

Das Ausland.

Ueberschau der neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Natur-, Erd- und Völkerkunde.

Redigirt von Friedrich von Hellwald in Stuttgart.

Sechshundfünfzigster Jahrgang.

Nr. 5.

Stuttgart, 31. Januar

1881.

Inhalt: 1. Charles Darwin: Ueber die Bewegungen der Pflanzen. S. 81. — 2. Nordenstjörds Besuch auf der Veringinsel. S. 86. — 3. Eine Fahrt durch das Rote Meer. S. 89. — 4. Ursprung und Alter der nordischen Göttersagen. S. 93. — 5. Die arktischen Forschungsreisen 1879—1880. Von Francis Birgham. II. (Schluß.) S. 95. — 6. Vom Bäckertisch. S. 97. — 7. Neue Betäubungsmittel. S. 99. — 8. Handschriftliche Entdeckungen. S. 100. — 9. Silberfund in Rußland. S. 100.

Charles Darwin: Ueber die Bewegungen der Pflanzen.¹

Unermüdet ist Darwin in seinen Forschungen, und jedesmal, wenn ein neues Werk von ihm erscheint, ist dasselbe eine wahrhafte Bereicherung der Wissenschaft, enthält es irgend eine wichtige neue Entdeckung. So ist es auch mit dem soeben erschienenen Buch über die Bewegungen der Pflanzen, eine Frucht von jahrelangen mühsamen und zeitraubenden Experimenten und Beobachtungen, die Charles Darwin in Verbindung mit seinem Sohne Francis angestellt. Der Hauptgegenstand des vorliegenden Werkes ist der, mehrere verschiedene Klassen von Bewegungen, die fast allen Pflanzen gemeinsam sind, zu beschreiben, miteinander in Verbindung zu bringen und ihre Entstehung zu erklären. Die bei weitem vorwiegende Bewegung ist von derselben Natur, wie sie an der Stammspitze von windenden Pflanzen vorkommt, die hintereinander nach allen Richtungen der Windrose hin sich dreht, und dabei in der Luft Kreise, Ellipsen oder, da sie beim Drehen wächst, entsprechende Spiralen beschreibt. Darwin nennt diese Bewegung Circumnutation und zeigt, daß jeder wachsende Teil einer jeden Pflanze fortwährend circumnutiert, wenn auch manchmal nur in sehr geringem Grade. In dieser überall gegenwärtigen Bewegung haben wir die Basis für die Erlangung der so sehr verschiedenen für die Pflanzen notwendigen Bewegungen. So entstehen die großen Windungen, welche die Stämme der Schling-

pflanzen machen, aus einer einfachen Steigerung der gewöhnlichen Circumnutationsbewegungen; die Stellung, welche Blätter und andere Organe schließlich einnehmen, ist dadurch hervorgebracht, daß die Circumnutation nach einer bestimmten Richtung hin vermehrt worden ist. Die Blätter verschiedener Pflanzen machen zur Nachtzeit hin Schlabebewegungen und es nehmen dann ihre Blattspalten durch modifizierte Circumnutation eine vertikale Lage an, so daß ihre Oberfläche vor Ausstrahlung geschützt ist. Die Bewegungen verschiedener Pflanzenorgane nach dem Licht hin oder von ihm weg sind alle veränderte Formen der Circumnutation, ebenso die gewöhnlich dem Zenith zugekehrten Bewegungen der Stämme, dem Centrum der Erde zugekehrten der Wurzeln. Durch diese Erwägungen ist eine beträchtliche Schwierigkeit bei der Aufklärung der Entwicklung der Bewegungen zum Teil hinweggeräumt; denn man könnte fragen, wie all die verschiedenartigen zu den verschiedensten Zwecken dienenden Bewegungen zuerst entstehen konnten; jetzt wissen wir aber, daß überall Bewegung ist, und daß ihr Umfang oder ihre Richtung oder beides zugleich nur modifiziert zu werden brauchte zum Nutzen der Pflanze, nachdem ein innerlicher oder äußerlicher Anstoß in dieser oder jener Richtung gegeben.

