

mittheilen, dass Herr Prof. Körnicke in Hedwigia 1877, No. 3 den von mir als den alten *Uromyces excavatus* (D C.) angesprochenen *Uromyces* auf *Euphorbia Gerardiana* und *E. verrucosa* als neue Art beschreibt, die er als *Uromyces laevis* Kcke. bezeichnet, und ausserdem noch auf *Euphorbia Cyparissias* bei Zermatt angiebt. Auch giebt er l. c. S. 36 das häufige Auftreten eines *Aecidium* auf *Euph. Gerardiana* an, das er aber zu *Aecidium Euphorbiae* Pers. zieht, während ich, gestützt auf die Beobachtungen des Herrn Prof. Voss, glaube es als Fruchtförm des *Uromyces excavatus* (D C.) auf *Euph. Gerardiana* betrachten zu müssen.

Herr Brefeld sprach über die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung der Pilze.

In der pflanzenphysiologischen Literatur liegen über den Einfluss, welchen das Licht auf die Entwicklung der Pilze ausübt, nur vereinzelte Notizen vor. Man hat beobachtet, dass eine Anzahl von Pilzen positiv heliotropisch ist, dass z. B. die Fruchträger der Mucorinen, der *Claviceps purpurea*, die Hälse der Perithezien von *Sordaria fimiseda* etc. sich dem Lichte zuneigen. Man hat weiter beobachtet, dass einzelne Vorgänge wie die Sporenentleerung vornehmlich bei den Ascomyceten, ferner das Abschleudern der Sporangien mehrerer *Pilobolus*-Arten, durch die Entziehung des Lichtes verzögert, bei dem Wiedereintreten der Beleuchtung beschleunigt und oft in auffallender Weise, z. B. bei den Früchten von *Ascobolus*, in Scene gesetzt wird; man hat auch gesehen, dass die Fruchträger von manchen Mucorinen im Finstern etwas länger werden, als es im Lichte geschieht, und endlich sind den Strängen der *Rhizomorpha subterranea* negativ heliotropische Eigenschaften zugeschrieben, die ich indess an den günstigsten Objecten nicht bestätigen konnte.

Diese und andere gelegentlich ausgeführte Beobachtungen zeigen, dass das Licht nicht ohne Einfluss auf die Entwicklungsvorgänge verschiedener Pilze ist; aber sie sinken gegenüber zahlreicheren Fällen, in welchen sich das Licht als einflusslos bei ihnen erwiesen hat, zur nebensächlichen Bedeutung herab. Die bekannten Vorkommnisse von Pilzen, die nur unterirdisch leben, von vielen anderen Gährungs- und Schimmelpilzen, welche in

tiefster Finsterniss gedeihen, liefern so greifbare Beweise von der Bedeutungslosigkeit des Lichtes für die Entwicklung der Pilze, dass man im Allgemeinen zu der Auffassung neigt, dass die Pilze ohne Licht gedeihen, dass sie sich im Finstern so gut entwickeln wie im Lichte.

So unzweifelhaft richtig diese Auffassung erwiesener Maassen für zahlreiche Fälle ist, so unzutreffend erweist sie sich in der weiteren Verallgemeinerung. Ich will, dies darzuthun, heute die Reihe der Beobachtungen eröffnen, nach welchen das Licht als nothwendig für die Entwicklung der Pilze gelten muss, Beobachtungen, welche eine mehr oder minder vollkommene Abhängigkeit normalen Gedeihens, eine Abhängigkeit der verschiedensten Entwicklungsvorgänge bei den Pilzen von der Einwirkung des Lichtes schlagend dardun.

Ein Fall dieser Art ist schon vor einigen Jahren von Winter<sup>1)</sup> erwähnt, der beobachtete, dass die aus den Sclerotien keimenden Becherfrüchte der *Peziza Fuckeliana* ohne Licht nicht zur Entwicklung kommen.

Bevor ich zu den Thatsachen selbst übergehe, will ich einige Bemerkungen über die Art der Beobachtungen vorausschicken.

