

Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien.

Von

O. Bütschli.

Mit Tafel XIX—XXI und 2 Figuren im Text.

Einleitung.

Studien über kolloidale gallertige Körper, ihre Mikrostruktur und die damit zusammenhängenden Eigenthümlichkeiten, lenkten meine Aufmerksamkeit schon vor einer Reihe von Jahren auch auf die kolloidale Kieselsäure. Nachdem ich schon 1893 und 1894 Einiges über die Mikrostruktur der Kieselgallerte mitgetheilt und diese Beobachtungen 1898 ausführlicher dargelegt hatte, berichtete ich vor Kurzem (1900) über weitere Studien auf diesem Gebiet, die sich sowohl mit dem feineren mikroskopischen Bau der im Laboratorium hergestellten Kieselgallerten, als auch dem der natürlich vorkommenden, des sog. Tabaschir (aus Bambusrohr), des Hydrophan und der Opale beschäftigten. — Unter diesen Umständen lag es nahe, auch die bei thierischen Organismen auftretenden kieseligen Skelettgebilde auf ihre Mikrostruktur vergleichsweise zu prüfen, um so mehr, als ich schon früher gelegentlich Einiges beobachtet hatte, was für das Vorkommen ähnlicher Strukturen bei den Spicula der Kiesel Schwämme sprach. Dass gerade die Kieselnadeln der Schwämme zunächst zu solchen Untersuchungen ausgewählt wurden, folgt schon daraus, dass sie leicht in größerer Quantität zu haben sind. Im Anschluss an die Studien über Kieselnadeln wurden auch die Kalkspicula von *Leucandra* in gewisser Hinsicht ein wenig geprüft, ohne jedoch diesen Gegenstand ernstlicher zu bearbeiten.

Im Allgemeinen hebe ich hervor, dass das, was ich im Nachfolgenden mittheile, in keiner Hinsicht etwas Vollständiges zu sein

beansprucht, sondern nur Bericht über einige Beobachtungen giebt, die vielleicht dazu beitragen mögen, dass die Bearbeitung dieser interessanten Erzeugnisse des Organismus von Solchen, welche dieser Gruppe näher stehen, in systematischer und ausgedehnter Weise vorgenommen wird.

1. Untersuchungen an Kieselspicula (*Geodia*, *Tethya*).

A. Allgemeines, Schichtung, feine Struktur, Verhalten beim Glühen.

Meine Untersuchungen beschränken sich auf die Nadeln zweier Tetractinelliden, der *Geodia placenta* O. Schmidt und der *Tethya lyncurium* Johnst., und zwar wurden auch von diesen wesentlich nur die großen Spicula, d. h. die Ankernadeln der *Geodia*, sowie die großen Stabnadeln dieser und der *Tethya* verfolgt. Das Material von *Geodia* wurde einem getrockneten Exemplar entnommen, dessen Kieselemente durch Maceration und Kochen mit 10%iger Salzsäure isolirt wurden. Da den so dargestellten Nadeln noch einige Verunreinigungen beigemischt waren (wohl hauptsächlich Cellulosefragmente pflanzlicher Herkunft), so wurde ein Theil des Materials noch mit concentrirter Schwefelsäure gekocht und, als auch damit die verkohlten Verunreinigungen nicht völlig zerstört wurden, das Kochen in Schwefelsäure mit Zusatz von etwas Chromsäure wiederholt. Dies Material, welches dann durch nochmaliges Auskochen mit verdünnter Salzsäure und reichliches Auswaschen mit Wasser weiter gereinigt wurde, erwies sich ganz frei von Verunreinigungen.

Die Kieselemente der *Tethya* wurden aus einem in Alkohol konservirten Schwamm (Mittelmeer) durch Auflösen der organischen Substanz mit künstlichem Magensaft isolirt; da sie sich noch etwas verunreinigt zeigten, so wurden sie nochmals mit schwacher Natronlauge einige Zeit gekocht. Sie waren dann ganz frei von Verunreinigungen.

Die seitherigen Untersuchungen ergaben mit Bestimmtheit, dass die Kieselnadeln der Schwämme aus sog. amorpher, den Opalen des Mineralreichs und den künstlich herstellbaren Kieselgallerten entsprechender Kieselsäure bestehen. Hierfür sprechen: 1) der gewöhnliche Mangel der Doppelbrechung, was schon EHRENBURG erkannte, M. SCHULTZE (1860), SOLLAS (1885), v. EBNER (1887) u. A. bestätigten. Auch ich finde das Gleiche. Die Spuren von Doppelbrechung, die sich hier und da beobachten lassen, können auf Oberflächenspolarisation zurückgeführt werden.

2) Das specifische Gewicht entspricht dem der amorphen Kieselsäure, das nach v. SCHAFFGOTSCH (1846) und H. ROSE (1859) durchschnittlich 2,2 beträgt; die natürlich vorkommenden amorphen Kieselsäuren besitzen jedoch im natürlichen Zustand ein etwas geringeres spec. Gew. (etwa 1,97—2,16) und erreichen erst nach längerem Glühen das spec. Gew. 2,2. Das spec. Gew. bestimmte SOLLAS (1885) für die Nadeln einer *Renieride* und einer *Lithistide* zu 2,04, THOULET (1884) für gewisse große Kieselnadeln zu 2,0361. In beiden Fällen wurde die Bestimmung durch Aufsuchen gleich schwerer Flüssigkeiten von bekanntem specifischen Gewicht ausgeführt.

3) Der Brechungsindex der Kieselnadeln ist der der amorphen Kieselsäure. SOLLAS (1885) fand ihn gleich 1,449, was mit dem der Opale sehr gut übereinstimmt.

4) Die Kieselnadeln werden sehr leicht von Alkalihydratlösungen angegriffen; durch starke Kalilauge schon in der Kälte, energischer beim Kochen (s. besonders SOLLAS 1879 und 1888). Auch diese Eigenschaft theilen sie mit der amorphen Kieselsäure.

Die Kieselgebilde anderer Organismen, wie Radiolarien und Diatomeen, verhalten sich, so weit bekannt, ebenfalls wie amorphe Kieselsäure.

In Hinsicht auf den feineren Bau der Kieselnadeln ist zunächst der wohl ganz allgemein verbreiteten Schichtung zu gedenken, welche unter den natürlichen opalartigen Kieselsäuren nur dem Hyalith eigen ist, der jedoch auch in seiner Entstehung, durch successive Ablagerung in Hohlräumen basaltischer Gesteine, den Kieselnadeln am nächsten kommt. Um so eigenthümlicher ist dagegen, dass gerade der Hyalith kräftig negativ doppelbrecht, was M. SCHULTZE (1863) und BEHRENS (1871) durch Spannungserscheinungen der successive gebildeten Schichten beim Austrocknen zu erklären suchen. Hiernach sollte man eigentlich bei den geschichteten Kieselnadeln der Schwämme etwas Ähnliches erwarten. Die Schichtung der Spicula besitzt im Allgemeinen den Charakter, welchen organische Produkte des Organismus so häufig zeigen, d. h., es alterniren meist sehr feine, etwas verschieden stark lichtbrechende Schichten mit einander. Es ist dies, wie gesagt, der gleiche Bau, dem wir bei Cellulose- und Chitingebilden so gewöhnlich begegnen, und der in entsprechender Weise bei Sphärökrystallen organischer und anorganischer Stoffe so häufig ist. Ich erinnere nur an die Sphären des Inulins und der Stärke, eben so jedoch auch an die rein anorganischen des kohlen sauren Kalks und des Schwefels (s. BÜTSCHLI, 1898 und 1900). Andererseits erachte

ich es jedoch sehr wahrscheinlich, dass auch die so gewöhnliche Schichtung oder Zonarstruktur der Krystalle vielfach, wo nicht Zwillingbildungen vorliegen, auf entsprechenden Strukturverhältnissen beruhe (s. 1898 und 1900). Der Grund der verschiedenen Lichtbrechung der abwechselnden Schichten ist, dass sie nicht homogen sind, sondern von zahlreichen feinsten Hohlräumen durchsetzt, d. h. einen sehr feinwabigen Bau nach meiner Auffassung besitzen. Je nachdem nun das Volum der Hohlräumen, im Verhältnis zu der festen Substanz, größer oder kleiner ist, wird die betreffende Schicht etwas schwächer oder stärker lichtbrechend sein (vgl. hierzu namentlich auch die Erörterungen über die Verhältnisse der Kieselgallerten in meiner Arbeit [II] von 1900).

Unter diesen Umständen war von vorn herein zu vermuthen, dass auch die Schichtung der Kieselnadeln auf denselben Bedingungen beruhe und daher auch ihren Kiesel-schichten eine solch' feine Hohlräumenstruktur zukomme. Dies war um so wahrscheinlicher, als ich sowohl bei den künstlichen Kieselgallerten als bei den natürlichen (Tabaschir, Hydrophan und Opale) eine Hohlräumen- oder Wabenstruktur ganz allgemein verbreitet nachgewiesen habe (1900 II und früher).

In der Arbeit über die Kieselgallerten wurde im Besonderen erörtert und erwiesen, dass diese Struktur bei den künstlichen Gallerten und wohl auch meist bei dem Tabaschir sowohl im trockenen als im völlig imbibirten Zustand nicht wahrgenommen werden kann, weil die Wände der Räumchen so dünn sind, dass sie unter der Grenze des Sichtbaren bleiben; dass jedoch unter gewissen Bedingungen, d. h. in einem Moment des unvollständigen Austrocknens oder bei unvollständiger Erfüllung der Hohlräumen mit Flüssigkeiten die Struktur sehr deutlich hervortritt. Der Grund dieser Erscheinung liegt zweifellos darin, dass im letzteren Fall die dünnen Wände der Hohlräumen durch die beiderseits adhären den dünnen Flüssigkeitsschichten so weit verstärkt sind, dass sie sichtbar werden.

Da nun die Schichten der untersuchten Kieselnadeln weder bei Betrachtung in toto, noch auch in dünnsten, durch Zertrümmerung erhaltenen Fragmenten eine feinere Struktur erkennen lassen, so lag es nahe zu versuchen, ob sie unter ähnlichen Bedingungen wie die künstlichen Kieselgallerten, d. h. beim Austrocknen aus Wasser vorübergehend eine Struktur zeigen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Lufttrockene Nadeln, die angehäucht werden, und deren Austrocknen man unter dem Mikroskop bei hinreichender Vergrößerung verfolgt,

werden dabei nie trübe oder weiß (resp. braun im durchfallenden Licht) und zeigen in keinem Moment etwas von feinerer Struktur. Das Ergebnis war eigentlich nicht überraschend, denn die Kieselnadeln verhalten sich in so fern wesentlich anders als die künstlichen Gallerten und der Tabaschir, als sie sich, im trockenen Zustand in Wasser gebracht, nicht damit imbibiren, oder doch nur in äußerst geringfügigem Maße (die genaue Feststellung erforderte Untersuchung einzelner sehr großer Nadeln); jedenfalls ist bei der Überführung lufttrockener Nadeln in Wasser oder sonstige Flüssigkeiten nie etwas von Luftaustritt wahrzunehmen, wie bei den künstlichen Kieselgallerten, dem Tabaschir und Hydrophan. In dieser Hinsicht verhalten sich also die Kieselnadeln analog den Opalen und dem Hyalith, die ebenfalls keinen Luftaustritt zeigen und nur sehr geringfügige Flüssigkeitsmengen zu imbibiren im Stande sind. Auch die später mitzutheilenden Erfahrungen werden zeigen, dass die Kieselsubstanz der Spongiennadeln von Flüssigkeiten nicht durchdrungen wird, und dass sie daher jedenfalls auch die Verdunstung eventuell eingeschlossener Flüssigkeiten sehr energisch hindert.

Unter den angeführten Bedingungen ist es also ausgeschlossen, dass eine feine Wabenstruktur der Schichten, wenn sie vorhanden sein sollte, durch das, bei den künstlichen Kieselgallerten und dem Tabaschir von mir verwendete Verfahren sichtbar gemacht werden könnte.

Dass aber eine solche Struktur doch vorhanden sein dürfte, nur zu fein für die Wahrnehmung, wurde durch die gelegentliche Beobachtung einer stumpfspitzigen Stabnadel von *Geodia* wahrscheinlich (s. Taf. XIX, Fig. 7, Vergr. 3200). Diese in Kanadabalsam untersuchte Nadel, welche zuvor einige Zeit in wässriger Methylenblaulösung gewesen und einen ganz schwach bläulichen Ton angenommen hatte¹, zeigte am stumpfen Ende einen recht deutlichen Wabenbau der den Achsenfaden zunächst umlagernden Schichten. Die Photographie wird dies klarer hervortreten lassen als eine Beschreibung durch Worte. Auch der Achsenfaden (*a*) war deutlich feinwabig gebaut und in seinem Ende, so weit dies dunkler erscheint, waren die Hohlräumchen der Waben sicher von Gas erfüllt.

Diese *Geodia*-Nadel blieb aber bis jetzt die einzige, an welcher ich im nicht weiter veränderten Zustande eine Andeutung von Wabenbau der Kieselsubstanz beobachtete. Einstweilen dürfte es nicht möglich

¹ Es handelte sich dabei aber wohl sicher nur um eine Adsorption der Farbe auf der äußeren Fläche der Nadel.

sein, die Bedingungen zu präcisiren, welche bei dieser Nadel die Struktur sichtbar machten. Dagegen giebt es ein einfaches Mittel, um eine ausgezeichnet schöne, feinwabige Mikrostruktur in der gesammten Kieselsubstanz hervortreten zu lassen; dazu genügt nämlich relativ schwaches Erhitzen der Nadeln.

Schon BOWERBANK (1858) hatte beobachtet, dass die sehr biegsamen und elastischen Nadeln von *Craniella cranium* (= *Thetea cranium* bei BOWERBANK) beim Erhitzen in einer Spiritusflamme bis zur Weißgluth (»white heat«) ihren Durchmesser beträchtlich vergrößern und nun zu »extremely thin tubes of silex lined with a dense and nearly opaque film of charcoal, rough and granulated in its appearance« geworden sind (p. 283). Ähnlich verhielten sich auch die Nadeln von *Geodia McAndrewii* Bwb. Hieraus wollte er schließen, dass diese Nadeln nur eine dünne Rinde von Kieselsubstanz besäßen, ihr Inneres dagegen aus verbrennlicher Hornsubstanz bestände. Nadeln anderer Kieselschwämme dagegen, die sich beim Glühen weniger änderten, beständen aus mehr Kieselsäure, ja sogar fast ohne Beimischung organischer Substanz.

Auch M. SCHULTZE (1860, p. 17) sah, dass die Schopfnadeln von *Hyalonema* sich beim Erhitzen bräunen, und dass die Schichtung deutlicher wird, was schon GRAY beobachtet habe; die Schichten blättern sich auch ab. Aus diesen und anderen Erfahrungen ist er geneigt zu schließen, dass in den Kieselnadeln Schichten von Kiesel und organischer Substanz alterniren, und dass dies »die Ursache der Schichtstreuung sei«. Doch zeigten die abgeblätterten, bis zur Weißgluth erhitzten Kieselsschichten kein homogenes, sondern »ein unregelmäßig getüpfelt körniges, manchmal blasiges Ansehen«. Letzteres könne auf dem Wassergehalt der amorphen Kieselsäure beruhen, doch »wäre daneben ein Gehalt von organischer Substanz möglicherweise mit im Spiele«.

Richtiger beurtheilte KÖLLIKER (1864) die beim Glühen hervorgerufenen Veränderungen der Nadeln; er studirte die von *Tethya*, *Geodia* und *Ancorina*. Die Bräunung der Nadeln rühre nicht von Kohle her, wie BOWERBANK annahm, sondern von »Luft¹, die in vielen feinen Höhlen und Spalten enthalten ist« (p. 60). Bei »gewissen Gattungen« lasse sich diese »Luft« durch Kochen der Nadeln in Terpentinöl austreiben. Sie trete häufig spaltartig zwischen den

¹ Obgleich KÖLLIKER stets von »Luft« spricht, ist doch aus seiner Darstellung klar, dass er darunter nicht Luft im speciellen Sinne, sondern Gas versteht.

Schichten auf. Wahrscheinlich stamme die Luft aus dem Inneren der Nadel und entstehe durch Verbrennen des Centalfadens und »zarter, zwischen den Kiesellamellen enthaltener Lagen organischer Materie«, doch könne auch der Wassergehalt »an dem Auftreten von Luft« einen Antheil haben.

Wenn man die Nadeln von *Geodia* und *Tethya* schwach glüht, so werden sie im auffallenden Licht weiß und undurchsichtig, im durchfallenden braun bis ganz undurchsichtig. Auch zerspringen sie häufig.

Einige Messungen an solch' schwach geglühten und sonst in keiner Weise deformirten Nadeln von *Geodia* ergaben, dass ihre Länge keine sichere Veränderung erfährt, dass dagegen die Dicke um etwa 42% der ursprünglichen wächst (siehe die nachstehende Tabelle).

	Ungeglüht		Geglüht	
	Dicke	Länge	Dicke	Länge
<i>Geodia</i> . Stumpfspitzer	0,040 mm	—	0,064 mm	—
»	0,056 »	—	0,076 »	—
» (Stück)	— »	1,72	— »	1,72
Ankernadel	0,058 »	—	0,076 »	—
» (oberes Stück)	0,036 »	1,13	0,054 »	1,17

Eine größere Menge der schwach geglühten Nadeln erscheint keineswegs rein weiß, sondern deutlich grau; es ist sehr langes und starkes Glühen, womöglich in fein pulverisirtem Zustand, erforderlich, um ein rein weißes Präparat zu erhalten. Dieser graue Ton nach dem Glühen rührt sicher von verkohlter organischer Substanz her.

Damit hat jedoch die durch schwaches Glühen bewirkte Undurchsichtigkeit der Nadeln, resp. ihre mehr oder weniger tiefe Braunfärbung im durchfallenden Licht, durchaus nichts zu thun, sondern diese Erscheinung rührt ausschließlich daher, dass die Nadelsubstanz jetzt durch und durch von feinen gaserfüllten Hohlräumchen durchsetzt ist.

Bei *Geodia*, zu deren Betrachtung wir uns zunächst wenden, treten, wie bemerkt, an den schwach geglühten Nadeln meist keinerlei Deformationen auf. Wie schon KÖLLIKER (1864, p. 60) beobachtete, bleibt in der Regel eine äußerste, dünne Lage der Nadelsubstanz durchsichtig homogen; die Untersuchung ergibt darin keinerlei sichtbare Struktur. An zertrümmerten Nadeln zeigt sich hier und da sicher, dass auch um den Achsenkanal eine ähnliche dünne unstrukturirte Schicht vorhanden sein kann. Hiermit steht wohl im Zusammenhang, dass sehr dünn auslaufende Enden von

Nadeln und sehr dünne Nadeln überhaupt durch Glühen wenig verändert werden. Der Achsenfaden wird beim Glühen verkohlt und erscheint nun als schwarzbrauner bis ganz schwarz undurchsichtiger Strang, was die früheren Beobachter schon feststellten. Doch ist dies bei *Tethya* viel besser nachzuweisen, deren Achsenfäden viel dicker sind als die der *Geodia*-Nadeln.

Um die durch das Glühen hervorgerufenen Strukturerscheinungen der Nadelsubstanz genauer zu studiren, zertrümmert man am geeignetsten einige Nadeln in Kanadabalsam durch den Druck eines Deckglases oder Objektträgers zu feinen bis größeren Fragmenten, da die ganzen Nadeln für das genaue Studium der Struktur zu undurchsichtig sind. Auf diese Weise erhält man Fragmente verschiedenster Dicke, bis zur größten Feinheit herab, und sogar solche, die in den verschiedensten Richtungen aus den Nadeln herausgebrochen sind, darunter Querbrüche oder Querschnitte, Längsschnitte und namentlich auch häufig abgeblätterte feinste Partien der Schichten, welche für das Studium der feinen Strukturen in der Flächenansicht besonders geeignet sind. Dabei hat man nicht zu befürchten, dass die Struktur durch eventuelles Eindringen des Balsams weniger deutlich werde. Das ist durchaus nicht der Fall, vielmehr bleibt die Gaserfüllung auch in den feinsten und dünnsten Fragmenten unverändert erhalten, zum Beweis, dass keinerlei Eindringen des Balsams in die Hohlräumchen eintritt.

Wie die früheren Beobachter schon erkannten, wird die Schichtung durch schwaches Glühen verdeutlicht, was sich aus den gleich zu schildernden Strukturerscheinungen erklärt.