Um einen allgemeinen Ueberblick über den Inhalt des an wichtigen Beobachtungen reichen Werkes zu geben, welche die soeben berührten Resultate begründen, dürfte es am geeignetsten sein, wenn wir uns an Darwins Schlußbemerkungen halten und diesen das hauptsächlichste entnehmen. Stellen wir uns einen keimenden Samen vor und beobachten wir, welche Rolle die verschiedenen Bewegungen in der Lebensgeschichte der Pflanze spielen. Zu-

¹ The Power of movement in plants by Charles Darwin assisted by Francis Darwin. London 1880.

erst tritt das Würzelchen hervor und dieses beginnt alsbald zu circumnutieren, welche Bewegung dann sogleich, durch Gravitation modifiziert und zu einer geotropischen gemacht wird. Das Würzelchen biegt sich daher, vorausgesetzt, daß der Same auf der Oberfläche der Erde liegt, schnell abwärts und folgt dabei einem mehr oder weniger spiraligen Lauf. Die Empfindlichkeit für Gravitation liegt in der Wurzelspitze und von dieser werden die anliegenden Teile zum Umbiegen veranlaßt. Sobald die von der Wurzelhaube beschützte Spitze den Boden erreicht, dringt sie in die weiche Oberfläche ein, welches Eindringen durch die circumnutierende Bewegung des ganzen Wurzelendes unterstützt wird. Wenn nun die Spitze in den Boden etwas eingedrungen, so wird das Pflänzchen bei dem vermehrten Druck der Wurzel und deren Haare an seinem Orte sicher befestigt. Nun bringt bei ihrem Dickenwachstum die Wurzel sich verlängern wie ein Keil weiter in den Boden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß beim Wachsen in kompakter Erde die Wurzelspitze circumnutieren und so das Abwärtswachsen unterstützen kann, aber die circumnutierende Bewegung wird das Eintreten in eine seitlich gelegene Spalte der Erde erleichtern; weiter wird die Spitze bei dem Bestreben zur Circumnutation beständig ringsum gegen die Erde drücken, was von großer Wichtigkeit für die Pflanze ist. Denn durch zahlreiche Experimente wurde von Darwin erwiesen, daß wenn Stückchen von Karton- und sehr dünnem Papier an den gegenüberliegenden Seiten der Wurzelspitze befestigt wurden, diese sich von der Seite, welche die festere Substanz an sich hatte, weg und der weniger festen zubog; hiernach wird auch in der Erde die Wurzelspitze die Richtung, wo der geringste Widerstand ist, mit Leichtigkeit auffinden.

Wurzeln sind gleichfalls für Luft, welche mehr Feuchtigkeit auf der einen Seite als auf der anderen enthält, empfindlich, und wenden sich nach der Feuchtigkeitsquelle, so daß sie diese im Boden auffuchen werden. In verschiedenen Fällen wurde konstatiert, daß auch diese Empfindlichkeit in der Wurzelspitze ihren Sitz hat, von welcher aus sich der Reiz fortpflanzt, so daß sich der obere Wurzelteil der Schwerkraft entgegen dem feuchten Gegenstande zuwandte. Ferner sind die meisten oder alle Würzelchen schwach für Lichteindruck empfindlich und beugen sich ein wenig von dem Lichte fort, auch hier ist es die Wurzelspitze, welche sensitiv ist, und von welcher der Reiz sich auf den oberen Wurzelteil fortpflanzt.

Das primäre Würzelchen treibt sekundäre, die fast horizontal sich ausbreiten; auch an diesen wurde in einem Falle Circumnutation beobachtet; ebenso sind hier die Spitzen für Berührung empfindlich und beugen sich von dem berührenden Gegenstande fort. Wenn sie aus ihrer Lage gebracht werden, so nehmen sie nach den Experimenten von Sachs ihre subhorizontale Richtung wieder an. Die sekundären Würzelchen treiben dann tertiäre, und diese sind, wenigstens bei den Bohnen, nicht von der Gravita-

tion beeinflusst, sondern wachsen nach allen Richtungen hin. — In dieser Weise ist die allgemeine Anordnung der drei Ordnungen von Würzelchen ausgezeichnet dazu adaptiert, den ganzen Boden nach Nahrung zu durchsuchen.

