

www.e-rara.ch

Handbuch der physiologischen Botanik

Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen - Untersuchungen über die allgemeinsten Lebensbedingungen der Pflanzen und die Functionen ihrer Organe

Sachs, Julius

Leipzig, 1865

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 30218: 4

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-74339>

XI. Stoffwanderung.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien - von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material - from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes - des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

XI.

Stoffwanderung.

Elfte Abhandlung.

Translocation der plastischen Stoffe in den Geweben.

§ 400. Einleitung. Die Lebensvorgänge auch in der einfachsten Zelle sind ohne beständige translatorische Bewegungen der dem Leben dienenden Stoffmoleculé nicht denkbar. — Wenn der Keimschlauch einer Spore oder eines Pollenkorns austreibt, so drängt sich das Protoplasma nach der wachsenden Spitze hin, dort scheidet es beständig neue Zellstofftheilchen aus, während sich der Raum der Spore oder des Pollenkorns entleert: das Wachsthum ist in diesem Falle sichtlich nichts Anderes als eine nach bestimmten Richtungen erfolgende Translocation und Sonderung der gemengten Moleculé, und nach diesem einfachsten Schema lässt sich die Keimung der Samen auffassen; auch hier drängt sich das in den Cotyledonen und Endospermen enthaltene Protoplasma in die Wurzelspitze und in die Stammknospe, um daselbst Zellhäute abzuschneiden, die anderen Stoffe des Samenreservoirs dringen nach; die fertige Keimpflanze besteht gleich dem fertigen Keimschlauch der Spore aus denselben Stoffen, welche schon vor der Keimung da waren; der Vorgang des Wachsthums ist im einen wie im anderen Falle wesentlich eine Translocation der Stoffe, eine Auseinanderlegung der vorher beisammenliegenden chemisch verschiedenen Moleculé. Aehnlich ist es auch bei dem Austreiben der Knollen, Zwiebeln und Knospen der Bäume im Frühjahr; die in den Reservestoffbehältern bis dahin verborgenen Stoffe treten heraus, jene bleiben leer zurück, die neuen Organe sind die in einer neuen Art räumlich angeordneten Reservestoffe.

Wenn eine einzelne chlorophyllhaltige Algenzelle unter dem Einflusse des Lichts assimilirt, so treten die Moleculé der gelösten Kohlensäure von aussen her in die Zelle ein, dasselbe thun die im umgebenden Wasser gelösten Salze; die abgeschiedenen Sauerstoffmoleculé lösen sich z. Th. im Wasser auf, z. Th. trennen sie sich von diesem und steigen als Blasen empor. Unterdessen entsteht im Chlorophyll unserer Zelle Amylum, dessen Moleculé sich um Sammelpuncte inner-

halb der grünen Substanz anhäufen und Körner bilden; diese aber sind ihrerseits nur temporär vorhanden. Wenn die Zelle sich theilt, so werden sie im Protoplasma aufgelöst, oder in Oel verwandelt oder sie behalten ihre Form und nehmen vom Protoplasma getragen, andere Stellen ein. Eher oder später werden sie dennoch aufgelöst, und ihr Lösungsproduct vom Protoplasma aufgenommen, durch dieses nach aussen hin als Zellstoff abgelagert. So ist schon innerhalb der einzelnen Zelle die physiologische Arbeit auf verschiedene Elementarorgane vertheilt; bei den höheren Kryptogamen und Phanerogamen ist diese Theilung der Arbeit nur deutlicher, weil die einzelnen den verschiedenen Functionen vorstehenden Organe räumlich weiter auseinander liegen: die Aufnahme des Wassers und der gelösten Mineralstoffe ist den Wurzeln übertragen, ihre Fortleitung nach den Blättern hin dem Stamm und seinen Ausläufern, den Blattstielen und Blattnerven; die grünen Blätter nehmen im Sonnenlicht Kohlensäure auf, und in ihren Chlorophyllkörnern wird Stärke erzeugt, während der überflüssige Sauerstoff wieder ausgeschieden wird. Die in den grünen Blättern erzeugten Assimilationsproducte aber werden hier nicht verbraucht: in den fertigen assimilirenden Blättern findet kein Wachstum mehr statt; was sie an organisirbaren Verbindungen erzeugen, das ist zum Verbrauch an ganz anderen Orten derselben Pflanze bestimmt; die Assimilationsproducte werden durch die Blattnerven und Stiele dem Stamme zugeleitet und von hier aus dringen sie in die Knospen und Wurzelspitzen, um neue Organe zu bilden oder sie lagern sich in bestimmten Geweben dicht zusammen, um erst später demselben Process zu unterliegen.

Die beständige translatorische Bewegung der Stoffe in der Pflanze leugnen, heisst nichts Anderes thun, als behaupten, dass jeder Stoff da, wo wir ihn finden, aus Nichts entstanden sei. Es ist daher unnöthig, weitläufige Beweise für die Thatsächlichkeit der Stoffbewegungen in den einzelnen Zellen sowohl als in der vielzelligen Pflanze beizubringen. Sobald man erkannt hatte, dass das Wasser und die Mineralstoffe in der Pflanze nicht erzeugt werden, sondern von aussen in sie eindringen, musste man auch die im Gipfel eines Baums abgelagerten Kalk- und Kalitheilchen sowie das aus seinen Blättern abdunstende Wasser den Weg durch den Stamm zurücklegen lassen. In der That gehört die Wahrnehmung dieser Thatsache zu den ältesten Errungenschaften der Pflanzenphysiologie. Viel unklarer war man bis auf die neueste Zeit über die Gründe, welche eine bestimmte Bewegung der assimilirten Stoffe in der einzelnen Zelle wie in den ganzen Pflanzen nothwendig machen. Es wäre bei dem jetzigen Zustande unserer Wissenschaft unpassend, aus so vereinzelteten Thatsachen, wie es der Ringschnitt¹⁾ mit seinen Folgen ist, die Nothwendigkeit der Bewegung der assimilirten Stoffe herleiten zu wollen, weil wir statt dieses, nur für ganz bestimmte Fälle giltigen Beweises, der noch dazu verschiedene Deutungen zulässt, andere allgemeine Gründe haben, welche sich auf die Urphänomene des vegetabilischen Lebens stützen. Die Nothwendigkeit der translatorischen Bewegung der assimilirten Stoffe durch die Gewebe hindurch folgt ganz allgemein und unzweideutig aus der Erwägung, dass die kohlenstoffhaltigen Verbindungen nicht überall da, wo wir sie finden, entstanden sein können, weil zur Erzeugung kohlenstoffhaltiger organischer Verbindungen die Kohlensäure und das Wasser das Material liefern,