In Folge des Glühens treten in der Kieselsubstanz, mit Ausnahme der schon oben erwähnten Partien, dichtest gedrängt eine Unmenge feinsten Hohlräumchen auf, so dass die Struktur der Substanz jetzt eine durch und durch feinwabige ist. Das Nichteindringen von Flüssigkeit beweist ferner mit aller Bestimmtheit, dass es sich um wirklich abgeschlossene Hohlräumchen handeln muss. Am klarsten sichtbar ist die feinwabige Struktur natürlich an ganz dünnen Fragmenten abgeblätterter Schichten, die in Flächenansicht betrachtet werden und nur aus einer einzigen Lage von Hohlräumchen oder Waben bestehen. Recht klare Bilder dieser Art zeigen die Photographien Fig. 8 (Vergr. 3200) und 10 (Vergr. 4300) auf Taf. XIX; es liegt hier ein recht gleichmäßiges feines Wabenwerk vor, dessen Regelmäßigkeit kaum durch eingestreute größere Hohlräumchen gestört wird. Der Durchmesser der feinsten Wabenräume berechnet

sich auf ca. $0,6 \mu$. Gleichzeitig ist auf der Photographie des größeren Fragmentes (Fig. 8, Taf. XIX) noch ein sehr interessantes Verhalten nachzuweisen. Die Hohlräumchen gruppieren sich nämlich an einigen Stellen (*a*) ziemlich deutlich konzentrisch um einen Mittelpunkt, d. h. sie nehmen den Charakter sphärokrystallinischer Bildungen an. Diese, mir erst verhältnismäßig spät aufgefallene Erscheinung ist nicht ohne Interesse, in so fern ich auch bei den künstlich dargestellten Kieselgallerten nachzuweisen vermochte, dass durch Glühen eine entsprechende Änderung in der Struktur bewirkt wird (s. 1900). Auch bei diesen entstehen mehr oder weniger zahlreiche Sphärolithe, von denen vor dem Glühen nichts zu beobachten war. Ich werde weiter unten auf die Ähnlichkeit der Veränderungen, welche die künstlichen und natürlichen Kieselgallerten sowie die Kieselnadeln der Spongien beim Glühen erfahren, noch etwas näher eingehen.

Fragmente, die in radiärer Richtung aus der geglühten Schwammnadel herausgebrochen sind, zeigen in der Regel eine schöne Längsreihung der Waben, entsprechend der Schichtung. Es ergibt sich so, dass im Allgemeinen jede der feinen Schichten durch das Glühen zu einer einzigen Wabenschicht umgestaltet wird, ein Verhalten, welches sich jedoch sowohl aus dem der Fig. 7, Taf. XIX schon erschließen ließ, als auch daraus, dass man so häufig dünne abgeblätterte Fragmente von Schichten findet, die nur eine einzige Wabenschicht dick sind. Auf Fig. 9 (Taf. XIX, Vergr. 4300) ist ein sehr kleines und dünnes Fragment abgebildet, das zweifellos in annähernd radiärer Richtung aus einer Nadel herausgebrochen ist, und welches die längsgerichtete, mit der Schichtung zusammenhängende Wabenreihung sehr deutlich zeigt.

Hier und da gelingt es auch unter den zertrümmerten Fragmenten Querbruchstücke zu finden, welche die Struktur und ihre Beziehung zu dem Schichtenbau gleichfalls schön zeigen. Ein gutes Fragment dieser Art stellt Photographie Fig. 2 (Taf. XX) dar. Der Achsenkanal (*a*) ist deutlich zu erkennen und leer. Der Wabenbau ist entschieden etwas unregelmäßiger als auf den früher besprochenen Fragmenten, indem sich hier und da ein wenig größere Hohlräumchen gebildet haben, welche die ursprünglich jedenfalls vorhanden gewesene Regelmäßigkeit stören. Das Verhalten der *Tethya*-Nadeln beim Glühen wird das Auftreten solcher Unregelmäßigkeiten weiter erläutern.

Schon oben wurde betont, dass verdünnter oder dickerer

Kanadabalsam nicht in die Hohlräumchen der Kieselsubstanz eindringt. Die weitere Untersuchung ergab, dass dies auch für alle anderen versuchten Flüssigkeiten gilt. Weder Wasser noch Alkohol, Xylol und Terpentinöl drangen ein; selbst viele Stunden lang fortgesetztes Kochen mit Xylol oder Terpentinöl ergab nicht die geringste Veränderung der Nadeln, sie blieben so weiß und undurchsichtig wie zuvor und haben sich, seit einem Jahr in Terpentinöl aufbewahrt, nicht im geringsten aufgehellt. Im Allgemeinen steht diese Erfahrung in Einklang mit KÖLLIKER's Beobachtungen, doch bemerkt er: »wenigstens bei gewissen Gattungen lasse sich die Luft« (im Inneren der geglühten Nadeln) »durch Kochen in Terpentinöl austreiben«. Bei *Geodia* ist dies, wie gesagt, nicht der Fall, und ich möchte fast vermuthen, dass es überhaupt nur bei sehr stark und anhaltend geglühten und daher viel mehr veränderten Nadeln gewisser Arten der Fall sein mag.

Dass nämlich die Nadeln mancher Kieselschwämme durch starkes Glühen viel energischer verändert werden, zeigen die Erfahrungen bei *Tethya*. Schon bei mäßigem Erhitzen der Nadeln tritt eine sehr starke Bräunung bis Verkohlung des meist sehr dicken Achsenfadens ein, welcher dann als dunkelbrauner bis ganz undurchsichtiger Faden sehr deutlich hervortritt (s. die Photographien Taf. XX, Figg. 7 und 8). Dabei kann solch' mäßig erhitzten Nadeln eine Veränderung der Kieselsubstanz ganz fehlen, abgesehen davon, dass die Schichtung in der Regel viel deutlicher geworden ist. Zuweilen tritt aber ein feiner Wabenbau in den innersten, den Achsenfaden direkt umgebenden Schichten deutlich hervor, wie die Photographien Figg. 7 und 8 Taf. XX (Vergr. 1730) zeigen. Einzelne solch' schwach geglühte Nadeln sind jedoch auch ganz undurchsichtig geworden, hier und da blasig, indem sich zerstreute ansehnlichere Gasblasen entwickelt haben; auch die Oberfläche ist zuweilen mehr oder weniger mit solch' blasigen Erhebungen bedeckt. An den stark geglühten Nadeln der *Tethya* gehen diese Veränderungen viel weiter. Häufig hebt sich die äußere Lage der Kieselsubstanz auf große Strecken weit von der inneren Partie ab, indem sich zwischen beiden ein gasgefüllter weiter Raum bildet. Dabei zeigt der abgehobene Mantel die verschiedenartigsten Unregelmäßigkeiten, Auftreibungen, Einschnürungen und dergleichen mehr. Fig. 29 auf Taf. XXI giebt die Skizze des stumpfen Endes einer langen Stabnadel mit weit abgehobener äußerer Schicht wieder, während die innere Partie mit dem verkohlten Achsenfaden (*af*) hier wenig verändert ist. Die Kieselsubstanz dieser stark

geglühten Nadeln ist ebenfalls durchaus mit gaserfüllten Hohlräumen durchsetzt, wie es die abgehobene Mantelschicht der Fig. 29, Taf. XXI zeigt. Dagegen ist ein so gleichmäßiges feines Wabenwerk, wie es bei *Geodia* und den schwach geglühten Nadeln von *Tethya* beobachtet wurde, hier seltener. Die Erfüllung durch die Hohlräume macht mehr den Eindruck einer emulsiven Bildung; die Hohlräume sind viel unregelmäßiger in ihren Größenverhältnissen, kleinere und größere, bis recht ansehnliche, sind unregelmäßig vermischt; auch sind die einzelnen Räume selbst häufig recht unregelmäßig gestaltet. Der mehr emulsive Charakter zeigt sich jedoch namentlich dadurch, dass die Hohlräume weniger dicht gedrängt sind, die Zwischensubstanz zwischen ihnen reichlicher vorhanden ist. Doch fehlen auch Stellen nicht, wo die Kieselsubstanz eben so feinwabig strukturirt ist als bei *Geodia*. Im Allgemeinen gilt auch für die geglühten *Tethya*-Nadeln, dass Kanadabalsam und andere Flüssigkeiten nicht in die gaserfüllten Hohlräume eindringen. Bei den stark geglühten Nadeln ist dies aber nicht stets der Fall; in größere blasige Räume, welche durch Abhebung der äußeren Mantelschicht entstanden, ist der Balsam zum Theil sicher eingedrungen; dies weist darauf hin, dass wohl Eröffnungen dieser Hohlräume durch feine Sprünge oder Lückenbildungen entstanden sind.

Die geschilderten Veränderungen der stark geglühten Nadeln von *Tethya* erwecken die Vermuthung, dass beim Glühen eine gewisse Erweichung der Kieselsubstanz eintreten muss; wenigstens ist es schwer vorstellbar, dass solche Auftreibungen, wie sie Fig. 29, Taf. XXI zeigt, ohne Zerreißen oder Zerspringen der Mantelschicht entstehen könnten, wenn nicht eine gewisse Plasticität der Kieselsubstanz beim Glühen einträte; dazu gesellt sich die Wahrnehmung, dass man häufig Hohlräume beobachtet, die wie aus mehreren zusammengefloßen erscheinen. Diese Erfahrungen lassen mich vermuthen, dass die Veränderungen der *Tethya*-Nadeln bei starkem Glühen daher rühren, dass die ursprüngliche, sehr feine Wabenstruktur, die auch hier wie bei *Geodia* zuerst auftritt, durch Zerreißen der Wände benachbarter Räume allmählich zerstört wird. Auf diese Weise bilden sich größere unregelmäßigere Räume und der Charakter der Struktur wird mehr emulsiv als wabig. Die blasigen Abhebungen der äußeren Mantelschicht, die sich zuweilen auch an inneren Schichten wiederholen, dürften auf das Zerreißen ganzer Wabenschichten zurückzuführen sein, wodurch sich größere gaserfüllte Räume bilden. Die gesammte Erscheinung erinnert in vieler

Hinsicht an die Zerstörung feiner mikroskopischer Schaumwerke, wie sie bei Erweichung und Verflüssigung der Gerüstsubstanz eintritt.

M. SCHULTZE und KÖLLIKER suchten die Veränderung der Kiesel-nadeln beim Glühen theils von dem Gehalt der Kieselsubstanz an organischer Substanz, theils von dem Wassergehalt derselben abzuleiten. Beides kommt bei der Bildung der gaserfüllten Räumchen sicher in Betracht. Doch scheint mir nicht fraglich, dass die Erscheinung in erster Linie auf den Wassergehalt zurückgeführt werden muss. Jedenfalls würde derselbe allein genügend erscheinen, um die Vorgänge zu verstehen. Über den Wassergehalt der lufttrockenen Kiesel-nadeln hat namentlich SOLLAS bei den Tetractinelliden (1888) eine Anzahl sorgfältiger Bestimmungen ausgeführt, während ihn zuvor schon SCHULZE (1887, p. 28) in einem Fall zu 7,16 % ermittelt hatte¹. SOLLAS isolirte die Nadeln durch Kochen mit rauchender Salpetersäure, entfernte dann sorgfältig, wenn nöthig, Verunreinigungen und pulverisirte die ganz gereinigten trockenen Nadeln im Agatmörser. Hierauf wurde das Pulver nochmals mit rauchender Salpetersäure gekocht, um den Achsenfaden möglichst zu zerstören. Endlich wurde bei 98° getrocknet. Bei schwacher Rothgluth (über einer Bunsenflamme) ließ sich etwa $\frac{2}{3}$ des Wassers austreiben; zur völligen Entfernung des Wassers wurde 5–10 Minuten so stark wie möglich über einem »Herapath« geglüht. Der bei sieben Arten auf diese Weise bestimmte Wassergehalt schwankte zwischen 6,1 und 7,34 %.

An den mit concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure isolirten und ganz reinen Nadeln von *Geodia placenta*, die bei 40° getrocknet waren, habe ich selbst zwei Bestimmungen ausgeführt. In nicht pulverisirtem Zustand verloren dieselben bei 110° 2,16 %, darauf über einem dreifachen Bunsenbrenner $\frac{1}{2}$ ^h stark geglüht noch 3,77 %, insgesamt also 5,93 %. Pulverisirt und 10 Minuten stark geglüht betrug der Verlust dagegen 6,78 %. Dabei ist jedoch die organische Substanz des Achsenfadens, der bei diesen Nadeln nicht überall zerstört war, unberücksichtigt gelassen, und der eigentliche Wassergehalt daher jedenfalls ein wenig niedriger. Es schien mir von Interesse, eine vollständige Analyse der Nadeln vornehmen zu lassen, da ich wenigstens in zoologischen Werken eine solche nicht angetroffen habe. Auf mein Ersuchen ließ Herr Professor JANNASCH in dankenswerther Weise zwei Analysen nach der Borsäuremethode im hiesigen Universitätslaboratorium ausführen. Dabei lag ebenfalls

¹ Spicula von *Poliopogon amadon* bei 105° getrocknet Bestimmung von MALY, ohne Angabe über die Art der Ausführung.

sehr reines, mit konzentrierter Schwefelsäure und Chromsäure gereinigtes Material, das ich dargestellt hatte, zu Grunde. Das Wasser wurde durch Zusammenschmelzen der Substanz im Glasrohr mit einem Gemisch von doppelchromsaurem Kali und Quarzpulver (4 : 1) bestimmt, im Chlorcalciumrohr aufgefangen und gewogen. Gleichzeitig wurde dabei auch auf Kohlensäure geachtet, jedoch keine gefunden; eben so wenig ließen sich Kohlenstoff und Stickstoff qualitativ nachweisen. Die Analysen ergaben folgende Resultate:

	I	II
SiO ₂ =	92,55 %	92,31 %
MgO =	0,19 »	0,14 »
K ₂ O =	0,65 »	0,62 »
Na ₂ O =	0,82 »	0,80 »
H ₂ O =	5,96 »	5,98 »
	100,17 %	99,85 %

Thonerde, Eisen und Kalk waren in Spuren nachweisbar. Was bei diesen beiden Analysen vor Allem auffällt, ist die Nichtnachweisbarkeit sicherer Mengen organischer Substanz. Ich habe daher nachträglich das in ansehnlicher Menge vorhandene Nadelmaterial, mit dem die beiden Analysen ausgeführt waren, geprüft und gefunden, dass bei Behandlung mit schwacher Flusssäure zahlreiche Achsenfäden zurückbleiben, dass also sicher noch organische Substanz vorhanden ist. Jedenfalls muss jedoch ihr Gesamtbetrag gegenüber der Menge der anorganischen Substanzen so unerheblich sein, dass sie nicht oder kaum bestimmbar erscheint. Bei Kieselnadeln mit relativ dickeren Achsenfäden, z. B. denen der *Tethya*, wird es leichter sein, die Menge und eventuell auch die Zusammensetzung der organischen Substanz festzustellen.

Wegen der Differenz des von mir ermittelten Glühverlustes der pulverisirten Nadeln (6,78 %) mit dem durch direkte Bestimmung gefundenen Wassergehalt der beiden Analysen, habe ich mit dem Material nochmals eine Bestimmung vorgenommen. Dieselbe ergab bei vierstündigem Erhitzen des lufttrockenen, feinpulverisirten Materials bei 110° einen Verlust von a. 3,27 %, b. 2,99 %, darauf $\frac{3}{4}$ ^h heftig geglüht, gingen weiter a = 4,18 %, b = 3,89 % verloren, insgesamt also a = 7,45 %, b = 6,88 %. Feinpulverisirtes Material, das zuvor mit rauchender Salpetersäure gekocht, darauf ausgewaschen, auf dem Wasserbad getrocknet und $\frac{3}{4}$ ^h heftig geglüht war, ergab einen Glühverlust von 6,17 % (bei 110° hatte es 2,02 % verloren). Berechnet man den Glühverlust, den das bei 110° getrocknete Material

erleidet, so ergibt sich für die beiden nicht mit Salpetersäure behandelten Proben $a = 4,43 \%$, $b = 4,03 \%$, für die mit Salpetersäure gekochte dagegen $4,24 \%$. Hieraus folgt, dass der quantitative Betrag an organischer Substanz, vorausgesetzt, dass er durch die Salpetersäure wirklich völlig zerstört wurde, jedenfalls sehr geringfügig sein muss.

Aus dem Angeführten geht hervor, dass der Wassergehalt der Nadeln relativ ansehnlich, der Gehalt an organischer Substanz dagegen jedenfalls sehr gering ist. Ob sich, abgesehen von dem Achsenfaden, in der eigentlichen Kieselsubstanz etwas organische Substanz findet, soll weiter unten genauer erörtert werden. Dass die Nadeln, deren Achsenfäden nicht zerstört waren, beim Glühen grau werden und auch feinpulverisiertes Material sehr stark und lang geglüht werden muss, um rein weiß zu werden, kann ja allein von der organischen Substanz der Achsenfäden herrühren. Das mit konzentrierter Schwefel- und etwas Chromsäure gekochte Material wurde beim Glühen viel weniger grau, jedenfalls war hier die Zerstörung der organischen Substanz, insbesondere die der Achsenfäden, weiter gegangen, doch keineswegs vollständig, wie schon oben betont wurde.

Aus den geschilderten Verhältnissen scheint nun ziemlich sicher zu folgen, dass das Hervortreten der feinwabigen Struktur beim Glühen vor Allem auf dem Verdampfen des Wassers beruhen muss. Wie oben betont wurde, werden die Nadeln dabei beträchtlich dicker, während ihre Länge sich nicht merklich ändert. Diese Erscheinung erinnert an das Verhalten geschichteter quellbarer Körper beim Aufquellen, indem dabei in der Regel die Zunahme in der Dickenrichtung der Schichten viel größer ist als in der Fläche, ja es kann unter Umständen sogar eine Zusammenziehung in der Fläche eintreten (s. hierüber BÜTSCHLI, 1896, p. 12 ff. und 1898, p. 176—178).

Meine Meinung ist nun folgende. Das Auftreten der feinwabigen Struktur beruht darauf, dass eine solche auch schon in der nicht geglühten Nadel besteht, jedoch zu fein, um mikroskopisch sichtbar zu sein. Beim Glühen tritt eine Verdampfung des in den Wabenhöhlräumen eingeschlossenen Wassers ein und damit eine Erweiterung derselben bis zur Sichtbarkeit. Für diese Ansicht spricht vor Allem die Beobachtung, dass wenigstens in einem Fall auch eine nicht geglühte Nadel (s. Fig. 7, Taf. XIX) den wabigen Bau der Schichten deutlich zeigte. Aber auch der Schichtenbau überhaupt spricht sehr für diese Auffassung, da ich bei ähnlich geschichteten kolloidalen Körpern vielfach nachweisen konnte, dass die Schichtung von einer schichtweisen

Anordnung von Hohlräumchen oder Waben herrührt, und dass die etwas verschiedene Lichtbrechung der alternirenden Schichten auf dem etwas wechselnden Gehalt derselben an Hohlräumchen und fester Substanz beruht. Schon diese Erfahrung macht es in der That sehr wahrscheinlich, dass auch bei der kolloidalen Kieselsäure der Schwammnadeln die Schichtung durch entsprechende Verhältnisse bedingt sein muss. Dass es vor Allem oder ausschließlich der Wassergehalt der Hohlräumchen sein muss, welcher die wabige Struktur der geglühten Nadeln hervorruft, folgt auch aus dem ganz analogen Verhalten der später genauer zu besprechenden Kalknadeln. Diese enthalten sicher keinen Achsenfaden und nur sehr wenig, wenn überhaupt, organische Substanz. Dennoch zeigen auch sie nach vorsichtigem Erhitzen den feinen Wabenbau durch und durch in ganz vollendeter Schönheit. Hier muss es sich demnach im Wesentlichen um eine durch den Wasserverlust hervorgerufene Erscheinung handeln.