Wenn bei dikotylen Samen das Würzelchen hervorgewachsen ist, so tritt der Hypokotyl (Stengelteil zwischen den Keimblättern und dem Würzelchen) aus den Samenschalen hervor; wenn die Kotyledonen aber unterirdisch bleiben, so ist es der Epikotyl (Stengelglied über den Kotyledonen), welcher hervortritt. Diese beiden Organe sind nun anfangs ausnahmslos im Bogen gekrümmt, und sie behalten diese Form, bis sie über die Erde hervorgetreten sind, durch welche Einrichtung die junge Stammspitze möglichst lange in der schützenden Erde bleibt. Auch diese gebogenen Organe circumnutieren fortwährend, oder bemühen sich dieses zu thun, selbst bevor sie aus dem Boden hervorbrechen; das Circumnutieren unterstützt ein wenig dies Hervorbrechen, denn durch Experimente wurde erwiesen, daß ein circumnutierender Hypokotyl feuchten Sand ringsum fortstößt. Während nun der Bogen aufwärts wächst, werden die Kotyledonen aus dem Boden gezogen, wobei die Samenschalen entweder in der Erde zurückbleiben oder noch eine Zeitlang als Schutz auf den Kotyledonen bleiben, bis sie durch Schwellen dieser abgeworfen werden. Bei den meisten Cucurbitaceen findet sich eine eigentümliche Einrichtung, um die noch unterirdischen Samenschalen auseinander zu brechen; es ist hier nämlich an der Basis des Hypokotyls ein zahnartiger Anhang, unter rechtem Winkel hervorspringend, welcher die untere Hälfte der Samenschale niederhält, während das Wachstum des gebogenen Hypokotyls die obere Hälfte aufhebt und so die beiden Hälften voneinander reißt.

Schließlich ist an dem Pflänzchen keine Spur von der früheren Krümmung mehr zu finden, und wenn sich nun die Kotyledonen vollständig ausgebreitet haben, so hat das Pflänzchen als Sämling den Höhepunkt seiner Entwicklung erreicht. In diesem Stadium fahren der obere Teil des Hypokotyls und die Kotyledonen einige Zeit fort zu circumnutieren und zwar in ziemlich weitem Bogen und mit großer Schnelligkeit, wodurch es ermöglicht wird, daß sie sich der Einwirkung des Lichtes in günstigster Weise aussetzen. Unser Sämling entwickelt nun einen blättertragenden Stengel und oft auch Zweige, welche Teile alle, wenn sie jung sind, circumnutieren. Wenn wir z. B. eine Akazie betrachten, so können wir versichert sein, daß jedes der unzähligen Schößchen beim Wachsen fortwährend kleine Ellipsen beschreibt, ebenso jeder Blattstiel und jedes Blättchen. Die letzteren biegen sich fast in derselben vertikalen Ebene auf und ab, indem sie sehr enge Ellipsen beschreiben. Die Blütenstiele circumnutieren gleichfalls fortwährend, und wenn wir mit dem Mikroskop in den Boden sehen könnten, so würden wir bemerken, wie die Spitze jedes Würzelchens sich bemüht, kleine Ellipsen oder Kreise zu beschreiben, sowie es die umgebende Erde

gestattet. All diese erstaunliche Menge der Bewegungen ist jahraus, jahrein vor sich gegangen, seitdem der Keimling des Baumes zuerst aus der Erde hervortrat.

Wir haben nun die Circumnutation zu betrachten, wie sie in modifizierter Form als die Quelle verschiedener großer Klassen von Bewegungen auftritt. Diese Modifikation kann entweder durch innere Ursachen oder äußere Agentien bestimmt werden. Zu den ersteren Fällen gehören die Blätter, welche bei ihrer ersten Entfaltung vertikal stehen und, während sie älter werden, allmählich sich niederbiegen. Ferner sehen wir Blütenstiele sich niederbiegen, wenn die Blumen verwelkt sind, während andere sich aufrichten; oder Stämme, deren Spitzen anfangs niedergebogen waren und sich nachher gerade strecken — und viele andere ähnliche Fälle. Diese Veränderungen in der Lage treten in bestimmten Lebensperioden der Pflanze auf und sind ganz unabhängig von äußeren Agentien; sie werden nicht durch eine stetige Aufwärts- und Abwärtsbewegung hergebracht, sondern durch eine Reihenfolge von kleinen Ellipsen oder Zickzacklinien, d. h. durch eine Circumnutation, die in bestimmter Richtung eine stärkere ist als in anderer. Kletterpflanzen circumnutieren, wenn sie jung sind, in der gewöhnlichen Weise, aber sobald der Stamm eine bestimmte Höhe erreicht hat, die bei den verschiedenen Species eine verschiedene ist, so verlängert er sich sehr schnell, und nun wird der Umfang der Circumnutation bedeutend erweitert, was offenbar dazu dient, um den Stamm eine Stütze finden zu lassen. Die Stämme circumnutieren auch in günstiger Weise mehr gleichmäßig nach allen Seiten hin als bei Nichtkletterern.