Alle den Versuchen unterzogenen Pilze wurden durch Cultur erzogen. Die Wahl des Substrates für diese Culturen wurde so getroffen, dass bei der ausgiebigsten Ernährung normale Pflanzen zur Entwicklung kamen, die nur in soweit die natürlich vorkommenden an Ueppigkeit übertrafen, als nach der Art meiner Culturmethode alle fremden Pilzkeime und somit die Mitbewerbung fremder Pilze um das Substrat ausgeschlossen blieben. Erst nachdem im Wege der Cultur die normale Entwicklung der betreffenden Pilze sicher gestellt war, wurde durch Verdunkelung der Einfluss des Lichtes zu ermitteln versucht. Zu jeder Versuchsreihe diente eine ganze Anzahl gleicher Culturen der Art, dass von diesen in der gleichen Weise und unter denselben Verhältnissen hergestellten Culturen ein Theil in normaler Beleuchtung belassen, ein anderer verfinstert wurde. Die Wirkung der Lichtentziehung wurde nun zuerst durch den Ver-

---

<sup>1)</sup> Winter, botanische Zeitung 1874, No. I.

gleich gemessen; dann aber wurde, nachdem dies geschehen, an demselben Objecte der unmittelbare Einfluss des Lichtes durch nachträgliche Beleuchtung zur Geltung gebracht. In dieser Weise konnte es nicht wohl geschehen, dass anderweite Einflüsse, die immerhin bei den Culturen eintreten und an den gezogenen Pflanzen pathologische Erscheinungen herbeiführen können, irrtümlich auf Rechnung des Lichtmangels gesetzt wurden. Um das Licht mit Sicherheit auszuschliessen, wurden die Culturen nicht bloss in einem finsternen, verschliessbaren Schranke aufgestellt, sondern in diesem noch in 2 schwarze Pappdeckel eingeschlossen, welche ihrer ganzen Länge nach mit ihren Rändern übereinandergriffen.

Die erste Pflanze, mit welcher ich Versuche anstellte, war *Pilobolus microsporus*, der mir schon lange durch sein Verhalten bei gelegentlichem Lichtabschlusse auffällig erschienen war.

Die Sporen des Pilzes keimen leicht, wenn man die Culturen nach der Aussaat der Sporen einen Tag bei 25° erhält; bei gewöhnlicher Temperatur keimen sie meist nicht oder ganz einzelt. Nach Verlauf von 5 Tagen erscheinen an den beleuchteten Culturen die Fruchtanlagen auf dem Substrat, welche schon mit blossem Auge an ihrer rothen Farbe leicht zu erkennen sind. Aus ihnen erhebt sich der Fruchträger, welcher in einer Höhe von einem halben Zoll sein Längenwachsthum beschliesst, indem seine Spitze anschwillt und nach erfolgter Sonderung des Protoplasmas und Bildung der Scheidewand (*Columella*) zum Sporangium sich ausbildet. Am nächsten Morgen wurden die gereiften Sporangien durch Aufplatzen des Trägers abgeworfen. — Auf den nicht beleuchteten Culturen zeigen sich ebenfalls die rothen Fruchtanlagen an den Enden der Mycelien, welche über das Substrat hervortreten. Aus den Fruchtanlagen erhebt sich normaler Weise der neue Vegetationspunkt des Fruchträgers, aber dieser wächst durch Spitzenwachsthum fort und fort, ohne dass an dieser fortwachsenden Spitze die Differenzirung des Sporangiums erfolgt. Der Fruchträger wächst in der Zeit von 8—12 Tagen zur Länge von 8—10 Zoll aus, ohne ein Sporangium anzulegen. Er erschöpft durch Vergeilung schliesslich den ganzen Inhalt der Fruchtanlage am Mycelium, und die Culturen

gehen ohne Fructification zu Grunde. In einzelnen Fällen setzte ich die Culturen, bevor der Punkt der Erschöpfung erreicht war, dem Lichte aus, und beobachtete ausnahmslos, wie sogleich mit eintretender Beleuchtung das Längenwachsthum aufhörte, und nun an allen noch nicht erschöpften Spitzen der Fruchträger die Sonderung des Protoplasmas zugleich mit der Anschwellung zum Sporangium begann. Nach Tagesfrist waren die Sporen gebildet, und die Sporangien (häufig von minutiösester Form) wurden, wenn auch mit geringer Kraft, von ihren Trägern abgeschleudert. — Das Ergebniss war in oft wiederholten Fällen immer dasselbe. Es liefert den Beweis, dass die Ausbildung des Sporangiums beim *Pilobolus microsporus*, die Differenzirung des Protoplasmas im Fruchträger und die Bildung der Sporen unter dem Einflusse des Lichtes stehen, dass ohne Licht die Bildung des Sporangiums unterbleibt und dafür eine völlige Vergeilung des Fruchträgers herbeigeführt wird. Nur der *Pilobolus microsp.* zeigt das beschriebene Verhalten, die anderen Arten vergeilen ohne Licht in den Stielen mehr oder minder, aber ihre Sporangien bilden sich auch im Finstern aus.