1) Die in der Geschichte der Pflanzenphysiologie eine so grosse Rolle spielenden Folgen des Ringschnitts an dicotylen Holzpflanzen können sehr wohl ursprünglich auf die Annahme der Bewegung der Stoffe aus den Blättern geführt haben; jetzt aber wo die fortgeschrittene Wissenschaft tiefere Fundamente hat, sollte jene mangelhafte Beweisführung aufhören. Uebrigens sind die Erscheinungen des Ringschnitts auch für uns noch von grossem Interesse, weil sie für andere Sätze der Physiologie die erwünschten Anhaltspunkte liefern.

und weil dabei nothwendig eine Quantität Sauerstoff abgeschieden werden muss. Diese Function aber ist an ein einziges Organ der Pflanze, an die chlorophyllhaltige Zelle und an eine äussere Bedingung, die Mitwirkung des Lichts geknüpft. Daraus folgt, dass alle nicht chlorophyllhaltigen Zellen und alle nicht vom Licht getroffenen Gewebe ihre kohlenstoffhaltigen Baustoffe unmöglich selbst assimilirt haben können, dass sie dieselben von den beleuchteten grünen Organen beziehen und damit ist die Bewegung der assimilirten Stoffe allgemein begründet, selbstredend auch für die chlorophyllfreien Schmarotzer, die sich von diesem allgemeinen Standpunct aus verhalten, wie die nicht grünen Organe einer normalen Pflanze und ebenso auch für die chlorophyllfreien Nichtschmarotzer, die ihre kohlenstoffhaltigen Verbindungen aus den Ueberresten anderer Pflanzen auf sammeln. Die Nothwendigkeit der Bewegung assimilirter Stoffe ist also eine Folge der Thatsache, dass nicht jede beliebige Zelle im Stande ist, die assimilirten Stoffe, welche sie temporär enthält, zu erzeugen.

§ 101. Die Richtung, in welcher sich die assimilirten, plastischen Stoffe bewegen, ist je nach Umständen verschieden. Wenn wir die Erscheinungen auf ihren allgemeinsten Ausdruck bringen, so ergeben sich folgende drei Fälle: a) die organisirbaren Stoffe bewegen sich von ihren Entstehungsorten zu ihren Verbrauchsorten; b) von ihren Entstehungsorten zu ihren Ablagerungs- (Ruhe-)orten; c) von ihren Ablagerungsorten zu ihren Verbrauchsorten. — Es kommt nur auf die gegenseitige Lage der Erzeugungs-, Verbrauchs- und Ablagerungsorte an, ob die entsprechende Stoffbewegung in Bezug auf den Erdbörper vorwiegend aufwärts, abwärts oder horizontal gerichtet ist; bei Bäumen und Pflanzen mit unterirdischen Reservestoffbehältern (Zwiebeln, Knollen, Rhizomen u. s. w.) wird die überwiegende Quantität der Assimilationsproducte zur Aufspeicherung abwärts geführt, im Frühjahr bei dem Verbrauch zur Knospenentfaltung ist ihre Bewegung überwiegend aufwärts gerichtet; bei monocarpischen Pflanzen dagegen wird ein grosser Theil der Assimilationsproducte aufwärts geführt, um in den Früchten aufgespeichert zu werden; in horizontalen Baumästen, Ausläufern und Nebenwurzeln ist die Bewegung der Stoffe horizontal, nach der organischen Spitze hin oder von ihr abgekehrt. — Gewöhnlich ist die Bewegung der assimilirten Stoffe in derselben Pflanze gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen vorhanden: so wandert bei der reifenden Kartoffel ein Theil derselben aufwärts zu den Beeren, die sich ebenso wie die Knollen mit Stärke füllen, welche um in Letztere zu gelangen abwärts wandert; ähnlich geschieht es bei den Bäumen, wenn sie zugleich Früchte tragen und Reservestoffe im Stamm anhäufen. Bei Keimpflanzen, wo das Endosperm oder dicke im Boden verbleibende Cotyledonen die Nahrung liefern, ist die Stoffbewegung der Wachstumsrichtung der Wurzel entsprechend anfangs vorwiegend abwärts, später bei der Entfaltung der Blätter vorwiegend aufwärts gerichtet.

Diese Sätze ergeben sich von selbst, sobald man weiss, dass die Assimilation, d. h. die Bildung kohlenstoffhaltiger Verbindungen aus Kohlensäure und Wasser nur in den chlorophyllhaltigen beleuchteten Organen stattfindet, dass der Verbrauch der Assimilationsproducte andererseits nur in den mit Zellbildung beschäftigten Organen (Wurzelspitzen, Knospen, Cambium) erfolgt: die allgemeinen Gründe, welche die Bewegung der Assimilationsproducte überhaupt nöthig machen, bestimmen auch zugleich ihre Richtung. Die frühere, auf Beobachtungen an Bäumen und manchen dicotylen holzbildenden Pflanzen gestützte Ansicht vom »absteigenden Saft« ist daher, soweit sie die Richtung betrifft unzureichend, und

wir werden sogleich sehen, dass auch von einer »Saftbewegung« im älteren Sinne nicht wohl die Rede sein kann.