Zu den durch äußere Ursachen hervorgerufenen Bewegungen gehören die Schlafbewegungen (die nyktitropischen) der Blätter, die durch den täglichen Wechsel von Licht und Finsternis hervorgerufen werden. Es ist nicht die Finsternis an sich, welche diese Bewegungen bewirkt, sondern die Verschiedenheit der Beleuchtung, welche die sich bewegenden Teile während des Tages und der Nacht erhalten, denn bei einigen Arten schlafen die Blätter des Nachts nicht, wenn sie nicht bei Tage hell beleuchtet gewesen. Die Schlafbewegungen sind in manchen Fällen ungemein kompliziert. Blätter und Kotyledonen nehmen ihre Nachtstellung auf zwei Wegen ein, entweder mit Hilfe von Blattkissen oder ohne diese. Im ersteren Falle dauert die Bewegung so lange wie Blätter oder Kotyledonen gesund sind, während sie im letzteren Falle nur so lange währt, wie die Teile wachsen. Kotyledonen scheinen bei einer verhältnismäßig größern Anzahl von Species zu schlafen als Blätter. Bei einigen Arten schlafen die Blätter, die Kotyledonen nicht, bei andern die Kotyledonen, nicht die Blätter, oder beide schlafen, nehmen dabei aber sehr verschiedene Stellungen ein. Obgleich nun die nyktitropen Bewegungen der Blätter und Kotyledonen wunderbar verschiedene sind und manchmal bei den Species einer und derselben Gattung nicht die gleichen, so ist doch die Blatt-

spreite zur Nachtzeit immer so gestellt, daß die Oberfläche so wenig wie möglich der Ausstrahlung ausgesetzt ist. Wir können nicht zweifeln, daß dies der Zweck dieser Bewegung ist, und es ist nachgewiesen worden, daß Blätter, die man dem klaren Nachthimmel aussetzte und dabei zwang, ihre Blattspalten horizontal zu halten, viel mehr von der Kälte litten als andere, die man ihre vertikale Lage einnehmen ließ. Bei manchen Arten richten sich die Blattstiele zur Nachtzeit stark auf und die Fiederchen schließen zusammen, so daß die ganze Pflanze kompakter wird und eine viel kleinere Fläche der Ausstrahlung ausgesetzt bleibt.

Daß die verschiedenen nyktitropen Bewegungen der Blätter eine modifizierte Circumnutation sind, wird von Darwin eingehend nachgewiesen. In den einfachsten Fällen beschreibt ein Blatt während der 24 Stunden eine einzige große Ellipse, und die Bewegung ist so, daß die Spreite während der Nacht vertikal steht und am folgenden Morgen ihre frühere Stellung wieder einnimmt. Der gemachte Weg unterscheidet sich von gewöhnlicher Circumnutation nur durch die größere Weite und durch die größere Schnelligkeit spät am Abend und früh am Morgen. Wenn nicht zugegeben wird, daß diese Bewegung eine Circumnutation sei, so circumnutieren solche Blätter überhaupt nicht, und das würde eine monströse Anomalie sein. In andern Fällen beschreiben Blätter und Kotyledonen während der 24 Stunden mehrere vertikale Ellipsen und am Abend ist eine von diesen stark an Weite vergrößert, bis die Spreite entweder aufwärts oder niederwärts steht. In dieser Lage fährt sie fort zu circumnutieren bis zum folgenden Morgen, wo sie ihre frühere Lage einnimmt. Wenn man die verschiedenen Diagramme Darwins, welche die Bewegungen schlafender und nicht schlafender Blätter und Kotyledonen zeigen, vergleicht, so sieht man, daß sie im Grunde alle übereinstimmen. Gewöhnliche Circumnutation ist in eine nyktitrope Bewegung umgewandelt: erstens durch eine Vermehrung in ihrem Umfange, aber nicht in einem so hohen Grade, wie bei Schlingpflanzen, und zweitens dadurch, daß sie bei Wechsel von Tag und Nacht periodisch geworden. Es findet sich übrigens oft auch bei nicht-schlafenden Blättern und Kotyledonen eine deutliche Spur von Periodicität bei der Circumnutation. Die Thatsache, daß nyktitrope Bewegungen bei Species vorkommen, die den verschiedensten Pflanzenfamilien angehören, ist einzusehen, wenn dieselben von der Modifikation der überall vorkommenden Circumnutation hergeleitet werden — anders bleibt die Thatsache unerklärbar.