Für einen ursprünglichen, schon vor dem Glühen bestehenden Wabenbau der Kieselnadeln sprechen nun besonders auch meine Untersuchungen über die kolloidalen künstlichen und natürlichen Kieselgallerten. Bei den künstlich hergestellten sowohl, als bei dem Tabaschir, Hydrophan, Halbopal und Edelopal ließ sich der feinwabige Bau überall sicher erweisen. Bei den genannten Opalen ist er stets verbunden mit einer sehr ausgesprochenen sphärolithischen Struktur, wie wir sie in Andeutung auch bei den geglühten Nadeln von *Geodia* auftreten sahen. Die Kieselsubstanz der Schwammnadeln nähert sich auch in so fern der der eigentlichen Opale, als sie jedenfalls von Wasser nicht durchdrungen wird, während dies für die der künstlichen Kieselgallerte, des Tabaschirs und des Hydrophans in hohem Grade gilt. Damit stimmt überein, dass das spezifische Gewicht der Kieselnadeln dem der Opale nahezu entspricht. Bei letzteren ist nun die wabige Struktur gewöhnlich ohne Weiteres an dünnen Fragmenten oder Schliffrücken klar zu erkennen, woraus folgt, dass die Wabenräume großentheils mit Gas oder Luft gefüllt sein müssen. Dies lehrt auch der niedere Wassergehalt, der ähnlich wie bei den Kieselnadeln in der Regel nur einige Procente beträgt. Wären die Hohlräume des Wabenwerks der Opale mit Wasser erfüllt, so müssten sie im Minimum etwa 40—50 % H_2O enthalten, wahrscheinlich jedoch bedeutend mehr. Dies folgt sicher aus dem Verhalten des Tabaschirs und der künstlichen Kieselgallerte, die bis 100 % und mehr Wasser im imbibirten Zustand einschließen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich denn wohl mit Sicherheit,

dass die Hohlräumchen der Kieselspicula (den feinwabigen Bau auch im nicht geglühten Zustand vorausgesetzt) ebenfalls nicht wassererfüllt sein können. Auch bei ihnen müssen die Räumchen in der Hauptsache gaserfüllt sein, da der Gesamtwassergehalt viel zu gering ist, für eine völlige Ausfüllung der Wabenräume mit Wasser. Etwas Wasser werden die Räumchen dennoch als Wandbelag enthalten, da es nach den Untersuchungen J. M. VAN BEMMELEN's sehr unwahrscheinlich ist, dass das Wasser in Hydratform mit der Kieselsäure der Kieselgallerten vereinigt ist, vielmehr alle Erfahrungen dafür sprechen, dass es sich nur absorbiert oder adsorbiert findet. Dass nun, trotz der vorauszusetzenden Gasanfüllung der Hohlräumchen im nicht geglühten Zustand, mikroskopisch in der Regel gar nichts von ihnen zu erkennen ist, erscheint nicht seltsam, da ganz dasselbe für die künstliche Kieselgallerte und den Tabaschir im lufttrockenen Zustand gilt, obgleich auch die Hohlräumchen des letzteren dann luftgefüllt sind.

Ich habe gezeigt, dass in diesem Fall die Unsichtbarkeit der Struktur daher rührt, dass die Wände der Räumchen zu dünn sein müssen, um mikroskopisch gesehen zu werden. Unter gewissen Bedingungen dagegen, d. h. wenn man die Wände durch Öl oder andere Flüssigkeiten künstlich verdickt (s. oben p. 238), tritt die Struktur sehr deutlich hervor. Letztere Thatsache ergibt jedoch einige weitere Fingerzeige für die Beurtheilung der ursprünglichen Struktur der nicht geglühten Schwammnadeln. Der Versuch, deren Struktur auf demselben Wege wie bei Tabaschir und der künstlichen Kieselgallerte sichtbar zu machen, hatte, wie schon oben hervorgehoben, kein Resultat, da Flüssigkeiten in die Kieselsubstanz nicht eindringen.

Ganz eben so wie bei der künstlichen Kieselgallerte und dem Tabaschir können sich jedoch die Hohlräumchen der Schwammnadeln nicht verhalten, da sie beim Glühen so deutlich werden. Beruhte die Unsichtbarkeit der Struktur wie bei Tabaschir und den künstlichen Gallerten auf der Dünne der Wände der Hohlräumchen, so könnte durch Glühen und Verdampfen des Wassers, unter Erweiterung der Hohlräumchen, die Struktur nicht sichtbar werden; denn die Vergrößerung der Hohlräumchen würde die Wände ausdehnen und daher nur noch mehr verdünnen, die Struktur müsste dann noch weniger sichtbar sein als zuvor. Um das Hervortreten der Struktur beim Glühen zu erklären, müssten wir daher annehmen, dass die theils von Gas, theils von Wasser erfüllten Hohlräumchen zu klein sind, um mikroskopisch wahrgenommen zu werden, ihre Wände dagegen relativ so dick, dass sie auch noch nach der beim Glühen bewirkten Erweite-

rung der Räumchen hinreichende Dicke besitzen, um mikroskopisch gesehen zu werden. Ob diese Erklärung jedoch völlig zutrifft, scheint mir etwas zweifelhaft aus dem Grunde, weil auch die künstlichen Kieselgallerten, sowie Tabaschir und Edelopal, nach meinen Erfahrungen beim Glühen sich ähnlich verhalten wie die Schwammnadeln. Die Verfolgung der Veränderungen, welche die ersteren beim Glühen erleiden, ergab nämlich (s. 1900, p. 335—343 und p. 331), dass die Hohlräumchenstruktur dabei viel gröber und deutlicher wird, d. h., dass sowohl die Hohlräumchen größer, als ihre Wände dicker werden. Bei den künstlichen Kieselgallerten tritt dies ja in so fern am klarsten hervor, als sie nach anhaltendem Glühen ohne Weiteres eine deutliche Struktur zeigen, während sie vor dem Glühen davon gar nichts erkennen ließen. Dabei zeigt sich auch an den stärker geglühten Kieselgallerten eine ganz ausgesprochene Neigung zur Ausbildung einer sphärolithischen Struktur, wie wir es ähnlich, wenn auch viel weniger ausgesprochen, bei den Kieselnadeln fanden.

Diese Erfahrungen weisen nun darauf hin, dass auch beim Glühen der Kieselnadeln vermuthlich tiefere Veränderungen der ursprünglichen Struktur eintreten als eine einfache Erweiterung der ursprünglichen Hohlräumchen. Die Analogie mit dem Verhalten der Kieselgallerte und dem Edelopal macht es vielmehr sehr wahrscheinlich, dass die ursprünglich so feine und deshalb unsichtbare Wabenstruktur dadurch in eine sichtbare umgewandelt wird, dass die Räumchen beim Glühen sich zu größeren vereinigen unter gleichzeitiger Verdickung der Wände. Diese Auffassung findet auch in dem Verhalten der *Tethya*-Nadeln bei starkem Glühen eine Stütze, denn, wie wir sahen, macht dasselbe ganz den Eindruck einer fortgesetzten Vereinigung ursprünglich kleinerer Hohlräumchen zu größeren und schließlich zu ansehnlichen blasigen Räumen.

Wie ich schon für die Kieselgallerte betonte, lässt sich eine solche Umwandlung der ursprünglichen Struktur nicht wohl verstehen ohne die Annahme, dass beim Glühen eine gewisse Erweichung der festen Kieselgerüstsubstanz eintrete, eine Vermuthung, auf die uns ja auch schon die Verfolgung der beim starken Glühen der *Tethya*-Nadeln auftretenden Veränderungen (s. oben p. 244) direkt hinwies.

Ogleich ich vollkommen einsehe, dass die durch Glühen bewirkten Veränderungen der Kieselnadeln in vieler Hinsicht noch genauerer Erforschung bedürfen, so scheint mir einstweilen die im Vorhergehenden entwickelte Auffassung doch als diejenige, welche mit

den an den Kieselnadeln und den Kieselgallerten beobachteten Thatsachen am besten harmonirt.

B. Achsenfäden.

Bei den Studien über die Kieselsubstanz der Nadeln von *Geodia* und *Tethya* nahm der Achsenfaden meine Aufmerksamkeit vielfach in Anspruch, wesshalb ich mich entschloss, die gelegentlichen Erfahrungen durch einige systematische Beobachtungen zu ergänzen und zu erweitern. Hierzu eignen sich ja gerade die langen Stabnadeln dieser Tetractinelliden sehr, da namentlich der Achsenfaden von *Tethya* sehr dick ist, wogegen der von *Geodia* meist geringere Dimensionen besitzt.

Sowohl in den in Wasser aus den Schwammstücken durch Zerzupfen isolirten Nadeln, als in den auf verschiedene Weise durch Salzsäure, Magensaft, concentrirte Schwefelsäure, ja durch Kochen mit concentrirter Schwefelsäure und Chromsäure isolirten Nadeln lässt sich der Achsenfaden intakter Nadeln stets gut erkennen. Hieraus folgt, dass die zum Isoliren verwendeten, zum Theil auf organische Substanzen sehr zerstörend einwirkenden Flüssigkeiten die Kieselsubstanz nicht durchdringen, dass diese vielmehr dem in ihr eingeschlossenen Faden einen fast absoluten Schutz gegen die Einwirkung sie nicht angreifender Flüssigkeiten gewährt.

Das Gleiche lehren im Allgemeinen auch die Versuche mit färbenden Flüssigkeiten; auch diese üben auf die Achsenfäden intakter Nadeln mit beiderseits geschlossenen Enden, also auf Achsenfäden, die ganz von Kieselsubstanz umschlossen sind, keinerlei Einfluss aus; mir ist wenigstens kein sicherer Fall vorgekommen, dass ein derartig abgeschlossener Faden sich gefärbt hätte. Anders liegt dies für zerbrochene oder absichtlich fein fragmentirte Nadeln; obgleich wir weiter unten finden werden, dass auch in diesem Fall die Widerstandsfähigkeit der Fäden noch sehr erheblich ist.

Zunächst fällt auf, dass die Substanz des Achsenfadens das Licht stärker bricht als die Kieselsubstanz, wie sich fast stets leicht daran erkennen lässt, dass die Fäden bei hoher Einstellung hell, bei tiefer dunkel erscheinen; auf Querschnitten der Nadeln tritt dies besonders deutlich hervor, ist jedoch auch an den intakten Nadeln fast stets gut zu erkennen. Sehr häufig trifft man unter den isolirten Nadeln bekanntlich auch solche, deren Achsenfaden nur theilweise erhalten ist, während im übrigen Theil der Nadel nur der von Luft oder Zusatzflüssigkeit erfüllte Achsenkanal vorliegt. Werden die

Präparate in Kanadabalsam aufgestellt, so lässt sich der Mangel des Achsenfadens und sein Ersatz durch Kanadabalsam häufig schwer erkennen, da ja auch der Balsam etwas stärker bricht als die Kieselsubstanz. An ganz intakten, beiderseits geschlossenen Nadeln habe ich eine theilweise oder gänzliche Zerstörung des Fadens nie beobachtet; wenn ein theilweis leerer Achsenkanal vorlag, handelte es sich stets um einseitig geöffnete oder zerbrochene Nadeln. Der theilweise oder unter Umständen gänzliche Mangel des Fadens kann in diesen Fällen verschiedene Ursachen haben. Bei der Isolirung der Nadeln aus den strahligen Zügen der Markssubstanz von *Tethya* durch Zerzupfen begegnete ich mehrfach zerbrochenen Nadeln, deren Centrifaden auf eine verschieden lange Strecke frei aus dem Bruchende hervorragte (s. Taf. XXI, Fig. 4). Hieraus folgt, dass der Faden beim Zerbrechen der Nadeln zuweilen auf eine Strecke weit aus einem der Bruchstücke herausgerissen wird. Auch innerhalb einer Nadel kann der Faden zuweilen zerreißen, wahrscheinlich unter ähnlichen Bedingungen, wie Fig. 12, Taf. XXI zeigt. Bei Anwendung stark zerstörender Isolirungsflüssigkeiten, wie concentrirte Schwefelsäure, oder diese nebst Chromsäure, rührt der theilweise Mangel der Achsenfäden auch von theilweiser Zerstörung her, die von den natürlich oder durch Bruch künstlich geöffneten Enden ausgeht. Darüber wird später noch eingehender zu handeln sein.

So weit ich zu urtheilen vermag, ist der Achsenfaden fest und spröde. Dies ergibt sich aus den zackigen und scharfen Bruchrändern, denen man an fein zertrümmerten Nadeln zuweilen begegnet. Fig. 14, Taf. XXI zeigt ein Bruchstück einer zerriebenen Nadel von *Tethya*; der Achsenkanal ist der Länge nach gespalten und Reste des zertrümmerten Achsenfadens sind erhalten und mit MILLON's Reagens roth gefärbt. Die scharfen zackigen Brüche, sowie die offenbar stattgefundene Zersplitterung des Achsenfadens weisen auf seine Festigkeit und Sprödigkeit hin.

Eigenthümlich ist das Querschnittsbild des Fadens, das bei beiden Tetractinelliden stets deutlich dreieckig erscheint, gleichgültig ob der äußere Umriss des Nadelquerschnitts selbst etwas dreiseitig oder ganz kreisrund ist. Vielfach ist jedoch auf den Nadelquerschnitten zu erkennen, dass der Querschnitt des Achsenfadens sechseckig erscheint, indem die Ecken des dreiseitigen Umrisses regelmäßig abgestumpft sind (s. Photographie Fig. 4, Taf. XX und Figg. 17 und 19, Taf. XXI). Ob diese Sechseckigkeit durchgehend herrscht, ist nicht ganz leicht festzustellen, scheint mir jedoch wahrscheinlich. Die

dreiseitige oder dreikantige Bildung des Achsenfadens lässt sich häufig auch an den intakten Nadeln oder an isolirten Achsenfäden erkennen, indem nämlich auf dem Faden eine Kante herabzieht, gemäß dem dreikantigen Bau (s. die Figg. 4, 13, 18, Taf. XXI). Fig. 6, Taf. XXI zeigt einen isolirten, durch schwache Quellung in Soda-lösung etwas aufgeknäuelten Faden, der die dreiseitige Beschaffenheit auf dem optischen Querschnitt ebenfalls erkennen lässt.

Entsprechend der dreiseitigen Bildung des Achsenfadens ist auch der Querschnitt dünnerer Nadeln, und der der jugendlichen Nadeln wohl allgemein, deutlich dreiseitig mit stark abgerundeten Kanten (Fig. 3, Taf. XX; Fig. 17, Taf. XXI). An den dicker werdenden Spicula verliert sich die Dreiseitigkeit immer mehr, je stärker sie werden, so dass sie endlich einen kreisrunden Querschnittsumriss erhalten (s. Fig. 4, Taf. XX; Fig. 19, Taf. XXI). Bei den Vierstrahlern von *Geodia Barretti* hat schon BOWERBANK auf Taf. XXIII, Fig. 4 den dreiseitigen Querschnitt der Nadel, der sich hier vielleicht dauernd erhält, abgebildet. Bei *Tethya*, wo sich keine Vierstrahler finden, besitzen die Querschnitte der Achsenfäden doch stets die dreiseitige Form. Dass die Lage der drei Ankerarme der Vierstrahler der Tetractinelliden mit den drei Kanten des Achsenfadens zusammenfällt, ist wohl sicher.

Über die sonstigen Formverhältnisse der Achsenfäden mögen hier nur einige kurze Bemerkungen folgen, da ich nicht beabsichtigte, diese Verhältnisse eingehender zu untersuchen. Bei *Geodia* fallen namentlich die sehr häufigen und sich vielfach wiederholenden Einschnürungen sowie die dadurch bewirkte Gliederung im Verlaufe der Fäden auf. Diese Erscheinung tritt besonders gegen die Enden der Fäden auf, welche bei häufiger Wiederholung der Einschnürungen geradezu perlschnurartig werden können. Doch fehlen die Einschnürungen auch im sonstigen Verlaufe der Fäden nicht, sind jedoch hier gewöhnlich spärlicher, und treten daher weniger hervor. Statt ins Einzelne gehender Beschreibung verweise ich auf die Figuren isolirter Fäden von *Geodia*, die auf Taf. XXI, Figg. 7 und 18 dargestellt sind, und diese Beschaffenheit gut zeigen. Fig. 7 ist der isolirte Faden einer Ankernadel, welcher fast in seiner ganzen Ausdehnung perlschnurartig gebildet ist, und an den Fäden der Ankeräste je zwei ansehnliche Anschwellungen zeigt. Fig. 18 dagegen stellt aller Wahrscheinlichkeit nach das Ende des Achsenfadens einer stumpfspitzigen Stabnadel dar, und zwar, so weit sich nach der Form des Endes urtheilen lässt, das dem stumpfen, abgerundeten Nadelende zuge-

hörige. In dem zugespitzten Ende läuft nämlich auch der Faden in der Regel sehr spitz und fein aus, wie Photographie Fig. 6, Taf. XX von einer intakten Nadel deutlich zeigt; wogegen Fig. 5, Taf. XX das stumpfe Ende einer solchen Nadel wiedergiebt, in welchem der Faden gleichfalls stumpf und abgerundet, ohne wesentliche Verschmälnerung endigt. Gleichzeitig tritt auf Fig. 5 an dem Ende des Fadens die dreikantige Beschaffenheit hervor, die im weiteren Verlauf undeutlich wird wegen der nicht mehr so scharfen Einstellung.

Dass die häufigen Einschnürungen des Fadens nicht ganz ohne Einfluss auf die Nadelgestalt selbst sind, verräth Fig. 21, Taf. XXI, welche das spitze Ende einer *Geodia*-Nadel darstellt. Hier ist deutlich, dass die äußeren Umrisse der Nadel entsprechend den Einschnürungen des Fadens ebenfalls schwache Einschnürungen besitzen. Dass dies stets der Fall ist, möchte ich nicht behaupten; wenigstens begegnet man gelegentlich auch ganz auffälligem Dickenwechsel des Fadens, ohne äußerlich an der Nadel etwas davon zu bemerken. Ein Beispiel dieser Art von *Tethya* giebt die Fig. 13, Taf. XXI, welche gleichzeitig die dreikantige Beschaffenheit des Fadens an der Verengerungsstelle sehr deutlich zeigt, indem sich der dicke Faden plötzlich pyramidenförmig zuspitzt und in den sehr stark verschmälerten Theil übergeht. Auch Fig. 9 von *Tethya* zeigt eine solch' plötzliche, wenn auch weniger ansehnliche Verschmälnerung.

Bei *Tethya* sind die Einschnürungen oder die Gliederbildungen der Fäden viel weniger häufig, treten jedoch namentlich gegen die Enden auch auf. Dagegen findet sich an den dicken Fäden hier nicht selten eine Erscheinung, welche mit lokalen Einschnürungen in Zusammenhang steht. Wie die Figg. 23 und 24 (Taf. XXI) zeigen, treten nämlich stellenweis schwache Einschnürungen auf, begleitet von einer mäßigen Verschmälnerung des Fadens. An der Einschnürungsstelle setzt sich dabei der dickere Fadentheil eine Strecke weit manschettenartig über den Beginn des verschmälerten Theils fort. An den isolirten Fäden ließen sich meist nur die optischen Durchschnitte dieser Manschetten deutlich erkennen (Fig. 23), seltener ist der ganze freie Rand der Manschette deutlich sichtbar (Fig. 24).

Mit dieser manschettenartigen Fortsatzbildung berühren sich in gewissem Grade die Ausläuferbildungen, welche bei beiden Species ziemlich häufig sind und jedenfalls schon in das Gebiet der Abnormalitäten gehören. Derartige Ausläufer treten hier und da auf als meist kurze, zuweilen jedoch auch längere dünne seitliche Fortsätze der Fäden. Häufig, doch nicht immer, entspringen sie an Einschnürungs-

stellen, gewöhnlich in Einzahl, gelegentlich auch mehrfach, wie dies Fig. 25, Taf. XXI, zeigt. Jedenfalls sind die Ausläufer nicht ohne Einfluss auf die Gestalt der Nadel, die wenigstens vorübergehend eine schwache Verdickung auf derjenigen Seite besitzt, welcher der Ausläufer angehört. Wahrscheinlich ist sogar, dass jeder solcher Ausläufer vorübergehend eine kleine Endspitze der Nadel bildete, dass daher solche mit Ausläufer versehene Nadeln vorübergehend mehrspitzig endeten. Beim Weiterwachsen wurden jedoch die dicht genäherten Spitzen von gemeinsamen Kieselschichten umscheidet und wieder zu einem einheitlichen Ende vereinigt. Nahe verwandt mit den Ausläufern sind daher auch die nicht selten vorkommenden Gabelungen des Achsenfadens, wie sie auf Fig. 7 von einer Anker-nadel, auf Fig. 28 von einer Stabnadel der *Geodia* abgebildet sind. Die Gabelung des Fadens führt hier stets eine Gabelung des betreffenden Nadelendes mit sich, doch wäre nicht ausgeschlossen, dass aus solch' zweigabeligen Nadeln unter Umständen wieder einheitliche hervorgehen könnten, indem der eine Ast des Fadens allein weiterwächst, und die dem anderen entsprechende Nadelspitze allmählich mit der Hauptspitze verlöthet würde. Der eine Gabelast würde so zu einem Ausläufer. Gleichzeitig zeigt die auf Fig. 28 abgebildete Nadel kurz vor der Gabelungsstelle noch einen ansehnlichen, ziemlich unregelmäßigen Auswuchs des Achsenfadens, welcher eine entsprechende Protuberanz der Nadel bewirkt hat. Ähnliche Unregelmäßigkeiten treten auch sonst nicht allzuseiten auf.