§ 102. Die chemische Natur der durch die Gewebe fortgeleiteten Stoffe ergibt sich aus den in der vorigen Abhandlung dargelegten Thatsachen¹⁾: eiweissartige Substanzen, welche das Material zur Protoplasmabildung der neuen Organe, Kohlehydrate und Fette, welche das zur Zellhautbildung nöthige Material liefern, sind hier in erster Reihe zu nennen; daneben mögen andere Verbindungen, deren Beziehung zum Wachsthum unbekannt ist, dieselben Wege beschreiben und besonders die mineralischen Basen und Säuren werden sich an jenen Wanderungen betheiligen; da die Phosphorsäure ein wie es scheint unzertrennlicher Begleiter der Eiweissstoffe ist, das Kali ebenso mit der Stärkebildung in einer causalen Beziehung zu stehen scheint, so werden sie die Schicksale dieser theilen.

Wenn wir in den sich entleerenden Cotyledonen einer keimenden Bohne, in dem schwindenden Endosperm einer keimenden Graminee die dort abgelagerten Eiweissstoffe und Stärke abnehmen sehen, während solche in den wachsenden Wurzeltheilen, den sich bildenden Internodien und Blättern nach und nach die Zellen erfüllen, wenn wir von jenen Ablagerungsorten her die genannten Stoffe in bestimmten Zellenzügen während der ganzen Keimungszeit vorfinden und erst dann aus ihnen verschwinden sehen, wenn aus jenen Reservestoffbehältern nichts mehr zu holen ist, so folgt offenbar daraus, dass die genannten Stoffe, deren Zweck wir kennen, aus den Cotyledonen und Endospermen in die entfernteren Verbrauchsstätten hin wandern; ebenso findet man bei der keimenden Kartoffelknolle die in derselben aufgespeicherten Stoffe eiweissartige Natur und Stärke in bestimmten Zellenschichten in ununterbrochener Folge bis hinauf zu den Knospen die Zellen erfüllend; wir wissen, dass die Knolle sich dabei entleert, dass die Stoffe, die wir in den Keimtrieben finden, nur aus der Knolle stammen können, dass sie beständig verbraucht werden, in der Blattknospe und den wachsenden Wurzeln; daraus folgt, dass sie in den die Verbindung zwischen diesen und der Knolle herstellenden Gewebeschichten auf Wanderung begriffen sind; es folgt, dass die Stoffe, die man in den verbindenden Geweben vorfindet, nicht ruhen, sondern in Bewegung begriffen sind, einer Bewegung, die durch Herstellung des Präparats natürlich unterbrochen wird und ohnehin wohl zu langsam ist, um auf irgend eine Weise sichtbar gemacht zu werden. Es liegt nicht der entfernteste Grund vor, daran zu zweifeln, dass die Molecüle der Eiweissstoffe und der Stärkekörnchen, die wir in den Enden der Keimtriebe und Keimwurzeln finden, dieselben Molecüle sind, die früher in den Cotyledonen, resp. Endospermen und Knollen lagen; sie haben nur ihren Ort verändert und die Eiweissstoffe und die Stärke, welche wir in den zwischenliegenden Zellenschichten finden, sind eben noch unterwegs, sie waren vorher in den Reservestoffbehältern und werden später in den fortwachsenden Knospen und Wurzelspitzen ankommen. — In solchen Fällen, wo die Cotyledonen, Endosperme oder Knollen fettes Oel enthalten, wird die Deutung der Vorgänge schwieriger,

1) Das Beobachtungsmaterial, auf welches sich die folgenden Angaben stützen, findet sich in meinen Abhandlungen über Keimung, über die Stoffe, welche das Material zur Bildung der Zellhäute liefern und über mikrochemische Reactionen, welche vorher schon mehrfach citirt wurden.

