sich für die Geisseln eine Aufquellung auf das Zweibis Dreifache ihrer ursprünglichen Dicke.

Es bleibt noch übrig zu entscheiden, ob der als Scheinstructur aufgefasste Achsenstrang doch nicht vielleicht eine ursprüngliche Bildung ist. Unter Hinweis auf das bereits Auseinandergesetzte und auf die Fig. 8 u. 12 dürfte folgende Auffassung allein zulässig sein. Die Quellung abgeworfener oder noch ansitzender, aber durch die Präparation gestörter Geisseln beginnt selbstverständlich an der Oberfläche. Je nach dem Grade nun, welchen diese Quellung erreicht hatte, als die Geissel eintrocknete, wird nun auch ihr Verhalten bei der Beizung und Färbung ein verschiedenes sein. Diejenigen, welche bereits durch und durch verquollen waren, werden sich gleichmässig färben, keinen Achsenstrang enthalten (Fig. 2, 7, 11). Diejenigen Geisseln aber, deren oberste Schichten erst verquollen sind, werden in ihrem mittleren, unverquollenen, dichten Theil sich stärker färben als in ihrem wasserreichen, äusseren, der erstere wird als dichter Achsenstrang, der letztere als die weichere Grundmasse der Geissel erscheinen. Nur auf diese Weise erklärt sich die grosse Verschiedenheit der zu beobachtenden Bilder. Die Flimmergeissel der *Euglena* besteht demnach aus einem homogenen Geisselfaden, der eine Reihe von Cilien trägt. Ausgeschlossen bleibt es natürlich nicht, dass durch irgendwelche Reagentien doch noch ein feinerer Bau des Fadens sich nachweisen lassen wird. In den gebeizten Präparaten kommt nur eine Scheinstructur in Folge der Quellung geschädigter Geisseln vor.

Besonders wurde noch darauf geachtet, etwas von der Structur zu entdecken, die Künstler für verschiedene Flagellatengeisseln, auch für eine *Euglena*, beschrieben hat. An den bisher besprochenen Geisseln war nie etwas davon zu sehen. Dagegen findet man vereinzelt Bruchstücke bereits stark zersetzter Geisseln (Fig. 17, Taf. XI), an denen eine ähnliche Structur, wie die von Künstler beschriebene, bemerkbar ist. In einer mattgefärbten Grundmasse, von der die Cilien ausgehen, liegt eine Reihe verschieden grosser, stärker gefärbter Kügelchen. Ihre ungleiche Grösse entspricht schon nicht der von Künstler gegebenen Darstellung, nach der die Protoplasmakügelchen annähernd gleich gross sind und nur gegen die dünne Spitze der Geissel sich verkleinern. Da das abgebildete Stück

bereits in starker Zersetzung begriffen ist, so könnte ja eine ungleiche Auflösung ursprünglich gleich grosser Elemente vorliegen. Ebenso gut könnte aber das Bild auch als körniger Zerfall oder körnige Gerinnung der ursprünglich homogenen Geisselsubstanz gedeutet werden. Diese Ansicht möchte ich deshalb für die richtige halten, weil an den meisten Geisseln auf keinem Stadium der Verquellung etwas davon zu sehen ist. Später wird diese Frage nochmals besprochen werden.

Wenn man lebende, noch schwingende Geisseln beobachtet, so wird man sehen, dass Contractionen und Torsionen des dicken Fadens wirklich stattfinden, so dass nun nicht etwa der neu aufgefundene Cilienbesatz allein als Bewegungsorgan angesehen werden darf. Wie sich die Bewegungen des Geisselfadens und diejenigen seiner Flimmerreihe combiniren, soll hier nicht weiter untersucht werden.

Da die Geissel im Grunde des Membrantrichters entspringt, durch den der Inhalt der Euglenen jedenfalls leichter mit der Aussenwelt in Wechselwirkung treten kann als an anderen Stellen der Oberfläche, so könnte ja der durch den Cilienschlag hervorbrachte nach dem Trichter oder von ihm hinweglaufende Strom von irgend welcher Bedeutung sein. Eine Zuführung fester Nahrung wäre ja auf diese Weise, ähnlich wie bei Infusorien, möglich, aber bei dem holophytischen Stoffwechsel der Euglenen überflüssig.

Monas Guttula. Die Flimmergeissel trägt hier zwei einander gegenüberstehende Reihen von Cilien (Fig. 18—23), die zarter sind und dichter gedrängt stehen als bei Euglena. Eine solche opponirt zweireihige Flimmergeissel besass auch die von Löffler erwähnte Monade (Oikomonas?). Die Abbildungen (Fig. 18—26, Taf. XI) stellen die sehr lange Hauptgeissel dar, mit deren Bau derjenige der kurzen Nebengeissel vollständig übereinstimmt. Der Geisselfaden liess keinen feineren Bau erkennen, auch keine Scheinstructur wie der von Euglena.

Bei einer ausgedehnteren Untersuchung dieser Monas würden sich aber gewiss auch einmal solche Scheinstructuren gefunden haben. Da die Geisseln bald mehr, bald weniger empfindlich sind gegenüber den Einwirkungen der Präparation, so bedarf diese Frage keiner weiteren Auseinandersetzung. Ueber das Absterben der Geisseln vergleiche man das dritte Capitel.

2. Peitschengeisseln.

Polytoma Uvella. Wie bei Euglena ist an den lebenden oder mit Jod oder heissem Wasser getödteten Geisseln nichts von feinerem Bau oder besonderen Anhängseln zu sehen. Auch eingetrocknete, mit wässriger Fuchsinlösung gefärbte Geisseln lassen meistens nichts erkennen, sie stellen einen schwach gefärbten, homogenen, nach dem Ende sehr fein zugespitzten Faden dar (Fig. 1, Taf. XII). Nur an einzelnen, in dieser Weise behandelten Geisseln kann man bei sehr scharfem Zusehen eine zarte Andeutung der zu schildernden Eigenthümlichkeiten entdecken, vorausgesetzt, dass man die gebeizten Präparate schon kennt.

In diesen überblickt man eine solche Menge der verschiedenartigsten Bilder, dass es zuerst zweifelhaft erscheint, ob sie alle zusammengehören und eines aus dem andern sich ableiten lässt.

Unveränderte typische Peitschengeisseln fehlen in keinem Präparat, treten aber oft hinter den vorherrschenden, mehr oder weniger veränderten zurück. Eine solche intacte Peitschengeissel besteht aus zwei Theilen, dem ungefärbt schon sichtbaren, bisher als ganze Geissel aufgefassten dicken Stiel und der 2—3 mal so langen, äusserst zarten Peitschenschnur (Fig. 5, 14 etc., Taf. XII). Diese ist nur ausnahmsweise gerade ausgestreckt (Fig. 5, 6, Taf. XII), meist stark gewunden und verschlungen, als wenn die Schwingungen einer Peitschenschnur in Momentaufnahmen fixirt wären (Fig. 14, 24, 16 und 17, Taf. XII).

Der gewöhnlich homogene Stiel trägt an unveränderten Geisseln ausser der Schnur keine anderen Anhängsel. Unter vielen Hunderten von Geisseln, die ich genau angesehen habe, habe ich aber doch bei 76 einen feinen Bau des Peitschenstieles gefunden, der ganz mit den Angaben Künstler's übereinstimmt. Der Stiel besteht aus einer schwächer gefärbten Grundmasse, in der eine Reihe stärker gefärbter, nach dem dünneren Ende entsprechend kleiner werdenden Kügelchen liegt (Fig. 11, Taf. XII). Die einzelnen Kügelchen sind durch schmale Streifen der Grundmasse von einander getrennt, scheinen aber an den Längsseiten nicht immer von dieser bedeckt zu sein. Um die weitere Beschreibung nicht zu lange zu unterbrechen, mag die Frage, ob hier wirklich eine normale Structur

sich enthüllt hat, einstweilen bis zum Ende dieses Capitels unbeantwortet bleiben.

Der Stiel verdünnt sich bis zur Anheftungsstelle der Schnur deutlich und allmählich. Die Schnur selbst ist an ihm in keiner irgendwie auffallenden Weise befestigt, sie bildet einfach die unmittelbare Fortsetzung des verdünnten Stieles. Gleichwohl verdient die Schnur als besonderes Organ ihm gegenübergestellt zu werden, denn sie wird auch wirklich wie die Schnur einer Peitsche durch die Bewegungen des Stieles in Schwingungen versetzt. Es würde deshalb nicht richtig sein, wenn man die ganze Geisselvorrichtung nur als eine sehr lang und dünn ausgezogene Geissel auffassen und ihr die besondere Bezeichnung „Peitschengeissel“ versagen wollte.

Eine andere Deutung einer jedenfalls gleichartigen Structur hat Löffler¹⁾ versucht. Er hält den Stiel für eine Röhre, aus der der dünne Peitschenfaden pseudopodienartig hervorgeschoben wird. Löffler stützt seine Ansicht darauf, dass er immer nur einen plötzlichen Uebergang des dicken Stieles in die dünne Schnur beobachten konnte. Da ich Löffler's Präparate nicht kenne, aus seiner Photographie aber mir kein endgültiges Urtheil bilden kann, so mag diese Frage unerledigt bleiben.

Dort wo wirklich in einem Präparate volle Klarheit herrschte, verjüngte sich der Stiel in die dünne Schnur, in dem in Fig. 5a, b, Taf. XII abgebildeten Falle sogar so allmählich, dass es überhaupt nicht möglich war, die Grenze zwischen beiden zu bestimmen. Gewöhnlich tritt die Uebergangsstelle deutlich hervor, weniger durch die Unterschiede in der Dicke der Schnur und der Stielspitze, als durch die tiefere Färbung des Stieles.

Die Schnur selbst hat eine sehr geringe Dicke und zeigt bis zu ihrem Ende keine weitere Abnahme des Durchmessers. Ihrer Feinheit entsprechend reisst die Schnur, wenn sie sich irgendwo verfangen hat, sehr leicht vom Stiel ab, bald ganz, bald nur in Stücken. So erklärt es sich zunächst, dass man in jedem Präparat auch Geisseln findet, von denen nur noch der dicke Stiel übrig geblieben ist.

Die Zartheit der Schnur ist aber auch die Ursache anderer

1) l. c. Centralbl. f. Bakt. VI, p. 215.

höchst merkwürdiger Bilder, von denen in Fig. 15, Taf. XII eines der abenteuerlichsten wiedergegeben ist. In regelloser Stellung haften an den beiden Geisselstielen spirillenähnlich gewellte, dünne Fäden von derselben Dicke, demselben Färbungsvermögen wie die Peitschenschnur. Diese ist nur noch an der unteren aber bis auf einen kurzen verschlungenen Rest abgerissen. Die spirillenähnlichen Anhängsel des Peitschenstieles lassen an einigen Stellen deutlich ihre Befestigungsart erkennen, sie sind um den Stiel herumgeschlungen. An anderen Stellen aber scheinen sie nur mit der Basis aufzusitzen, ähnlich wie Bakterien auf Algen festhaften. Die Aehnlichkeit mit Bakterien wird noch dadurch erhöht, dass die Anhängsel an anderen Geisseln (Fig. 6, 9, 10, 19, Taf. XII) viel kürzer sind, als ob kleine Spirillen eben erst sich angesiedelt hätten. Zwischen solchen kurzen, dornartigen und den langen, fadenförmigen Anhängseln giebt es alle möglichen Zwischenstufen, so dass darüber kein Zweifel bestehen kann, dass beide wirklich zusammengehören (Fig. 6, 9, 10, 12, 15, 19, 24, Taf. XII).

Der unbefangene Beobachter wird leicht geneigt sein, diese bakterienähnlichen Anhängsel auch wirklich für Bakterien zu halten, was ja an und für sich nicht wunderbar wäre, da an der wahrscheinlich klebrigen Oberfläche der Geisseln auch Bakterien hängen bleiben könnten. Ich selbst habe auch einige Zeit lang dieser Ansicht mich hingegeben, bis ich durch weitere Beobachtungen und daran angeknüpfte Ueberlegungen zu einer anderen Anschauung gezwungen wurde.

Nicht selten sieht man, dass die Peitschenschnur vollständig oder theilweise um ihren eigenen Stiel sich gewickelt hat (Fig. 7, 8, 13, Taf. XII), genau wie bei einer Wagenpeitsche. In anderen Fällen trägt zwar der Stiel noch seine eigene Schnur (Fig. 12), aber ist doch mit einer Schnur umwickelt, die nur von einer anderen Geissel stammen kann. Wenn eine schwingende Schnur um den Stiel einer anderen Geissel oder überhaupt einen anderen Gegenstand sich in mehreren Windungen gewickelt hat, so wird sie wohl bei einem neuen Schwung des Peitschenstieles in Folge ihrer grossen Zartheit abreißen müssen. Und selbst wenn man der Schnur eigene Contractilität zuschreibt, so wird diese doch so gering nur sein, dass eine um ihren eigenen Stiel mehrmals herum geschlungene

Schnur nicht im Stande sein wird, sich wieder zu befreien. Da *Polytoma* zwei Geisseln hat, so wird es gewiss nicht selten vorkommen, dass diese sich mit ihren langen Schnüren verfangen und diese oder doch Stücke davon bei neuen Schwingungen abgerissen werden und an den Stielen hängen bleiben. In einem Präparat war der Vorgang gewissermassen fixirt worden. In Fig. 24, Taf. XII ist der ganze Umriss eines *Polytoma* abgebildet, dessen nach hinten ausgestreckte Geisseln noch beide ihre langen, wirt gewundenen Schnuren tragen. Dicht dabei lag ein anderes Individuum, dessen eine Geissel bei den letzten Schlägen vor dem Eintrocknen mit ihrer Schnur sich an den Geisseln des anderen Individuums gefangen hatte. An jeder seiner Geisseln sitzt ein Stück von der Peitschenschnur des anderen Individuums. Ein kurzer Rest ist an dessen eigener Geissel noch übrig geblieben.

Wenn sich in dem dichten Gedränge von *Polytoma*ansammlungen dieser Vorgang öfter wiederholt, so können in der That die Geisselstiele mit Mengen von Schnurresten schliesslich beladen werden, wie Fig. 15 darstellt. Da die dünne Schnur sehr leicht verquillt und sich zersetzt, so werden wahrscheinlich oft in kurzer Zeit die Stiele wieder von ihrer unfreiwilligen Last befreit.