Wir kommen nun zu der sehr wichtigen Klasse von Bewegungen, welche von der Wirkung seitlich einfallenden Lichtes herrühren. Wenn Stämme, Blätter oder andere Organe so gestellt werden, daß die eine Seite heller als die andere erleuchtet ist, so wenden sie sich dem Lichte zu. Diese heliotropische Bewegung entsteht deutlich durch Modifikation der gewöhnlichen Circumnutation und jeder Uebergang zwischen den beiden Bewegungen konnte ver-

folgt werden. Wenn das Licht trübe war und auf der einen Seite nur ein wenig heller als auf der andern, so bestand die Bewegung in einer Reihenfolge von Ellipsen, die gegen das Licht gerichtet waren, von denen jede folgende mehr der Lichtquelle sich näherte als die vorhergehende. Wenn der Unterschied der Lichtstärke auf beiden Seiten etwas größer war, so wurden die Ellipsen in eine deutliche Zickzacklinie ausgezogen, und wenn noch größer, so wurde der Verlauf geradlinig. Wir haben Grund zu glauben, daß Aenderungen in der Turgescenz der Zellen die nächste Ursache der Circumnutation sind, und es scheint, daß wenn eine Pflanze auf beiden Seiten ungleichmäßig erleuchtet ist, die andauernd wechselnde Turgescenz auf der einen Seite vermehrt wird, auf der anderen geschwächt oder ganz sistiert. Heliotropismus herrscht bei weitem im Pflanzenreich vor, wenn hingegen bei Aenderung der Lebensgewohnheiten einer Pflanze die heliotropen Bewegungen nachtheilig oder nutzlos werden, so wird die Tendenz dazu leicht unterdrückt, wie man an kletternden und tierfressenden Pflanzen leicht sehen kann. Ausgesprochene apheliotropische, d. h. zum Fliehen vor dem Licht dienende Bewegungen sind verhältnismäßig selten, mit Ausnahme von Luftwurzeln. In zwei von Darwin beobachteten Fällen bestand die Bewegung sicherlich in modificirter Circumnutation.

Die Stellung, welche Blätter und Kotyledonen während des Tages einnehmen, rührt mehr oder weniger vom Diacheliotropismus her, d. h. der Tendenz, sich transversal zur Richtung des Lichtes zu stellen. Da nun alle Blätter und Kotyledonen fortwährend circumnutieren, so ist kaum zu bezweifeln, daß Diacheliotropismus die Folge modificirter Circumnutation ist. Endlich ist bekannt, daß die Blättchen und Kotyledonen einiger Pflanzen durch zu viel Licht geschädigt werden, und daß dieselben, wenn die Sonne hell auf sie scheint, sich aufwärts oder abwärts bewegen oder sich seitlich drehen, so daß sie ihre Ränder dem Lichte zukehren und so dessen schädlichem Einfluß entgehen. Diese paraheliotropischen Bewegungen bestanden in einem Falle sicherlich in modificirter Circumnutation, und so ist es wahrscheinlich in allen Fällen, denn die Blätter aller beschriebenen Species circumnutieren in deutlicher Weise. Diese Bewegung ist bis dahin nur an Blättern beobachtet, die mit Blattkissen versehen sind, bei denen die vermehrte Turgescenz auf gegenüberliegenden Seiten nicht von Wachstum gefolgt wird — und wir können einsehen, weswegen das so ist, da die Bewegung nur für einen temporären Zweck nötig ist. Es würde offenbar unvorteilhaft für das Blatt sein, wenn es durch Wachstum in seiner geneigten Lage befestigt würde, denn es hat seine frühere horizontale Lage so bald wie möglich wieder einzunehmen, nachdem die Sonne aufgehört hat, zu hell auf dasselbe zu scheinen.