weil die Fette unterwegs sich in Stärke und Glycose umwandeln, zum Theil aber auch vielleicht in Form von fettem Oel selbst die Zellschichten durchsetzen. Wenn man in den Spitzen der Keimwurzeln und in den sich streckenden Knospentheilen derartiger Keime, wie z. B. des Ricinus und des Kürbis Stärke und Zucker findet, so können dieselben nur aus den in den Reservestoffbehältern abgelagerten Verbindungen entstanden sein; da gleichzeitig in diesen das Fett abnimmt, so ist die einfachste Deutung die, dass das Fett der Cotyledonen oder resp. des Endosperms das Material dazu geliefert hat; dass also mit der Wanderung der organbildenden Verbindungen chemische Metamorphosen verbunden sind. Aber auch das fette Oel selbst scheint auf irgend eine Weise die Gewebe zu durchdringen und seinen Ort zu wechseln; zu dieser Ansicht führt die Wahrnehmung, dass zumal in den Wurzeln, wenn dieselben schon eine sehr bedeutende Volumenzunahme erfahren haben, so viel Oel zu finden ist, dass die Masse desselben vorher nicht darin kann enthalten gewesen sein; es geht dies schon aus der mikrochemischen Untersuchung hervor und wird durch die Analysen von Peters (s. die vorige Abhandlung) bestätigt; die dort in der 2. Tabelle aufgestellten Zahlen zeigen, dass die absolute Quantität des fetten Oels in der Keimwurzel von dem Beginn der Keimung bis zu deren Ende beständig zunimmt, obgleich ein beständiger Verbrauch dieses Stoffes zur Bildung von Stärke und Zucker stattfindet; auf eine ähnliche Erscheinung habe ich bei den keimenden Zwiebelsamen aufmerksam gemacht. Mag man indessen diese Deutung bestreiten, so bleibt doch das eine gewiss, dass auch bei denjenigen Keimungen, wo fette Oele als stickstofffreie Reservenahrung abgelagert sind, Stärke und Zucker in einer solchen Vertheilung innerhalb der Keimgewebe sich vorfinden, dass man sie als auf Wanderung begriffen betrachten muss, während ihre Entstehung nur aus dem fetten Oel abgeleitet werden kann. — Aehnliche Verwickelungen machen sich bei der Wanderung der stickstofffreien Reservestoffe in solchen Fällen geltend, wo dieselben in Form von Rohrzucker oder von Inulin abgelagert sind. Bei der austreibenden Runkelrübe, welche im ruhenden Zustand keine Spur von Stärke enthält, erfüllen sich die jungen Blätter und das Stammparenchym mit Stärkekörnern, die später bei der Ausbildung der Zellen wieder schwinden; diese Stärke kann nur aus dem Rohrzucker des Rübenparenchyms entstanden sein; mit der Wanderung der Reservesubstanz ist also auch hier eine chemische Metamorphose verbunden. Ebenso bildet sich bei dem Austrieb der Dahlienknollen in den Knospen Stärke, die in den sich streckenden Theilen unter Glycosebildung verschwindet, indem das Inulin des Knollengewebes abnimmt und endlich erschöpft wird; die Molecüle der Stärke und des Zuckers, die sich in den Knospentheilen entfernt von den Knollen vorfinden, sind dieselben, aber chemisch veränderten Molecüle, welche früher in den Knollen in Form von Inulin vorhanden waren. — Die Molecüle des Zellstoffs, der im Endosperm der Dattel dicke Zellenwände darstellt, zerstreuen sich bei der Keimung, sie gehen in das Saugorgan des Keims über und erscheinen hier als Glycose wieder; schon in diesem Gewebe bildet sich Stärke, noch vielmehr in den entfernten Theilen der Knospe, wo sie alle parenchymatische Zellen erfüllt und man ist gezwungen anzunehmen, dass diese Stärke aus denselben nur chemisch veränderten Molecülen besteht, welche ursprünglich als Zellstoff im Endosperm lagen.

Aehnliche Verhältnisse, wie sie die keimenden Pflanzen darbieten, finden

wir in den grün belaubten wieder; sind mit dem Ende der Keimung die Nahrungsreservoir erschöpft, so treten die assimilirenden Blätter an deren Stelle, nur mit dem Unterschiede, dass sie die Bildungsstoffe nicht bloss enthalten, sondern dass sie dieselben beständig Neubilden; so wie für den Keimpross die einzige Bezugsquelle seiner organbildenden Verbindungen im Endosperm, den Cotyledonen, den Knollen u. s. w. liegt, so finden die Knospen und Wurzeln einer belaubten Pflanze (nach vollendeter Keimung) keine andere Bezugsquelle für ihre Baustoffe, als die grünen Blätter, weil diese (wo sie nicht durch andere chlorophyllhaltige Organe substituiert sind) die einzigen Organe sind, welche aus Kohlensäure, Wasser u. s. w. organische Verbindungen erzeugen können. Die Knospentheile und Wurzelspitzen vollbelaubter Pflanzen enthalten immer eiweissartige Substanz neben Stärke und Zucker, Verbindungen, die hier bestimmt nicht entstanden sind; aber von den Knospen aus lassen sich die Eiweissstoffe in einem Continuum von Schichten hinab verfolgen, in den Stamm und durch diesen in die Blätter, ebenso sind die stärkehaltigen Gewebe der Knospen und Wurzelspitzen durch stärkeführende Gewebezüge mit den laubtragenden Internodien verbunden, durch welche sie mit den stärkeführenden Parenchymschichten der Blattstiele und Blattnerven communiciren; nehmen wir nun noch hinzu, dass die Mesophyllzellen beständig Stärke erzeugen, so wird die Ansicht nicht mehr gewagt erscheinen, dass die hier erzeugte Stärke durch die Parenchymschichten der Nerven, Blattstiele und Internodien den Verbrauchsorten, Knospen und Wurzeln, so wie den Ablagerungsorten z. B. den Knollen und Rhizomen zuwandert. Auch bei diesen Translocationen können chemische Metamorphosen die Ortsbewegungen begleiten; wenigstens ist diese Annahme geeignet, die Vorgänge, wie die mikrochemische Beobachtung sie ergiebt, einfach begreiflich zu machen. So scheint die im Mesophyll der Blätter erzeugte Stärke bei ihrem Uebertritte in die Blattstiele der Runkelrübe sich in Glycose und bei ihrem Eintritte in das Rübenparenchym in Rohrzucker umzuwandeln; so scheint auch die in den Chlorophyllkörnern der Dahlien- und Topinamburblätter entstehende Stärke in den Stamm übergehend die Form von Inulin anzunehmen und als solches (z. Th. als Glycose) den Knollen abwärts zuzufliessen; bei dem Mais tritt das Assimilationsproduct der Blätter im Stamm als Stärke zumal im Anfänge der Vegetation auf, später scheint diese sich in Rohr- und Traubenzucker z. Th. umzuwandeln, um endlich durch die Kolbenspindel sich in dem Endosperm der reifenden Körner wieder als Stärke niederschlagen. Das im Stengel der Laubmoose gewöhnliche Oel kann ebenso als aus der Stärke der assimilirenden Blätter gebildet und eingewandert betrachtet werden. Nach den früher citirten Angaben De Luca's würde in den Laubblättern des Olivenbaums Mannit erzeugt und den Blütenknospen zugeführt, um sich in den reifenden Früchten in Oel zu verwandeln; ob hier Stärke im Chlorophyll der Blätter erzeugt wird, ist mir unbekannt; ich untersuchte sie im Winter von einem im Gewächshaus stehenden Baum, wo sie bestimmt keine enthielten; es wäre dies also ein ähnliches Verhalten wie bei der Küchenzwiebel, wo das grüne Gewebe der Blätter ebenfalls keine Stärke erzeugt, wo aber grosse Mengen von Glycose das Blattgewebe erfüllen und sich schliesslich in den Zwiebelschalen sammeln, um bei dem Austreiben der neuen Blätter auch in diese überzugehen.