Aus einigen Abbildungen von SOLLAS (1888, Taf. V) geht hervor, dass Anomalien der Nadeln bei gewissen Tetractinelliden nicht selten vorkommen, und dass sich auch der Achsenfaden dabei theiligt, wahrscheinlich sogar die erste Veranlassung dazu giebt. — Denn aus dem Wenigen, was oben über solche Anomalien des Achsenfadens mitgetheilt wurde, scheint ziemlich klar hervorzugehen, dass sie stets, wenn auch vielfach nur vorübergehend, die Nadelform stören, und dass die Abweichungen der letzteren von der normalen Beschaffenheit auf solche Irregularitäten des Fadens zurückzuführen sind. Im Allgemeinen scheint die Form der Nadel gewissermaßen durch successive Ablagerung der Kieselsubstanz über den Achsenfaden modellirt zu werden.

An den in den Nadeln befindlichen Fäden sowohl, als an den mit schwacher Flusssäure isolirten, ist in der Regel keine feinere Struktur zu beobachten. An den Querschnitten der Fäden, wie sie an feinzerriebenen Nadelfragmenten nicht selten zu finden sind, und

zwar eben so gut als auf Querschnitten, die mit dem Rasirmesser von in Gummi arabicum eingebetteten Nadeln hergestellt wurden, sieht man dennoch zuweilen etwas von Strukturen, was die Figg. 15—17 (Taf. XXI) erläutern. Nicht allzuseiten sieht man eine regelmäßige Zeichnung (s. Figg. 15 und 17), d. h. es macht den Eindruck, als wenn drei schwächer brechende Räumchen in dem Querschnitt regelmäßig vertheilt seien. Nur einmal dagegen, bei *Geodia*, sah ich ein Querschnittsbild des Fadens einer ansehnlichen Nadel, wie es Fig. 16 (Taf. XXI) zeigt; um ein centrales Räumchen waren hier fünf periphere gruppiert; dieser Querschnitt war auch nicht deutlich dreieckig wie sonst in der Regel. An den in Wasser untersuchten Nadeln der *Tethya* (Marksubstanz), welche durch Zerzupfen eines in Alkohol konservirten Schwammes isolirt wurden, zeigte der Faden einseitig geöffneter Nadeln nicht selten ein eigenthümliches, fein quergebändertes Aussehen, so etwa, wie es Fig. 9, Taf. XXI darstellt. Der so beschaffene Theil des Fadens war stets weniger lichtbrechend als der sich meist anschließende, homogen erscheinende Theil. Daraus dürfte hervorgehen, dass die feingebänderte Struktur erst in Folge irgend einer Veränderung des Fadens hervortritt, und dies wird desshalb noch wahrscheinlicher, weil man durch Behandlung mit gewissen Reagentien dies Strukturbild des Fadens hervorrufen kann, wie wir gleich sehen werden. Gelegentlich treten auch in sonst homogen erscheinenden Fäden quere dünne, dichtere und daher stärker lichtbrechende Schichten vereinzelt auf.

Isolirung der Fäden mit Flusssäure. Für das genauere Studium der Fäden eignet sich dies zuerst von KÖLLIKER (1864, p. 59) geübte Verfahren sehr. Derselbe vermochte so zu zeigen, dass der sog. Central- oder Achsenkanal einen aus organischer Substanz bestehenden Faden enthält, der beim Auflösen der Kieselsubstanz zurückbleibt. SOLLAS hat diese Versuche später (1888, p. XLIX) wiederholt. Ich habe gleichfalls eine Reihe Versuche angestellt, wobei die Auflösung der Nadeln theils direkt unter dem Mikroskop, zwischen Deckglas und Objektträger, verfolgt wurde, theils dagegen nur die in einem Platintiegel mit schwacher Flusssäure isolirten Fäden untersucht wurden. Beim Beobachten der Auflösung zwischen Deckglas und Objektträger wurden die der Flusssäure auszusetzenden Glasflächen durch einen Überzug mit photographischem Negativlack geschützt (SOLLAS verwendete einen Überzug von Kanadabalsam). Einen absoluten Schutz gewährt dieser Überzug jedoch nicht, da er sich langsam verändert und auch die Glasflächen schließlich angegriffen

werden; dabei entstehen störende Trübungen, welche manchmal gerade das Studium eines günstigen Objektes verhindern. Die Präparate wurden so sorgfältig wie möglich mit Paraffin verschlossen. Trotz aller Vorsicht wurde bei mehrfacher Wiederholung der Versuche die Frontlinse des Apochromats 8 von ZEISS, der hauptsächlich verwendet wurde, allmählich getrübt, so dass sie erneuert werden musste.

Die mir von Prof. JANNASCH gütigst überlassene starke Flusssäure erwies sich für die intakte Isolirung der Fäden zu concentrirt; sie griff sie in dieser Stärke an. Der isolirte Faden wird wenigstens zu Beginn der Einwirkung, wenn die Flusssäure noch ihre volle Stärke hat, rasch vacuolärwabig und seine Substanz zähflüssig. Darauf schwellen die Vacuolen zu blasigen Gebilden an, wozu auch gelegentliches Verschmelzen kleinerer Vacuolen zu größeren wahrscheinlich beiträgt; endlich lösen sich diese blasigen Gebilde von einander los und treiben als hohle Bläschen in der Flüssigkeit umher. In dieser Weise werden, bei Anwendung zu starker Säure, die Achsenfäden wenigstens anfänglich zerstört oder doch vacuolig deformirt, ein Vorgang, der, wie wir später finden werden, auch noch auf andere Art hervorgerufen werden kann.

Bei Anwendung verdünnterer Flusssäure isoliren sich die Achsenfäden ganz intakt, ohne Verflüssigung und Zerstörung. Beim Auflösen etwas größerer Mengen von Nadeln im Platintiegel kann man leicht größere Mengen der Fäden sammeln, da sie sich in Flocken zusammenballen, welche man herausheben, auswaschen, resp. auch durch wiederholtes Centrifugiren reinigen kann.

Beim Auflösen in verdünnter Flusssäure verhalten sich die Kieselnadeln etwas verschieden. Ich habe diese Vorgänge besonders bei *Geodia* unter dem Mikroskop ein wenig verfolgt und auch bei *Tethya* im Wesentlichen das Gleiche gefunden. Der häufigste Fall ist der, dass zuerst die Enden der Nadel, speciell die zugespitzten, angegriffen werden, was bald zur Eröffnung des Achsenkanals an den Enden führt; der Achsenfaden schaut dann auf eine gewisse Strecke frei aus dem offenstehenden Kanal hervor. Bei fortdauernder Auflösung bemerkt man nun, dass sich das geöffnete Ende des Achsenkanals fortgesetzt vertieft und gleichzeitig trichterförmig erweitert, wie Fig. 1, Taf. XXI zeigt. Während die äußere Nadelfläche, so weit verfolgbar, gleichmäßig abschmilzt, geschieht dies im Centralkanal in dem Maße, als er allmählich eröffnet und der Flusssäure zugänglich gemacht wird. Man könnte wegen dieser so häufigen Bildung einer trichterförmigen Auflösungshöhle an den Enden auf die Vermuthung kom-

men, dass die Angreifbarkeit und Löslichkeit der Schichten von außen nach innen, gegen den Achsenfaden successive zunehme. Eine solche Annahme scheint jedoch zur Erklärung der Erscheinung nicht nöthig, vielmehr dürfte sie sich schon daraus hinreichend erläutern, dass die Flusssäure allmählich in den geöffneten Achsenkanal eindringt und gleichzeitig auch in dem Maße stärker wirkt, als der Achsenkanal durch Auflösung erweitert wird, indem dann eine größere Menge der Säure zur Verfügung steht.

Eine zweite Modifikation der Auflösung verläuft so, dass die Nadel allmählich von außen langsam abschmilzt, ohne dass Korrosionen, Rauigkeiten oder dergleichen auftreten. In diesem Falle tritt daher keine Eröffnung und Aushöhlung des Achsenkanals ein, wie im ersten Fall; vielmehr erscheint der freigelegte Theil des Achsenfadens bei diesem Auflösungs Vorgang gewissermaßen als Fortsetzung des zugespitzten Nadelendes. Diesen verhältnismäßig seltenen Vorgang der Auflösung hat KÖLLIKER (1864), wie es scheint, allein beobachtet, und bildet ihn auf Fig. 14, Taf. VIII ab. — SOLLAS (1888, p. XLVIII) beobachtete dagegen in der Regel die Entwicklung einer endständigen trichterförmigen Höhle beim Lösen der Stabnadeln. Eine gelegentlich, aber doch seltener vorkommende Modifikation der Auflösung ist folgende: es bilden sich durch lokale stärkere Auflösung der Kieselsubstanz dellentartige Vertiefungen der Nadeloberfläche, dieselbe wird korrodirt. Indem diese Vertiefungen schließlich zu Löchern werden, die bis zum Achsenkanal reichen, wird dieser der Flusssäure zugänglich und nun beginnt von diesen Löchern des Kanals aus (s. Fig. 2, Taf. XXI) die innere Auflösung der Kieselsubstanz unter Entwicklung zweier trichterförmiger Höhlen, wie wir sie schon vorhin besprochen. Die Folge ist, dass in diesem Fall ein mittleres Stück des Achsenfadens bloßgelegt wird, und die Nadel schließlich in zwei, resp. wohl auch unter Umständen mehr Stücke zerfällt. Der Vorgang wird jedoch, wie auch Fig. 2, Taf. XXI zeigt, wesentlich dadurch bedingt, dass die Korrosion der Nadeloberfläche in der Regel auf die Mittelregion der Nadel beschränkt ist; geschähe sie gleichmäßig auf der Gesamtoberfläche, so könnte der geschilderte Vorgang nicht eintreten.

Bei dem Freilegen des Achsenfadens durch Auflösung ist in der Regel noch eine eigenthümliche, mir nicht hinreichend klare Erscheinung wahrzunehmen. Auf der Grenzstelle nämlich, wo der freigelegte Theil des Fadens in den noch vom Achsenkanal dicht umschlossenen übergeht, also im Grunde der trichterförmigen Höhle, wird

der stark lichtbrechende freie Achsenfaden plötzlich auf eine kurze Strecke ganz hell und durchsichtig (s. Figg. 1—2, Taf. XXI), so dass es aussieht, als wenn der Faden hier unterbrochen wäre. Die im Achsenkanal eingeschlossene Fortsetzung des Fadens scheint etwas stärker lichtbrechend zu sein als der freigelegte Theil. Auf Fig. 1 trat an dem blassen Zwischenstück sogar eine deutliche Querbänderung hervor. Dass es sich nicht um eine Unterbrechung des Fadens handelt, ist klar, da an den isolirten Fäden nie etwas davon bemerkt wird, und die Erscheinung ihren Ort ändert mit dem Fortschreiten der Auflösung. Eine plausible Deutung vermag ich einstweilen nicht zu geben.

Unaufgelöste Reste der eigentlichen Nadelsubstanz habe ich fast nie gesehen; nur ein einziges Mal fand ich bei einer Stabnadel der *Tethya* um das freigelegte Ende des Achsenfadens eine feingranulirte zarte Umhüllungsmasse, welche die Form der Nadel noch zeigte, ja sogar eine Andeutung der Schichtung aufwies, und die zweifellos eine nicht aufgelöste Restpartie der Nadelsubstanz war. SOLLAS (1888, p. LXIX) giebt an, dass beim Auflösen der Kieselnadeln ein »delicate film of organic matter«, in Form einer zarten Scheide zurückbleibe. Dieser Rest sei nur bei sehr genauer Betrachtung zu erkennen und entspräche der äußersten Schicht der Spicula. Wie gesagt, habe ich nur in dem einzigen, eben erwähnten Fall etwas von solch' einem organischen Rückstand der Kieselsubstanz wahrgenommen. Dennoch muss ich annehmen, dass SOLLAS im Allgemeinen Recht hat; denn die Sachlage wird wesentlich anders, wenn man stark geglühte Nadeln von *Geodia* in schwacher Flusssäure löst. Solch' geglühte Nadeln sind, wie oben geschildert, ganz undurchsichtig schwarz und undurchdringlich für Flüssigkeiten, die nicht lösen. Bringt man sie in verdünnte Flusssäure, so fällt zunächst auf, dass die meisten sehr rasch ganz durchsichtig werden. Gasentwicklung ist dabei nicht zu beobachten, was ja auch zu erwarten, da das vorhandene Gas höchstwahrscheinlich nur Wassergas ist, mit Spuren anderer, aus der Verkohlung der organischen Substanz herrührender Gase. Die Flusssäure muss daher, im Gegensatz zu den sonstigen, nicht angreifenden Flüssigkeiten, sehr rasch die gesamte feinwabige Substanz der geglühten Nadeln durchdringen, was in so fern begreiflich, als sie das feinere Lamellenwerk rasch zerstören muss. Immerhin scheint aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sie auch die feinen Lamellen zunächst durchdringe, ohne sie völlig zu zerstören. Die weitere Auflösung vollzieht sich bei den geglühten

Nadeln denn auch etwas anders als bei den nicht geglähten. Verhältnismäßig rasch scheint das gesammte wabig strukturirte, gaserfüllte Lamellenwerk der Kieselsubstanz zerstört zu werden, ohne dass dabei trichterförmige Höhlen an den Nadelenden auftreten. Von der Kieselsubstanz erhält sich am längsten eine äußerste Schicht; dies ist die schon oben p. 241 erwähnte dichte, anscheinend homogene äußerste Schicht, die an den geglähten Nadeln gewöhnlich zu finden ist, und dann weiterhin eine ähnliche Schicht um den Achsenkanal, die wir bei den geglähten Nadeln gleichfalls schon beobachteten. Indem diese Schichten am längsten widerstehen, so erscheinen die theilweise aufgelösten Nadeln wie hohle Röhren, in deren Achse ein Achsenfaden hinzieht, der jedoch nicht der eigentliche Achsenfaden ist, oder doch diesen erst enthält. Schließlich werden aber diese noch erhaltengebliebenen Schichten auch zerstört. Der Achsenfaden bleibt häufig als ein schwarzbrauner verkohlter Faden gut erhalten; sehr häufig ist er jedoch deutlich hohl, erscheint dann als eine sepiabraune Röhre, die sogar hier und da noch mit Gas erfüllt ist. Gelegentlich wurden auch verkohlte Fäden isolirt, die einen ganz deutlichen Hohlräumenbau zeigten; sie schienen aus einer einzigen Reihe von Wabenräumen aufgebaut und hatten daher ein querstreifiges Aussehen (Fig. 8, Taf. XXI), was an die früher erwähnte Querbänderung erinnerte. Besonders interessant war jedoch, dass auch die aufgelöste Kieselsubstanz der geglähten Nadeln zarte bräunliche und daher jedenfalls auch verkohlte Reste zurückließ. Dieselben erschienen häufig wie ein zartes feinkörniges Gerinnsel in dem Hohlraum der theilweise aufgelösten Nadeln, oder umlagerten als eine gerinnselartige Umhüllung den isolirten Faden. Endlich fanden sich jedoch auch aufgelöste Nadeln, deren Gestalt und Umrisse noch ganz deutlich durch solche gerinnselartige Reste erhalten, ja an denen sogar theilweise noch die Schichtung angedeutet war.

Diese Ergebnisse dürften sicher erweisen, dass auch der eigentlichen Kieselsubstanz eine sehr geringe Menge organischer Substanz beigemischt ist, und zwar nicht nur, wie SOLLAS meint, in der äußersten Schicht, sondern vermuthlich durch die gesammte Kieselmasse hindurch; denn die zuweilen noch sehr deutliche Schichtung spricht dafür.

Eine regelmäßige Abwechslung von Kieselschichten und Schichten organischer Substanz, wie sie M. SCHULTZE bei *Hyalonema* beobachtet haben will, dürfte jedoch hiermit nicht erwiesen sein. Auch hat ja die Analyse ergeben, dass die Menge der organischen Substanz jedenfalls äußerst gering ist,

Verhalten der durch Flusssäure isolirten Achsenfäden gegen Reagentien. Die isolirten Fäden, deren Gestaltsverhältnisse schon bei der allgemeinen Beschreibung der Fäden berücksichtigt wurden, sind äußerst biegsam und von geringer Festigkeit. Dies steht jedenfalls in auffallendem Gegensatz zu dem Verhalten der noch in den Nadeln eingeschlossenen, denn diese scheinen, wie oben p. 236 hervorgehoben, fest und brüchig zu sein. Ob diese Veränderung von einer Einwirkung der Flusssäure auf die organische Substanz der Fäden herrührt, oder ob die Fäden möglicherweise sogar etwas verkieselt sind und durch die Flusssäure entkieselt und schlapp wurden, ist vorerst schwer zu entscheiden. Die Reaktionen der isolirten Fäden sind nun durchaus die des Eiweißes. Sie färben sich mit Methylenblau, DELAFIELD'schem Hämatoxylin, essigs. Eisenoxyd und Hämatoxylin und wohl noch zahlreichen Farbstoffen, wovon z. Th. unten noch mehr.

Von mäßig starker Chlornatriumlösung werden sie (*Tethya*) nicht verändert, auch nicht bei längerem Erwärmen auf 50° C.

5% Natrium-Karbonatlösung verändert sie (*Tethya*) in der Kälte nicht wahrnehmbar; beim Erhitzen in der Lösung quellen sie etwas, werden bedeutend blässer (schwächer lichtbrechend) und knäueln sich häufig auf (Fig. 6, Taf. XXI).

Kalilauge (35%), zu aufgetrockneten Fäden (*Tethya*) gegeben, macht sie blässer, ohne sie jedoch zu lösen oder erheblich zu quellen. Wird dann Wasser zugesetzt, so beginnen die Fäden sofort stark zu quellen und lösen sich völlig und rasch auf. Bei einem früheren Versuch mit den Fäden von *Geodia*, wo die Kalilauge zu den in Wasser liegenden Fäden gegeben wurde, erfolgte daher auch sofortige Auflösung unter starker Quellung.

Konzentrierte Schwefelsäure (89%) löst die aufgetrockneten Fäden (*Geodia*) sofort auf. Bei vorsichtigem Verfahren kann man feststellen, dass zuerst sehr starkes Aufquellen unter Schlängelung eintritt, worauf die Lösung erfolgt.

Xanthoproteinreaktion. Wird ein Fadenknäuel (*Geodia*) mit verdünnter Salpetersäure behandelt, so schrumpfen die Fäden sichtlich und werden etwas schmutzig gelblich; bei schwachem Erwärmen deutlicher gelblich. Bei Zusatz von verdünntem Ammoniak quellen die Fäden beträchtlich auf und färben sich intensiv und rein gelb. — Bei Zusatz von verdünnter Salpetersäure schrumpfen sie wiederum.