Von der Ausmalung weiterer Einzelheiten absehend, wende ich mich noch zur Beantwortung der Frage, ob die geschilderten Vorgänge erst in Folge der Präparation eintreten, oder ob man berechtigt ist, anzunehmen, dass sich selbst überlassene *Polytomen*, auch an ihren natürlichen Standorten, sich ebenso verhalten. Als das Material am 17. October gesammelt worden war, wurden sogleich Präparate hergestellt. In diesen fehlten zwar die eigenthümlichen Anhängsel der Geisselstiele nicht ganz, waren aber noch sehr selten. Nach zwei Tagen hatte sich dies geändert. Jetzt musste man lange suchen, um in den reichhaltigen Präparaten eine Geissel ohne solche Anhängsel zu finden. Da alle Präparate in der gleichen Weise hergestellt wurden, so konnte der verschiedene Zustand der Geisseln wohl nicht eine Folge der Präparation sein. Wenn dadurch, dass die Individuen in dem eintrocknenden und immer kleiner werdenden Tropfen sich mehr und mehr stossen und gegenseitig stören, die ganze Erscheinung erst hervorgerufen würde, so wäre nicht einzusehen, warum am 17. October die Anhängsel noch sehr selten, am 19. und 20. October aber gemein sind, warum an den letzten

Tagen bei einer Verdünnung von 1 : 20 die Anhängsel nicht häufiger waren als bei einer Verdünnung von 1 : 100. Eine Wirkung der Präparation kann hier also wohl nicht vorliegen. Dagegen erklärt sich vielleicht die Sache so, dass das die Polytomen enthaltende, unbedeckt dastehende Wasser vom 17. October bis zum 19. ziemlich stark verdunstete, so dass die grossen Mengen von Polytomen, die ursprünglich schon vorhanden waren und durch lebhaftes Theilung sich noch vermehrt hatten, jetzt wirklich so dicht gehäuft waren, dass die einzelnen Individuen sich mehr stören mussten als an ihrem Fundorte, wo ihnen eine grosse Wassermenge zur Verfügung stand. Ohne diese mehr nebensächliche Frage endgültig entscheiden zu wollen, halte ich es doch für möglich, dass auch an den natürlichen Standorten solche Anhängsel in grösserer Menge entstehen können, wenn aus irgend welchen Gründen das Wasser abnimmt. In unserem Falle hatten sie erst im Zimmer sich so vermehrt, dass fast keine Geissel frei von ihnen war.

Einige Einwendungen gegen die gegebene Deutung sollen noch kurz besprochen werden. Die Bakteriennatur der merkwürdigen Anhängsel wird wohl nach dem Mitgetheilten keine Vertheidiger finden. Wenn wirklich Bakterien vorlägen, dann müssten sie doch auch einmal an dem übrigen Körper der Polytomen sitzen, wovon aber an 137 daraufhin untersuchten Exemplaren, deren Geisseln alle reiche Anhängsel trugen, nichts zu sehen war. Der kühne Gedanke, dass hier spezifische Geisselparasiten sich eingenistet hätten, bedarf wohl keiner Widerlegung.

Als ein durch die Beize entstandenes Kunstproduct können die Anhängsel deshalb nicht erklärt werden, weil sie, wie schon erwähnt, auch an ungebeizten, gewöhnlich gefärbten Präparaten sichtbar sind. Auch durch eine Zerfetzung und Zerschleissung des Geisselfadens können die Anhängsel nicht entstehen, da die sie tragenden Fäden vollkommen intact sind: nirgends ist weder die homogene Beschaffenheit ihrer Substanz, noch die scharfe Begrenzung der Oberfläche gestört (Fig. 9, 10, 15 u. 19, Taf. XII).

So steht meiner Ansicht nach der oben gegebenen Deutung nichts entgegen, die verschiedentlichen Anhängsel sind nur Reste der eigenen Peitschenschnur des Stieles oder daran hängengebliebene Stücke der Schnuren von anderen Geisseln. Dass man in allen Präparaten auch isolirte Reste und Bruchstücke der Peitschen-

schnur findet, kann bei deren grosser Zartheit nicht in Erstaunen setzen. Dass ein Stiel die abgerissene Schnur wieder zu ersetzen vermag, halte ich nicht für wahrscheinlich.

Chlorogonium euchlorum. Peitschengeisseln der gleichen Structur wie bei *Polytoma* hat auch diese Flagellate. In Fig. 30, Taf. XII ist das breite Vorderende eines Individuums mit den beiden an den Ecken entspringenden Geisseln abgebildet. Auch hier war in dem homogenen Stiel kein feiner Bau wahrzunehmen, die Peitschenschnur ist theilweise auf den Stiel aufgewickelt. Auch Anhängsel wie bei *Polytoma* wird man bemerken.

Bodo spec. Sowohl die kurze, vorwärts gerichtete Geissel als auch die lange Schleppegeissel haben typische Peitschenstructur (Fig. 29, Taf. XII). Häufig enthielt der sonst homogen erscheinende Stiel eine deutliche Körnchenreihe. Anhängsel wurden hier nur ganz dürftige gefunden, was ihr Auftreten auch bei dieser Form wenigstens erkennen lässt.

3. Die Körnchenstructur des Geisselfadens.

Eine den Angaben Künstler's entsprechende Körnchenstructur wurde unter vielen Hunderten von *Polytoma*-Geisseln bei 76, unter 36 *Bodo*-Geisseln bei 22 gefunden. Keine Körnchen enthielten in meinen Präparaten die Geisseln von *Monas*, *Chlorogonium* und *Euglena*. Absterbende Reste der Flimmergeisseln von *Euglena* liessen aber doch einige Mal Körnchen erkennen. Da nun aber gerade bei letzterer eine sehr auffällige Scheinstructur, der Achsenstrang, mit Sicherheit aus der durch die Präparation hervorgerufenen Quellung abgeleitet werden konnte, so bedarf es noch einer näheren Untersuchung, ob die Körnchen der *Polytoma*- und *Bodo*-Geisseln nicht vielleicht auch nur eine Folge der Präparation sind. Bei beiden Flagellaten sassen die gekörnten Geisseln noch an und trugen meistens ihren langen Peitschenfaden, bei *Polytoma* oft ausserdem die eigenthümlichen, aus dessen Bruchstücken bestehenden Anhängsel. Mit schwacher Jodjodkaliumlösung oder heissem Wasser vorher getödtete und fixirte Geisseln von *Polytoma* erweisen sich frei von Körnchen.

An lebenden Geisseln sind mir derartige Bildungen nicht aufgefallen. Durch die Beize waren die Körnchen nicht erzeugt worden, denn in einem ungebeizten, gewöhnlich gefärbten Präparate fanden sich einige wenige Geisseln, in denen gleichfalls, freilich sehr schwach, aber doch deutlich die Körnchen zu erkennen waren.

Einige Anhaltspunkte für ihre Deutung bieten vielleicht folgende Thatsachen. Bei einer Verdünnung des die Polytomen enthaltenden fauligen Wassers im Verhältniss 1 : 10 hatte ein grosser Tropfen 72 Minuten zum Eintrocknen auf dem Deckglas gebraucht. Alle Geisseln sassen noch an, von den 102 Geisseln der 51 im Präparat enthaltenen Individuen zeigten die Hälfte, 50 eine deutliche Körnchenstructur. Zwei andere zu gleicher Zeit, aber ohne Verdünnung hergestellte Präparate, die in 17 und 78 Minuten eingetrocknet waren, liessen an keiner der Geisseln, deren Zahl sicher 200 noch überstieg, einen körnigen Bau erkennen. Gleichwohl hatte die Beize tadellos gewirkt, die Peitschenschnur und ihre Fragmente traten scharf hervor, einige im Präparat vorkommende Euglena-Geisseln trugen schön gefärbte Cilien. Auch die Färbung war nicht zu stark, nicht stärker als in dem andern Präparat mit deutlicher Körnchenstructur der Geisseln. Hier konnte doch der verschiedene Zustand der Präparate nur durch eine Verschiedenheit der Geisseln bedingt sein. Diese aber liess sich nur darauf zurückführen, dass durch die Verdünnung des die Polytomen enthaltenden Wassers deren Geisseln nachtheilig beeinflusst worden waren. Auch die übrigen 26 Geisseln mit gut sichtbarem körnigen Bau fanden sich in verdünnten Präparaten, die langsam eingetrocknet waren, so dass ebenso wie bei dem reichhaltigen Präparat auch genügende Zeit zu tiefer gehenden Veränderungen der Geisseln vorhanden gewesen war. Drei unter Verdünnung von 1 : 100 hergestellte Präparate, die in 14, 68 und 117 Minuten eingetrocknet waren, enthielten 0, 1 und 12 Geisseln mit Körnchenreihe, alle andern waren frei davon. Der längsten Dauer des Eintrocknens und der längsten damit verbundenen Einwirkung der Verdünnung gehört auch die grösste Zahl gekörnter Geisseln an. Wenn diese Erfahrungen auch noch zu dürftig sind, um sichere Schlüsse darauf bauen zu können, so gemahnen sie doch zur Vorsicht bei der Deutung der Körnchenstructur. Für ihre Auffassung dürfte auch noch folgender Umstand bedeutungsvoll sein. Wie schon erwähnt und auch die Abbildungen (Fig. 11 u. 29, Taf. XII)

zeigen, sind die stärker gefärbten Körnchen meistens nicht vollständig in die blässere Grundmasse eingebettet, sondern springen knötchenförmig hervor, so dass die Geisseln perlschnurartig aussehen. Wenn eine normale Structur vorläge, müssten doch auch solche Geisseln, welche keine Körnchen enthalten, wenigstens eine schwach warzige Oberfläche besitzen. Davon war aber nie etwas zu sehen, alle körnchenfreien Geisseln waren glatt. Vergleicht man aber mit solchen gekörnten Geisseln die Bilder gereizter Pseudopodien von Orbitolites, welche Verworn¹⁾ gegeben hat, so wird die grosse Aehnlichkeit beider sofort auffallen. Beim Abmessen des zur Verdünnung bestimmten fauligen Wassers, beim Vermischen, endlich beim Uebertragen auf das Deckglas und beim Eintrocknen sind die Geisseln einer ganzen Reihe verschiedenartiger Einwirkungen ausgesetzt, so dass nicht das Eintreten, sondern vielmehr das Ausbleiben von Veränderungen unser Erstaunen erregen müsste. Wenn nun auch das Protoplasma schwingender Geisseln fester gefügt und widerstandsfähiger sein muss, als das kriechender Pseudopodien, so darf man doch auch dem ersteren, wie seine schnelle Zersetzung noch zeigen wird, nicht die Zähigkeit eines Muskels zuschreiben. Was bei der Durchschneidung eines Pseudopodiums von Orbitolites augenblicklich eintritt, kann unter der Wirkung der Präparation an den festeren Geisseln in einer halben Stunde auch erfolgen. Dass in manchen Präparaten nur vereinzelte Geisseln gekörnt sind, würde sich vielleicht durch eine schnelle Rückbildung und Wiederauflösung der Körnchen erklären lassen. Da keine Experimente über diese erst bei der Niederschrift auftauchenden Fragen vorliegen, so mag einstweilen der Hinweis auf sie genügen. Ebenso muss es unentschieden bleiben, welche der vielen bei der Präparation einwirkenden Umstände gerade diese Veränderung der Geisseln hervorrufen. Endlich ist es auch ohne besondere Untersuchungen unmöglich, festzustellen, worauf die Körnchenbildung zurückzuführen ist, ob auf eine theilweise Gerinnung oder eine ungleichmässige Verquellung des Geisselplasmas. Ihnen, wie Künstler will, einen körnigen Bau zuzuschreiben, liegt kein Grund vor. Im Gegentheil sprechen alle angeführten Bedenken dafür, dass die Körnchen nur in Folge äusserer Einwirkungen entstehen.

1) Bewegung der lebenden Substanz. Fig. 4, p. 25, Fig. 7, p. 29, Fig. 9, p. 33.
Jahrb. f. wiss. Botanik. XXVI.

Aus Künstler's Darstellung geht nicht hervor, wodurch ihm der Nachweis der Körnchen gelang, es heisst nur¹⁾, dass sie nach der Behandlung mit färbenden Reagentien sichtbar wurden. Welche der früher aufgezählten Reagentien (Picrocarminsäures Ammon, diverse Anilinfarben, Osmiumsäure) aber Künstler im einzelnen Falle anwendete, wird nicht erwähnt. Da aber die genannten Reagentien nicht unbedingt den ursprünglichen Zustand fixiren, so vermag ich auch nicht Künstler's Ansicht beizustimmen, dass wirklich die Körnchen der Geisseln ein natürlicher, zweifelloser Bestandtheil dieser sind. Ebenso wie der durch unvollständige Quellung entstehende Achsenstrang der Flimmergeisseln von Euglena, ist auch die Körnchenreihe der Peitschengeisseln von *Polytoma* und *Bodo* eine Scheinstructur. Sie mag hier weiterer Untersuchung besonders empfohlen sein.

Auch an einer absterbenden Peitschenschnur von *Polytoma* wurde einmal ein Zerfall in feine Körnchen beobachtet (Fig. 14, Taf. XII), auf die obige Erklärung sicherlich ebenfalls anzuwenden ist.

Bei beiden Arten von Flagellaten-Geisseln konnte somit ein feinerer, mikroskopisch noch nachweisbarer Bau des schwingenden Fadens nicht festgestellt werden. Gleichwohl unterliegt es keinem Zweifel, dass der homogen erscheinende Faden einen feinsten, in einer bestimmten Anordnung seiner Theilchen (Micelle) beruhenden Bau besitzen muss, worauf schon die Torsionen des Geisselfadens, seine Einrollungen, die Anordnung der Flimmerhaare hinweisen.

II. Abwerfen und Einziehen der Geisseln.

Bei manchen Bakterien, z. B. *Typhusbacillus* und *Bacillus subtilis* findet man, wie Löffler besonders für den ersteren hervorhebt, oft eine Unmenge abgerissener, „freier“ Geisseln in den Präparaten, während die Bacillen selbst oft nur noch vereinzelt Geisseln und nicht mehr die üppigen Behänge tragen wie sonst. Es erhob sich deshalb die Frage, ob die freien Geisseln schon in der Kultur sich fanden und im Verlauf des Lebens normaler Weise abgeworfen

1) l. c., p. 21.

worden waren, oder ob sie eine Folge der Präparation sind. Letzteres würde eine grosse Empfindlichkeit der Geisseln voraussetzen. Von einer Untersuchung der Flagellaten liess sich auch hier nähere Auskunft erhoffen.