Nach dem Allen ist kein Grund zu der Annahme vorhanden, dass, wie

Th. Hartig glaubt, in den assimilirenden Blättern eine Art chemisch unbestimmten Urschleims entstehe, ein »Bildungssaft« oder das »Organische auf seiner ersten noch flüssigen Stufe.« Diese Ansicht ist mit dem Zustande der heutigen organischen Chemie unverträglich und sie erscheint völlig überflüssig, wenn man den in den Laubblättern wirklich vorfindlichen Stoffen ihre Bedeutung, wie ich es thue, einräumt und zugleich annimmt, dass diese Stoffe, während sie in andere Theile der Pflanze übergehen, verschiedene Metamorphosen erleiden können, Metamorphosen, welche einerseits die Ergebnisse der mikrochemischen Forschung erklären, anderseits den Thatsachen der organischen Chemie ohnehin nicht fremd sind.

Schon H. v. Mohl nahm an, dass die in den Chlorophyllkörnern entstehende und von ihm daselbst zuerst entdeckte Stärke¹⁾ später in andere Organe übergeht. »Fragt man, sagt er, nach dem physiologischen Zweck, welchen die Natur durch diesen Absatz von Amylum in den Blättern erreicht, so möchte wohl darauf zu antworten sein, dass es eine Reservenahrung ist, dazu bestimmt, um bei den nur einmal blühenden Gewächsen zur Entwicklung der Frucht verwendet zu werden und um bei den ausdauernden, im Winter ihre Blätter verlierenden Gewächsen, im Herbst in den Stamm übergeführt und daselbst als Material niedergelegt zu werden, auf dessen Kosten sich im nächsten Frühjahr die Knospen entwickeln sollen. Bedenkt man, wie gross die Masse der Blätter eines Baumes ist und wie zahlreich in ihnen die Chlorophyllkörner sind, so erhellt, dass die Menge von Amylum, welche in ihnen enthalten ist, sehr beträchtlich sein muss« u. s. w. Wie aus meinen Darlegungen in der vorigen Abhandlung hervorgeht, nehme ich nicht blos eine einmalige, sondern eine beständige Auswanderung der Stärke aus den Blättern in den Stamm an, wofür ich die Gründe in § 90 und 94 angegeben habe. Auch Payen²⁾ war der Ansicht, dass die Stärke nicht überall da ursprünglich entsteht, wo sie sich vorfindet, dass sie vielmehr innerhalb der Gewebe Translocationen erleidet. »Das Stärkemehl, sagt er, welches in den jungen Hülsen der Erbse und Saubohne sehr massenhaft enthalten ist, zu einer Zeit, wo es in den Samenknospen noch nicht existirt, geht schrittweise in diese über, wo sich beinahe die ganze Masse endlich in den Cotyledonen des Samens ansammelt.« Ebenso betrachtet er die in den Körnern des Maiskolbens aufgehäuften Stärke als aus der Spindel und den Hüllen übergegangen, während sie später wieder in die Keimtheile übertritt. Nägeli, dem es bei seinen grossartigen Arbeiten über die Stärke, nicht entgehen konnte, dass sie sich in derselben Pflanze nach und nach an verschiedenen Stellen vorfindet, der aber diesen Beziehungen sein Interesse weniger zuwandte, scheint eine Wanderung der Stärke in gleichem Sinne anzunehmen³⁾. Th. Hartig⁴⁾ dagegen glaubt, dass sein organischer Urschleim, der in den Blättern entsteht, und durch den Bastkörper fortgeführt werden soll, erst an den Ablagerungsorten in Stärke, Inulin, Klebermehl sich umwandle, eine Ansicht, die der Vertheilung dieser Stoffe in den Geweben vollkommen widerspricht.

§ 403. Die leitenden Gewebeformen. Von den Moosen aufwärts durch alle Classen des Pflanzenreichs sind wenigstens zwei Gewebeformen in jeder Pflanze zur Fortleitung der assimilirten, plastischen Stoffe bestimmt: die dünnwandigen gestreckten Zellen der Gefässbündel (Cambiform, Gitterzellen, Siebröhren) sind vorwiegend die Organe der Fortführung eiweissartiger Verbindungen; das Parenchym sowohl der Rinde als des Markes und zumal diejenigen

1) Mohl, Vermischte Schriften p. 360.

2) Payen: Sur l'amidon: Ann. des sc. nat. 1838. p. 242.

3) Nägeli: Stärkekörner p. 290.

4) Botanische Zeitg. 1862. p. 82, 83.

Schichten desselben, welche die Gefässbündel unmittelbar umgeben und begleiten, dient der Fortleitung der stickstofffreien Verbindungen, der Stärke, des Zuckers, des Inulins, der fetten Oele und der Säuren (so wie wahrscheinlich auch des Mannits). Zu diesen beiden Gewebeformen gesellt sich, wenn das Gefässbündel eine höhere Ausbildung erreicht, zunächst noch als dritte das Holz, dessen parenchymähnliche Elemente als Reservestoffbehälter für die Ruhezeiten der Vegetation dienen, und bei Wiederbeginn der Letzteren ihre wie es scheint überwiegend stickstofffreien Contenta den austreibenden Knospen zur Disposition stellen. Wo Milchsaftgefässe in den Pflanzen vorhanden sind, enthalten dieselben, soweit die Beobachtungen reichen, jederzeit eiweissartige Verbindungen neben Kohlehydraten und Fetten, denen hier eine freiere Bewegung zwischen den Orten der Assimilation, Aufspeicherung und denen des Verbrauchs gestattet ist.