Wesentlich in anderer Form macht sich der Ausschluss des Lichtes beim *Coprinus stercorarius* geltend, einem kleinen Hutpilz, den ich seit mehreren Jahren in Cultur habe. —

Der Pilz entwickelt, wenn man seine Sporen auf Pferdemist aussäet, grosse Mycelien und an diesen nach 10—12 Tagen dicke Sclerotien in grosser Zahl, die in kurzer Zeit reifen und sich mit einer schwarzen Rinde umgeben. Die vegetative Entwicklung und die Bildung der Sclerotien gehen in tiefster Finsterniss so gut und so schnell vor sich, wie im hellsten Tageslichte, für sie ist das Licht bedeutungslos. Aus den Sclerotien keimt der Hutpilz direct, aber sowohl seine Keimung wie die weitere Entwicklung stehen in directester Beziehung zur Einwirkung des Lichtes. — Bei genügender Beleuchtung finden die Keimungen an der ganzen Oberfläche des Sclerotiums statt, und der unter diesen zahllosen Anlagen am meisten geförderte Fruchtkörper erreicht in 8—9 Tagen seine volle Reife, während die übrigen verkümmern. In diesem natürlichen Gange der Entwicklung ist der Hut des Fruchtkörpers vorzugsweise, fast allein gefördert, der Stiel bleibt so kurz, dass man ihn kaum

sehen kann, dass er völlig vom Hute eingeschlossen ist. Erst nach vollendeter Ausbildung des Hutes, nach eingetretener Sporenreife kommt die plötzliche Streckung des Stieles mit der Aufspannung des Hutes zum Zwecke der Sporenentleerung gleichzeitig zu Stande.

Ganz anders gestalten sich die Dinge, wenn das Licht ausgeschlossen bleibt. Gleich bei der Keimung der Sclerotien macht sich der Lichtmangel geltend. Die Keimungen finden nur vereinzelt statt, bei Weitem nicht so zahlreich wie im Lichte, mitunter treten sie gar nicht ein, und die Sclerotien bleiben Monate lang unthätig liegen. Die im Finstern keimenden und wachsenden Fruchtanlagen zeigen nun das umgekehrte Verhalten wie die im Lichte. Die Hutanlage bleibt rudimentär, wächst äusserst langsam, dagegen ist der Stiel fast allein gefördert, er entwickelt sich zu enormer Länge. Das Wachsthum des Stieles geschieht durch eine Theilungszone, welche in seinem Gipfel unmittelbar unter der Insertion des apicalen Hutes gelegen ist. Aus diesen Theilungen geht ein Reihengewebe hervor, welches nach bedeutender Streckung der oben durch Theilung neugebildeten Zellen die Masse des Stieles ausmacht. Eben diese Theilungsvorgänge zur Verlängerung des Stieles sind es, welche bei Ausschluss des Lichtes überwiegen, während die durch das Licht allein geförderte Hutanlage nicht oder nur unbedeutend fortwächst. Die Nährstoffe für die Entwicklung des Fruchtkörpers fliessen sonst aus dem Sclerotium durch den kurzen Stiel dem Hute zu; jetzt scheint es, als ob sie unterwegs festgehalten und zur Verlängerung des Stieles verbraucht würden, ehe sie den Hut erreichen. Die Vergeilung des Stieles geht bis zu einer Länge von mehr als 2 Fuss fort, dann hört die Zufuhr von Nährstoffen aus dem Sclerotium und damit die Verlängerung auf, Hutanlage und Theilungsgewebe des Stieles sterben ab. Jede Einwirkung des Lichtes auf diese vergeilten Fruchtkörper, wenn man sie vor der Erschöpfung exponirt, macht sich so frappant als möglich geltend. Sofort hört der Stiel zu wachsen auf und die Hutanlage gelangt zur normalen Entwicklung. Hierbei zeigt es sich deutlich, dass die Massenentwicklung der Elemente selbst eine erheblich gesteigerte ist; selbst der Stiel erfährt eine plötzliche Dickenzunahme bis zum 10fachen, es wird der Moment der