Da es vielleicht Manchem willkommen sein dürfte, die in der Literatur weit zerstreuten Angaben über Abwerfen und Einziehen der Geisseln zusammengestellt zu sehen, so gebe ich zunächst im Folgenden eine Auswahl dessen, was ich in der von mir durchgesehenen Literatur vorfand. Auch auf die Infusorien, die Schwärm-sporen von Algen und Pilzen, sowie die Spermatozoiden der Gefäss-pflanzen wird diese Literaturübersicht ausgedehnt werden.

Literatur.

Flagellaten. Der Uebergang in den bewegungslosen Dauerzustand (Cyste) ist natürlich mit einem Verschwinden der Geisseln verbunden, ebenso wie auch oft vor der Theilung die Bewegung aufhört, die Geisseln verschwinden. Wie diese sich dabei verhalten, findet sich in der Literatur nur ausnahmsweise sorgfältig beschrieben, gewöhnlich heisst es nur, die Geissel „wird eingezogen“, „verschwindet“, „geht verloren“, „wird abgeworfen“, ohne dass aber mit diesen Ausdrücken wirklich ein bestimmter, genau beobachteter Vorgang gemeint ist. Bütschli¹⁾ fasst die über Flagellaten vorliegenden Angaben folgendermassen zusammen: „wo dieser Vorgang (Verlust der Geisseln) jedoch bis jetzt genauer beobachtet wurde, scheinen die Geisseln hierbei meist einfach abgeworfen zu werden. Nur selten wird dagegen eine Einziehung derselben nach Art der Pseudopodien beobachtet“. Ein näheres Eingehen auf die Literatur dieses Gegenstandes ergibt, dass irgend welche vergleichende Untersuchungen über das Verhalten der Geisseln noch gar nicht angestellt worden sind und dass nur wenige Beobachter neben entwicklungsgeschichtlichen und morphologischen Arbeiten anderer Art beiläufig auf die Geisseln zu sprechen kommen.

Für *Polytoma Uvella* finde ich in einer älteren Arbeit Schneider's²⁾

1) l. c., Protozoëen, p. 673.

2) Archiv f. Anatomie u. Physiologie, 1854, p. 197.

folgende Schilderung: „Die Art, wie die schwärmenden Exemplare zur Ruhe kommen, scheint folgende zu sein. Die Geisseln verkürzen sich allmählich, indem an ihrem freien Ende die Substanz sich in Form eines Knöpfchens ansammelt, schliesslich verschwindet der fadenförmige Theil ganz und statt der Geisseln sitzen zwei Bläschen am vorderen Theil der Hüllhaut (Fig. 15).“ Und weiter: „Ob aber wirklich alle so veränderten Exemplare sich mit Cysten umgeben, kann ich nicht sicher angeben. Bei langsam vertrocknenden Infusionen mit *Polytoma* findet man im Bodensatz wohl *Polytomen* mit den beschriebenen Bläschen, aber keine Cysten, und es ist nicht unmöglich, dass solche Exemplare auch noch auf andere Weise zur Fortpflanzung beitragen.“ Schneider's mitgetheilte Beobachtung erstreckt sich, wie man sieht, nur auf einen Abschnitt des Geisselschwundes, denn es bleibt immer noch unentschieden, ob die an Stelle der Geisseln sich findenden Bläschen später noch in den Körper der Flagellate eingezogen oder aber abgestossen werden. Man vergleiche hierüber meine später mitzutheilenden eigenen Beobachtungen. Auch Dallinger und Drysdale¹⁾ haben solche in Bläschen umgewandelte Geisseln bei *Polytoma* gesehen, freilich ohne den wahren Sachverhalt zu erkennen.

Bei einer anderen Flagellate, der Colonie bildenden *Codosiga pulcherrima* hat Clark²⁾ eine ebensolche Veränderung der Geissel vor der Theilung beschrieben. Er schildert, dass die Spitze der Geissel anschwillt, während diese sich stark verkürzt; den ganzen in wenigen Minuten sich abspielenden Vorgang vergleicht Clark mit dem „running down of a cotton-thread in the flame of a candle“. Schon in einer Minute war die Geissel auf $\frac{1}{4}$ ihrer ursprünglichen Länge verkürzt. Dann verschwand sie plötzlich, ohne eine Spur zurück zu lassen. Ob der Rest der verquellenden Geissel in den Körper aufgenommen wurde oder nicht, konnte demnach auch Clark nicht sicher erkennen. Dieselbe Beschreibung giebt auch ein späterer Beobachter der *Codosiga*, nämlich Fisch³⁾. Er verfolgte die Schrumpfung der Geissel bis zu einem kleinen, am Körperscheitel sitzenden stumpfen Zapfen, der bald schnell verschwand.

1) Monthly microscop. journal 1874, XII, p. 268, Taf. XXXV, Fig. 26, 27.

2) Annals and Magaz. nat. hist., 4. Serie, I, 1868, p. 191.

3) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. 1885, XLII. Bd., p. 94.

Ob dieser letzte Rest durch die sehr zarte Hülle der *Codosiga* auch wirklich in deren Inneres übertrat, bleibt auch bei dieser Beobachtung noch unentschieden.

Eine Angabe Dallinger's¹⁾ über die Einziehung der Geisseln bei einer anderen Flagellate (*Dallingeria*) kann ihrer geringen Genauigkeit wegen unberücksichtigt bleiben. Andere ausführliche und sichere Mittheilungen über Einziehung der Geisseln habe ich nicht gefunden.

Nach Seligo²⁾ starben die Geisseln der von ihm untersuchten Flagellaten leicht ab und wurden, wenn sie nicht unverändert abfielen, zu einer kugeligen Blase degenerirt. In diese geht, nach Seligo's Deutung, allmählich alles Geisselplasma über, während die Geissel mehr und mehr sich verkürzt. Er hat demnach dieselben Erscheinungen beobachtet, wie Schneider an *Polytoma*, Clark an *Codosiga*.

Die gleiche Veränderung der Geisseln in kleine, dem Vorderende ansitzende Bläschen hat wohl auch Perty³⁾ bei *Cryptomonas polymorpha* vor sich gehabt. Er giebt aber keine Erklärung oder auch nur Vermuthung über die Entstehung der krystallhellen Bläschen, deren Zusammenhang mit den Geisseln ihm unbekannt blieb.

Zahlreicher sind die Angaben über das Abwerfen der vollständigen, noch unveränderten Geisseln. Dieser Vorgang tritt oft ein, ohne dass eine Encystirung oder Theilung daraufhin erfolgt, nur als Zeichen eines gewissen Unbehagens, in das die Organismen durch die Anfertigung des Präparates versetzt worden sind.

Für *Euglena* hat Klebs⁴⁾ eine grosse Empfindlichkeit der Geisseln gegenüber äusseren Einflüssen beschrieben. So genügt nach dem Genannten bei *Euglena Ehrenbergii* das einfache Hinüberbringen auf den Objectträger, selbst ohne Veränderung des Wassers, um sofort die Cilie zum Absterben zu bringen. Hieraus erklärt Klebs die Thatsache, dass diese Art so selten mit der Geissel beobachtet worden ist. Das erste Zeichen des Absterbens ist nach Klebs eine scheibenförmige Anschwellung der Cilienspitze. Sehr bald wird die Geissel dann abgeworfen und geht rasch unter Vacuolenbildung zu

1) Proceedings of royal philos. soc., 1878, XXVII, p. 336.

2) Cohn's Beiträge z. Biologie, IV.

3) Zur Kenntniss kleinster Lebensformen, 1852, p. 131, Taf. XI, 1 E.

4) Untersuchungen aus dem bot. Instit. Tübingen, I, p. 255.

Grunde. An den sehr langen Cilien der Trachelomonas-Arten konnte Klebs nach der Abtrennung vom Körper noch Zusammenziehen und Strecken beobachten. Die Geisseln von *Euglena viridis* wurden sofort abgeworfen, wenn Klebs die Organismen in verdünnte Karminsäure oder verdünnte Salzlösungen übertrug. Ob auch vor der Theilung die Geissel der *Euglena* einfach abgeworfen oder aber eingezogen wird, vermochte Klebs nicht festzustellen.

Einige sehr bemerkenswerthe Beobachtungen über Abwerfung von Geisseln bei Peridineen, speciell *Glenodinium*, verdanken wir Bütschli¹⁾. Ich lasse die eigenen Worte des Autors folgen. „Die Glenodinien stellen zunächst allmählich ihre Bewegungen ein und liegen ruhig da, wobei von der hinteren Geissel nichts mehr zu sehen ist. Dann bemerkt man plötzlich, wie sich in der Gegend der Quersfurche eine Geissel zu einem dichten korkzieherartigen Gewinde aufrollt. Ganz kurz darauf löst sich diese zu einem kleinen Packet aufgerollte Geissel mit einem Ruck von dem Körper ab und bewegt sich ein Stück weit fort. Dieses kleine Geisselpacket kann nun zunächst einige Secunden ruhig liegen bleiben und dann plötzlich in heftig umherflatternde Bewegung übergehen, oder es schwimmt gleich nach der Abstossung in dieser Weise weiter. Diese Bewegung der abgelösten Geissel dauert etwa eine Minute oder wenig länger lebhaft fort. Dabei bleibt die Geissel stets eng aufgerollt. Endlich gelangt sie zur Ruhe, indem sie ohne Zweifel völlig abstirbt.“ Diese sehr interessante Beobachtung bestätigt und erweitert die bereits erwähnte Angabe von Klebs, dass die Trachelomonas-Geisseln nach der Ablösung ebenfalls sich noch einige Zeit strecken und zusammenziehen. Eine so lebhafte Ortsbewegung aber, wie Bütschli beschreibt, war für abgelöste Geisseln noch nicht bekannt.

In derselben Abhandlung²⁾ erwähnt fernerhin Bütschli, dass vor der Häutung von *Glenodinium* ebenfalls die Geisseln abgeworfen werden.

Bütschli's wörtlich citirte Darstellung der Geisselablösung bei zur Ruhe kommenden Glenodinien wird vollkommen bestätigt durch Schilling³⁾, der auch die schnelle Bewegung der bereits

1) Morphol. Jahrb. 1885, X. Bd., p. 535.

2) l. c., p. 540.

3) Flora 1891, p. 259.

abgeworfenen, zusammengedrehten oder in Knäuel verschlungenen Geissel von *Glenodinium cinctum* beschreibt. Nach Schilling soll bei *Glenodinium neglectum* die eine Geissel verquellen, noch bevor sie abgeworfen worden ist, und erst bei der nachfolgenden Häutung entfernt werden.

Als Resultat der Literaturdurchsicht ergibt sich somit, dass bei den Flagellaten das Abwerfen der Geissel vorherrscht, ein vollständiges Einziehen überhaupt noch nicht beobachtet worden ist.

Infusorien. In der bereits oben citirten Arbeit Schneider's¹⁾ werden auch Beobachtungen über ein Infusor, *Stylonychia pustulata*, mitgetheilt. Bei der Encystirung nimmt das Infusor allmählich Kugelgestalt an, die Wimpern fallen dann schnell ab. Bei einem solchen kugelförmigen Exemplar konnte Schneider unter dem Mikroskop das Abfallen der Wimpern und die Ausscheidung der Membran bequem verfolgen. Auch Cienkowski²⁾ hat an demselben Infusor beobachtet, dass vor der Encystirung die Cilien „stufenweise verschwinden“, freilich ohne näher anzugeben, ob sie eingezogen oder abgeworfen werden. Aus Cienkowski's Abbildungen (Taf. X, Fig. 28—30, Taf. XI, Fig. 1—4) geht wohl aber fast mit Gewissheit hervor, dass Schneider's Angabe richtig ist. Das Wimperkleid zeigt mehr und mehr Lücken, ohne dass die noch festsitzenden Cilien kürzer geworden wären oder sonst sich verändert hätten, was doch wohl bei einem langsamen Einziehen einem Beobachter wie Cienkowski nicht entgangen sein würde.

Andere zuverlässige Angaben über das Verhalten der Cilien bei der Encystirung der Infusorien scheinen nicht vorzuliegen, da auch Bütschli³⁾ nur die obige Mittheilung Schneider's erwähnt.

Schwärmsporen von Algen. Die Durchsicht einer sehr grossen Anzahl botanischer Arbeiten hat ergeben, dass die Autoren, ähnlich wie bei den Flagellaten, meist mit nichtssagenden Ausdrücken über das Verhalten der Cilien beim Erlöschen der Bewegung von Algenschwärmsporen hinweggehen; bald ist hier von Verlust, bald von Einziehen die Rede, ohne nähere Beschreibung des Vorganges. Einige genaue Berichte sind aber doch zu finden.

1) Archiv f. Anat. u. Phys., 1854, p. 200.

2) Zeitschr. f. wissensch. Zool., 1855, VI, p. 301.

3) Protozoën, III, p. 1651.

Für die grossen mit einem dichten Wimperkleid bedeckten Schwärmsporen von *Vaucheria* beschreibt Strasburger¹⁾ die Einziehung der Cilien folgendermassen: „Man sieht an der Spitze der Cilien ein Knöpfchen auftreten, das an Grösse zunimmt in dem Maasse als sich die Cilie verkürzt und dann schliesslich in die Hautschicht aufgenommen wird“. Da die *Vaucheria*-Spore bereits im letzten Abschnitt ihrer Schwärmzeit eine zarte Cellulosehaut abscheidet, so muss die Einziehung durch die junge Membran hindurch erfolgen. Hierauf weist auch Strasburger²⁾ in einer späteren Arbeit besonders hin. In dieser erwähnt Strasburger auch, dass bei den zur Ruhe kommenden Schwärmsporen von *Oedogonium* und *Cladophora* die Cilien ebenfalls eingezogen werden. Für *Cladophora* hebt er besonders hervor³⁾, dass dabei die Cilien allmählich kürzer und dicker werden. Nach demselben Beobachter werden bei *Haematococcus pluvialis* die Cilien, soweit sie sich ausserhalb der Cellulosehülle finden, desorganisirt, soweit sie innerhalb dieser liegen, in den Zellkörper eingezogen⁴⁾.

Da die in Ruhe übergehenden Schwärmsporen von *Cladophoren* und *Oedogonien* noch keine Membran abgeschlossen haben, so nähert sich hier die Einziehung der Cilien dem gleichen Vorgang an den Pseudopodien der *Rhizopoden*. In demselben Sinne ist auch die Einziehung der Cilie in die Schwärmspore von *Botrydium*⁵⁾ und bei den schwärmenden Sexualzellen der *Phaeosporeen* zu deuten. Bei den letzteren ist der Vorgang sehr ausführlich von Berthold⁶⁾ beschrieben worden. Wenn die grossen, zweiciligen, schwärmenden Eier zur Ruhe kommen, verschmelzen ihre Cilien vollständig mit dem membranlosen Protoplasma. Mit diesem nackten Ei verschmilzt dann auch der kleine männliche Schwärmer, auch seine beiden Cilien werden in das Copulationsproduct mit aufgenommen. Erst dann wird die Cellulosehaut abgeschieden. Alle bisher besprochenen Fälle betreffen nackte Algensporen, nur mit Ausnahme der bereits eine zarte Membran tragenden *Vaucheria*-Spore, bei allen

1) Studien über das Protoplasma, Jena 1876, p. 9.