Die ungeheure Sensibilität gewisser Sämlinge für Licht ist sehr bemerkenswert. Die Kotyledonen von Phalaris

bewegten sich einer entfernten Lampe zu, von der so wenig Licht ausstrahlte, daß ein Bleistift, welcher vertikal dicht vor die Pflanze gehalten wurde, keinen für das Auge wahrnehmbaren Schatten auf ein dahinter gehaltenes weißes Papier warf. Diese Kotyledonen wurden also von einer Differenz in der Lichtstärke auf ihren beiden Seiten beeinflusst, die das Auge nicht unterscheiden konnte. Die Differenzen der Lichtstärke, welche Pflanzen empfangen, im Vergleich zu der, welcher sie kurz vorher ausgesetzt waren, scheint in allen Fällen die Hauptursache für die Bewegungen auf Lichteinfluß zu sein. So bogen sich Sämlinge, aus dem Dunkeln gebracht, schneller einem seitlichen Licht zu, als andere, welche vorher dem Tageslicht ausgesetzt gewesen waren. Analoge Fälle finden sich bei den nyktitropen Bewegungen der Blätter. Ein auffallendes Beispiel wurde an den periodischen Bewegungen der Kotyledonen einer Cassia beobachtet. Des Morgens wurde ein Topf davon an einen dunklen Ort eines Zimmers gestellt, und alle Kotyledonen erhoben und schloßen sich; ein anderer Topf hatte im Sonnenlicht gestanden und natürlich blieben die Kotyledonen ausgebreitet. Beide Töpfe wurden nun dicht nebeneinander in die Mitte des Zimmers gestellt, worauf die Kotyledonen, welche der Sonne ausgesetzt gewesen waren, sogleich anfiengen sich zu schließen, während die anderen sich öffneten, so daß also die Kotyledonen in den beiden Töpfen sich in gerade entgegengesetzter Richtung bewegten, während sie einem und demselben Lichtgrade ausgesetzt waren.

Darwin fand, daß Sämlinge, die an einem dunklen Ort gehalten waren, wenn sie von einer kleinen Wachskerze seitlich nur 2—3 Minuten in Zwischenräumen von etwa $\frac{3}{4}$ Stunden beleuchtet wurden, sich alle nach der Stelle beugten, wo die Wachskerze gehalten worden war, und nach Wiesners Beobachtungen ist der Bewegungsgrad einer Pflanze der gleiche, ob dieselbe eine Stunde lang kontinuierlich von einer Seite beleuchtet wird, oder mit Unterbrechungen nur 20 Minuten. Darwin meint, daß diese Fälle daraus erklärt werden können, daß die Erregung durch Licht nicht so sehr von dessen wirklicher Stärke abhängt, als von dem Unterschiede von der vorher empfangenen Lichtstärke. In dieser und verschiedenen vorher von Darwin besprochenen Beziehungen scheint Licht auf die Gewebe der Pflanzen fast denselben Einfluß zu üben, wie auf das Nervensystem der Tiere. Noch ein auffallendes Analogon gleicher Art findet sich darin, daß die Sensibilität für Licht in den Spitzen der Kotyledonen von Phalaris und Avena und in dem oberen Teil des Hypokotyls von Brassica und Beta sich lokalisiert zeigte, und von diesen oberen Teilen der Einfluß hinübergeleitet wurde zu den unteren, so daß diese sich dem Lichte zu beugten; dieser Einfluß wird bis unter die Erdoberfläche hinunter geleitet, bis zu einer Tiefe, wohin kein Lichtstrahl dringt. Erleuchtung dieser unteren Teile allein brachte keine Bewegung dem Lichte zu hervor. Auch bei den Wurzeln

von *Sinapis alba* lag die Sensibilität für Licht in der Spitze und wurde von dort zu den höher liegenden Teilen geleitet, so daß diese sich vom Licht wegbogen.