Lichteinwirkung gleichsam körperlich an der Fruchtanlage fixirt, welche oft wie ein Monstrum an dem feinen, vergeilten Stiele überhängt. —

In weiteren Versuchen mit diesen vergeilten Fruchtkörpern stellte sich heraus, dass eine Lichteinwirkung von 15 Stunden genügt, die nun geförderten Fruchtanlagen auch im Finstern zur Reife zu bringen. Lässt man indess den Wirkungen der Finsterniss freien Lauf, so gehen secundäre Erscheinungen vom höchsten biologischen und morphologischen Interesse vor sich. Sobald die ursprüngliche erste Hutanlage verkümmert ist und auch die Theilungszone des Stieles erlischt, erfolgen secundäre Aussprossungen von Fruchtkörpern aus allen Theilen des ersten, sowohl aus dem Stiele wie aus dem Hute, wenn er nicht abgestorben ist. Diese secundären Fruchtkörper entstehen genau so, wie die ursprünglichen, an einem Mycelfaden oder aus den Oberflächenzellen des Sclerotiums, nämlich rein vegetativ. Ich habe in einzelnen Fällen mehrere hundert secundäre Fruchtanlagen aus einem lang vergeilten Fruchtkörper aussprossen sehen. Diese Fruchtanlagen vergeilen wie die ersten, ihre Stiele sind dünner und feiner als diese. Sie erreichen eine Länge bis zu 1 Fuss, um darauf ebenfalls durch Verkümmern des Hutes unterzugehen, die Fruchtkörper 1. Sprossgeneration sprossen nun ihrerseits aus, und es gelang mir so, aus grossen kräftigen Sclerotien 6 consecutive Sprossgenerationen durch fortdauernde Lichtentziehung in der Länge der Zeit zu erreichen. Diese habe ich mit Sicherheit beobachtet, glaube aber, dass ihre Zahl noch höher ging, nur waren die vergeilten Stiele so wirr durch einander gewachsen, dass dadurch die weitere Beobachtung unmöglich wurde. Nach langen Sprossgenerationen an vergeilten Fruchtkörpern wuchsen vielfach, an 7 Monate währenden Culturen, Sclerotien statt der Fruchtkörper direct aus den Stielen hervor, gelangten zur vollen Reife und keimten abermals aus. In einem Falle habe ich sicher gesehen, dass ein Sclerotium an dem Stiele der 4. Sprossgeneration entsprang.<sup>1)</sup> Die Sclerotien kommen aus der Oberfläche des Stieles, wie die secundären Fruchtanlagen

<sup>1)</sup> Wie in früheren Fällen begleitete Vortragender seine Mittheilung mit der Darlegung der betreffenden Culturobjecte, die er theils lebend, theils in Spiritus aufbewahrt vorzeigte.

selbst, oft einzeln, oft zahlreich; von den zahlreich angelegten kam aber meist nur ein Sclerotium zur vollen Reife. Vorzugsweise an 2 Massenculturen war die Bildung secundärer Sclerotien an den vergeilten Fruchtanlagen eine fast allgemeine; jede von diesen trug ein Sclerotium von der Dicke einer Erbse oder etwas dicker; jedes Sclerotium war normal und keimte sofort aus.

Aus den mitgetheilten Thatsachen geht hervor, dass bei Abschluss des Lichtes die natürliche Entwicklung des *Coprinus* durch Vergeilen des Stieles auf Kosten des Hutes abgelenkt wird; als secundäre Erscheinung treten an den vergeilten Fruchtkörpern weitere Sprossgenerationen von Fruchtkörpern und schliesslich secundäre Sclerotien auf. Dieser Gang der Entwicklung, wie ich ihn beschrieb, ist die Regel bei Abschluss des Lichtes, und es liegt nahe, anzunehmen, dass ohne Licht die Entwicklung des Hutes nicht möglich ist. Indess die Regel hat ihre Ausnahmen. In den verschiedenen, länger als ein Jahr währenden Versuchsreihen stellte sich heraus, dass bei Temperaturen unter  $12^{\circ}$  die beschriebene Vergeilung erfolgt, dass auch bei etwas höheren Graden die Vergeilung für gewöhnlich eine vollständige bleibt, dass aber die Sache sich ändert, sowie bei der Keimung der Sclerotien mehrere Tage hindurch eine höhere Temperatur einwirkt. In allen Fällen, wo dies geschah, wurde neben der Vergeilung des Stieles die Hutanlage gleichwohl so weit gefördert, dass sie in vollster Finsterniss zur Sporenreife und zur Sporenentleerung kam. Nur in der Vergeilung des Stieles neben einer Verzögerung der Entwicklung um 10—20 Tage war der Unterschied der im Finstern gewachsenen Fruchtkörper von den beleuchteten gegeben. Wenn aber die Vergeilung des Stieles bei rudimentär bleibender Hutanlage einen gewissen Punkt erreicht hatte, dann nutzten auch die günstigsten Temperaturgrade nichts mehr, der Stiel behielt die Oberhand und der Hut ging unter. Wir müssen demnach die anfangs total erscheinende Abhängigkeit der Entwicklung des Pilzes vom Lichte als Regel mit einer Ausnahme hinstellen.