2) Histol. Beiträge, IV, 1892, p. 69.

3) Histol. Beiträge, IV, p. 77.

4) l. c., p. 91.

5) Berthold, Protoplasmamechanik, p. 94.

6) Mittheil. zool. Station Neapel, 1881, II. Bd., p. 401.

werden die Cilien nicht abgeworfen, sondern nach Art der Pseudopodien eingezogen. Es scheint demnach, als ob eine gewisse Regelmässigkeit bestünde. Um so auffallender nun ist es, dass Strasburger¹⁾ und ebenso Berthold²⁾ für die ebenfalls nackten, ungeschlechtlichen Schwärmer von *Ulothrix* ausdrücklich hervorheben, dass die Cilien nicht eingezogen, sondern ganz abgeworfen werden. Da aus Dodel's³⁾ Arbeit nicht genau zu ersehen ist, wann die Hautbildung bei den ungeschlechtlichen Schwärmern erfolgt, so wäre ja immerhin noch denkbar, dass durch eine vorausgehende Membranabscheidung die Einziehung der Cilien verhindert wäre. Dem stünde allerdings das beschriebene Verhalten der Schwärmerspore von *Vaucheria* gegenüber.

Schwärmersporen von Pilzen. Für die Schwärmersporen eines kleinen parasitischen Wasserpilzes (*Rhizidium Zygnematis*) hat Büsgen⁴⁾ das Verschwinden der Geissel folgendermassen beschrieben: „Nun bemerkt man, dass das Ende der Cilie sich ösenförmig umgeschlagen hat. Die Einkrümmung schreitet in wenigen Minuten derart fort, dass die Geissel bald einen an den Körper des Schwärmers anhaftenden Ring darstellt, indem die Spitze sich an die Basis angelegt hat; seltener ragt das äusserste Ende noch über den Anheftungspunkt der Cilie heraus und schmiegt sich einer anderen Stelle des Reifens an. Dabei scheint sich die Geissel gleichzeitig zu verkürzen, wobei sich ihre Masse an einigen Orten zu kleinen Knötchen zusammenzieht. Schliesslich wird sie so zart und schwer sichtbar, dass über ihr endliches Schicksal nichts festgestellt werden konnte.“ Allem Anschein nach hat hier keine Einziehung, sondern eine Zersetzung der Geissel beim Aufhören der Schwärmbewegung stattgefunden.

Spermatozoiden. Schacht⁵⁾ hat bei einer Untersuchung über die Spermatozoiden der Moose, Gefässkryptogamen und Characeen vorwiegend mit eingetrockneten Präparaten gearbeitet und hebt mehrfach hervor, dass die Cilien bei langsamem Eintrocknen auf dem

1) Zellbildung u. Zelltheilung, I. Aufl., p. 157. In der letzten, III. Aufl., des Buches fehlt diese Angabe.

2) Protoplasmamechanik, p. 94.

3) Jahrb. wiss. Bot., X.

4) Cohn's Beiträge z. Biologie, IV, p. 255, Taf. XIII, 2.

5) Die Spermatozoiden im Pflanzenreich, 1864.

Objectträger sich am besten erhalten. Nirgends erwähnt er, dass die Cilien abgebrochen oder verschwunden waren.

Eigene Beobachtungen an den Spermatozoiden eines Farnkrautes bestätigen dies, in dem gebeizten Präparate sassen alle Cilien noch dem verunstalteten Körper des Spermatozoides an.

Dass die Cilien der Spermatozoiden wenig empfindlich und sehr beständig sind, wird auch durch die Angabe Engelmann's¹⁾ bestätigt, dass die Schwänze vieler thierischer Spermatozoën (vom Frosch z. B.) noch häufig, auch wenn sie völlig vom eigentlichen Körper abgetrennt sind, sich bewegen.

Eigene Beobachtungen.

Um Resultate zu erhalten, die für einen Vergleich mit den Bakterien geeignet waren, mussten einmal die Flagellaten in eben solchen Ummengen wie jene, dicht gehäuft, einander stossend und drängend, beobachtet werden, um festzustellen, ob die Geisseln der bunt durcheinander wimmelnden Individuen sich störend beeinflussten. Allbekannt sind ja solche Massenvorkommnisse von *Euglena*, *Chlamydococcus* und anderen. Ich habe *Euglena viridis* und *Polytoma Uvella* mehrmals in solchen Mengen vor mir gehabt, dass die Individuen, wie in den dichtesten Bakterienansammlungen, sich zusammen-drängten.

Andererseits war zu untersuchen, ob die Herstellungsweise der Bakterienpräparate, Eintrocknen eines verdünnten Tropfens auf dem Deckglas, nachtheilig auf die Geisseln einwirkte. Es wurde deshalb festgestellt, wie die Geisseln der Flagellaten beim Verdünnen des sie enthaltenden Wassers und beim Eintrocknen des Tropfens sich verhalten. Die Beobachtung wurde theils im hängenden Tropfen ausgeführt, dessen allmähliche Verdunstung unmittelbar unter dem Mikroskop verfolgt wurde, theils an Deckglastrockenpräparaten, die nach Löffler'scher Methode gebeizt waren.

1. *Polytoma Uvella*.

Die Polytomen sind keineswegs immer gleich stark empfindlich und verhalten sich im hängenden und eintrocknenden Tropfen des-

1) Hermann's Handbuch der Physiol., I, 1, p. 394.

halb nicht immer ganz gleich. Wenn man Polytomen im Freien gesammelt und sie eine Strecke weit zu tragen gehabt hat, so sind sie schon durch die damit verbundenen Einwirkungen etwas nachtheilig beeinflusst. Wenn sie dann aber einen Tag vielleicht ruhig im Zimmer gestanden haben, so haben sie sich erholt, ihre Geisseln sind gegenüber den Einflüssen der Präparation weniger empfindlich. Um das Gesagte zu veranschaulichen, mögen einige meiner Beobachtungen genauer besprochen werden. Im Frühjahr 1892 und 1893, beide Mal in der ersten Hälfte des März, bevölkerten Polytomen in zahllosen Mengen eine Abtheilung des Aquariums im Leipziger botanischen Garten. Dort wurde das sie enthaltende Wasser geschöpft und nur wenige Schritte in das Zimmer getragen. In beiden Jahren war der Organismus sehr empfindlich.

Schon gleich nach der Herstellung des hängenden Tropfens begannen, obgleich alle Individuen noch lebhaft umherschwärmten, die Veränderungen einiger Geisseln. Selbstverständlich nimmt mit der Zeit auch die Zahl derjenigen Individuen zu, an deren Geisseln sich die Folgen der Präparation zeigen. So wurde in einem Falle in 25 Minuten dreimal das Abwerfen von Geisseln unmittelbar beobachtet, schon drei Minuten nach Herstellung des Tropfens fand sich eine abgeworfene Geissel, zehn Minuten nach Beginn der Beobachtung wurden die ersten sogleich zu schildernden Quellungskugeln gefunden. Niemals wurde beobachtet, dass die Geisseln in den Körper eingezogen werden, immer werden sie „abgeworfen“. Hierbei hat man zwei Fälle zu unterscheiden: entweder werden die Geisseln, ohne selbst bereits irgend wie verändert zu sein, abgestossen oder sie erleiden vor ihrer Abtrennung erst eine andere, als Verquellung erscheinende Veränderung und lösen sich erst später ab.

Das Abwerfen unveränderter Geisseln wurde siebenmal unter dem Mikroskop genau beobachtet, bereits abgeworfene, noch unveränderte Geisseln wurden in grosser Zahl gefunden. Die ihre Geisseln abstossenden Individuen lebten noch, wie aus dem regelmässigen Spiel der beiden contractilen Vacuolen nahe der Spitze sich ergab. Ob während der vollen Bewegung einzelne Geisseln abgeworfen werden, konnte natürlich nicht beobachtet werden. Die Individuen, an denen der Vorgang genau verfolgt wurde, lagen ruhig da, theils am Rande des Hängetropfens, theils der Unterseite des Deckglases anhaftend. Ihre Geisseln schlugen zunächst noch sehr

lebhaft, dabei bald gerade ausgestreckt, bald peitschenförmig verschlungen erscheinend, auch ihre sichtbare Spitze, also die Spitze des Peitschenstieles, war noch nicht verändert, noch nicht knopfig angeschwollen. Plötzlich, meist nach einem sehr kräftigen Schwunge, reisst die Geissel an ihrer Basis ab, oft einen kaum sichtbaren Stummel zurücklassend. Niemals wurde ein Zerbrechen in mehrere Stücke beobachtet. Die abgerissene Geissel zuckt noch ein oder einige Male und wird dann ruhig, bald gerade ausgestreckt, bald geschlungen. Nach einiger Zeit, wenigen Minuten, schwillt die abgerissene Geissel an der Spitze knopfig an, als erstes Zeichen der nun sich anschliessenden Zersetzung.

Das Abwerfen der ganzen unveränderten Geisseln beobachtet man am häufigsten bald nach der Herstellung des Hängetropfens, nach einiger Zeit aber, $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunde später, herrscht das Abwerfen verquollener Geisseln vor. Die zunächst noch schlagende Geissel beginnt, so wie später die unverändert abgeworfene, an ihrer Spitze knopfig anzuschwellen resp. ihre Spitze einzurollen. In kurzer Zeit, im Verlaufe weniger Minuten, rückt diese Anschwellung an der Geissel abwärts, wobei die Geissel natürlich immer kürzer wird (Fig. 27a, Taf. XII). Schliesslich sitzt statt dieser ein Knopf oder Kügelchen dem Körper des Polytoma auf, oft neben einer noch vollständig ausgestreckten Geissel (Fig. 27b u. c, Taf. XII). Diese Art der Geisselveränderung, die Contraction, ist auch bereits von Schneider¹⁾ an Polytoma beobachtet worden, wie in der Literaturübersicht zu finden ist. Ueber das weitere Schicksal dieser Bläschen giebt Schneider keine Auskunft. In derselben Weise ist ja auch von Clark der Vorgang bei *Codosiga* beschrieben worden; desgleichen von Strasburger bei der Schwärmospore von *Vaucheria*.

Die kleinen, aus den contrahirten Geisseln hervorgegangenen Bläschen werden nun aber niemals in den Körper aufgenommen, sondern eher oder später abgestossen, um weiter zu verquellen. Auch dieser Vorgang kann sich noch vor der Ablösung vollziehen, so dass man sehr oft Exemplare mit stark veränderten, noch ansitzenden Bläschen findet. Diese sind nach beendeter Contraction der Geisseln noch klein, so wie es Schneider (l. c.) abbildet und wie es auch meine Abbildungen (Fig. 27b, c, Taf. XII) zeigen. Bald beginnt

1) l. c., Archiv f. Anat. u. Phys., 1854, p. 197, Taf. IX, Fig. 15,

aber eine starke Vergrösserung der Kugelchen, wobei sie immer matter und matter werden, sie übertreffen oft schliesslich sogar an Grösse den Körper des Polytoma, dem sie noch anhaften (Fig. 28, Taf. XII). Zuweilen sieht man auch neben einer solchen aufgetriebenen Quellungskugel die andere Geissel noch unverändert und ausgestreckt¹⁾. Die gequollenen Kugeln lösen sich später vom Polytomakörper ab, man sieht sie, oft bis fast zur Unsichtbarkeit verquollen, in dem Tropfen liegen. In den verquellenden Kugeln wimmeln meist einige winzige Körnchen, die letzten festen Reste der zerfallenden Geissel, in Molecularbewegung umher. Nachdem die Bläschen fast bis zur Unsichtbarkeit aufgequollen sind, ist es natürlich nicht möglich, ihr weiteres Schicksal unmittelbar zu beobachten. Es ist wohl aber die Annahme gerechtfertigt, dass sie schliesslich vollständig zerfliessen und aufgelöst werden.

Diejenigen Geisseln, welche unverändert abgeworfen werden, gehen bald zu Grunde, entweder in ähnlicher Weise wie die zu Bläschen contrahirten, noch ansitzenden Geisseln oder in einfacherer Weise. Die Zersetzungserscheinungen abgeworfener Geisseln sollen im nächsten Capitel geschildert werden.

Das Endergebniss aller der beschriebenen Vorgänge ist das gleiche, Vernichtung und Zersetzung der Geisselsubstanz, die nicht wieder in den Körper der Polytomen aufgenommen wird.

Das Abwerfen unveränderter Geisseln und die Contraction noch ansitzender erweisen sich nur als verschiedene Stadien eines und desselben Vorganges. Die Entscheidung darüber, in welchem Zustande die Geisseln sich ablösen, hängt einmal von ihrer Empfindlichkeit und zweitens von der Zeit ab, während welcher die ungünstigen Bedingungen wirken. Herrschen diese erst kurze Zeit, wie in einem eben hergestellten Hängetropfen, so schlagen alle Geisseln noch lebhaft genug, um sich losreissen zu können, denn dieser Vorgang wird scheinbar nicht allein von dem Protoplasten angeregt. Die Geissel ist, nachdem sie einmal fertig entwickelt ist, ein vom übrigen Körper ziemlich unabhängiger Theil des ganzen Organismus.

Bei längerem Aufenthalt im hängenden Tropfen werden dann

1) Derartige Bilder haben auch Dallinger und Drysdale (Monthly micros, journ., XII, Taf. LXXXV) vor sich gehabt, aber ganz anders gedeutet,

unter dem andauernden Einfluss der ungünstigen Bedingungen die Geisselschläge schwächer, die Geisseln reissen deshalb meistens nicht mehr ab, sondern contrahiren sich und verquellen am Körper des Polytoma. Während das Abreissen der ganzen, noch zuckenden Geisseln das Werk eines Augenblickes ist, lösen sich die Bläschen nur sehr langsam ab, sie können bis zum vollständigen Unsichtbarwerden haften bleiben, sie können auf jedem anderen Stadium der Verquellung sich ablösen. Da diese ebenfalls langsam verläuft, so kommt es, dass man $\frac{1}{2}$ Stunde lang und länger die Bläschen an den Polytomen hängen sieht, ehe sie sich ablösen.