Eine kritische Beleuchtung der hier einschlägigen neueren Literatur und Controversen habe ich in meiner Abhandlung »Ueber die Leitung der plastischen Stoffe durch verschiedene Gewebeformen« (Flora 1863. Nr. 3 ff.) zu geben versucht¹⁾; weniger als es damals geschah, lege ich gegenwärtig Gewicht auf die Ergebnisse des Ringschnitts bei Dicotylen mit compactem Holzkörper und halte dafür, dass die Kenntniss der Vertheilung der Stoffe in den Geweben, ihres Auftretens und Verschwindens aus gegebenen Zellen, ferner die Thatsache, dass (mit Ausnahme der chlorophyllhaltigen assimilirenden Zellen) die Stoffe, da wo wir sie finden nicht ursprünglich entstanden sind, sondern dorthin (wenn auch unter anderer chemischer Form) geleitet wurden, vollkommen hinreicht, um den Beweis dafür zu liefern, dass die oben genannten Gewebe als die Bahnen zu betrachten sind, durch welche die assimilirten Stoffe fortgeleitet werden. Die von mir vorgetragene Ansicht stimmt mit allen bekannten Thatsachen und setzt nichts voraus, als die Kenntniss der Vertheilung der Stoffe in den Geweben und eine richtige Ueberzeugung von den Fundamentalbedingungen der Assimilation. Die älteren Untersuchungen über den sogenannten »rückkehrenden« oder »absteigenden Saft« waren in ihren Folgerungen auf die dicotylen Holzpflanzen mit compactem Holzkörper beschränkt; die aus den Folgen der sogen. Ringelung erhaltenen Ergebnisse waren unbestimmt, weil mit der Unterbrechung der Rinde Gewebe verschiedenster Art in ihrer Function gestört wurden, und da man nicht wusste, welche Zellenformen der Rinde der Fortleitung dienten, so konnte man auch keinen Schluss auf andere Pflanzen machen, bei denen zwar die gleichnamigen Zellformen, aber nicht in derselben Lagerung wie in der Rinde der dicotylen Holzpflanzen vorkommen. Zum ersten Male wurde eine bestimmte Gewebeform als ein mit der Fortleitung assimilirter Stoffe beschäftigtes Organ bezeichnet, als H. v. Mohl²⁾ die Ansicht aussprach, es möchten die dünnwandigen Elementarorgane der Gefässbündel (die vasa propria der Monocotylen, die Siebzellen Hartig's, die Gitterzellen Mohl's) den »absteigenden Nahrungssaft« fortleiten; in Uebereinstimmung damit fand er es, dass dieselben »reich an schleimigen Substanzen und Proteinverbindungen sind.« Caspary³⁾ machte zuerst darauf aufmerksam, dass bei vielen Phanerogamen an Stelle der vasa propria oder Gitterzellen bloss glattwandige gestreckte Zellen vorhanden sind (er nennt eine Reihe Wasserpflanzen), deren

1) Eine den alten Anschauungen mehr conforme, den Uebergang zu meinen jetzigen Ansichten bildende Darstellung der Thatsachen, zumal mit Berücksichtigung der Literatur des »Ringschnittes« habe ich in meinen »Beobachtungen und Ansichten über den absteigenden Saft« (in Nördlinger's kritischen Blättern 45. Bd. I. Heft 1862) gegeben. Eine gute Zusammenstellung der Literatur enthält ausser den unten zu nennenden eigenen Beobachtungen Hanstein's dessen Abh. »Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde« in den Jahrb. f. wiss. Bot. II. 1860.

2) H. v. Mohl: Bot. Zeitg. 1855. p. 897.

3) Caspary: Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I. p. 384.

Inhalt aus »Proteinstoffen« besteht; ihrer Längsdehnung wegen hielt er sie für besonders geeignet zur Leitung jener Stoffe, die sicher nicht an Ort und Stelle in ihnen bereitet würden

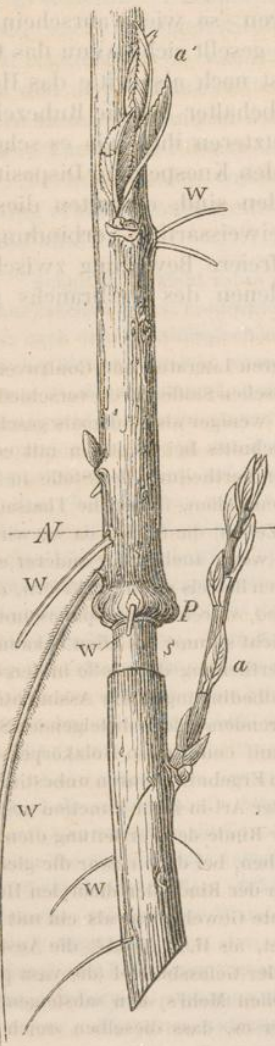


Fig. 41.