MILLON's Reaktion. Wird zu einer Partie aufgetrockneter Fäden (*Geodia*, *Tethya*) etwas MILLON's Reagens gesetzt und darauf vorsichtig erhitzt, so färben sich die Fäden schön roth. — Die Farbe

ist natürlich da besonders deutlich und intensiv, wo zahlreiche Fäden in einem Knäuel über einander liegen; doch lässt sie sich auch an einzelnen Fäden, namentlich bei Betrachtung mit weit geöffneter Blende, deutlich wahrnehmen. Beim Erhitzen in dem salpetersäurehaltigen Reagens erfahren die Fäden gleichzeitig eine sehr interessante Veränderung, die bei den beiden Gattungen etwas verschieden, jedoch im Wesen dieselbe ist. Einmal quellen die Fäden meist beträchtlich auf, wobei gleichzeitig eine zähflüssige Erweichung vieler eintreten muss, indem sie große Neigung zeigen sich netzartig zu vereinigen unter theilweiser Verschmelzung. Bei dieser Quellung und Veränderung tritt in ihnen ein sehr schöner alveolärer oder wabiger Bau auf, der sich jedoch etwas verschieden darstellt bei den feineren Fäden der *Geodia* und den in der Regel viel dickeren der *Tethya*. Bei der ersteren zeigen die schwächer gequollenen Fäden eine sehr schöne Querbänderung oder Querstreifung, wie sie schon oben erwähnt wurde. Dies ist jedenfalls im Grunde dieselbe Bildung, die auch von dem verkohlten Faden Fig. 8, Taf. XXI abgebildet wurde. Der Faden enthält eine einzige Reihe von Hohlräumchen oder Alveolen und zeigt auch in diesem Zustand häufig schon schwache lokale spindelförmige Anschwellungen mit etwas vergrößerten Alveolen. Bei den stärker gequollenen Fäden finden wir, dass diese lokalen Anschwellungen einiger auf einander folgender Alveolen viel größer geworden sind, so wie es Photographie Fig. 6, Taf. XIX (Vergr. 1730) schön zeigt. Bei noch stärkerem Anschwellen dieser Fadenstrecken werden schließlich die Querscheidewände zwischen den benachbarten angeschwollenen Alveolen ungemein dünn, so dass nur noch die Knotenpunkte zu sehen sind, da wo sich die Scheidewände an die äußere Wand befestigen. Endlich finden sich auch stark angeschwollene ansehnliche Alveolen, die sicherlich aus dem Zusammenfluss benachbarter hervorgegangen sind. Auf die angegebene Weise erlangen die Fäden eine perlschnurartige Beschaffenheit, indem die stark angeschwollenen Partien durch nicht angeschwollene, beziehungsweise sogar etwas gedehnte dünne Strecken verbunden sind (s. Fig. 6, Taf. XIX). Diese sehr dünnen Strecken sind noch deshalb interessant, weil sie den einreihigen Wabenbau äußerst verschmälert und etwas gedehnter Fäden zur Anschauung bringen, wie ich ihn 1898 (p. 40) von feinsten Gelatineölemulsions-Fädchen geschildert und auf Fig. 12, Taf. XVIII, sowie Fig. 1, Taf. XXI, abgebildet habe. An solch' feinsten Fädchen sieht man dann nur eine Reihe dunkler Punkte, d. h. die Querscheidewände der Waben, die durch lichtere Strecken zusammen-

hängen, welche den Wabenhohlräumen entsprechen. Auch bei den gequollenen Achsenfäden der *Geodia* kann man alle Übergänge von gröber strukturirten Fädchenstrecken bis zu diesen feinsten verfolgen und so die Bedeutung dieser feinsten, nicht mehr sicher erkennbaren wabigen Bildung klar ermitteln. Die Übereinstimmung des Bildes solch' feinsten, einreihig wabiger Fädchen mit gut gefärbten Geißeln der Flagellaten ist wiederum ganz auffallend, wie ich schon 1898 hervorhob. — Fig. 1, Taf. XX zeigt bei schwächerer Vergrößerung ein ganzes Knäuel isolirter Achsenfäden von *Geodia*, welche die geschilderte Quellung in verschiedenem Grad erfahren haben und auch in verschiedenem Grad netzig verschmolzen sind.

Die Veränderungen, welche die Fäden der *Tethya* unter den gleichen Bedingungen erfahren, sind analog. Doch zeigte nur ein Theil der Fäden an einer gewissen Stelle des Präparats die Veränderung, während die übrigen wenig alterirt waren, nur manchmal quergestreift und hier und da auch deutlich sehr fein wabig erschienen. Die stark veränderten Fäden sind sehr gequollen und zähflüssig, da sie theilweis netzig zusammengeflossen sind (s. Fig. 5, Taf. XIX), jedenfalls da, wo sich die Fäden überkreuzten. Die Zähflüssigkeit dokumentirt sich namentlich auch darin, dass die Fäden zu platten Bändern ausgebreitet sind. Auch ausgezogene sehr verdünnte Fadenstrecken finden sich. Die so veränderten Fäden der *Tethya* sind nun ebenfalls vorzüglich wabig geworden, jedoch nicht einreihig wie die der *Geodia* sondern vielreihig, was Fig. 5 (Taf. XIX, Vergr. 1300) hervorragend schön zeigt. Da die zähflüssige oder doch sehr weiche plastische Substanz der Fäden flach ausgebreitet ist, so ist die Schaumlage nur einschichtig und daher gut zu studiren. Da die Vermuthung nahe lag, dass die geschilderten Quellungserscheinungen der Fäden beim Erwärmen mit MILLON's Reagens von der Wirkung der freien Salpetersäure herrührten, so wurde eine Probe mit Tethyafäden angestellt; dieselben quollen beim Erhitzen mit mäßig starker Salpetersäure in derselben Weise und mit eben so deutlichem Hervortreten der wabigen Struktur, wesshalb der Vorgang sicher als eine Wirkung der Säure anzusehen ist.

Mit schwacher Jodtinktur färben sich die Fäden (*Geodia*) gelb bis gelbbraun; Zusatz von koncentrirter Schwefelsäure zur Flüssigkeit bewirkt zuerst schwache Verstärkung der Braunfärbung, darauf Entfärbung und schließlich Zerstörung der Fäden unter Aufquellen.

Behandlung aufgetrockneter Fäden (*Geodia*) unter dem Deckglas

mit künstlichem Magensaft (derselbe war schon einige Monate alt) bei 40° ergab langsame Lösung. Nach 24^h waren viele ganz verschwunden, die meisten sehr blass und zart, vielfach nur noch durch Reihen zarter Körnchen angedeutet.

Die aufgezählten Reaktionen ergeben sicher, dass die Fäden aus einem Eiweißkörper bestehen.

Da die in den Spicula eingeschlossenen Fäden sich gegen die Einwirkung sehr zerstörender Reagentien so widerstandsfähig erwiesen, schien es nicht unwichtig, auch die Wirkung einiger dieser Reagentien auf die nicht isolirten Fäden etwas genauer zu prüfen.

Zu diesem Zweck wurden die mit Magensaft isolirten Nadeln der *Tethya* in der Agatschale mäßig fein pulverisirt, so dass die Fäden an den Bruchstellen der Einwirkung der Reagentien zugänglich waren, und das Pulver dann weiter behandelt.

Koncentrirte Schwefelsäure. Eine Probe der gepulverten Nadeln wurde in einem Reagensröhrchen ca. $\frac{3}{4}$ ^h auf freier Flamme mit 89%iger Schwefelsäure gekocht und dann ausgewaschen. Bei der Untersuchung in Wasser schienen zunächst ganz leere Achsenkanäle vorzuliegen, von etwas schwächerer Lichtbrechung als die Kieselsubstanz. Gewisse Zweifel, ob der Achsenfaden ganz zerstört war, wurden jedoch dadurch hervorgerufen, dass hier und da in dem Achsenkanal quere Grenzen zwischen einem etwas stärker und einem etwas schwächer brechenden Inhalt zu sehen waren. Es wurde desshalb fein zerriebene Tusche zugesetzt, jedoch nicht beobachtet, dass Tuschkörnchen in den Kanal eindrang. Eine Probe der Nadelbruchstücke wurde auf dem Objektträger eingetrocknet, wobei sich das überraschende Resultat ergab, dass nun in fast allen Nadelbruchstücken ein schön quergebänderter Achsenfaden deutlich hervortrat (s. Fig. 9, Taf. XXI, bei tiefer Einstellung). Die hellen Querbänder werden bei hoher Einstellung dunkel, sind also schwach lichtbrechend. Bei Zusatz von schwachem wässrigem Methylenblau trat sofort von den geöffneten Enden der Bruchstücke aus Färbung des Achsenfadens auf, und zwar färbten sich die äußersten Fadenenden stets roth, die darauf folgenden inneren Theile dagegen blau. Nachdem das Präparat über Nacht mit dem Methylenblau gestanden, waren die Fäden in ihrer ganzen Ausdehnung durch und durch roth gefärbt. In den gefärbten Fäden zeigte sich neben der Quergebänderung auch eine feinwabige Struktur, hier und da auch etwas längsfaserig. Das Präparat wurde alsdann getrocknet, wobei die Farbe der Fäden größtentheils in blau überging und dann in Kanadabalsam einge-

schlossen, worin die Fäden eigenthümlicherweise wieder die gleichen Farbenverhältnisse zeigten wie ursprünglich, nämlich die Enden roth, die innere Partie dagegen blau. Ganz besonders schön trat auch auf den Querschnitten der scharf sechseckige, schön blau gefärbte Fadenquerschnitt hervor.

Eine Probe der mit Schwefelsäure gekochten Nadeln wurde mit MILLON's Reagens erhitzt, wobei sich, wenn überhaupt, nur eine äußerst geringe Gelbfärbung der Fäden zeigte.

Wurden die mit Schwefelsäure gekochten Nadeln mit schwacher Flusssäure behandelt, so blieb unter langsamer Lösung der Kieselsubstanz der Achsenfaden überall deutlich erhalten. Derselbe war jedoch ungemein blass und machte den Eindruck eines dünnwandigen hohlen Röhrchens.

Kalilauge. Von zwei Portionen der zerriebenen Nadeln wurde die eine $\frac{1}{4}$ ^h auf freier Flamme, die andere 4^h auf dem Wasserbad mit 35%iger Kalilauge gekocht und hierauf gut ausgewaschen. Wie zu erwarten, und wie auch SOLLAS schon 1879 und 1888 angegeben hat, wird die Kieselsubstanz der Nadeln von Kalilauge gelöst. Man findet die Nadelbruchstücke in den verschiedensten Graden der Auflösung. Die Lösung der Kieselsubstanz erfolgte bei den Nadelbruchstücken meist von dem Achsenkanal aus, dessen geöffnete Enden daher auch häufig trichterförmig erweitert waren. Das Ergebnis der Lösung ist dann ein hohles röhrenförmiges Nadelstück, indem äußere Schichten sich am längsten erhalten (s. Fig. 5, Taf. XXI). Dabei findet jedoch sicher auch äußere Auflösung statt, so dass die längst erhaltenen Schichten jedenfalls mittlere sind. Nicht selten begegnet man auch löcherig korrodirtten Nadeln, und zwar werden solche Löcher, die schließlich durch die noch erhaltene Kieselröhre durchbrechen, theils von innen nach außen, theils auch von außen nach innen durchgefressen. Interessant ist ferner die häufig auftretende zackige Beschaffenheit der Querbruchflächen der Nadeln (s. Fig. 3, Taf. XXI), indem die Schichten abwechselnd stärker und schwächer angegriffen werden. Dies hängt wohl mit der auch optisch hervortretenden verschiedenen Dichte der Schichten zusammen. Gelegentlich finden sich sogar Nadelbruchstücke, bei denen sich verschiedene Schichten ganz von einander gelöst haben, und die dann röhrenförmig in einander geschachtelt sind.

Bei der Auflösung der Kieselsubstanz bleibt ein geringfügiger Rest, aller Wahrscheinlichkeit nach organische Substanz, zurück, der sich hauptsächlich äußerlich in Form eines dünnen blassen,

zuweilen auch mehrschichtigen Überzugs findet. Diese Reste färben sich mit Methylenblau oder Dahlia schön roth. Gelegentlich war sogar von ganz aufgelösten Nadeln eine zusammenhängende äußere Hülle zurückgeblieben, die sowohl in der Flächenansicht, als im optischen Durchschnitt einen recht kenntlichen einschichtigen Wabenbau zeigte.

Von den Achsenfäden finden sich auch nach dem Auswaschen mit Wasser gewöhnlich noch deutliche Reste. Einmal kommen Bruchstücke vor, deren Faden sich überhaupt kaum verändert hat. Bei den übrigen Nadeln scheint der Faden dagegen verschwunden; doch ergiebt die genauere Untersuchung, dass gewöhnlich noch Reste vorhanden sind, die sich mit Methylenblau intensiv roth färben (s. Fig. 5, Taf. XXI). Meist machen diese Fäden den Eindruck hohler Röhren, doch finden sich auch solche, die aus durchgehender feinwabiger Substanz zu bestehen scheinen (Fig. 3, Taf. XXI), und welche sogar hier und da noch etwas von der queren Bänderung zeigen. Selbst in Bruchstücken, deren Kieselsubstanz bis auf die oben erwähnte Hülle ganz aufgelöst war, war der Achsenfaden häufig noch in der beschriebenen Weise erhalten. Ferner fanden sich auch ganz freie, isolirte derartige Fäden vor. Endlich begegnet man Nadelbruchstücken, deren Kanal nur noch etwas Gerinnsel enthält und solchen, in denen sich selbst durch Färbung nichts mehr von einem Faden nachweisen lässt.

Nicht ohne Interesse ist, dass sich auch die Achsenfäden der Kieselsterne der *Tethya* gelegentlich als strahlige Gebilde ganz isolirt vorfinden.

MILLON's Reagens. Schon oben (p. 256) wurde erwähnt, dass sich die Fäden zerriebener Nadeln mit diesem Reagens hübsch gelbroth färben lassen.

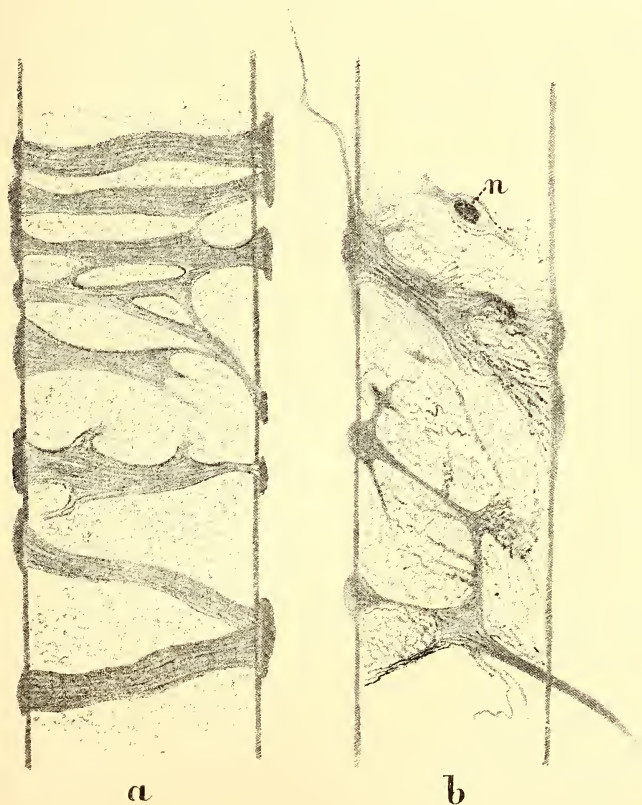
Färbungsversuche. Versuche mit nicht zerriebenen Nadeln und wässrigem Methylenblau ergaben, dass bei hinreichend langer Einwirkung (bei 54°) die Fäden, welche durch Bruch dem Farbstoff zugänglich sind, oder die überhaupt in einem einerseits nicht abgeschlossenen Achsenkanal liegen, ganz blau gefärbt werden. Wenn man die so behandelten Nadeln mit Wasser auswäscht, trocknet und darauf in Kanadabalsam einlegt, so findet man viele Nadeln, deren Faden gut gefärbt ist. In Nadeln, deren Achsenkanal beiderseits abgeschlossen ist, ließ sich mit Sicherheit nie ein gefärbter Faden nachweisen; dazu kommt, dass man an zerbrochenen Nadeln stets sicher wahrnehmen kann, dass der Farbstoff allmählich von dem

Bruchende aus eindringt. Hieraus und aus dem schon früher Hervorgehobenen folgt, dass die Kieselsubstanz für den Farbstoff undurchgängig ist. Die weiteren Versuche, mit wässriger Lösung von Dahlia, die mit Essigsäure versetzt, wässrigem Methylenblau, essigsaurem Eisenoxyd und Hämatoxylin die Achsenfäden zerriebener Nadeln zu färben, ergaben im Allgemeinen keine sehr günstigen Resultate, indem sich zwar gewöhnlich die freigelegten Enden, dagegen relativ selten Fäden der Bruchstücke in ganzer Ausdehnung färbten. Auf dünnen Querschnitten waren die Fäden gewöhnlich gefärbt.

Sehr gute Ergebnisse wurden dagegen erzielt, als Fragmente der Marksubstanz von *Tethya* mit einer wässrigen Lösung von Dahlia (die mit Essigsäure versetzt war) 24^h auf dem Wärmeschränk (40°) gefärbt, und hierauf die Nadeln durch Zerzupfen isolirt und aufgetrocknet, oder nach einem von Prof. SCHUBERG ermittelten Verfahren fixirt und, nach dem Entwässern, die Nadeln durch Zerzupfen in Kanadabalsam isolirt wurden. Vor Allem die letzteren Präparate zeigen die Achsenfäden häufig in ihrer gesammten Ausdehnung vorzüglich und intensiv roth gefärbt (Lampenlicht). Auf's klarste ergibt sich in diesen Präparaten jedoch wieder, dass nur solche Achsenfäden gefärbt sind, die entweder durch Bruch der Nadeln, oder weil das eine Ende der Nadel offen ist, dem Farbstoff frei zugänglich sind. Gerade diese Präparate lieferten denn auch klare Beweise dafür, dass thatsächlich zahlreiche Stabnadeln vorkommen, deren spitzes Ende geöffnet ist, und deren Achsenfaden hier freiliegt. Besonders häufig ist dies namentlich bei den langen schlanken Stabnadeln, die sich in den leichter zerreißbaren Zügen der Marksubstanz finden. Die Figg. 27 und 28, Taf. XXI zeigen die spitz auslaufenden Enden zweier solcher Nadeln. Die Kieselsubstanz verdünnt sich hier an dem spitzen Ende immer mehr, so dass sie schließlich als ein äußerst feiner Saum endigt, der dicht vor dem Ende des Achsenfadens ganz erlischt. Fig. 26 zeigt dies Fadenende sogar gegabelt, jedenfalls eine der Abnormitäten, wie wir sie oben für gewisse Fäden verzeichneten. An den stärker zugespitzten Nadeln trifft man seltener ein sicheres Offenstehen des Achsenkanals am spitzen Ende; doch existiren auch dafür unzweifelhafte Beispiele, von denen Fig. 22, Taf. XXI eines vorführt. Schon KÖLLIKER (1864) fand bei *Tethya* häufig Kiesel-nadeln, »bei denen das Ende des Centrifadens frei zu Tage liegt«, ja z. Th. ein Stück weit über das Nadelende hervorragte. Er beurtheilt diese Befunde sehr richtig, als nicht völlig ausgebildete Nadeln, deren eines Ende noch keinen Abschluss gefunden hat, und betrachtet

sie daher auch als wichtig für die Auffassung des Nadelwachstums überhaupt. In dieser Hinsicht ist sehr beachtenswerth, dass ich in den genannten Präparaten auch vereinzelt, fast ganz freien Achsenfäden begegnete, die nur in der mittleren Region von einer äußerst dünnen, schwächer brechenden Scheide (also wohl Kieselsubstanz) umhüllt waren. Das eine Ende solcher Fäden war stumpf abgerundet, das andere dagegen verschmälert. Welche Konsequenzen hieraus für die Bildungsgeschichte der Nadeln gezogen werden dürfen, möchte ich vor genauerer Verfolgung des Thatsächlichen nicht eingehender erörtern.

Dagegen wäre hervorzuheben, dass die mit *Dahlia* gefärbten und fixirten Präparate auch die Beziehungen des umgebenden Gewebes



zu den Nadeln in sehr interessanter Weise und vielfach mit besonderer Klarheit zeigen. Man sieht nämlich die Nadeln dicht umgürtet von einer großen Zahl stark gefärbter, vielfach verzweigter Bänder,

wie es die beiden vorstehenden Textfiguren wiederzugeben versuchen. Der Eindruck ist der, dass eine große Zahl bandförmiger, verzweigter und auch unter einander anastomosirender Zellen, Silikoblasten, die Nadeln dicht umgürten. Die genaue Untersuchung ergibt jedoch, dass der Zusammenhang dieser Zellen (wenn wir sie so bezeichnen dürfen) viel inniger ist, indem sich zwischen ihnen auf der Oberfläche der Nadel eine sehr feine protoplasmatische Lage ausbreitet, so dass die Bänder nur Verdickungen derselben darstellen dürften. Da die Färbung sehr intensiv ist, so eignet sie sich wenig zur Beobachtung der Kerne; dennoch waren hier und da in den Bändern dunkler gefärbte Körper (*n* Fig. b) eingelagert, deren Deutung als Kerne mir wenig zweifelhaft erscheint.