Bis zum völligen Eintrocknen des Hängetropfens wurden natürlich nicht alle Geisseln, wohl aber die meisten abgeworfen oder contrahirt; viele Individuen trockneten am Deckglas fest mit vollkommen unveränderten Geisseln.

Dem Verhalten des empfindlichen Polytoma mag jetzt das eines weniger zarten, im October 1893 gesammelten gegenüber gestellt werden. An dieser Form, übrigens ebenfalls Polytoma Uvella, wurde besonders der Einfluss studirt, den die Verdünnung mit Wasser und die langsame Eintrocknung auf dem Deckglas hat. Beide Umstände konnten ja bei gleicher Empfindlichkeit der Geisseln zu verschiedenen Erfolgen führen. Das am 17. October gesammelte Material hatte bis zum 19. October ruhig im Zimmer gestanden und sich von den Einflüssen des Transportes erholt. Die eingetrockneten Tropfen wurden nach Löffler gebeizt und gefärbt, und an den fertigen Präparaten das Verhalten der Geisseln studirt.

Ohne Verdünnung. Am 19. October wurden auf einige Deckgläser kleine (eine kleine Platinöse), auf andere grosse (zwei grosse Platinösen) Tropfen des unverdünnten, die Polytomen enthaltenden, fauligen Wassers gebracht. Die kleinen Tropfen trockneten in 17, die grossen in 78 Minuten ein. Es waren soviel Polytomen vorhanden, dass sie an einigen Stellen sich zu einem zellgewebeartigen polygonalen Maschenwerk aneinander gelagert hatten. Die Dauer des Eintrocknens war ohne Einfluss auf die Geisseln geblieben. In beiden Fällen trugen alle Individuen, ganz vereinzelt Ausnahmen abgerechnet, noch ihre beiden Geisseln, diese selbst waren unverändert, an der Spitze nicht knopfig angeschwollen oder eingerollt. Abgeworfene Geisseln waren nur sehr wenige zu finden und auch diese zeigten noch keine Zersetzungerscheinungen.

Mit Verdünnung. Das faulige Wasser wurde mit Leitungswasser von annähernd derselben Temperatur in verschiedenen Verhältnissen verdünnt und zwar 1 : 10, 1 : 12, 1 : 20, 1 : 100. Da alle Verdünnungen die gleichen Resultate ergaben, so sollen nur die beiden letzten besprochen werden; in dem einen Falle wurde 0,1 cem der organismenreichen Flüssigkeit mit 2 cem, im andern 0,2 cem mit 20 cem Leitungswasser verdünnt und gemengt. Sogleich darauf wurden dann auf Deckgläser kleine, mittelgrosse und grosse Tropfen übertragen. Ihr Eintrocknen dauerte bei 20facher Verdünnung 12, 75 und 124 Minuten, bei 100facher Verdünnung 14, 68 und 127 Minuten. Bei 20facher Verdünnung trugen alle gesunden Individuen, abgesehen von ganz vereinzelt Ausnahmen, noch ihre Geisseln. Diese waren unverändert, gleichviel wie lange das Eintrocknen gedauert hatte. Auch die starke Verdünnung 1 : 100 hatte keinen auffallenden Einfluss. Der kleine, in 14 Minuten getrocknete Tropfen enthielt nur wenige Individuen; sie alle trugen noch ihre unveränderten Geisseln. In den beiden anderen Tropfen waren zahlreiche Individuen vorhanden, fast alle hatten ihre Geisseln unverändert behalten. Ein kleiner Zuwachs an abgeworfenen Geisseln war aber gegenüber der 20fachen Verdünnung doch nicht zu verkennen; immerhin war ihre Zahl noch so gering, dass sie gegenüber den noch ansitzenden Geisseln gänzlich zurücktraten. Auf den ersten Blick gewährten die Präparate denselben Eindruck, wie die der 20fachen Verdünnung.

Innerhalb der beobachteten Grenzen war somit der Grad der Verdünnung und die Dauer des Eintrocknens ohne Einfluss auf die Geisseln gewesen. Bei der Herstellung von Bakterienpräparaten wird jedenfalls eine noch längere Eintrocknungsdauer nicht vorkommen, dagegen muss die Verdünnung 1 : 100 oft noch überschritten werden. Bei den Polytomen noch weiter zu gehen, war nicht wohl möglich, da sonst zu wenig Exemplare in die Präparate gekommen wären. Jedoch lassen die Erfahrungen an Bakterien erkennen, dass viel grössere Verdünnungen von den Geisseln vertragen werden.

Nochmals sei besonders betont, dass die benutzten Polytomen wenig empfindlich waren und sich im Zimmer von den ungünstigen Wirkungen des Sammelns erholt hatten. Dass dieses wirklich nachtheilige Folgen hat und die Empfindlichkeit der Geisseln steigert, mögen folgende Beobachtungen veranschaulichen.

Als am 17. October das eine halbe Stunde vom Institute eingesammelte Material ins Zimmer gebracht worden war, wurden sofort unverdünnte Tropfen auf Deckgläsern in ungefähr 15 Minuten eingetrocknet. Fast alle Individuen trugen noch ihre beiden Geisseln, diese selbst waren unverändert. An demselben Tage, aber sieben Stunden später hergestellte, ebenfalls unverdünnte Präparate, bei denen das Eintrocknen ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde gedauert haben mochte, zeigten eine grosse Empfindlichkeit der Geisseln. Die meisten Polytomen hatten sie verloren, sie lagen auf den verschiedensten Stadien der Zersetzung umher, von der ersten schleifenförmigen Einkrümmung der Spitze an bis zur vollendeten Contraction zur Quellungskugel. Da beide Präparate in gleicher Weise hergestellt waren, so konnte ihr auffälliger Unterschied nur durch eine verschiedene Empfindlichkeit der Geisseln hervorgerufen worden sein. Die gleichen Beobachtungen werden noch bei Euglena zu besprechen sein. Der ungünstige Einfluss des Sammelns scheint sich demnach nicht sogleich in voller Stärke zu zeigen.

Auch die Verdünnung mit Wasser ist für solche empfindlichere Geisseln nicht gleichgültig, wie Folgendes zeigt. Gleichzeitig mit den unverdünnten Präparaten, die sofort nach dem Sammeln hergestellt wurden, wurden auch verdünnte Tropfen auf Deckgläser aufgetragen. Nur wenige der zahlreichen Polytomen trugen noch unveränderte Geisseln, diese waren entweder abgerissen oder zu jenen Bläschen umgestaltet, deren Bildung bereits beschrieben wurde (Fig. 2, 3, Taf. XII). Auch die abgeworfenen Geisseln befanden sich auf verschiedenen Stadien der Zersetzung und Einrollung, worüber man das dritte Capitel vergleichen wolle. Die Verdünnung betrug hier sicherlich nicht mehr als 1:10, das Eintrocknen der Tropfen mochte eine Stunde gedauert haben. Ein Hinweis auf die Resultate, welche mit demselben Material zwei Tage später erhalten wurden, wird genügen, um die verschiedene Empfindlichkeit der Geisseln zu veranschaulichen. Mit dem Sammeln und Nachhausetragen sind besonders drei Umstände verbunden, die nachtheilig wirken könnten: Temperaturwechsel, Erschütterung, Sauerstoffmangel. Der Temperaturwechsel, dem gegenüber diese Organismen auch im Freien sich sehr gleichgültig verhalten, konnte an dem warmen Octobertage, wo das Zimmer noch nicht geheizt war, nicht in Betracht kommen. Welcher der beiden andern Umstände stärker einwirkte, vermag ich nicht

sicher zu bestimmen, jedoch möchte ich dem Sauerstoffmangel, der in dem verkorkten Gläschen eintreten musste, den grösseren Einfluss zuschreiben. Hier können selbstverständlich nur Experimente entscheiden. Für meine Zwecke genügte die Feststellung der Thatsache, dass ungünstige Einflüsse sich auch in einer Steigerung der Empfindlichkeit der Geisseln äussern können.

Niemals habe ich weder an lebenden Polytomen, noch in den Präparaten eine Einziehung der Geisseln gefunden, so dass es wohl als erwiesen angesehen werden kann, dass bei diesen Organismen die Geisseln immer abgeworfen werden. Die von Schneider und von Dallinger und Drysdale beschriebenen, als Einziehungsstadien gedeuteten Bilder stellen nur gewisse Zustände des Absterbens dar und sind wohl erst während der Präparation entstanden. Ebenso wird es wohl auch mit den für *Codosiga* beschriebenen Erscheinungen sich verhalten.

Dass auch bei der Theilung der Polytomen die Geisseln nicht eingezogen werden, geht aus Angaben Schneider's¹⁾ und Dallinger und Drysdale's²⁾ hervor. Die Genannten fanden entleerte Häute der Muttergeneration mit den noch ansitzenden, unveränderten Geisseln.

Wenn man im hängenden Tropfen so viel Polytomen vor sich hat, dass sie sich wie dicht gehäufte Bakterien fortwährend stossen und drängen, so wird man doch nicht bemerken, dass sie sich mit ihren Geisseln gegenseitig stören. Ein einziges Mal habe ich gesehen, wie durch den Anprall eines anderen Individuums eine Geissel am Grunde abbrach. Ganz anders verhielt es sich mit dem gewöhnlich unsichtbaren Theil der Peitschengeissel, der dünnen und langen Schnur, deren merkwürdiges Schicksal bereits im vorigen Capitel geschildert wurde.

2. *Euglena viridis*.

Die Empfindlichkeit der *Euglena*-Geissel ist schon von Klebs besprochen und auch in der Literaturübersicht erwähnt worden. Aus meinen Beobachtungen sei hervorgehoben, dass auch hier eine verschiedene Empfindlichkeit je nach den Umständen herrscht.

1) Archiv f. Anatom. u. Physiol., 1854, p. 195.

2) Monthly microsc. journal, XII, p. 265, Taf. XXXIV, Fig. 11.

Gleichzeitig mit den Polytomen, theils mit ihnen vermengt, waren im October 1893 auch Euglenen eingesammelt worden. Sogleich, nachdem das Material ins Zimmer gebracht worden war, wurden unverdünnte Tropfen auf Deckgläser übertragen, wo sie ungefähr in $\frac{1}{4}$ Stunde eintrockneten. Ungefähr die Hälfte der Euglenen trug noch die Geissel, die selbst noch keinerlei Spuren der Zersetzung zeigte. Die abgeworfenen Geisseln waren fast alle noch unverändert, ihre Spitze nicht verquollen, nicht eingerollt. Nur einige wenige der abgerissenen Geisseln befanden sich in den ersten Stadien des Vergehens.

Von demselben Material wurden sieben Stunden später wiederum unverdünnte Präparate, deren Eintrocknen ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde dauerte, hergestellt. Auf den ersten Blick unterschieden sich diese durch viel mehr geissellose Individuen, viel mehr abgerissene, auf allen Stadien der Zersetzung begriffene Geisseln von den andern Präparaten. Wiederum hatte, wie bei Polytoma, die nachtheilige Einwirkung des Sammelns und des Transportes nicht sogleich ihr Maximum erreicht, dies trat erst einige Stunden später ein. Damit stimmt ja auch die Erfahrung, dass die Bewegungen der Euglenen gleich nach dem Sammeln am allgemeinsten und lebhaftesten sind, dass aber schon bald viele Euglenen in einen Ruhezustand übergehen. Ehe dies geschieht, sind bereits ihre Geisseln empfindlicher geworden und fallen leichter ab. Dass aber auch gleich nach der Ernte die Euglenen schon ungünstig beeinflusst waren, zeigt die erste Reihe von Präparaten, in denen ungefähr die Hälfte der Individuen ihre Geisseln verloren hatten.

Als das Material zwei Tage im Zimmer gestanden hatte, waren freilich sehr viele Euglenen bereits encystirt, die noch beweglichen aber hatten sich erholt. Ein grosser, unverdünnter Tropfen hatte 78 Minuten zum Eintrocknen gebraucht. Fast alle Individuen waren noch mit der Geissel ausgerüstet, diese noch spitz und unverquollen. Ein im Verhältniss 1 : 10 verdünnter Tropfen, der in 72 Minuten eintrocknete, ergab dasselbe Bild. In beiden Fällen eine viel geringere, mit Polytoma übereinstimmende, Empfindlichkeit als am Sammlungstage. Etwas leichter als bei Polytomen scheinen aber die Geisseln bei Euglenen immer abzureissen.

An lebendem Material habe ich hier das Abwerfen der Geisseln nicht unmittelbar beobachtet; es genügte hier die Untersuchung der

eingetrockneten Tropfen. So sei noch erwähnt, dass in einem unverdünnten Hängetropfen eine halbe Stunde nach seiner Herstellung noch alle Individuen lebendig waren, ihre Geisseln schwingend. Schon 10 Minuten später waren sie von den meisten abgerissen. Jetzt war freilich auch das Wasser fast völlig verdunstet. Diese Beobachtung wurde einen Tag nach dem Sammeln des Materiales angestellt.

Wenn man einen Hängetropfen mit Euglenen längere Zeit beobachtet, so wird man oft sehen, dass die ursprünglich dünne Geisselspitze, sobald sie an dem Deckglas hängen bleibt, sofort scheibenförmig anschwillt, ähnlich den Haftballen der Ampelopsisranken.

Wirklich kleben die Geisseln jetzt mit ihrer Spitze mehr oder weniger fest; da aber der übrige Theil noch lebhaft hin- und herzuckt, so reißen sie sich oft wieder los. Die Anschwellung der Geisselspitze bleibt aber so lange wenigstens, als man ein Individuum in dem Wirrwarr verfolgen kann, also sicher einige Minuten, erhalten. Ob sie überhaupt wieder zurückgebildet wird, vermag ich nicht anzugeben. So schnell wie sie in Folge der Berührung oder, wenn man will, des Berührungsreizes entsteht, so schnell verschwindet sie sicher nicht wieder.