Den besprochenen 2 Fällen, in welchen die Entwicklung der Pilzfruchtkörper unter dem unmittelbaren Einflusse des Lichtes steht, will ich für diesmal nur noch einen dritten Fall anschliessen, bei welchem die Abhängigkeit vom Lichte eine

totale ist, die schädliche Wirkung der Finsterniss sich aber wiederum in ganz anderer Weise und an ganz anderer Stelle geltend machte, als wir es bis jetzt kennen lernten. Dieser Fall ist in dem *Coprinus ephemerus* gegeben. Dieser Hutzpilz kommt in Culturen auf ausgekochtem Pferdemiste zur üppigsten Entwicklung. Heerdenweise treten die Fruchtkörper auf, so stattlich und schön, wie sie an natürlichen Standorten gar nicht zu finden sind. In 7—9 Tagen werden die Fruchtkörper reif, wenn das Licht einwirkt und entleeren dann mit der Aufspannung des Hutes und der Streckung des Stieles, der 3—4 Zoll lang wird, ihre Sporen.

Auf den im Finstern gehaltenen Culturen ist die Zahl der Fruchtkörper eine kaum weniger grosse als bei den dem Lichte exponirten. Während 4 Tagen sind die angelegten Fruchtkörper kaum von den beleuchteten zu unterscheiden, dann aber wird der Unterschied um so bedeutender. Der Hut, äusserlich bis zum Punkte der Streckung der Elemente differenzirt, bleibt stehen, steht 8 Tage bis 3 Wochen unverändert, bis schliesslich der Stiel schlaff und der Hut welk wird. Kein Fruchtkörper kommt zur normalen Entwicklung, sie vergehen sämmtlich. Wenn es langsam geschieht, kommen auch hier Sprossgenerationen an beliebigen Stellen hervor, die häufig bis zum gleichen Punkte der Entwicklung gedeihen, um dann ebenfalls zu vergehen. Die in diesen Thatsachen ausgesprochene totale Abhängigkeit der Entwicklung des Pilzes vom Lichte, wird durch jede Exposition welkender Culturen bestätigt. Sogleich werden die Theile wieder straff, die Hüte gewinnen den früheren Turgor wieder, es vollzieht sich die normale Streckung der Hutelemente, welchen die Aufspannung und Sporenentleerung nachfolgen.

Die Untersuchung der im Finstern gezogenen Fruchtkörper ergab, dass die Anlage der Elemente des Hutes und die Ausbildung des Stieles normale bleiben bis zu dem Punkte, wo die Neubildung im Hute aufhört, wo die Lamellen völlig angelegt sind und das zweite Stadium der Entwicklung, das der Streckung der Elemente und deren Ausbildung zum *Hymenium*, beginnt. An dieser Stelle ändert sich die Sache. Während es sonst Regel ist, dass die Enden der Palissadenzonen der Lamellen, die der mittleren Trama aufsitzen, sich gleichzeitig alternirend zu sporen-