Viel eigenthümlicher jedoch als diese Beobachtung erscheint mir die folgende, welche an denselben Präparaten in einer ganzen Anzahl Fälle sicher zu stellen war. Unter den Nadeln mit gut gefärbtem Achsenfaden finden sich auch solche, deren Faden mehr oder weniger geschrumpft ist, so dass er den Achsenkanal nicht mehr völlig ausfüllt. An solchen Nadeln fiel nun auf, dass vielfach zwischen den Faden und die Wand des Kanals dunkelroth gefärbte, unregelmäßig viereckige Körper in ziemlich regelmäßigen Abständen eingelagert waren. Fig. 10 zeigt dies für eine Strecke einer Nadel deutlich. Bei weiterer Verfolgung ergab sich, dass die eingelagerten Körper in vielen Nadeln auf das reichste mit Ausläufern versehen sind, welche den Achsenfaden ganz ähnlich umgürten, wie es vorhin für die Bänder um die Nadeln geschildert wurde. Fig. 11 sucht dies für drei solcher Körper wiederzugeben, und Fig. 12 zeigt die Stelle einer Nadel, wo der Achsenfaden auf eine Strecke gerissen war, wodurch ein gerade hier gelegener verästelter Körper bloßgelegt und daher mit seinen weitausgedehnten Verästelungen schön zu verfolgen war. Dass hier nichts Abnormes vorliegt, dafür scheint das in ziemlich regelmäßigen Abständen sich wiederholende Vorkommen der eigenthümlichen Körper zu sprechen. Bei ihrer Betrachtung vermag man sich des Gedankens nicht zu erwehren, dass es sich um Zellen handeln könnte, die in ähnlicher Weise mit dem Wachstum des Achsenfadens in Beziehung ständen wie die Silikoblasten mit dem der Kieselsubstanz der Nadel. Obgleich diese Möglichkeit fast ausgeschlossen erscheint, wenn man das, durch zahlreiche übereinstimmende Erfahrungen festgestellte erste Entstehen des jugendlichen Spiculums in einer Zelle berücksichtigt, so dürfte doch angezeigt sein, diese sehr auffallende Erscheinung weiter zu ver-

folgen. Erst der sichere Nachweis eines Kernes in den fraglichen zellähnlichen Gebilden wäre vollkommen entscheidend.

Ich muss die Lösung der sich an diese Beobachtung anknüpfenden interessanten Fragen einstweilen späteren eigenen oder fremden Untersuchungen überlassen. In der vorliegenden Litteratur fand ich nichts, was mit den geschilderten Verhältnissen in Beziehung gebracht werden könnte.

2. Einige Beobachtungen an den Kalkspicula von *Leucandra aspera*.

Die wichtigen Untersuchungen von SOLLAS (1885) und v. EBNER (1887) erwiesen sicher, dass die Kalknadeln aus Kalkspat (Calcit) bestehen, und dass jede Nadel sich so verhält, als wenn sie aus einem Kalkspatindividuum herausgeschnitten wäre, d. h., dass ihre Theilchen alle krystallographisch übereinstimmend orientirt sind. Untersuchungen des specifischen Gewichts, des Brechungskoefficienten für die beiden Strahlen, der Verhältnisse der Doppelbrechung, der Spaltbarkeit, sowie der Ätzfiguren lieferten sämtlich sichere Beweise für diese Auffassung. In v. EBNER's ausgezeichneten Untersuchung sind auch alle früheren Erfahrungen über die Kalknadeln so eingehend und trefflich berücksichtigt, dass ich hierüber auf seine Abhandlung verweisen kann.

Meine Untersuchungen über die Kalknadeln beschränken sich nur auf einige gelegentliche Studien über ihre Veränderung bei schwachem Glühen, da schon v. EBNER's und frühere Erfahrungen ergaben, dass hierbei Erscheinungen auftreten, welche sehr an das Verhalten der Kieselnadeln erinnern.

Zur Untersuchung wurden fast ausschließlich die großen, beiderseits zugespitzten Stabnadeln von *Leucandra* benutzt, welche durch vorsichtiges Kochen mit 1%iger Kalilauge isolirt waren. — Wie die früheren Untersucher (vgl. insbesondere EBNER p. 117 ff.) beobachteten, werden die Nadeln schon bei mäßigem Erhitzen (nach v. EBNER genügt 370°, Siedepunkt des Paraffins) weißlich trüb, was ganz plötzlich, in einem Moment eintritt. Dabei springen die Nadeln häufig fort, oder zerspringen auch in einige Stücke. Bei stärkerem Erhitzen zerspringen oder dekrepitiren sie in feinste blättchenartige Fragmente, wie dies v. EBNER beschreibt. Die Fragmente sind so klein, dass sie sich wie ein weißer Rauch erheben, wenn man das Erhitzen in einem Tiegel oder Glasröhrchen vornimmt, wobei sie sich an die Wände oder den Tiegeldeckel niederschlagen, so dass man zur irrigen Meinung verleitet werden könnte, dass die Nadelsubstanz

sublimirt. Ich habe nur diejenige Veränderung genauer untersucht, welche bei vorsichtigem Erhitzen unter Weißwerden der Nadeln plötzlich eintritt, ohne dass sie hierbei in feine Fragmente zerstäuben. Schon v. EBNER hat gegen HAECKEL (1872) sehr richtig hervorgehoben, dass die schwächere oder stärkere Bräunung der geglühten Nadeln (im durchfallenden Licht) nicht auf Verkohlungs organischer Substanz, d. h. auf Bildung schwarzer Kohlentheilehen, sondern auf dem Auftreten zahlreicher, die Kalksubstanz durchsetzender Gasbläschen oder leerer Räumchen beruht. Dies ist denn auch vollkommen richtig; nur muss ich aus den Figuren (s. Figg. 34, 39, 40, 41, 49) und der Beschreibung EBNER's entnehmen, dass er die sich entwickelnde feine Hohlraumchenstruktur in ihrer Feinheit und Regelmäßigkeit nicht genügend erkannte, sondern nur die etwas gröberen Hohlraumchen oder Gasbläschen wahrgenommen hat. Wenigstens zeigen die citirten Figuren EBNER's nur ziemlich locker zerstreute gröbere Hohlraumchen und können daher höchstens einem Theil der überraschend schönen und feinen Struktur entsprechen, welche die schwach erhitzten Nadeln darbieten. Wir erfuhren soeben, dass also bei den Kalknadeln ganz der gleiche Irrthum hinsichtlich der Veränderung beim Glühen begangen wurde, wie bei den Kieselnadeln.

Zur Erläuterung der schönen feinwabigen Struktur der schwach erhitzten Stabnadeln gebe ich drei Mikrophotographien von Fragmenten solcher Nadeln, die durch feine Zertrümmerung hergestellt und in Xylol-Kanadabalsam eingeschlossen wurden. Fig. 1 (Taf. XIX) ist der optische Längsschnitt einer Nadel, der sowohl den feinen Wabenbau als die Schichtung sehr gut erkennen lässt. Fig. 2, Taf. XIX zeigt dagegen einen recht guten Querschnitt einer Nadel mit Schichtung. Auf demselben ist gleichzeitig sicher zu erkennen, dass sich von einem Achsenkanal und Achsenfaden sicherlich nichts findet. In diesem Fall ist sogar nicht einmal eine besondere Ausbildung des axialen Wabenwerks zu beobachten, welche einem Achsenfaden analog erscheinen könnte. In anderen Fällen dagegen war die axiale Partie der wabigen Kalksubstanz etwas lockerer strukturiert als die übrige, ohne jedoch irgendwie scharf von derselben abgesetzt zu sein. Meine Erfahrungen stimmen daher durchaus mit denen v. EBNER's überein, dass ein Centralkanal und ein Achsenfaden im Sinne der Kieselnadeln sich nicht findet und dass der zuweilen, namentlich auch bei schwach geglühten Nadeln, sichtbare Achsenfaden nur von einer Modifikation der Kalksubstanz herrührt, die sich durch leichtere Angreifbarkeit in Säuren und durch etwas anderes

Lichtbrechungsvermögen (wohl gewöhnlich geringeres) von der übrigen unterscheidet.

Fig. 4 (Taf. XIX) ist die Mikrophotographie eines ganz dünnen Fragmentes, das jedenfalls einen ganz regulären axialen Radiärschnitt einer Stabnadel darstellt und die Beziehungen der Schichtung zu dem Wabenbau sehr gut erkennen lässt. Aus dieser Photographie ergibt sich, dass die Schichtung auch hier eine sehr feine ist und auf regelmäßiger schichtweiser Anordnung der Hohlräumchen beruht, wie bei den Kieselnadeln und den zahlreichen, von mir früher (s. 1898 u. 1900 Schwefel) beschriebenen Fällen. Auch hier begegnen wir einem regelmäßigen Wechsel dünner, wie es scheint, im Allgemeinen nur einreihiger Wabenschichten, deren etwas verschiedenes Lichtbrechungsvermögen auf der etwas verschiedenen Größe der Hohlräumchen und der Dicke der Wände beruht. (Genauere Erörterungen über diese so gewöhnliche Erscheinung vgl. in dem Abschnitt über die Schichtung der Stärkekörner in meinem Werk von 1898 p. 305). Auch Fig. 1 Taf. XIX zeigt die Feinheit des Schichtenbaues sehr gut, wogegen der Querschnitt Fig. 2 (Taf. XIX) meist das Abwechseln dickerer, heller und dunkler, mehrwabiger Zonen bemerken lässt. Wie jedoch einzelne Partien (so z. B. rechts oben) auch hier verrathen, rührt dies wohl sicher nur daher, dass die Schichtung nicht ganz scharf eingestellt ist und deshalb dickere Schichten dadurch entstehen, dass sie insgesamt etwas stärker lichtbrechend sind als die dazwischen liegenden Partien, ohne dass die feinere Schichtung deutlich hervortritt, welche diese gröberen Zonen bei scharfer Einstellung selbst zeigen.

Wie bei den Kieselnadeln sind auch hier die Hohlräumchen des feinwabigen Gerüstes ganz unzugänglich für Flüssigkeiten. Weder Wasser noch andere Flüssigkeiten, die nicht zerstörend wirken, dringen ein. Dies folgt ganz sicher daraus, dass selbst die feine Struktur dünnster Fragmente in Kanadabalsam vollkommen klar und deutlich bleibt, während sie verschwinden müsste oder doch sehr an Schärfe verlieren, wenn der Kanadabalsam eindringe.

Einige Versuche über die eventuelle Veränderung der Dimensionen der Stabnadeln beim Erhitzen bis zum Weißwerden ergaben, dass dabei sicher gar keine Dickenzunahme auftritt, während wir diese bei den Kieselnadeln sehr beträchtlich fanden. Eine Vergrößerung der Längendimension ist ja sehr unwahrscheinlich, da sie den Kieselnadeln fehlt. Hieraus folgt, dass das Deutlichwerden

der Wabenstruktur nicht auf Erweiterung vorhandener Hohlräumchen beruhen kann.

Um einen Anhaltspunkt hinsichtlich des eventuellen Wasserverlustes beim Erhitzen der lufttrockenen Kalknadeln zu erhalten, wurde eine Probe (0,2233 g) in einem kleinen Reagensröhrchen erhitzt bis sichtlich kein Wasser mehr entwich. Die Nadeln wurden dabei nicht nur weiß, sondern in feinstes Pulver zerstäubt, das sich an die Wand des Röhrchens setzte. Dies ist auch der Grund, wesshalb der Versuch in einem nicht zu kurzen Röhrchen vorgenommen werden muss, da die Verstäubung sonst starken Substanzverlust bewirkt. Dass beim Erhitzen Wasserverlust eintritt, ist deutlich, da sich das Wasser an dem oberen Theil des Röhrchens niederschlägt. Nach völligem Austreiben des Wassers, wobei sich ein schwach brenzlicher Geruch entwickelte, betrug der Verlust 0,0066, was einem Wasserverlust von 2,507% entspricht. Da nun bei vorsichtigem Erhitzen bis zum Weißwerden der Nadeln zweifellos viel weniger Wasser verloren geht als bei der Zerstäubung, wie sie in obigem Fall eingetreten war, so ist der Wasserverlust beim Weißwerden jedenfalls ein sehr geringer. Ähnlich wie bei den Kieselnadeln kann daher das Deutlichwerden der Hohlräumchenstruktur nicht etwa auf dem Austreiben einer eventuellen Wassererfüllung der Hohlräumchen beruhen, aber auch nicht auf der Erweiterung ursprünglicher Hohlräumchen, da ja die Nadeln ihr Volum nicht ändern, sondern höchstens auf einer Art Zusammenschmelzen feinsten Hohlräumchen zu gröberen, sichtbaren, unter theilweiser Zerstörung des feinsten Maschenwerks.

Die Frage, ob das Auftreten der feinwabigen Mikrostruktur auf die Existenz einer entsprechenden, ihrer Feinheit wegen jedoch unsichtbaren Struktur im nicht erhitzten Zustand hindeutet, vermag ich nur in derselben Weise wie für die Kieselnadeln zu beantworten. Die Schichtung scheint darauf hinzuweisen, dass auch schon im nichterhitzten Zustand eine solche Struktur existirt, denn hierdurch würde sich der Schichtenbau und seine Eigenthümlichkeiten in sehr einfacher Weise und in Übereinstimmung mit den Verhältnissen ähnlich geschichteter Gebilde erklären.

Wie oben mitgetheilt wurde, vermochte ich eben so wenig wie v. EBNER und einige frühere Beobachter einen Achsenkanal und Achsenfaden an den normalen und den erhitzten Nadeln aufzufinden. Beim Auflösen der Nadeln in sehr verdünnter Essigsäure zeigt sich nie die Spur eines solchen Achsenfadens, der doch, wenn er in

ähnlicher Weise wie bei den Kieselnadeln entwickelt wäre, unter diesen Umständen leicht nachzuweisen sein müsste.

Bei vorsichtigem Auflösen der Kalknadeln in verdünnten Säuren konnte v. EBNER (p. 121) keinerlei Reste organischer Substanz bemerken; bei Behandlung der Nadeln mit Essigsäure, der Bismarckbraun zugesetzt war, schien es zwar, dass etwas organische Substanz in Form membranöser Bildungen zurückbleibe und sich mit dem Farbstoff tingire. Da jedoch beim Auflösen von Kalkspatpartikeln das Gleiche sich zeigte, so schließt v. EBNER wohl mit Recht, dass es sich um eine geringfügige Ausfällung des Farbstoffs in Berührung mit dem kohlensauen Kalk handle.

Meine mit äußerst verdünnter Salzsäure, die schwach mit Methylenblau versetzt war, angestellten Versuche ergaben, dass bei der Lösung der mit 1%iger Kalilauge isolirten Nadeln eine sehr geringe Menge einer feingranulirten Substanz zurückbleibt, die zuerst an den abschmelzenden Nadelspitzen auftritt, und im Allgemeinen wie ein unregelmäßig verschrumpfter, ganz schlapper und äußerst dünnwandiger hin- und hergewundener Schlauch erscheint. Von einem Achsenfaden wurde, wie gesagt, nie eine Spur gesehen. Die vorsichtige Auflösung fein zertrümmerter Fragmente der Nadeln ergab, dass auch diese eine sehr feine, schleimartige, blass gefärbte Masse zurücklassen, welche die Form des Fragmentes besitzt. — Bis zum Weißwerden erhitzte Nadeln verhalten sich bei der Auflösung gerade so wie die nicht erhitzten.

Die Auflösung der Nadeln in nicht mit Methylenblau versetzter, sehr verdünnter Salzsäure ergab ganz dasselbe Resultat, und das Gleiche wurde auch an Nadeln beobachtet, welche einfach durch Zerpupfen dem in Alkohol konservirten Schwamm entnommen waren.

Hieraus folgt, dass der äußerst geringe, bei der Lösung bleibende Rest nicht mit dem zugesetzten Methylenblau zusammenhängt. Dagegen muss ich hervorheben, dass beim Auflösen feiner Fragmente von Kalkspat (Auerbach an der Bergstraße) in sehr verdünnter Salzsäure ebenfalls ein sehr geringer fein granulärer, häufig etwas gelblicher Rest zurückblieb, welcher wenigstens zuweilen an den Spiculärückstand erinnerte.

Mit einer Spiculascheide, wie sie von KÖLLIKER, HAECKEL, v. EBNER und MINCHIN als eine organische Umhüllung der Kalknadeln beschrieben wird, kann der bei der Auflösung zurückbleibende Rest nicht wohl verglichen werden. Hinsichtlich dieser Frage ist auch die Behandlung der Nadeln mit Kalilauge von Wichtigkeit, da nach den

Erfahrungen HAECKEL'S und v. EBNER'S stärkere Lauge die Nadeln schon in der Kälte angreift, wobei die sogen. Scheide sich gut erhalten soll. Nach v. EBNER (p. 108) unterscheiden sich die Kalkspicula in dieser Hinsicht von Kalkspat, dem sie im Übrigen so genau entsprechen, da letzterer durch 10—15%ige Kalilauge (in 24^h und ein- bis zweimaligem Kochen auf kurze Zeit) nicht angegriffen wird, während die auf gleiche Weise behandelten Nadeln sehr stark angegriffen bis völlig zerstört werden. Auch ich habe einige Versuche mit Kalilauge angestellt, die in 35%iger Lösung zur Verwendung kam, jedoch nur in der Kälte, ohne Erwärmen. In dieser Lauge waren die Nadeln schon nach 24^h sehr angegriffen, ja die kleineren völlig zerstört. Das Seltsame ist jedoch, dass dabei jede Nadel eine deutliche schöne dünne Scheide zurücklässt, welche die ehemalige Spiculaform gut bewahrt, und die sich bei Untersuchung mit starken Vergrößerungen als sehr feinwabig, einschichtig strukturirt erweist, was namentlich auch auf dem optischen Durchschnitt gut zu erkennen ist. Dagegen ist von einem Achsenfaden auch bei dieser Behandlung nie etwas zu bemerken; im Gegentheil wird die axiale Partie der Nadeln häufig rascher gelöst als die periphere, wesshalb sich ein scheinbarer Achsenkanal bilden kann. Interessanterweise findet man zwischen den ganz oder theilweise zerstörten und in der Lauge untersuchten Nadeln eine große Menge dünner, schön sechseckiger Krystalltäfelchen, die in ihrem Aussehen, der vielfach sehr schön ausgeprägten Schichtung, sowie auch dem gelegentlich sehr deutlichen alveolären Bau vollständig den sechseckigen Täfelchen gleichen, die ich 1898, p. 124 beschrieben und auf Taf. VIII, Figg. 2, 3 und 6 photographisch abgebildet habe¹. Bei Betrachtung in der Fläche zeigten sie, wie die 1898 beschriebenen Täfelchen, meist keine Doppelbrechung, dagegen erwiesen sie sich in der Kantenansicht stark doppelbrechend. Häufig waren die Täfelchen auch den angegriffenen Nadeln oder deren Scheiden in ganzen Büscheln aufgewachsen.

Wurde etwas gröblich pulverisirter Kalkspat (Auerbach an der Bergstraße) in entsprechender Weise mit 35%iger Kalilauge einige Tage in der Kälte behandelt, so zeigte sich ganz die gleiche Erscheinung. Schon der Umstand, dass die Kalkspatpartikel, ähnlich den Kalknadeln, in der Lauge allmählich zu einer Kruste zusammenbacken, ließ dies vermuthen. Zwischen und auf den Kalkspatstückchen fand sich eine große Menge der sechseckigen Täfelchen,

¹ Die Täfelchen wurden 1898 für CaCO_3 gehalten, was sie nicht sind, wie das Folgende ergibt.

auch ganze Aggregationen solcher und büschelige Auswachsungen auf den Kalkspatfragmenten, die übrigens auch stellenweise sichere, wenn auch schwache Spuren von Ätzung zeigten. Sowohl bei den Nadeln, als bei den Kalkspatfragmenten ergab sich die seltsame Erscheinung, dass die Täfelchen nach dem Auswaschen der Lauge mit Wasser verschwanden, sich dagegen nun eine Menge kleiner Calcosphäriten oder auch deutlicher kleiner Rhomboëder vorfand, die theils frei, theils den Nadeln aufgewachsen waren, zum Theil jedoch auch im Inneren der im Wasser erhaltenden Scheiden der Nadeln lagen. Dies ließ vermuthen, dass die Calcosphäriten und Rhomboëder unter dem Einfluss des Wassers aus den Täfelchen hervorgehen. Genauere Verfolgung der Wasserwirkung unter dem Mikroskop ergab denn auch wirklich, dass die Täfelchen durch Wasser ziemlich rasch, jedoch keineswegs plötzlich aufgezehrt werden, und dass an ihrer Stelle die Calcosphäriten auftreten. Eigenthümlicherweise fand sich jedoch gelegentlich, dass die Täfelchen durch Wasser nicht völlig zerstört wurden, sondern einen skelettartigen Rest zurückließen, der die Form des ursprünglichen Täfelchens noch deutlich zeigte. Jedenfalls folgt aus diesen Erfahrungen, dass die Vermuthung, es könnten die sechsseitigen etwa K_2CO_3 sein, nicht begründet ist. Vielmehr handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um ein Doppelsalz von $CaCO_3$ und K_2CO_3 , welches durch Wasser zersetzt wird, unter Abscheidung des $CaCO_3$ in Gestalt von Sphäriten oder Rhomboëdern. Ich habe die nicht uninteressante Bildung dieser Verbindung noch etwas genauer verfolgt und werde die Ergebnisse meiner Untersuchungen an geeignetem Ort mittheilen¹.