Klebs¹⁾, der ebenso wie seine Vorgänger dieselbe Erscheinung beobachtete, hält die Anschwellung für das erste Zeichen des Absterbens. Meiner Ansicht nach hat man aber diese durch die Berührung hervorgerufene Anschwellung der noch lebendigen und die beginnende Aufrollung der absterbenden Geissel wohl zu unterscheiden. Die Contraction noch ansitzender Geisseln bis zu kleinen Bläschen wurde bei *Euglena* nicht in lückenloser Beobachtung an einzelnen Exemplaren verfolgt; ihr Vorkommen aber festgestellt. Als ein unverdünnter Tropfen auf dem Objectträger mit dem Deckglas bedeckt worden war, trat in kurzer Zeit fast an allen Individuen der erwähnte Vorgang ein. Gleich nach der Herstellung des Präparates hatten viele Geisseln eine scheibenförmig verbreiterte Spitze, es waren diejenigen, die an das Deckglas anklebten. Schon wenige Minuten später aber trugen fast alle Individuen anstatt der Geissel ein kleines Bläschen, so wie bei *Polytoma*. Die nachfolgenden Veränderungen

1) l. c., Untersuchung im Tübinger Institut, I, p. 255.

dieser wurden hier nicht beobachtet, sie würden sich wohl aber später abgelöst haben. Hier dürfte wohl der Druck des Deckglases die schnelle und allgemeine Contraction der Geisseln herbeigeführt haben.

Auch bei *Euglena* habe ich niemals eine Andeutung dafür gefunden, dass die Geisseln in den Körper eingezogen werden, immer werden sie abgeworfen. Die Zersetzung dieser beschreibt das nächste Capitel.

Wenn der Tropfen sehr viel Euglenen enthält, so dass diese sich stossend und drängend durcheinander wimmeln, scheinen sie sich doch mit ihren Geisseln nicht zu verfangen und zu stören. Auch in den gefärbten Präparaten konnte ich nichts Derartiges finden.

3. Andere Flagellaten.

Nur mit wenigen Worten sei noch erwähnt, dass andere Flagellaten (*Pandorina morum*, *Chlorogonium euchlorum*, *Bodo*, *Monas guttula*) das gleiche Verhalten der Geisseln zeigten wie *Euglena* und *Polytoma*: bald eine geringere Empfindlichkeit und alle Geisseln noch ansitzend, bald empfindlicher und fast alle Geisseln abgerissen.

4. Verhalten der Geisseln bei der Plasmolyse.

Bei *Euglena viridis*, deren Inhalt mit der Hülle fest verwachsen ist, war gar keine Contraction des ersteren zu bemerken. Der ganze Körper der *Euglena* schrumpft, die Hülle mit sich ziehend, die Geissel hört auf zu schlagen, wird aber weder eingezogen, noch abgeworfen. Beim Wasserzutritt dehnt sich der Körper wieder aus, Geisselbewegung und Metabolie fangen wieder an.

Bei *Pandorina morum*, *Gonium pectorale* und *Chlorogonium euchlorum* werden bei Plasmolyse ebenfalls die Geisseln nicht eingezogen, der Inhalt zieht sich zwar Anfangs von der Haut zurück, aber vorläufig nicht an der die Geisseln tragenden Spitze der Zellen. Ehe aber die Contraction auch diese Stelle erreicht hat, geht sie schon wieder zurück durch sehr rasches Eindringen des Salzes. Die ganze Erscheinung dauert oft nur einen Augenblick,

Fast ebenso schnell geht auch bei *Polytoma Uvella* und *Chlamydomonas* die Plasmolyse wieder zurück, die Geisseln werden auch hier nicht eingezogen oder abgeworfen. Es gelingt aber hier zuweilen, während der Contraction des Inhaltes seinen Zusammenhang mit der Insertionsstelle der Geisseln zu sehen. Es bleibt ein dünner, diese Stelle mit dem contrahirten Inhalt verbindender Strang übrig. Auch ohne Plasmolyse findet man bei *Polytoma* gelegentlich, wie schon Schneider¹⁾ erwähnt, Individuen, deren Inhalt sich von der Spitze zurückgezogen hat und mit ihr nur durch einen dünnen Strang verbunden ist. Da diese Individuen ungeschwächt sich bewegen, so scheint wirklich dieser Strang auch physiologisch als Verbindung zwischen den Geisseln und dem Inhalt zu dienen. Nach dem Auswaschen der schwachen Salzlösung beginnt auch bei *Polytoma* die Bewegung der Geisseln von Neuem.

III. Das Absterben der Geisseln.

Es dürfte auf den ersten Blick überflüssig erscheinen, wenn dem Absterben der Geisseln, einem so nebensächlichen und bedeutungslosen Vorgange ein besonderes Capitel gewidmet wird. Da aber absterbende und sich zersetzende Geisseln oft höchst merkwürdige und zu Täuschungen Veranlassung gebende Bilder gewähren, so dürfte das Folgende doch nicht ganz ohne Werth sein.

In der Literatur habe ich keine besonderen Angaben gefunden, Klebs²⁾ sagt nur, dass die abgeworfene Geissel von *Euglena* rasch unter Vacuolenbildung zu Grunde geht. Nach Seligo³⁾ degeneriren die Geisseln zu kugeligen Blasen, in die allmählich alles Geisselplasma übertritt.

Eine andere bereits citirte Angabe verdanken wir Büsgen⁴⁾, der für die Cilie der Schwärmer eines Rhizidium eine Einrollung beschreibt. Das Object ist aber zu zart und fein, so dass es für derartige Beobachtungen nicht geeignet war. Büsgen erwähnt noch,

1) l. c., Archiv f. Anat. u. Physiol., 1854, p. 193, Taf. IX, 13 u. 14.

2) l. c., p. 256.

3) l. c., Cohn's Beiträge, IV, p. 175.

4) l. c., Cohn's Beiträge, IV, p. 255.

dass die Geisselsubstanz während der Einrollung an einigen Stellen zu kleinen Knötchen sich zusammenzieht.

Alles über das Absterben der Geisseln bisher Mitgetheilte konnte sich nur auf den sichtbaren Theil dieser beziehen. Erst in Folge jenes feineren, nur durch Löffler's Beizungsmethode nachweisbaren Baues verdient auch der Zersetzungs Vorgang der Geisseln eine besondere Beachtung.

1. *Polytoma Uvella*.

Die Peitschengeisseln dieser Flagellate haben bei der mikroskopischen Beobachtung des lebenden Materiales ein verschiedenes Verhalten gezeigt, die einen wurden unverändert, in ausgestrecktem Zustande abgeworfen, die andern verkürzten sich, während sie am Körper noch festsassen, zu kleinen Bläschen und schienen diese Veränderung durch eine Verquellung ihrer Substanz zu erleiden. Die gebeizten Präparate ergänzen diese Beobachtungen nicht nur in Bezug auf die unsichtbare Peitschenschnur, sondern auch rücksichtlich der als Verquellung und Contraction erscheinenden Umgestaltung der Geisseln zu kleinen Bläschen. Dieser Vorgang beansprucht, wie das vorige Capitel lehrt, nur wenige Minuten, während die endgültige Zersetzung des später sich ablösenden Bläschens wohl eine Stunde und noch länger dauern mag.

Noch ansitzende, in Bläschen verwandelte Geisseln enthielt in grosser Menge ein Präparat, das am 17. October, gleich nach dem Sammeln des Materiales, mit Wasserverdünnung hergestellt und gebeizt worden war. Einige Bilder aus diesem und einem andern Präparat findet man in den Fig. 2—4, Taf. XII wiedergegeben. Das der unmittelbaren Beobachtung als Bläschen erscheinende Gebilde enthüllt sich als der aufgerollte Peitschenstiel, der zu einem Ring oder einer Oese oder einem uhrfederartigen Gebilde (Fig. 2) sich eingerollt hat. Diese Oese erscheint in Fig. 2 u. 3 noch leer, d. h. sie war mit Wasser gefüllt, während sie in Fig. 4 einen schwach gefärbten Inhalt umschliesst, der dem während der Einrollung verquellenden Geisselstiele entstammt. Die Bläschen sind also nicht homogene, durch eine gleichmässige Verquellung der ganzen Geisselsubstanz entstandene Gebilde, sondern ösen- oder ringartige Einrollungszustände des Geisselstieles, dessen Verquellung oft erst nach

der Einrollung beginnt. Fängt sie früher schon an, so füllt sich die Oese des sich einrollenden Geisselfadens mit der verquellenden und sich lösenden Substanz, genau so wie eine kleine Drahtöse, die man in Wasser taucht, mit diesem sich erfüllt (Fig. 4).

Dasselbe Präparat vom 17. October enthielt auch sehr viel abgerissene Geisseln auf allen Stadien der Einrollung. Da ein zu gleicher Zeit hergestelltes, aber nicht verdünntes Präparat keine abgerissenen und überhaupt keine eingerollten Geisseln enthielt, so folgt hieraus, dass diese nicht bereits vor der Herstellung des verdünnten Präparates abgerissen und eingerollt waren. Diese Veränderungen mussten in der einen Stunde sich abspielen, die bis zum Eintrocknen des Tropfens verstrich. So ersieht man, dass auch ausgestreckt abgeworfene Geisseln nicht mehr Zeit zu ihrer Aufrollung und Zersetzung erfordern als noch ansitzende.

Aber nicht alle unverändert abgeworfenen Geisseln rollen sich noch ein, ehe sie sich zersetzen. Einige und unter gewissen, nicht näher ermittelten Umständen sogar die meisten bleiben ausgestreckt und verfallen so der Auflösung (Fig. 25, Taf. XII). Stiel und Schnur werden immer substanzärmer und färben sich in Folge dessen immer schwächer. An einigen war auch eine schwache Zerfaserung des Peitschenstieles undeutlich bemerkbar.

Die Einrollung abgeworfener Geisseln scheint nicht immer bis zur völligen Zusammenrollung der ganzen Geisseln zu führen, sondern auf verschiedenen Stufen still zu stehen. So glaube ich wenigstens manche der beobachteten Bilder deuten zu müssen. Solche verschieden weit eingerollte Geisseln zersetzen sich dann wie die nicht eingerollten.

Viele Geisseln, die ausgestreckt abgeworfen waren, rollen sich aber sicher noch ein und beginnen während dieser Veränderungen auch bereits zu verquellen. Während selbstverständlich an noch ansitzenden Geisseln die Einrollung nur von der Spitze aus anfangen kann, rollen sich abgeworfene ebenso oft, ja vielleicht sogar etwas häufiger von der Basis aus ein (Fig. 16—18, 20, Taf. XII). In solchen Fällen ist das Schicksal der dünnen Schnur besonders deutlich zu erkennen. Sie verliert sehr bald so viel ihrer ursprünglich schon geringen Substanz, dass nur noch ganz schwache Färbungen zu erreichen sind. Einmal (Fig. 18) hatte die absterbende Schnur in eine Reihe winziger Körnchen sich aufgelöst, in allen anderen Fällen blieb sie bis zu ihrem Unsichtbarwerden homogen.

Wenn die Einrollung von der Spitze beginnt (Fig. 3, 4, 8, 26, Taf. XII), wird die Schnur nicht mit eingerollt, diese Veränderung beschränkt sich immer auf den Peitschenstiel, der auch in dieser Beziehung als besonderes Organ sich erweist. Bald ist die Schnur auf den sich einrollenden Stiel aufgewickelt (Fig. 8), bald ist sie ganz oder theilweise abgerissen (Fig. 3, 4, 26). Jedenfalls fängt die Einrollung des Geisselapparates nicht an dem Ende der Schnur an und setzt sich dann auf den Stiel fort. Beide Theile der Geissel verändern sich unabhängig von einander. Eine von beiden Enden des Stieles gleichzeitig beginnende Einrollung wurde bei *Polytoma* nicht beobachtet, während sie bei den Flimmergeisseln von *Euglena* und *Monas* nicht selten vorkommt.

Der Anfang der Einrollung, gleichviel von welcher Seite aus sie beginnt, besteht in einer Umbiegung oder Einkrümmung des Stielendes und führt zur Oesenbildung, zunächst noch ohne dass diese mit verquollener Geisselsubstanz sich ausfüllt (Fig. 16, 17, 20, Taf. XII). Zuweilen bildet die abgeworfene Geissel Verschlingungen anderer Art (Fig. 21, Taf. XII). Bald füllt sich die kleine Oese mit schwach färbarem Inhalt und gleichzeitig schreitet die Einrollung weiter fort (Fig. 22, 23a—c, Taf. XII). Zuletzt ist der ganze Stiel zu einem scheibenförmigen Gebilde uhrfederartig aufgerollt (Fig. 23c), das vorausgehende Stadium veranschaulicht Fig. 23b. Das Endresultat besteht in einer vollständigen Auflösung des eingerollten Stieles, dessen Schnur bereits vorher verschwunden ist. Die letzten, undeutlichen, nur noch ein mattgefärbtes Fleckchen darstellenden Reste lassen sich nicht mehr sicher von anderen Unreinlichkeiten des Präparates unterscheiden.

Ebenso vergänglich wie die noch nicht abgerissene Schnur sind natürlich auch deren Fetzen und Bruchstücke, mit denen die Geisselstiele zuweilen behängt sind. An der sich einrollenden, abgeworfenen Geissel, welche Fig. 26, Taf. XII abgebildet ist, wird man ein solches Anhängsel sehen. Sie verschwinden sehr schnell und sind an ganz eingerollten Geisseln nicht mehr zu finden.

Man vergleiche auch den Abschnitt über die Körnchenstructur, die ja aller Wahrscheinlichkeit nach auch nur eine Zersetzungs- oder doch wenigstens eine vorübergehende Reizerscheinung ist. Ob die kleinen Körnchen, welche in den aus den Geisseln entstandenen Bläschen herumwimmeln, und jene Körnchen, welche zuweilen in

den Geisseln sichtbar sind, zusammengehören, vermag ich nicht zu entscheiden. In den gefärbten Präparaten war der schwach gefärbte Inhalt der Oesen immer homogen und körnchenfrei.

2. *Euglena viridis*.

In dem der Geisselstructur gewidmeten ersten Capitel wurde bereits darauf hingewiesen, dass viele Geisseln als erstes Zeichen der Schädigung mehr oder weniger aufquellen, wodurch eine Scheinstructur hervorgerufen werden kann. Diese täuscht einen dichten Achsenstrang und eine weniger dichte, blass gefärbte Grundmasse vor. Auch auf den verschiedensten Zuständen der Einrollung können durch die nebenherlaufende Quellung derartige Bilder entstehen, deren Deutung Anfangs Schwierigkeiten bietet.

Genau wie bei *Polytoma* zersetzen sich abgeworfene Geisseln auch hier zuweilen ohne Einrollung, jedoch scheint diese meistens einzutreten. Lebendes Material würde die Einrollung der Geissel ebenso wie bei *Polytoma* als Bläschenbildung erscheinen lassen. Die Zeit, die eine *Euglena*-Geissel bis zur völligen Zersetzung braucht, schätze ich auf eine Stunde.