und er finde daher die »Hypothese« von Mohl's bestätigt, wonach jene Zellen dem System des absteigenden Saftes angehören; und in diesem Sinne belege er sie mit dem Namen »Leitzellen«. Ich habe dann diesen Namen für alle homologen Gebilde adoptirt und ihn in einer Reihe von Arbeiten gebraucht. Leider hat Caspary ohne irgend einen passenden Grund dasselbe Wort später für die Gefäßbündel einzuführen gesucht¹⁾ (die ohnehin schon den Namen Fibrovasalstränge von Nägeli erhalten haben), so dass nun das Wort »Leitzellen« im Caspary'schen Sinne nur ein überflüssiges Synonym für das längst eingebürgerte »Gefäßbündel« geworden ist. Da ich eine Polemik über Worte für unersprießlich halte, die neue auch sonst überflüssige Caspary'sche Nomenclatur aber nothwendig zu Verwechslungen führen müsste, wenn man die Gitterzellen, Siebröhren und homologen dünnwandigen Zellen des Gefäßbündels noch länger als Leitzellen bezeichnen wollte, so verlasse ich von nun an den Gebrauch dieses schlecht behandelten Wortes ganz und brauche dafür die mehr ins Einzelne gehenden Bezeichnungen Cambiform (Nägeli), Gitterzellen (Mohl), Siebröhren (Hartig)²⁾.

Johannes Hanstein suchte zuerst auf experimentellem Wege den Beweis herzustellen, dass die fraglichen Gewebeformen der Leitung des »plastischen Saftes« dienen³⁾. Als er abgeschnittenen Zweigen sehr verschiedener Dicotylen Rindenringe oberhalb der Schnittwunde wegnahm, so trat je nach dem anatomischen Bau der Internodien ein sehr verschiedenes Verhalten bezüglich der Neubildungen ein. Bei denjenigen Arten, welche innerhalb des Markes keine zerstreuten Gefäßbündel und keine Cambiform- oder Gitter- oder Siebzellen besitzen, unterblieb die Wurzelbildung am unteren Schnittende ganz oder es traten nur unbedeutende Wurzelbildungen, der Grösse des isolirten Rindenstückes entsprechend daran hervor, während oberhalb des Ringschnittes (S) eine kräftige Bewurzelung eintrat, wie in der beistehenden Fig. 41 (wo N das Niveau des Wassers bedeutet, in welchem der Zweig stand)⁴⁾. Daraus folgte, dass in solchen Fällen die zur Wurzelbildung nöthigen Stoffe auf ihrem Wege abwärts durch die alleinige Unterbrechung der Rinde aufgehalten werden, dass also das leitende Gewebe in

1) Caspary (Monatsberichte der k. Akad. der Wiss. zu Berlin 10. Juli 1862) will seinen neuen Sprachgebrauch dadurch empfehlen, dass die Gefäße auch etwas »leiten«, nämlich Gase; was aber leiten dann die ebenfalls zum »Leitbündel« gehörigen Bastprosenchymzellen; und warum soll man nun nicht auch die Parenchymzellen zum »Leitbündel« Caspary's rechnen, da sie doch auch verschiedene Stoffe leiten.

2) Vielleicht würde es sich empfehlen, dieselben als »schleimführende Zellen« zusammenzufassen.

3) Jahrb. für wiss. Bot. II. und: Die Milchsaftgefäße u. s. w. Berlin 1864. p. 56 ff.

4) Der Wulst P ist hier nicht Folge einer vermehrten Holzbildung, sondern durch einen Kranz von Wurzelanlagen bewirkt, die meist noch in der Rinde verborgen sind.