Die Gravitation veranlaßt die Pflanze, sich vom Centrum der Erde weg- oder ihm zuzubeugen oder sich transversal zu demselben zu stellen (Apogeotropismus, Geotropismus, Diageotropismus). Obgleich es nun nicht möglich ist, in irgend einer direkten Weise die Gravitation zu modifizieren, so konnte doch ihr Einfluß auf verschiedenen von Darwin in Kap. X. beschriebenen Wegen moderiert werden, und unter solchen Umständen zeigte sich in deutlichster Weise, daß diese Bewegungen alle modifizierte Formen der Circumnutation sind. Verschiedene Teile derselben Pflanze und verschiedener Species werden von der Gravitation in sehr verschiedenem Grade und verschiedener Weise beeinflusst: Einige Pflanzen und Organe zeigen kaum eine Spur ihres Einflusses, während junge Sämlinge, von denen wir wissen, daß sie schnell circumnutieren, ausgezeichnet sensibel für sie sind. Der Hypokotyl von *Beta* bog sich z. B. in 3 Stunden 8 Min. um 109° aufwärts. Die Nachwirkungen des Apogeotropismus dauern über eine halbe Stunde und horizontal gelegte Hypokotylen werden in dieser Weise manchmal über die aufrechte Stellung zeitweise hinausgebogen. Die Vorteile von Geotropismus, Apogeotropismus und Diageotropismus sind im allgemeinen so deutlich, daß sie nicht specificiert zu werden brauchen. Bei den Blütenstielen von *Oxalis* wird durch Niederbeugen derselben bewirkt, daß die reisenden Kapseln durch den Kelch vor dem Regen beschützt werden, während bei dem nachherigen Aufrichten zur Reifezeit die Samen über eine weitere Strecke hinausgeschleudert werden können. Die Kapseln und Blütenköpfe einiger Pflanzen biegt sich durch Geotropismus nieder, und begraben sich dann zur Beschützung und zum langsamen Reifen der Samen in der Erde, welcher Eingrabeprozess sehr durch die rückwärts Bewegung der Circumnutation erleichtert wird. Bei den Wurzeln verschiedener, wahrscheinlich aller, Sämlinge ist die Sensibilität für Gravitation auf die Spitze beschränkt, welche den Reiz auf die anliegenden oberen Teile fortpflanzt und diese zum Umbiegen nach dem Centrum der Erde zu bringt. Daß eine derartige Fortpflanzung des Reizes stattfindet, wurde in interessanter Weise bewiesen, indem horizontal ausgebreitete Wurzeln von Bohnen der Gravitation 1 oder $1\frac{1}{2}$ Stunde ausgesetzt wurden, und dann ihrer Spitzen durch Abschneiden beraubt. Während dieser Zeit hatte sich noch keine Spur von Krümmung gezeigt und die Wurzeln wurden nun vertikal abwärts gerichtet; aber der Einfluß hatte sich schon von der Spitze auf den anliegenden Teil fortpflanzt, denn dieser bog sich bald zur Seite, gerade so, wie er sich gekrümmt haben würde, wenn die Wurzel horizontal geblieben und noch vom Geotropismus beeinflusst gewesen wäre. So behandelte Wurzeln fuhrten 2—3 Tage fort horizontal zu wachsen, bis eine neue Spitze gebildet war; diese war dann vom Geo-

tropismus beeinflusst und nun bog sich das Würzelchen perpendicular abwärts.

Es zeigt sich hiernach, daß verschiedene Bewegungsarten: die der Schlingpflanzen, die Schlafbewegungen der Blätter und Kothyledonen und die sonst durch Licht und Gravitation hervorgerufenen, alle aus modifizierter Circumnutation entstehen, welche überall zugegen ist, so lange das Wachstum dauert und noch länger als dieses, wenn Blattkissen vorhanden sind. Wenn von modifizierter Circumnutation gesprochen wird, so ist damit gemeint, daß Licht oder der Wechsel von Licht und Finsternis, Gravitation, leichter Druck oder andere Reize und gewisse der Pflanze innewohnende Zustände nicht direkt die Bewegung veranlassen; dieselben leiten einfach zu einer zeitweisen Vermehrung oder Verminderung dieser spontanen Veränderung in der Turgescenz der Zellen, welche Veränderung schon im Gange ist. In welcher Weise Licht, Gravitation u. a. auf die Zellen wirken, ist nicht bekannt, und Darwin bemerkt nur, daß wenn irgend ein Reiz die Zellen so affizierte, daß in den affizierten Teilen eine Tendenz zu vorteilhaften Biegungen entstände, diese Tendenz leicht durch Erhaltenbleiben der sensitiveren Individuen vermehrt werden könnte. Wenn aber solche Biegung nachteilig wäre, so würde die Neigung dazu eliminiert werden. Wir haben keinen Grund zu bezweifeln, daß nach der Elimination einer Tendenz, sich nach einer bestimmten Richtung bei einem bestimmten Reiz umzubiegen, die Kraft sich in einer gerade entgegengesetzten Richtung umzubiegen allmählich durch natürliche Zuchtwahl erreicht werden könnte.