Ihrem eigenartigen Bau entsprechend liefern die absterbenden Flimmergeisseln der Euglenen höchst merkwürdige Bilder. Solange die Geisseln noch festsitzen, rollen sie sich natürlich nur von der Spitze ein, bei abgerissenen aber kann dieser Vorgang auch am entgegengesetzten Ende oder von beiden gleichzeitig beginnen (Fig. 5, 6, Taf. XI). Auch andere Verschlingungen des Fadens (Fig. 4d, Taf. XI), ähnlich wie bei *Polytoma*, werden beobachtet. Gewöhnlich rollt sich die Geissel nur von einem Ende auf, bis sie zu einem uhrfederartigen Gebilde geworden ist. Je nach dem Grade, den die nebenherlaufende Quellung erreicht hat, ergeben sich verschiedene Bilder, die mit Hilfe der Figuren-Erklärung verständlich sind (Fig. 3, 7 bis 13, Taf. XI).

Da die Flimmern nur in einer Längsreihe angeordnet sind, so fragt es sich, ob eine bestimmte Beziehung zwischen ihrer Lage und der Einrollungsrichtung der Geissel besteht. Fast scheint es so zu sein, denn man findet immer die Cilien nach allen Seiten von dem bereits eingerollten Theil ausstrahlen (Fig. 3, 7—13, Taf. XI). Hieraus freilich kann man mit Sicherheit wohl nicht schliessen,

dass die Convexität der Einrollung immer nach der flimmerbesetzten Seite der Geißel gerichtet ist. Da diese selbst oft mehrfach gedreht ist, so dass die Cilien bald rechts, bald links und nur selten gänzlich auf einer Seite liegen, wie in Fig. 4 a, so könnte auch bei jeder beliebigen Einrollungsrichtung doch immer das Bild entstehen, welches sich darbietet. Schon das der gänzlichen Aufrollung vorausgehende Stadium (Fig. 13) ist sehr merkwürdig und absonderlich, noch mehr gilt dies aber von vollständig eingerollten und in der Zersetzung weit vorgeschrittenen Geißeln (Fig. 4 f, 14—16, Taf. XI). Sie sind in scheibenförmige Gebilde mit allseitig ausstrahlenden Cilien verwandelt. Wenn die Quellung den eingerollten Faden noch nicht durch und durch ergriffen hat, dann findet sich in der mattgefärbten Grundmasse auch noch ein stärker gefärbter, zusammengerollter Faden (Fig. 14), der Achsenstrang. In anderen Fällen fehlt dieser, an seiner Stelle liegt vielleicht nur noch ein schattenhafter, etwas stärker gefärbter Rest weniger stark verquollener Geißelsubstanz (Fig. 15). Ebenso wie diese, verquellen und lösen sich auch die Cilien, so dass ihre Zahl mehr und mehr abnimmt. Den letzten, noch sicher bestimmaren Rest einer abgestorbenen Geißel stellt Fig. 16 dar. Nur noch wenige mattgefärbte Cilien gehen von einem kleinen Kügelchen, dem dürftigen Rückstand der Geißelmasse aus.

Anfang und Ende des ganzen Vorganges, die kräftige Flimmergeißel und der unscheinbare Rest sehen sich so unähnlich, dass nur durch eine Vergleichung aller Zwischenstadien ihre Zusammengehörigkeit sich nachweisen lässt. Hoffentlich genügen die beigegebenen Figuren, um alle Zweifel zu beseitigen.

Die Endstadien der Zersetzung (Fig. 14—16) könnte man ohne Kenntniss des Zusammenhanges für selbstständige Organismen, vielleicht winzige Rhizopoden halten.

Es bleibt noch übrig, darauf hinzuweisen, dass die Cilien absterbender Geißeln gewöhnlich nicht abgeworfen werden, sondern an ihr haftend allmählich sich auflösen. Nur ganz ausnahmsweise lagen einige abgebrochenen Cilien neben der Geißel, ohne dass aber mit Sicherheit ihre Zusammengehörigkeit hätte festgestellt werden können. Widersinnig wäre ja die Vermuthung nicht, dass die Cilien, ähnlich wie das bei eintrocknenden Infusorien zuweilen sicherlich vorkommt, von den Geißeln abfielen.

3. Monas Guttula.

In einem seit einigen Wochen ruhig dastehenden Heuinfus hatte sich dieser Organismus reichlich entwickelt, alle Individuen waren lebhaft bewegt. Es waren schwach verdünnte Tropfen auf Deckgläser ungefähr in zwei Stunden eingetrocknet. Die meisten Geisseln waren abgerissen und in lebhaftester Zersetzung begriffen. Hier unterlag es keinem Zweifel, dass eine abgeworfene Geissel in zwei Stunden bis auf geringe Reste sich zersetzen kann.

Auch bei dieser Flagellate geht dem Zerfall der Geisseln nicht immer eine Einrollung voraus. Solche nicht eingerollte, absterbende Flimmergeisseln stellen die Fig. 19 u. 20, Taf. XI dar. Von einem Ende aus hat die Verquellung des Fadens begonnen, in Fig. 19 ist sie erst etwas über die Hälfte vorgerückt, in Fig. 20 hat sie das andere Ende fast erreicht. Die verquellenden Geisseln verbreitern sich nicht bloss, sondern strecken sich auch beträchtlich, so dass sie, wie ein Vergleich von Fig. 21 u. 20 zeigt, das Doppelte bis Dreifache ihrer ursprünglichen Länge erreichen. In Folge dieser Streckung rücken die Anfangs sehr dicht stehenden Cilien weiter auseinander; ein Theil von ihnen wird aber während der Verquellung auch schon gelöst oder vielleicht abgeworfen.

Die Einrollung abgeworfener Geisseln erfolgt gewöhnlich von einem Ende aus (Fig. 21, 22, Taf. XI), kann aber auch an beiden Enden gleichzeitig beginnen (Fig. 18, Taf. XI). Vollkommen eingerollte Geisseln gewähren wiederum ganz absonderliche Bilder (Fig. 23—26, Taf. XI), ein uhrfederartig aufgerollter, stark gefärbter Faden, von dem nach allen Seiten die feinen Cilien ausstrahlen. Allmählich entstehen dann, durch Verquellung des Fadens und durch theilweise Auflösung der Cilien, solche Zersetzungsbilder (Fig. 26) wie bei Euglena.

Ergebnisse.

Mit Hilfe der Löffler'schen Beizungsmethode gelingt es an den Geisseln der Flagellaten einige höchst merkwürdige Structuren nachzuweisen.

Zwei Formen von Geisseln wurden bis jetzt gefunden: Flimmergeisseln und Peitschengeisseln.

Die Flimmergeissel besteht aus einem homogenen Faden, der mit einer oder mehreren Reihen kurzer, dünner, zugespitzter Härchen (Cilien) besetzt ist. Einreihig ist die Flimmergeissel von *Euglena viridis*, opponirt zweireihig diejenige von *Monas Guttula*.

Die Peitschengeissel besteht aus einem dicken, bisher für die ganze Geissel gehaltenen und ungefärbt allein sichtbaren homogenen Stiel und einer von dessen Spitze entspringenden, 2—3mal so langen, sehr zarten Schnur, die wie die Schnur einer Wagenpeitsche durch die Schläge des Stieles hin- und hergeschwungen wird. Ausser bei *Polytoma* sind solche Peitschengeisseln noch bei *Bodo* und *Chlorogonium* gefunden worden.

Obgleich bis jetzt von jeder Gattung nur eine Species untersucht wurde, so ist doch nicht zu zweifeln, dass innerhalb einer Gattung die Geisselstructur immer die gleiche sein wird. Sie verspricht deshalb ein sehr werthvolles systematisches Unterscheidungsmerkmal zu werden, um so wichtiger, als viele der anderen bisher benutzten Merkmale weniger beständig und schwerer fixirbar sein dürften. Der Nachweis der feinen Structur gelingt mit gut wirkender Beize sehr leicht und sicher.

Die Empfindlichkeit der Geisseln, die oft erheblich gesteigert erscheint, äussert sich nicht bloss darin, dass sie abgeworfen werden, sondern auch in anderen leicht eintretenden Veränderungen, die zu Fehlschlüssen über die wahre Structur führen können.

Durch unvollständige Quellung entsteht in den Geisseln von *Euglena* eine Scheinstructur: der mittlere, noch nicht gequollene Theil des Fadens erscheint als dichter, stärker sich färbender Achsenstrang, der äussere gequollene Theil als weniger dichte, schwach gefärbte Grundmasse.

Bei *Polytoma* und *Bodo* ist eine nicht selten sichtbare Körnchenstructur des Peitschenstieles ebenfalls nur eine Folge der Präparation.

Auch die von Künstler beschriebene, damit übereinstimmende Structur der Geisseln ist so aufzufassen.

Bei den Peitschengeisseln reisst die zarte Schnur oft ab, ihre Bruchstücke bleiben an den Stielen hängen und bedecken sie oft mit eigenthümlichen, spirillenähnlichen Anhängseln.

Niemals wurde eine Einziehung der Geisseln in den Körper der Flagellaten beobachtet, immer werden unter ungünstigen Um-

ständen die Geisseln abgeworfen, theils unverändert, theils auf verschiedenen Stadien der Zersetzung und Verquellung.

Auch die am Körper zu kleinen Bläschen contrahirten Geisseln lösen sich noch ab, um ganz zu zerfliessen. Der als Verquellung und Contraction erscheinende Vorgang besteht in einer Zusammenrollung der Geissel zu ösen-, ring- oder uhrfederartigen Gebilden. Mit der Aufrollung ist eine Verquellung der Geisselsubstanz, eine Zersetzung der Flimmern und Peitschenschnur verbunden.

Die letzten Reste absterbender Flimmergeisseln erinnern an winzige, rhizopodenartige Organismen und können leicht zu Täuschungen führen.

Die Aufrollung der Geisseln vollzieht sich in wenigen Minuten, die vollständige Zersetzung ungefähr in einer Stunde.

Bei geringer Empfindlichkeit ist die Verdünnung des die Organismen enthaltenden Wassers und langsames Eintrocknen insofern ohne Einfluss auf die Geisseln, als sie nicht abgeworfen werden. Die ersten Stadien der Verquellung der Geisselsubstanz und Körnchenausscheidungen können aber auch jetzt sich bemerkbar machen.

Nackte Schwärmzellen (Schwärmosporen von Algen) scheinen meistens ihre Cilien einzuziehen, wenn sie zur Ruhe kommen, umhätete Organismen dagegen abzuwerfen.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Abbildungen, mit Ausnahme der Fig. 27 u. 28 auf Taf. XII, wurden nach Präparaten entworfen, die nach Art der Bakterienpräparate durch Eintrocknen auf dem Deckglas und anschliessende Beizung und Färbung hergestellt waren. Gezeichnet wurde mit apochrom. Ocular 12 und apochrom. Zeiss'scher Oelimmersion 2 Millim., was einer Vergrösserung von 1500 entspricht. Nur die Abbildungen 4, 5, 6, Taf. XI und 5, 14, Taf. XII wurden mit Ocular 4 gezeichnet, sind also 500-mal vergrössert.

Tafel XI. Flimmergeisseln.

Fig. 1—17. *Euglena viridis*.

Fig. 1. Eine Geissel nur mit Fuchsin gefärbt, nicht gebeizt, keinerlei feinerer Bau erkennbar.

Fig. 2. Gebeizte Flimmergeissel der *Euglena*, von deren Oberfläche ein kleines Stück angedeutet ist, noch ansitzend und noch nicht eingerollt. Der Geisselfaden ist bereits in Folge der Präparation aufgeschwollen. (Unverdünnt, Eintrocknen ca. $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 3. Eine abgeworfene, sich einrollende Flimmergeissel theilweise verquollen und deshalb mit Scheinstructur des Achsenstranges. (Unverdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 4. Abgeworfene Geisseln auf verschiedenen Stadien der Einrollung (Oc. 4). *a* u. *b* noch vollkommen ausgestreckt; *a* ungedreht mit einseitiger Bewimperung; *b* dreimal gedreht und deshalb die Flimmern bald rechts, bald links zeigend; *c* beginnende Einrollung einer gedrehten Geissel; *d* andere Art der Verschlingung; *e* weiteres Stadium der Einrollung; *f* vollständige Einrollung zu einem uhrfederartigen Gebilde.

Fig. 5. Eine abgeworfene Geissel, deren Einrollung gleichzeitig an Spitze und Basis begonnen hat. (Oc. 4.)

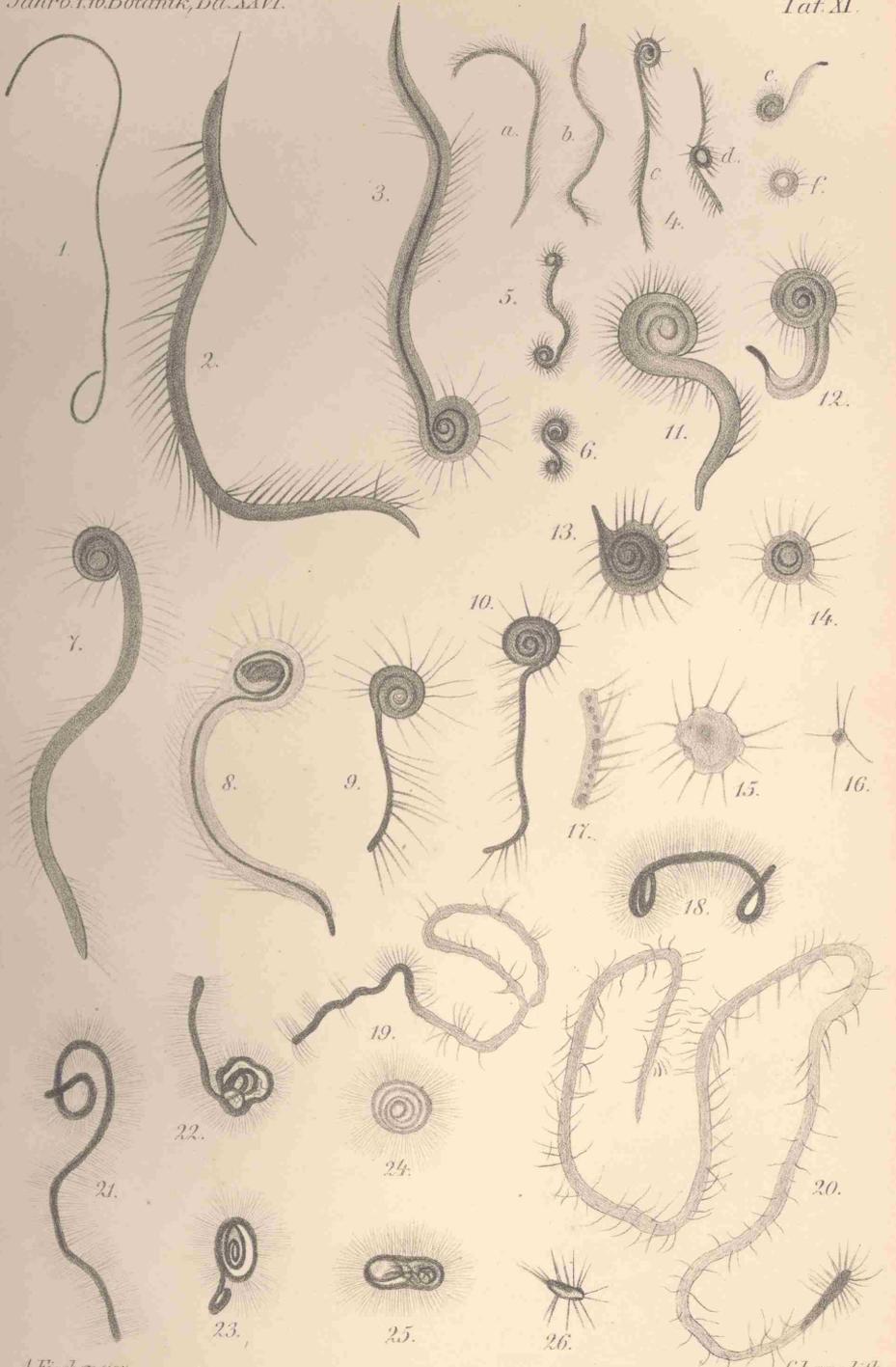
Fig. 6. Eine weiter vorgeschrittene Einrollung von beiden Enden aus. (Oc. 4.)