Oben wurde erwähnt, dass beim Auflösen der Nadeln in 35%igem Kali eine gut ausgebildete Scheide zurückbleibt. Bei Behandlung mit sehr verdünnter Salzsäure (3—4 Tropfen auf ca. 30 cem H_2O) bleibt diese Scheide unverändert erhalten. Dabei wurde gleichzeitig eine sehr seltsame Erscheinung beobachtet. Hier und da war in der Scheide noch ein mehr oder minder ansehnlicher ungelöster Rest der Nadel erhalten, der nun von der sehr verdünnten Säure allmählich gelöst wurde. Diese Lösung erfolgte aber in einer Weise, die von der vorhin beschriebenen normaler Nadeln ganz abwich, indem ein häufig sehr schön und feingeschichteter gelbbraunlicher Rückstand verblieb, der die Form des aufgelösten Spiculastückes völlig bewahrte. Gleichzeitig bemerkte man jedoch deutlich, dass die feine Schichtung

¹ Frisch gefällter $CaCO_3$ wird durch Behandlung mit 35%iger Kalilauge bei 40° in wenig Tagen völlig in Kryställchen des fraglichen Doppelsalzes übergeführt.

dieses Rückstandes nichts mit der ursprünglichen Schichtung der Nadel zu thun hatte, denn an abgebrochenen Nadeln folgte die Schichtung des Bruchendes der Bruchfläche, war also etwas ganz Anderes als die natürliche Schichtung. Wurden die Scheiden hierauf mit halbverdünnter Salzsäure (von 35 %) behandelt, so verloren sie sehr stark an Substanz und fielen zu sehr substanzarmen lockeren unregelmäßigen Hüllen zusammen, die auffallend an diejenigen erinnerten, welche sich direkt aus den Nadeln mit sehr verdünnter Säure gewinnen lassen (s. oben). Halbverdünnte Salpetersäure veränderte diese Reste wenig; als darauf halbverdünntes Ammoniak zugesetzt wurde, verquollen sie dagegen bis zur Unkenntlichkeit.

Aus diesen Ergebnissen kann ich nur schließen, dass die mit Kalilauge isolirten sog. Scheiden nicht wohl nur aus organischer Substanz bestehen können, sondern, dass an ihrer Zusammensetzung auch anorganisches Material in irgend einer Form, möglicherweise sogar CaCO_3 Theil nimmt, obgleich das Nähere vorerst nicht recht klar ist.

Doch möchte ich bei dieser Gelegenheit daran erinnern, dass Calcosphäriten, die aus reinen Lösungen von CaCl_2 und K_2CO_3 dargestellt wurden, und daher auch nur aus CaCO_3 bestehen können, bei der Auflösung in sehr verdünnter Essigsäure eine äußere Hülle zurücklassen, jedoch auch von dem Inneren sich blasse, schwer bemerkbare Reste erhalten (s. hierüber 1898, p. 130).

Auf Schnitten durch *Leucandra*, die zuvor mit Alaunkarmin gefärbt waren, sind die Kalknadeln stets mehr oder weniger aufgelöst. Gewöhnlich findet sich um den Querschnitt des Raumes, den die ehemalige Nadel einnahm, eine tief rothgefärbte, ziemlich dicke Scheide, und eben so bemerkt man häufig in der Höhlung eine bis mehrere ähnliche konzentrische Scheiden, so dass das Ganze den Eindruck macht, als seien beim Auflösen mehrere in einander geschachtelte Hüllen von organischer Substanz zurückgeblieben. Diese Erfahrung veranlasste mich, die Einwirkung einer 5 %igen Kalialaunlösung auf die isolirten Nadeln zu untersuchen. Dabei zeigte sich sofort, dass die Nadeln von dieser Lösung stark angegriffen werden, was schon durch die langsame Kohlensäureentwicklung erwiesen wird. Nach mehrtägiger Einwirkung finden sich massenhaft Gipskryställchen zwischen den Nadeln vor, ja diese sind den Nadeln häufig so dicht aufgewachsen, dass letztere vor dem weiteren Angriff geschützt werden. Die Nadeln sind mehr oder weniger bis völlig aufgelöst, wobei sich jedoch, ähnlich wie bei der Lösung in Kalilauge, eine äußere Scheide regelmäßig erhält, zu der sich zu-

weilen noch mehrere ähnliche innere, konzentrische Scheiden gesellen, woraus sich die oben geschilderten Befunde der Schnitte erklären. Dass es sich nun in diesem Fall unmöglich um Reste organischer Substanz handeln kann, ist schwerlich zu bezweifeln; vielmehr muss jedenfalls eine Abscheidung anorganischer Substanz vorliegen, also entweder von Gips, oder eventuell auch von Thonerde oder einer Thonerdeverbindung, die bei der Einwirkung der Alaunlösung auf den CaCO_3 gebildet wird.

Calcit wird ebenfalls von der 5%igen Alaunlösung angegriffen unter Bildung von Gipskryställchen und Entwicklung von Kohlensäure.

Es schien mir angezeigt, auch einige vergleichende Versuche mit Kalkspatfragmenten hinsichtlich der Wirkung des Glühens auszuführen. Dass das Weißwerden der Kalkspicula bei mäßigem Glühen nicht von Zersetzung des CaCO_3 unter Entweichen von CO_2 herrührt, ergibt sich ja schon aus der Thatsache, dass die weiß und alveolär gewordenen Nadeln beim Auflösen in Säure eben so reichlich CO_2 entwickeln als die nicht erhitzten. Dies folgt aber auch daraus, dass es sehr energischen und langen, 2—3ständigen Glühens bedarf, um kleine Fragmente von Kalkspat völlig zu zersetzen und in CaO überzuführen. — Mäßiges, kurzes Glühen bewirkt sehr wenig Veränderung an kleinen Kalkspatfragmenten. Gewöhnlich ist nur eine äußerst dünne Rindenschicht verändert, und zwar feinwabig geworden, häufig mit senkrecht gegen die Oberfläche gerichteter Faserung. Nicht selten tritt in dieser Schicht eine polygonale Felderung bei Flächenansicht hervor, was an sphärolithische Bildungen erinnert, um so mehr, als die Polygone etwas radial zerklüftet sind. Manchmal erscheinen die schwach geglühten Splitter auch sehr deutlich geschichtet.

Fragmente, die 2—3^h stark geglüht und daher völlig in CaO umgewandelt waren, sind sehr brüchig, leicht zu zertrümmern, und weiß, wie dies von gebranntem Kalk bekannt. Bei Einbettung in Xylolkanadabalsam ergibt sich, dass die feinen Trümmer sehr verschieden durchdringlich sind für den Balsam. In die meisten dringt der Balsam nicht ein, dieselben zeigen daher auch nach der Einbettung die vorhandene feine und schöne Struktur sehr deutlich. Diese Struktur, von welcher die Photographie Taf. XIX, Fig. 3 (Vergr. 4300) ein gutes Bild giebt, ist wieder durch und durch feinwabig; jedoch nicht gleichmäßig. Das genauere Studium ergibt vielmehr, dass eine breccienartige Beschaffenheit vorliegt. In eine etwas gröberwabige und daher auch ein wenig schwächer lichtbrechende Grundmasse sind zahlreiche unregelmäßig rundlich-eckige Gebilde von etwas feiner-

wabigem Bau und etwas stärkerer Lichtbrechung eingelagert. Auf der, bei sehr starker Vergrößerung und scharfer Einstellung aufgenommenen Photographie Fig. 3 tritt der Unterschied zwischen diesen Gebilden und der Grundmasse sehr wenig hervor. Am deutlichsten ist er bei Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols, indem die eingelagerten Gebilde ziemlich stark doppelbrechen, die Grundmasse dagegen nicht merkbar. Die doppelbrechenden Einschlüsse verhalten sich nicht wie Sphären, zeigen nie ein Kreuz, und erscheinen bei Einschaltung des Gipsplättchens (Roth 1. O.) theils blau, theils gelb. Sie verhalten sich also wie einfache Kryställchen. Die ganze Bildung erinnert lebhaft an die Mikrostruktur, die ich 1898 (p. 384) bei porösen Thonzellen beobachtete. In einzelne Fragmente ist der Kanadabalsam bis zu einer gewissen Tiefe eingedrungen, und einige kleine Fragmente sind auch ganz von Balsam durchdrungen. In diesen ist die Struktur durchaus unsichtbar geworden, abgesehen von einzelnen, ein wenig größeren Hohlräumchen, die nicht von Balsam erfüllt sind, also gaserfüllt blieben. Zwischen solchen Fragmenten und den von Balsam gar nicht durchdrungenen giebt es alle möglichen Übergangsstufen.

Auch in den ganz durchdrungenen, anscheinend strukturlosen Fragmenten, sind die eingestreuten, etwas stärker brechenden Gebilde hier und da erkennbar. Die doppelbrechende Wirkung der letzteren ist in diesem Fall noch deutlicher als im gaserfüllten Zustand, hängt demnach mit der Gaserfüllung der Struktur nicht zusammen. Auch die ganz durchdrungenen Fragmente sind etwas stärker brechend als der umgebende Balsam, demnach bricht auch die Gerüstsubstanz etwas stärker als Balsam.

Kurze Übersicht der wichtigsten Ergebnisse.

1) Das Verhalten der Kiesel- und Kalknadeln der Spongien bei schwachem Glühen, wobei eine feine, nicht imbibirbare Hohlräumchen- (Waben-) Struktur auftritt, macht es sehr wahrscheinlich, dass eine solche Struktur auch schon im normalen Zustand existirt, jedoch zu fein, um gesehen werden zu können. Für diese Auffassung spricht auch die wohl ausgeprägte Schichtung der Kiesel- oder Kalksubstanz.

2) Der Achsenfaden der Kieselnadeln zeigt die Reaktionen der Eiweißsubstanzen. Im normalen Zustande ist er spröde und splitternd, nach Isolation durch verdünnte Flusssäure dagegen weich und schlapp. Auch die eigentliche Kieselsubstanz enthält etwas organische Substanz, wie sich namentlich beim Auflösen der geglühten Nadeln in schwacher

Flusssäure zeigt. Farbstoffe und sonstige Reagentien können nur auf den Faden wirken, wenn entweder das eine Ende der Nadel noch offen, oder der Faden durch Bruch zugänglich gemacht ist.

3) Die Kieselnadeln der *Tethya* sind äußerlich von gürtelförmigen Zellbändern (Silikoblasten) völlig umhüllt.

4) An Nadeln von *Tethya* mit stark gefärbtem und etwas geschrumpftem Achsenfaden bemerkt man nicht selten zellenähnliche, häufig reich verästelte Körper in regelmäßigen Abständen zwischen dem Faden und der Wand des Achsenkanals.

5) In den Kalknadeln von *Leucandra* findet sich sicher kein Achsenfaden, wie denn überhaupt organische Substanz darin nur äußerst spärlich vorkommen kann. Die sehr deutliche Scheide, welche beim Auflösen der Nadeln in starker Kalilauge zurückbleibt, besteht aller Wahrscheinlichkeit nach nicht nur aus organischer Substanz.

6) Konzentrierte Kalilauge greift in der Kälte nicht nur die Kalknadeln an, sondern eben so auch Kalkspat unter Bildung sechsseitiger Krystalltäfelchen, die, so weit bis jetzt erkennbar, wohl ein Doppelsalz von CaCO_3 und K_2CO_3 sind, das durch Wasser sofort zersetzt wird, unter Abscheidung von CaCO_3 in Form von Sphären oder Rhomboëdern.

Heidelberg, im Juli 1900.

Litteratur.

1871. H. BEHRENS, Mikroskopische Untersuchungen über die Opale. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. Wien. Math.-phys. Klasse. Abth. I. Bd. LXIV. p. 519—566.
1858. J. S. BOWERBANK, On the anatomy and physiology of the Spongiadae. Philosophic. Transact. of roy. Soc. Vol. CXLVIII. 4 Taf. p. 279—332.
1893. O. BÜTSCHLI, Über den feineren Bau der Stärkekörner. Verh. d. naturhist.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. V. p. 89—102.
1894. O. BÜTSCHLI, Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen. Ibid. p. 230—292. 3 Taf.
1898. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über Strukturen. Leipzig. 27 Taf.
1900. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über die Mikrostrukturen des aus dem Schmelzfluss erstarrten Schwefels etc. Leipzig. 4 Taf.
1900. O. BÜTSCHLI, Untersuchungen über die Mikrostruktur künstlicher und natürlicher Kieselsäuregallerten (Tabaschir, Hydrophan, Opal). Verh. des naturhist.-med. Vereins Heidelberg. N. F. Bd. VI. p. 287—347. Taf. V—VII.

1887. V. v. EBNER, Über den feineren Bau der Skeletttheile der Kalkschwämme, nebst Bemerkungen über Kalkskelette überhaupt. Sitzungsber. d. kais. Akad. Wien. Math.-phys. Kl. Abth. I. Bd. XCV. p. 55—148. 4 Taf.
1872. E. HAECKEL, Die Kalkschwämme. Zwei Bde. Mit Atlas. Berlin.
1864. A. KÖLLIKER, Icones histiologicae. 1. Abth. Der feinere Bau der Protozoen. 9 Taf. Leipzig.
1859. H. ROSE, Über die verschiedenen Zustände der Kieselsäure. Ann. Physik u. Chemie. Bd. CLXXXIV. p. 1—39.
1846. F. v. SCHAFFGOTSCH, Über das specifische Gewicht der Kieselerde. Ibid. Bd. CXLIV. p. 147—158.
1860. M. SCHULTZE, Die Hyalonemen. Ein Beitrag zur Naturgeschichte der Spongien. 5 Taf. Bonn.
1863. M. SCHULTZE, Die Struktur der Diatomeenschalen, verglichen mit gewissen aus Fluorkiesel künstlich darstellbaren Kieselhäuten. Verh. des naturhist. Vereins der Preuß. Rheinl. u. Westf. Bd. XX. p. 1—42. Taf. I.
1887. F. E. SCHULZE, Report on the Hexactinellidae. The voyage of H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. XXI.
1879. W. J. SOLLAS, On Plocamia plena, a new Species of Echinonematous Sponge. Ann. a. magaz. nat. history (5). Vol. IV. p. 44—53. Pl. VI—VII.
1885. W. J. SOLLAS, On the physical characters of calcareous and siliceous Sponge spicules and other structures. Scientif. proceed. roy. Dublin Soc. (N. S.) Vol. IV. p. 374—392. Pl. XV.
1888. W. J. SOLLAS, Report on the Tetractinellida. Challenger Reports. Zool. Vol. XXV.
1884. J. THOULET, Sur les spicules silicaux des éponges vivants. Compt. rend. Ac. sc. Paris. Tome XCVIII. p. 1000—1001.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIX.

Fig. 1. *Leucandra aspera*. Große Stabnadel. Schwach erhitzt bis zum Weißwerden. Darauf zertrümmert und die Fragmente in Kanadabalsam aufgestellt. Bruchtheil einer solchen Nadel im optischen Längsschnitt. Sehr schöner gleichmäßiger feinwabiger Bau. Die Schichtung tritt deutlich hervor. Obj. 2, Oc. 8. Einstellung tief auf den mittleren Durchschnitt. Vergr. 4300.

Fig. 2. *Leucandra aspera*. Große Stabnadel, aus demselben Präparat wie Fig. 1. Dünnes Bruchstück, das einen recht guten Querschnitt einer Nadel darstellt. Obj. 2, Oc. 6. Vergr. 2680. Schichtung gut ausgeprägt, zeigt deutlich die Abwechslung dunklerer und hellerer Schichten (doch handelt es sich nicht um die letzten feinsten Schichten, sondern um dickere Zonen, s. Text p. 273). Schöner feiner und gleichmäßiger Wabenbau, der bis zum Centrum geht, ohne dass etwas von einem Achsenkanal oder Achsenfaden zu bemerken ist. Einstellung tief auf die obere Grenzfläche des Schnittes.

Fig. 3. Kalkspat von Auerbach (Bergstraße). 2^h stark geglüht und sicher durchaus in CaO umgewandelt. Dünnes blattförmiges Fragment in Kanadabalsam eingebettet und durchaus gaserfüllt. Wabenbau sehr schön. Obj. 2, Oc. 8.

Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien. 283

Vergr. 4300. Einstellung gerade tief auf die untere Grenzfläche. Blende mäßig verengt.

Fig. 4. *Leucandra aspera*. Dasselbe Präparat wie Figg. 1—2. Kleines sehr dünnes Bruchstück einer großen Stabnadel. Dasselbe stellt einen kleinen Theil eines radiären Längsschnittes durch die Nadel dar, wie sich aus der längsziehenden Schichtung ergibt. Die Abwechslung dunklerer, etwas feiner wabiger und hellerer etwas gröber wabiger Schichten ist deutlich. Der Wabenbau überhaupt sehr gut ausgeprägt. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 4300. Einstellung gerade tief auf die untere Grenzfläche.

Fig. 5. *Tethya lyncurium*. Einige mit schwacher Flusssäure isolirte Centrifalfäden, die nach dem Auswaschen mit Wasser unter dem Deckglas mit MILLON's Reagens in der Wärme behandelt wurden. Die stark aufgequollenen und platt ausgebreiteten Fäden sind da, wo sie sich berührten und überdeckten, zum Theil netzig zusammengefloßen, sowie durch und durch sehr schön feinschaumig strukturirt; dabei schön roth gefärbt. Obj. 2, Pr. Oc. 4. Vergr. 1300. Einstellung gerade tief.

Fig. 6. *Geodia placenta*. Mit schwacher Fluorwasserstoffsäure isolirter Achsenfaden. Ausgewaschen, aufgetrocknet und darauf unter dem Deckglas mit MILLON's Reagens in der Wärme behandelt; schön roth. Der Faden gequollen, einreihig schaumig und die auf einander folgenden Alveolen sehr verschieden angeschwollen. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 1730. Einstellung tief.

Fig. 7. *Geodia placenta*. Stumpfspitzige Stabnadel, die mit 10%iger Salzsäure durch Kochen isolirt. Mit Methylenblau behandelt und in Kanadabalsam eingeschlossen. Die Nadel erscheint ganz blass blau. Optischer Längsschnitt des stumpfen Endes. Deutliche Schichtung, in der inneren Partie mit Andeutung von wabigem Bau. Auch der Achsenfaden (*a*) ist deutlich wabig strukturirt und die Waben seines Endes sogar mit Gas erfüllt. Es ist dies die einzige Nadel, die mir begegnete, an der sich direkt etwas von wabigem Bau erkennen ließ. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 3200. Einstellung tief auf den optischen Horizontalschnitt.

Fig. 8. *Geodia placenta*. Nadeln schwach gegläht, bis weiß geworden, darauf in Kanadabalsam in feine Fragmente zertrümmert. Ganz dünnes Fragment einer abgeblätterten Schicht. Wabenstruktur sehr schön mit einigen ganz deutlichen Sphärenbildungen (*a*). Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 3200. Einstellung gerade tief.

Fig. 9. *Geodia placenta*. Ganz kleines dünnes Fragment einer schwach geglähten Nadel in Kanadabalsam. Wabenbau schön mit Andeutung der Schichtung. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 4300. Blende mäßig. Einstellung gerade tief.

Fig. 10. *Geodia placenta*. Ganz dünnes Fragment einer schwach geglähten Nadel. Einsichtiger Wabenbau. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 4300. Einstellung gerade tief. Kanadabalsam. Blende ziemlich weit.

Tafel XX.