Obgleich so zahlreiche Bewegungen aus modifizierter Circumnutation entstanden sind, so giebt es doch andere, welche einen ganz unabhängigen Ursprung zu haben scheinen, dieselben sind aber weder so zahlreich noch so wichtig. Es gehören dahin die auf Berührung eintretenden Bewegungen der Blätter von *Mimosa*, der Tentakeln von *Drosera* u. a. Obgleich wir nun keinen Grund haben zu glauben, daß diese Bewegungen von modifizierter Circumnutation herühren, wie dies bei den vorher genannten Bewegungen der Fall ist, so meint Darwin, daß die Verschiedenheiten zwischen beiden Klassen der Bewegung doch nicht so groß sind, wie sie zuerst erscheinen.

Endlich — so schließt Darwin — ist es unmöglich, daß einem nicht die Aehnlichkeit zwischen den vorher besprochenen Bewegungen der Pflanzen und vielen Handlungen, welche niedere Tiere unbewußt vornehmen, auffalle. Bei Pflanzen genügt ein erstaunlich geringer Reiz. Die Gewohnheit der Bewegung zu gewissen Perioden ist sowohl Pflanzen als Tieren angeerbt und verschiedene andere Punkte der Aehnlichkeit finden sich außerdem. Aber die auffallendste Aehnlichkeit ist die Lokalisation ihrer Sensitivität und die Uebertragung eines Einflusses von dem gereizten Teil auf einen anderen, der sich in Folge dessen bewegt. Jedoch besitzen Pflanzen weder Nerven, noch ein centrales Nervensystem, und wir können vermuten, daß

diese Einrichtungen bei Tieren nur dazu dienen, um die Eindrücke vollkommener weiter zu leiten und die verschiedenen Teile in vollständigere Kommunikation zu bringen. Wir glauben, daß bei Pflanzen keine Einrichtung wunderbarer ist, was ihre Funktion anlangt, als die Spitze des Würzelchens. Wenn die Spitze leicht gedrückt, angebrannt oder geschnitten wird, so leitet sie den Eindruck zu dem benachbarten Teil und bewirkt, daß dieser sich von der affizierten Seite wegwendet; und die Spitze kann, was noch überraschender ist, zwischen einem wenig härteren und weicherem Gegenstand, von dem sie zugleich auf entgegengesetzten Seiten gedrückt wird, unterscheiden. Wenn hingegen das Würzelchen von einem ähnlichen Gegenstande etwas oberhalb der Spitze gedrückt wird, so leitet der gedrückte Teil den Eindruck nicht zu den entfernteren Teilen, sondern biegt sich direkt nach dem Gegenstande hin. Wenn die Spitze bemerkt, daß die Luft auf der einen Seite feuchter ist als auf der anderen, so überführt sie gleichfalls diesen Reiz auf den oberen benachbarten Teil, der sich nun zur Quelle der Feuchtigkeit hinbiegt. Wenn die Spitze von Licht gereizt wird, so biegt sich der benachbarte Teil vom Licht weg, während nach Reizung durch Gravitation derselbe Teil nach dem Centrum derselben sich biegt. In fast jedem Falle können wir deutlich den Endzweck oder Vorteil der verschiedenen Bewegungen erkennen. Zwei oder vielleicht mehrere der reizenden Ursachen wirken oft zusammen auf die Spitze, und der eine Reiz besiegt den anderen, ohne Zweifel in Uebereinstimmung mit seiner Wichtigkeit für das Leben der Pflanze. Der Lauf, den das Würzelchen beim Eindringen in den Erdboden nimmt, muß durch diese Spitze bestimmt werden, und daher hat dieselbe verschiedene Arten der Sensitivität erworben. Es ist kaum eine Uebertreibung, zu sagen, daß die Spitze des Würzelchens, welche so eingerichtet ist und die Macht hat die Bewegung der angrenzenden Teile zu leiten, wie das Gehirn eines der niederen Tiere arbeitet, welches Gehirn in den vorderen Teilen der Körpers seinen Sitz hat, von den Sinnesorganen Eindrücke empfängt und die verschiedenen Bewegungen leitet.