Fig. 7. Eine abgeworfene, sich einrollende Geissel, die bereits gleichmässig verquollen ist und in Folge dessen nicht eine solche Scheinstructur, wie Fig. 3 u. 8, erkennen lässt. (Unverdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 8. Sich einrollende Geissel mit schöner Scheinstructur, das nicht eingerollte Ende noch gar nicht gequollen. (Unverdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 9. Eingerollte, noch nicht gequollene Geissel, Geisselfaden nur mässig in Folge der Beizung verbreitert, keine Structur erkennbar. (Dasselbe Präparat wie 7, 8 u. 12.)

Fig. 10. Eingerollte, ungequollene Geissel, vor der Beizung in heissem Wasser abgebrüht. Man vergleiche den Text p. 192.



A. Fischer. gex.

C. Laue lith.

Fig. 11. Bis zur Hälfte eingerollte, stark, aber gleichmässig gequollene Geissel, ohne Achsenstrang. (Unverdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 12. Das gleiche Stadium der Einrollung wie Fig. 11, aber mit ungleicher Verquellung und Scheinstructur. Das freie Ende des Geisselfadens ist noch nicht gequollen. (Unverdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde, dasselbe Präparat wie Fig. 7—9.)

Fig. 13. Einrollung fast vollständig, nur ein kleines Spitzchen des Geisselfadens ragt noch hervor, Scheinstructur deutlich. (Dasselbe Präparat wie Fig. 3.)

Fig. 14—16. Weitere Stadien eingerollter und sich zersetzender Geisseln aus demselben Präparat wie Fig. 3 u. 13. Fig. 14 mit Scheinstructur in Folge unvollständiger Quellung, Fig. 15 späterer Zustand, Fig. 16 letzter, noch sicher bestimmbarer Rest.

Fig. 17. Bruchstück einer abgestorbenen, aber nicht eingerollten Geissel mit einer Reihe ungleich grosser, stärker gefärbter Körnchen, über deren Bedeutung man den Text p. 194 vergleichen wolle. (Unverdünnt, dasselbe Präparat wie Fig. 14—16.)

Fig. 18—26. *Monas Guttula*.

Fig. 18. Abgeworfene, von beiden Enden sich einrollende Flimmergeissel mit opponirten Flimmerreihen.

Fig. 19. Absterbende, nicht eingerollte Geissel, die beiden Enden auf verschiedenen Stadien der Verquellung. Mit dieser ist hier ausser einer Verbreitung auch eine beträchtliche Streckung des Geisselfadens verbunden, was auch aus dem Auseinanderrücken der Flimmern ersichtlich ist. Ein Theil dieser ist freilich abgefallen oder gelöst.

Fig. 20. Absterbende, nicht eingerollte Geissel, in der Zersetzung weiter fortgeschritten als Fig. 19.

Fig. 21. Abgeworfene, sich einrollende, aber noch nicht gequollene Geissel mit opponirten, dichten Flimmerreihen.

Fig. 22—26. Weitere Stadien der Einrollung und Zersetzung, ähnlich wie bei *Euglena*, nur ohne starke Quellung und deshalb auch ohne Scheinstructur. Alle Figuren aus einem schwach verdünnten Präparat.

Tafel XII. Peitschengeisseln.

Fig. 1—28. *Polytoma Uvella*.

Fig. 1. Vorderende mit den beiden ungebeizten, gewöhnlich mit Fuchsinlösung gefärbten Geisseln. Die Schnur und sonstige Anhängsel sind nicht erkennbar. (Verdünnung 1 : 10, Eintrocknen 72 Minuten.)

Fig. 2—4. Eingerollte, an den Polytomen noch festsitzende und gebeizte Geisseln, den in Fig. 27 dargestellten Vorgängen entsprechend. Fig. 3 u. 4 lassen auch das Schicksal der Peitschenschnur erkennen, die nicht mit eingerollt wird. (Verdünnte Präparate.)

Fig. 5. Ein ganzes Polytoma mit seinen beiden Geisseln, von denen eine, einen genau geraden Faden bildend, Stiel und Schnur nicht unterscheiden lässt; die andere Geissel mit kurzem Rest der abgerissenen Schnur. (Ocular 4, Verdünnung 1:20, Eintrocknen 73 Minuten.)

Fig. 6. Peitschengeissel mit dickem Stiel, sich scharf absetzender, gestreckter Schnur und spirillenähnlichen Anhängseln. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 124 Minuten.)

Fig. 7. Geissel, deren Schnur zum grössten Theil um den Stiel gewickelt und abgerissen ist, nur ein Rest sitzt noch an der Spitze. Uebergangsbild für die Anhängsel. (Verdünnung 1:10, Eintrocknen 72 Minuten.)

Fig. 8. Ende einer abgerissenen Geissel, deren Einrollung eben beginnt, Schnur um den Stiel gewickelt. (Unverdünnt, Eintrocknen ca. $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 9. Peitschenstiel, dessen Schnur abgerissen ist, mit zahlreichen bakterienähnlichen Bruchstücken einer Schnur besetzt. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 72 Minuten.)

Fig. 10. Geissel mit Schnur und Anhängseln, eines davon auch der Schnur anhaftend. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 124 Minuten.)

Fig. 11. Geisselstiel mit deutlicher Körnchenreihe und Schnurresten. Ueber die Körnchenstructur vergleiche man den Text p. 201. (Verdünnung 1:100, Eintrocknen 68 Minuten.)

Fig. 12. Geissel von fremden Peitschenschnuren umwickelt, da die eigene Schnur noch zu lang ist, um die ganze Menge der aufgewickelten Schnur geliefert zu haben. (Verdünnung 1:10, Eintrocknen 72 Minuten.)

Fig. 13. Geissel, deren Schnur um den eigenen Stiel sich aufgewickelt hat. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 75 Minuten.)

Fig. 14. Eine vollständige Peitschengeissel mit schön erhaltener, zierlich gewundener Schnur, ohne Anhängsel. (Dasselbe Präparat wie Fig. 5, Ocul. 4.)

Fig. 15. Vorderende eines Polytoma mit beiden Geisseln, deren Stiele mit spirillenähnlichen Fetzen von Peitschenschnüren besetzt sind. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 124 Minuten.)

Fig. 16—18. Abgeworfene Geisseln, deren Stiele von der Basis aus sich einrollen, die Schnur ist in Fig. 18 feinkörnig punktiert, wohl nur eine Zersetzungserscheinung. (Schwach verdünnt, Eintrocknen ca. $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 19. Peitschengeissel mit zahlreichen bakterienähnlichen Resten der Schnur. (Verdünnung 1:10, Eintrocknen 72 Minuten.)

Fig. 20 u. 21. Abgeworfene, sich einrollende und verschlungene Geisseln, die noch geringe Schnurenreste tragen. Anhängsel fehlen. (Schwach verdünnt, Eintrocknen $\frac{1}{2}$ Stunde.)

Fig. 22. Weiteres Stadium der Einrollung einer abgeworfenen Geissel. (Präparat wie vorige Figur.)

Fig. 23a—c. Schlussstadien der Einrollung, bei c nur noch ein scheibenförmiges Gebilde übrig, den Bläschen der Fig. 27 entsprechend. (Dasselbe Präparat wie Fig. 20.)

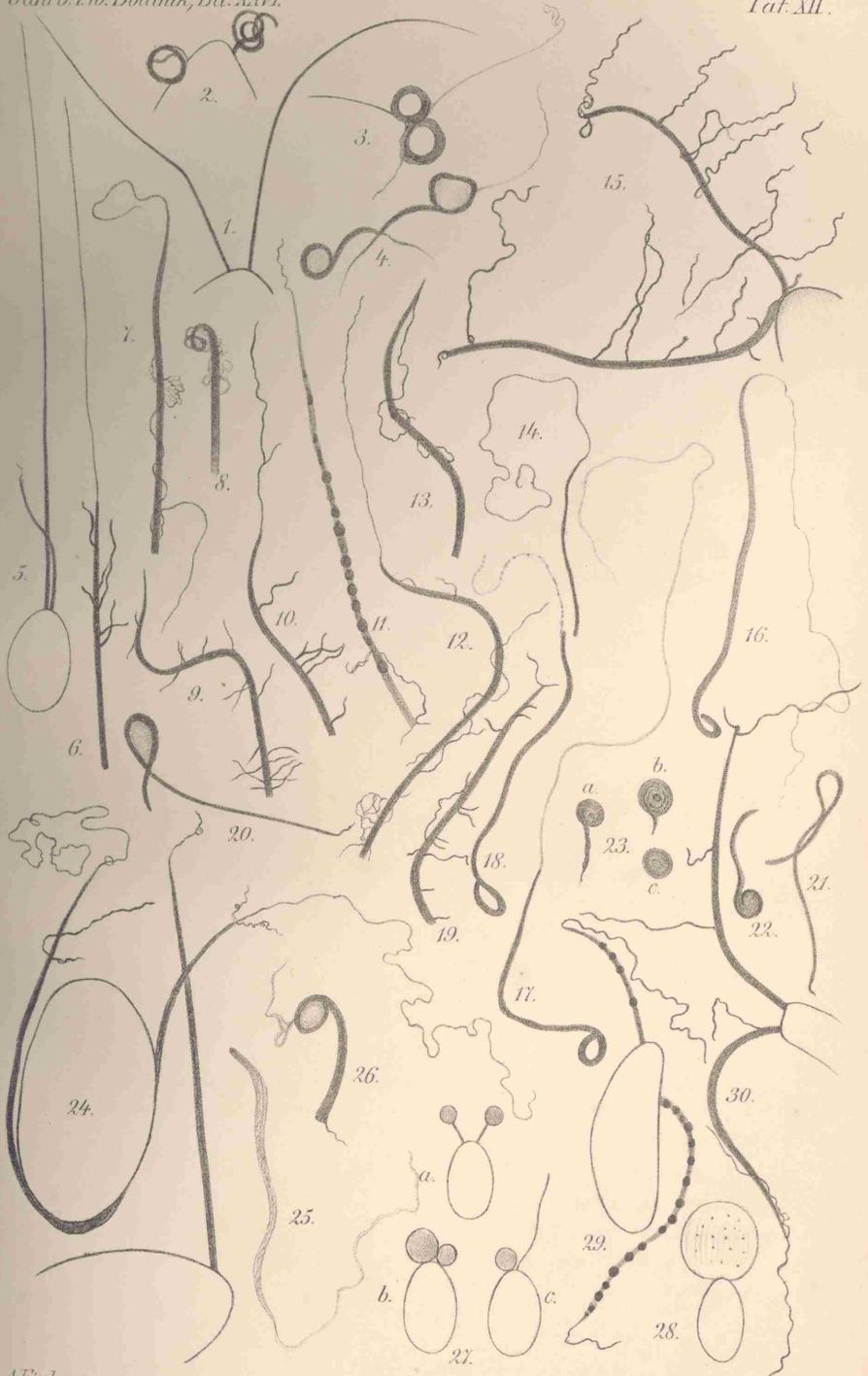


Fig. 24. Entstehung der Anhängsel des Peitschenstieles durch Verfangen und Abreißen der Schnur. Näheres im Text p. 199. (Verdünnung 1:20, Eintrocknen 75 Minuten.)

Fig. 25. Abgerissene Geissel, die ohne vorherige Einrollung ihres Stieles zu Grunde geht; der starke Substanzverlust durch die geringere Färbung erkennbar. (Verdünnung 1:100, Eintrocknen 127 Minuten.)

Fig. 26. Abgerissene, theilweise eingerollte Geissel mit Schnur. (Dasselbe Präparat wie Fig. 8.)

Fig. 27 u. 28. Schematische, nach Skizzen entworfene Bilder der unmittelbar beobachteten, als Quellung und Contraction erscheinenden Aufrollung der Geisseln. Zu vergleichen die Fig. 2—4.

27 a. Schnell vorübergehendes Mittelstadium, die Geisseln erscheinen an der Spitze knopfig geschwollen.

27 b. In wenigen Minuten erreichtes Endstadium, die Geisseln zu kleinen Bläschen contrahirt, das linke Bläschen bereits aufschwellend.

27 c. Eine Geissel noch ausgestreckt, die andere zum Bläschen zusammengezogen.

28. Weitere Veränderung eines Geissel-Bläschens zu einer den Polytomakörper an Grösse übertreffenden wasserhellen Kugel, die später sich ablöst.

Fig. 29. *Bodo spec.*

Ein ganzes Individuum mit schöner Peitschenstructure beider Geisseln, an der längeren Schleppegeissel nur noch ein kurzer Rest der Schnur. Die Stiele der Geisseln mit Körnchenreihe, über die man p. 201 des Textes vergleichen wolle.

Fig. 30. *Chlorogonium euchlorum.*

Vorderende mit den beiden Geisseln, deren Schnuren und Anhängsel die gleichen Erscheinungen zeigen wie bei Polytoma.