Fig. 1. *Geodia placenta*. Ein Klumpen von Achsenfäden, die mit Fluorwasserstoffsäure isolirt, darauf ausgewaschen, aufgetrocknet und mit MILLON's Reagens unter dem Deckglas gefärbt. Die Fäden sind dabei stark aufgequollen und verklebt bis verschmolzen. Fast alle sehr schön perschnurförmig umgebildet, wie Fig. 6, Taf. XIX. Obj. 8, Pr. Oc. 4. Vergr. 450. Einstellung tief.

Fig. 2. *Geodia placenta*. Nadel schwach gegläht, in Kanadabalsam zertrümmert. Fragment eines guten Querschnittes. Durchaus blasig-wabig mit deut-

licher Erhaltung der Schichtung. *a* der Achsenkanal. In dem feineren Wabenwerk hier und da auch größere, mehr blasige Hohlräume. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 3200.

Fig. 3. *Tethya lyncurium*. Nadelquerschnitt. Mit MILLON's Reagens behandelt und darin untersucht und photographirt. Schichtung mit Abwechslung heller und dunkler Schichten deutlich, eben so der dreieckige Achsenkanal. Ob der Achsenfaden noch vorhanden, ist fraglich. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 1730. Einstellung etwas verschieden, da wahrscheinlich die obere Grenzfläche, auf die eingestellt wurde, etwas schief verlief; es geht dies schon daraus hervor, dass die dunklen und hellen Schichten der einen Seite in die hellen und dunklen der anderen übergehen.

Fig. 4. *Tethya lyncurium*. Nadelquerschnitt, mit MILLON's Reagens behandelt. Der Achsenfaden schön roth gefärbt. In Wasser. Der Achsenfaden und -Kanal deutlich dreieckig mit abgestumpften Ecken. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 1730. Einstellung hoch. Da der Axialfaden stärker lichtbrechend ist als die Kieselsubstanz, so erscheint er heller als diese.

Figg. 5 u. 6. *Geodia placenta*. Stumpfspitzige Nadel, deren Achsenfaden etwas mit Methylenblau gefärbt ist. Fig. 5, stumpfes Ende. Schichtung gut. Fig. 6, das spitze Ende einer eben solchen Nadel. Obj. 2, Pr. Oc. 4. Vergr. 800. Einstellung auf den axialen optischen Horizontalschnitt.

Figg. 7 u. 8. *Tethya lyncurium*. Dünne Stabnadel, die schwach erhitzt bis sie braun geworden. Der Achsenfaden tief schwarz verkohlt. Dies tritt besonders deutlich auf Fig. 8 hervor, da hier die Stelle photographirt ist, wo der Achsenfaden endigte, und der leere Centralkanal begann. Die an den Achsenfaden grenzenden Schichten der Kieselsubstanz deutlich wabig. Obj. 2, Oc. 8. Vergr. 1730. Einstellung tief auf optischen Horizontalschnitt durch den Faden.

Tafel XXI.

Fig. 1. Große Stabnadel von *Geodia placenta* mit schwacher Fluorwasserstoffsäure behandelt. Das eine Ende der Nadel ist zerstört und tief trichterförmig ausgehöhlt. Der Achsenfaden des zerstörten Theiles der Nadel freigelegt.

Fig. 2. Große Stabnadel von *Tethya lyncurium* mit schwacher Flusssäure behandelt. Die Auflösung der Kieselsubstanz hat in der mittleren Partie der Nadel begonnen und unter Bildung einiger eingefressenen Löcher schließlich zur Lösung der mittleren und inneren Partie der Nadel geführt. Dabei wurde die betreffende Strecke des Achsenfadens freigelegt.

Fig. 3. *Tethya lyncurium*. Stück einer großen Stabnadel, das 4^h auf dem Wasserbad mit 35%iger Kalilauge erhitzt wurde. Die Kieselsubstanz des einen Endes des Stückes stark ausgefressen und zackig, indem die abwechselnden Schichten von der Lauge in sehr verschiedenem Grade angegriffen worden sind. Der Achsenfaden ist noch ziemlich gut erhalten.

Fig. 4. *Tethya lyncurium*. Bruchstück einer Stabnadel, die durch Zerzupfen der Marksubstanz des Schwammes in Wasser isolirt wurde. Aus dem Bruchende der Nadel ragt der Achsenfaden ein Stück weit frei hervor und zeigt seine dreikantige Beschaffenheit.

Fig. 5. *Tethya lyncurium*. Bruchstück einer Stabnadel, die 4^h auf dem Wasserbad mit 35%iger Kalilauge erhitzt wurde. Die inneren und äußeren Schichten sind durch die Kalilauge aufgelöst worden, so dass der ziemlich gut erhaltene, mit Methylenblau gefärbte Achsenfaden in einer weiten Höhle liegt. Die erhaltenen äußeren Schichten mit mehreren eingefressenen Löchern.

Fig. 6. *Tethya lyncurium*. Theil eines durch Fluorwasserstoffsäure iso-

lirten Achsenfadens einer großen Stabnadel. Mit 5%iger Lösung von Na_2CO_3 erhitzt und dabei etwas aufgequollen und aufgeknäuelte. Die so sichtbar werdenden optischen Querschnitte der Umbiegungsstellen zeigen die dreiseitige Form des Fadens deutlich.

Fig. 7. *Geodia placenta*. Durch schwache Fluorwasserstoffsäure isolirter Achsenfaden einer Anker-nadel. Der eine der Ankeräste des Achsenfadens gegen das Ende gegabelt.

Fig. 8. *Geodia placenta*. Theil eines Achsenfadens einer schwach ge-
glühten Nadel, durch Fluorwasserstoffsäure isolirt. Der Achsenfaden ist schwärz-
lich verkohlt und zeigt deutlich eine einreihig alveoläre Struktur.

Fig. 9. *Tethya lyncurium*. Bruchstücke einer Stabnadel, die zerrieben und ca. 2^h mit 89%iger Schwefelsäure gekocht war. Auf Objektträger aufgetrocknet. Zeigt deutlich, dass der Achsenfaden erhalten. Die Achsenfäden fast durchweg schön quergebündelt.

Fig. 10—12. *Tethya lyncurium*. Große Stabnadeln aus den Bündeln der radiärfaserigen Marksubstanz. Die in Alkohol konservirten Schwammstückchen wurden in einer mit Essigsäure angesäuerten wässrigen Daliälösung gefärbt, in besonderer Weise fixirt und darauf in Kanadabalsam zerzupft. Der Achsenfaden zerbrochener oder geöffneter Nadeln meist sehr intensiv gefärbt. Die Figuren zeigen Theile großer dünner Stabnadeln, in denen der Achsenfaden etwas geschrumpft ist, so dass er den Kanal nicht mehr ganz erfüllt. Zwischen dem Achsenfaden und der Wand des Kanals finden sich in regelmäßigen Abständen stark gefärbte zellenartige Körper, die bald unregelmäßig plattenartig erscheinen (Fig. 10), bald mit reich verästelten Ausläufern versehen sind, die den Achsenfaden umgürten (Figg. 11—12). In Fig. 12 war der Achsenfaden an einer Stelle gerissen, so dass ein reich verästelter Körper ganz frei lag.

Fig. 13. *Tethya lyncurium*. Bruchstück einer Nadel, die mit concentrirter Schwefelsäure und etwas Chromsäure auf dem Objektträger erhitzt wurde. Achsenfaden vielleicht theilweise zerstört. Derselbe verengt sich an einer Stelle ganz plötzlich und zeigt dabei die dreikantige Beschaffenheit sehr deutlich.

Fig. 14. *Tethya lyncurium*. Fein zerriebene Nadeln mit MILLON's Reagens erhitzt. Die Achsenfäden häufig roth gefärbt. Kleines Bruchstück einer Nadel, die längs durchgebrochen, so dass Bruchstücke des Achsenfadens frei liegen.

Fig. 15. *Tethya lyncurium*. Querschnitt des Achsenfadens einer großen Stabnadel mit Andeutung von alveolärer Struktur.

Figg. 16—17. *Geodia placenta*. Fig. 16 Querschnitt eines Achsenfadens mit Andeutung von Struktur. Fig. 17 Querschnitt einer kleineren oder jüngeren Nadel mit dreiseitigem Achsenfaden und noch entsprechend dreiseitigem Umriss der Nadel.

Fig. 18. *Geodia placenta*. Endtheil eines mit schwacher Fluorwasserstoffsäure isolirten, ziemlich dicken Achsenfadens (wahrscheinlich ans dem spitzen Ende einer großen Stabnadel). Der Faden deutlich dreikantig und mit zahlreichen Anschwellungen versehen.

Fig. 19. *Geodia placenta*. Querschnitt einer Nadel mit schön dreiseitigem Achsenfaden, dessen drei Kanten regelmäßig abgestumpft (vgl. Fig. 4. Taf. XX). Schichtung der Kieselsubstanz angedeutet.

Fig. 20. *Leucandra aspera*. Sehr dünnes Bruchstück einer bis zum Weißwerden erhitzten großen Stabnadel. Feinwabiger Bau, sowie die Abwechslung hellerer und dunklerer Schichten deutlich. Ganz ähnlich dem auf Fig. 4. Taf. XIX photographirten Fragment.

286 O. Bütschli, Einige Beobacht. über Kiesel- u. Kalknadeln von Spongien.

Fig. 21. *Geodia placenta*. Spitzes Ende einer stumpfspitzigen Stabnadel. Der Achsenfaden mit Anschwellungen, die sich auch an der Kieselsubstanz schwach ausgeprägt zeigen.

Fig. 22. *Tethya lyneurium*. Spitzes Ende einer stumpfspitzigen Nadel, deren Achsenfaden stark mit Dahlia gefärbt ist. Das spitze Nadelende ist geöffnet, so dass der Achsenfaden hier frei liegt.

Figg. 23—24. *Tethya lyneurium*. Theile zweier mit schwacher Fluorwasserstoffsäure isolirten Achsenfäden. Beide an einer etwas eingeschnürten Stelle mit einer kragen- oder manschettenartigen Bildung.

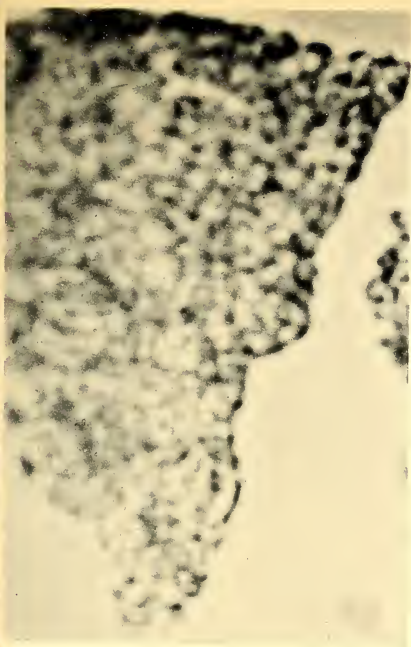
Fig. 25. *Geodia placenta*. Theil eines mit schwacher Fluorwasserstoffsäure isolirten Achsenfadens, an einer Stelle mit zwei Ausläufern.

Figg. 26—27. *Tethya lyneurium*. Lange und feine, jugendliche Stabnadeln aus der Markmasse. Der Achsenfaden, stark mit Dahlia gefärbt, läuft an dem dünneren Ende der Nadel frei aus, indem die Kieselhülle immer dünner wird und schließlich ganz aufhört. Der Faden von Fig. 26 war an diesem freien Ende gegabelt.

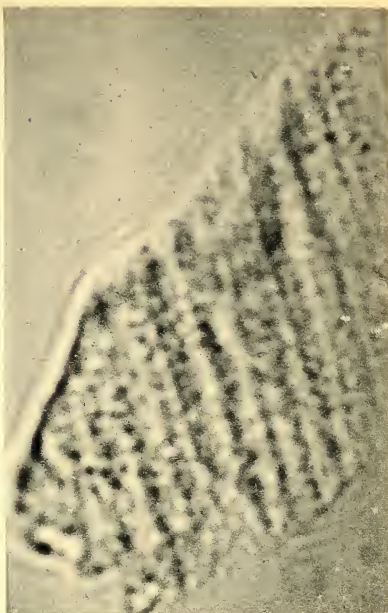
Fig. 28. *Geodia placenta*. Etwas abnorme, stumpfspitzige große Stabnadel. Der Achsenfaden gabelt sich etwas vor dem spitzen Ende, so dass dieses selbst zweispitzig ansläuft. Außerdem besitzt der Achsenfaden etwas vor der Gabelungsstelle einen unregelmäßigen Auswuchs, der einen entsprechenden Auswuchs der Kieselnadel bedingt.

Fig. 29. *Tethya lyneurium*. Stark geglähte Stabnadel. Die äußeren Schichten der Nadeln weit aufgebläht und von dem Inneren abgehoben. Der Achsenfaden verkohlt (schwarz). Die abgehobene äußere Schicht ist von größeren und kleineren bis feinsten Gasalveolen durchsetzt.

3.



4.



8.

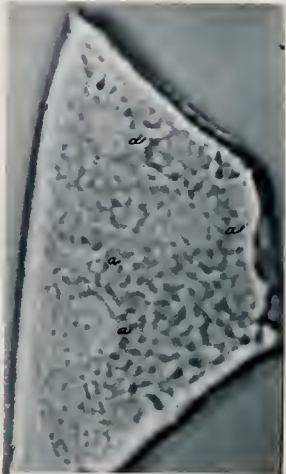
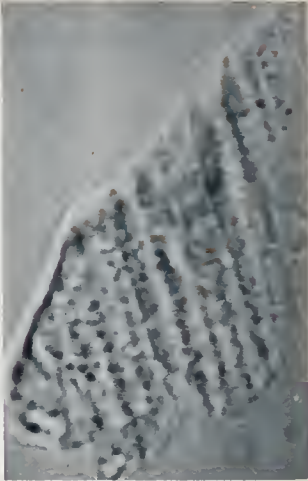
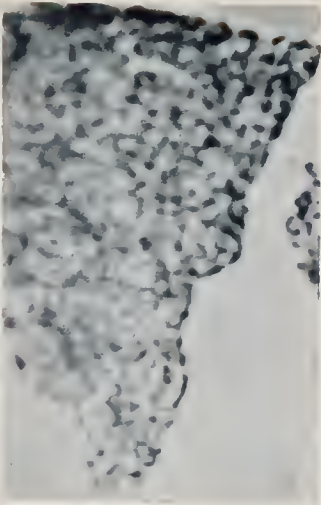
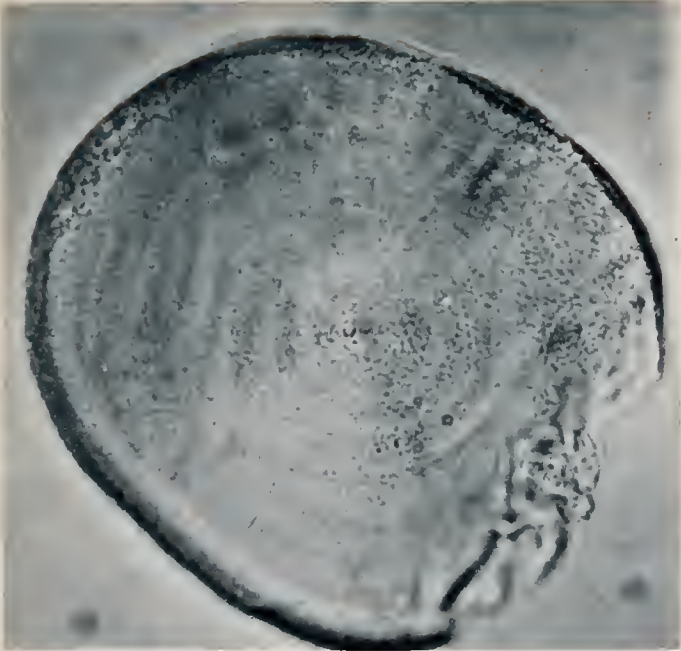
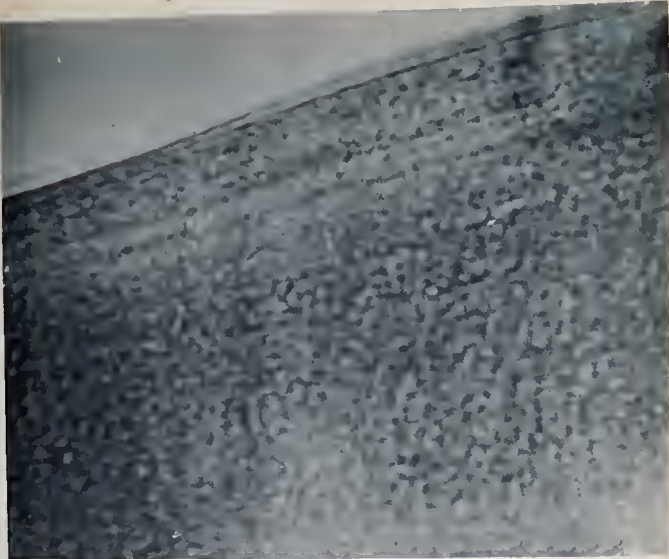


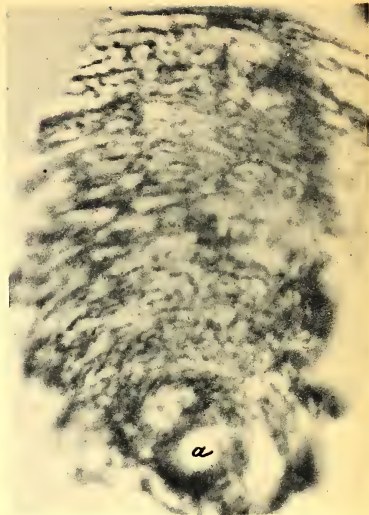
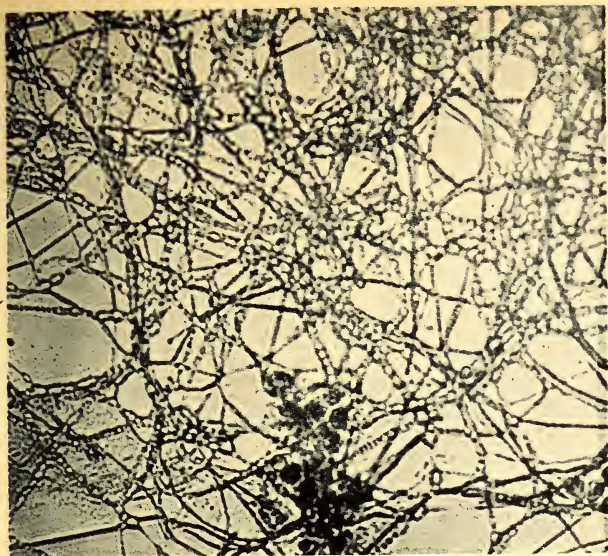
9.



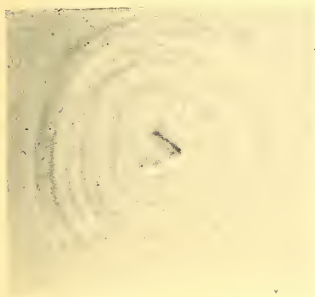
10.



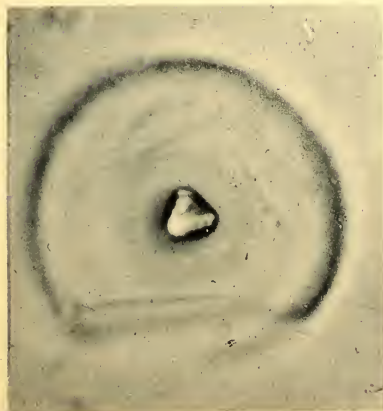




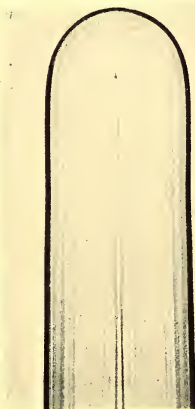
3.



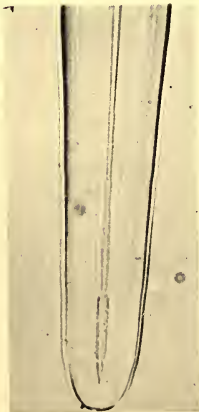
4.



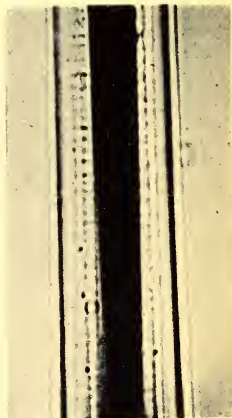
5.



6.



7.



8.