tragenden Basidien und mechanischen Palissaden ausbilden, welche letztere durch enorme Streckung die Ausdehnung des Hutes und namentlich im Verein mit einer antagonistischen Huthaut die Aufspannung des Hutes bewirken, unterbleibt hier die Streckung der mechanischen Palissaden (*Paraphysen*), sie bleiben klein in der Form wie sie angelegt sind; zugleich ist auch das Auswachsen der Basidien über die Palissadenzone ein unregelmässiges, weil die seitlichen Stützpunkte fehlen; die Sporen auf ihnen bleiben klein, reifen nicht normal und sind nicht keimfähig. Der End-effect geht dahin, dass der Hut an seinen Lamellen mangelhafte Sporen trägt, dass er bei dem Mangel der für die Streckung nothwendigen mechanischen Hilfsmittel welk und schlaff bleibt und ohne Aufspannen vergeht. Bei nachträglicher Beleuchtung kann die mangelhafte Ausbildung der hymenialen Elemente dann noch wieder eingeholt werden, wenn sie nicht bereits zu weit vorgeschritten ist. In diesen Fällen ist sie keine allseitig vollständige mehr, der Hut nimmt eine schiefe verzogene Form an, bekommt häufig Risse und bricht bei der späteren Aufspannung auseinander, oder die Aufspannung ist doch eine unvollständige und einseitige.

Ich will über diese Beobachtungen für diesmal nicht hinausgehen. Die 3 beschriebenen Fälle, verschieden in ihrer Art, zeigen die eigenthümlichen Wirkungen, welche durch die Entziehung des Lichtes für die Entwicklung der Pilze herbeigeführt werden und lassen für die hier bestehende Abhängigkeit von der Einwirkung des Lichtes keinen Zweifel bestehen.

Uebereinstimmend in allen Fällen erwiesen sich die stark brechbaren Strahlen als die wirksamen; wenn sie ausgeschlossen waren und nur z. B. gelbes Licht einwirkte, verhielten sich die Pflanzen wie in tiefster Finsterniss. Mancherlei Beobachtungen und Versuche, welche ich in den letzten Jahren über den Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung grosser Pilze im Freien angestellt habe, geben eine Bestätigung dafür, dass das Licht von grösserer und weitgehenderer Bedeutung für sie ist, als wir es vorläufig annehmen. Ich wage es jedoch nicht, diese Beobachtungen, so interessant sie sind, schon hier mitzutheilen, weil die Möglichkeit anderweiter störender Einflüsse bei Versuchen solcher Art nicht mit Sicherheit ausgeschlossen ist. Diese können

allein im Wege der Cultur vermieden werden, wie es in den hier speciell dargelegten Fällen geschehen ist. Vorläufig fehlt es mir aber hierfür an Raum und Hilfsmitteln. Doch ich denke, es lässt sich nach den vielseitigen glücklichen Culturen, die ich auch von grösseren Pilzen ausgeführt habe, wohl mit Grund vermuthen, dass die Culturen dieser grossen und wichtigen Pflanzenabtheilung auch in den Anstalten für Pflanzenculturen im Laufe der Zeit eine Stätte finden werden, die jetzt allein den paar Pflanzenclassen der Farne und Phanerogamen geöffnet sind.

Als eine weitere Wahrscheinlichkeit für meine Auffassung von dem weitgehenden Einflusse des Lichtes auf die Pilze will ich noch zum Schlusse auf die vielseitig übereinstimmenden, allerdings negativen Beobachtungen hinweisen, dass man in finsternen Räumen überaus oft sterile Mycelmassen (*Byssus*) findet, deren genetische Beziehungen zweifelhaft sind, weil die Fructification ausbleibt. Es liegt die Vermuthung nahe, dass diese Mycelien aus Mangel an Licht nicht fructificiren, dass sie Pilzen angehören, deren Fruchtkörper für ihre Entwicklung des Lichtes bedürften, während die Mycelien selbst im Finstern so gut gedeihen wie im Lichte.

Herr A. Sadebeck sprach über die Bezeichnung der Zwillingsbildungen bei den Krystallen.

Die Verwachsungen zweier Krystalle einer Mineralspecies, bei denen die beiden Individuen gegeneinander eine entgegengesetzte Stellung haben, sind unter dem Namen Zwillingsbildungen bekannt. Geht man von zwei parallel gestellten, gleichen Individuen einer Mineralspecies aus, so erhält man in allen Fällen Zwillingsstellung, wenn man das eine gegen das andere um eine bestimmte Linie um  $180^0$  dreht. Diese Linie kann man mit einer auf ihr senkrechten vertauschen, so dass nach vollzogener Drehung die Individuen dieselbe Lage wie vorher erhalten. Man hat also die Wahl, welche von zwei auf einander senkrechten Linien bei einer bestimmten Zwillingsbildung man als „Zwillingsaxe“ annehmen will.

Bei den gewöhnlichen Spinellzwillingen erhält man z. B. dieselbe Stellung der Individuen, wenn man um eine rhom-