dieser zu suchen sei. Ein ganz anderes Resultat ergab der Versuch bei solchen Zweigen, in deren Internodien innerhalb des Markes Gefässbündel verlaufen, wie bei *Piper medium*, *Peporomia blanda*, *Mirabilis Jalappa*, *Amaranthus sanguineus*; in diesen Fällen wurde der absteigende zur Wurzelbildung nöthige Saft durch die Ringelung der Rinde nicht aufgehalten, die Bewurzelung trat unterhalb der Ringwunde reichlich ein, oberhalb derselben nicht oder nur unbedeutend. Die Abwärtsleitung der zur Wurzelbildung nöthigen Stoffe musste in diesem Falle durch die markständigen Gefässbündel stattgefunden haben. Zu einem ganz entsprechenden Resultat führte der Versuch mit Monocotylen: *Dracaena purpurea*, *Philodendron*, *Stenotaphrium glaucum*, *Tradescantia Selloi*. Noch genauere Auskunft gaben aber dieselben Versuche mit Zweigen von *Nerium Oleander*, *Cestrum nocturnum*, *Solanum Dulcamara*, *Vinca minor* und *Hoya carnosa*. Bei diesen Pflanzen nämlich liegen im Mark nicht vollständige Gefässbündel, sondern Stränge von Cambiform- oder Gitterzellen; auch hier bildeten sich die Wurzeln unterhalb der Rindenunterbrechung. Die Zuleitung der wurzelbildenden Stoffe hing also offenbar von den Cambiform- und Gitterzellen ab, und da dies für die markständigen Stränge gilt, so wird es auch für die rindenständigen gelten, d. h. wenn bei den Zweigen ohne markständige Stränge die Rindenunterbrechung den Zustrom der Stoffe hindert, so ist dies durch die Unterbrechung der Cambiform- und Gitterzellen bedingt. Hanstein sprach sich nun in der genannten Arbeit dahin aus, dass diese Gewebeform überhaupt die einzige sei, welche für die Zuleitung der Bildungsstoffe in Betracht kommt, und dass das Parenchym an der Leitung nicht theilhaftig sei. — In meiner genannten Abhandlung *Flora 1863* (p. 44 ff.) sprach ich mich gegen diese Folgerung aus; ich führte an, dass wenn jene strangförmig angeordneten Zellen die alleinigen Organe der Fortleitung assimilirter Stoffe wären, man in ihnen nicht bloß eiweissartigen Schleim sondern auch Stärke finden müsste; denn mit demselben Recht, wonach Mohl und Hanstein aus der Gegenwart der stickstoffhaltigen Substanz auf deren Fortleitung in jenen Zellen schlossen, müsse man auch die anderen Stoffe, auf deren Fortleitung es ankommt, in ihnen nachweisen können, wenn sie die einzigen Leitorgane sind. Allein in jenen Zellensträngen findet sich nur ausnahmsweise und in sehr geringer Menge Stärke neben der eiweissartigen Substanz, während gewisse Parenchymschichten jeder Zeit grössere Mengen von Stärke enthalten und so gut, als der stickstoffhaltige Schleim der Cambiformstränge als auf Wanderung begriffen anzusehen sei, ebenso müsse dies für die Stärke in den umliegenden Parenchymschichten gelten. Als allgemeines Princip machte ich geltend, dass zur Organbildung, also im vorliegenden Fall zur Wurzelproduction jederzeit zweierlei Substanzen nöthig sind: eine stickstofflose (Stärke, Zucker, Fett, Inulin) und eine stickstoffhaltige, eiweissartige. Da nun die Cambiformstränge im Mark von *Nerium* und *Solanum* nur die letztern führen, so musste bei den Experimenten Hanstein's noch ein anderes Gewebe gleichzeitig mitwirken und sich an der Fortleitung organbildender Stoffe theilhaben; in der That führt nun auch das Markparenchym der letztgenannten Pflanzen, zumal in der Umgebung jener Stränge reichlich Stärke. Die Deutung der so lehrreichen Hanstein'schen Versuche ist also die: wenn im Mark keine Cambiform-, Gitter-, Siebzellen verlaufen, so unterbleibt die Wurzelbildung unterhalb der Ringelung, weil es alsdann an einer Zuleitung eiweissartiger Substanzen daselbst fehlt; sind solche Zellen aber im Mark vorhanden, so ist die Wurzelbildung unterhalb der Wunde nicht bloß die Folge der Zuleitung der eiweissartigen Stoffe durch jene, sondern gleichzeitig der Stärkeleitung im umliegenden Parenchym. Da bei den Dicotylen ohne markständige Bündel jede Unterbrechung der Rinde bis zum Holz gleichzeitig die stärkeführenden Parenchymzellen und die eiweissstoffführenden Cambiform- und Siebzellen trifft, so wird in diesem Falle die Zuleitung beider Stoffe unterbrochen, und die Folgen der Ringelung lehren daher nichts über die specielle Bedeutung beider Gewebe für die Stoffleitung. Das wichtige Ergebniss der Hanstein'schen Versuche war also der experimentelle Nachweis, dass die Cambiform- und ähnlichen Stränge nothwendig mitwirken müssen, wenn es darauf ankommt, die ganze Nährsubstanz für den Aufbau der Wurzeln hinabzuleiten. Das Parenchym enthält die eine Art, die strangförmig angeordneten dünnwandigen Gewebe die andere Art von plastischen Stoffen, die sich gegen-

seitig ergänzen; wo eines von beiden fehlt, da hört auch der Effect des anderen auf. Wenn nach den Versuchen Knight's die Ringelung am Stamm der Kartoffel die Knollenbildung unterhalb nicht ganz aufhebt, so folgt nicht, dass die Cambiformstränge des Markes allein die Bildungstoffe hinabführen, sondern dass sie einen oder einige der unentbehrlichen Stoffe enthalten, während die anderen (hier Stärke und Glycose) durch die Parenchymschichten des Markes hinabgehen. Dasselbe gilt ganz allgemein von den Monocotylen. Wenn in dem Kolben von Zea Mais sich grosse Mengen von Stärke und von Eiweissstoffen gleichzeitig ansammeln, wenn man um diese Zeit in den Gitterzellen der Gefässbündel des Stammes nur die letzteren wahrnimmt, die sie begleitenden Parenchymschichten aber mit Stärke und Zucker erfüllt sind und so stärkeführende Züge von den Assimilationsorganen durch die Internodien bis zu den Ablagerungsorten im Kolben darstellen, so ist die einfachste Deutung dieser Thatsache durch die so nahe liegende Annahme gegeben, dass die Gefässbündel in ihren Gitterzellen Eiweissstoffe, die Parenchymschichten Kohlehydrate dem Kolben zuführen; so wie aus den älteren Theilen der Gitterzellenstränge im Stamm mit zunehmender Reife des Kolbens die Eiweissstoffe schwinden, so schwindet auch die Stärke aus dem umliegenden Parenchym der älteren Theile, wenn sie im Kolben sich endlich gesammelt hat. — Wenn man es für eine der Stoffleitung günstige Einrichtung hält, dass die Gefässbündel und in ihnen die eiweissführenden Zellenstränge in der ganzen Pflanze continuirlich zusammenhängen, so gilt dies nicht minder von den Parenchymschichten¹⁾.

In allen Fällen (Flora 1863. p. 54), wo wir Stärke, Zucker, Fett, Inulin u. s. w. in Parenchymzellen vorfinden, welche um mehrere Zellenschichten von den Cambiform-, Gitter- und Siebzellen entfernt sind, müssen wir nothwendig eine Durchwanderung des Parenchyms annehmen, auch unter der Voraussetzung, dass die Stoffe erst in den Cambiformzellen in die betreffende Gegend gewandert sind, um sich dann im Parenchym als Stärke u. s. w. abzuschneiden. Entweder müsste, wenn wir diese Hypothese festhalten, der supponirte Universalbildungssaft der Leitzellen selbst quer durch das Parenchym wandern, um sich dort in Stärke, Zucker u. s. w. zu verwandeln, oder es müssten diese Stoffe sich gewissermaassen aus dem Saft der schleimführenden Zellenstränge herauslösen, und durch das Parenchym in die entfernteren Schichten desselben übergehen, wo wir sie wirklich vorfinden. In beiden Fällen, die ihrerseits nothwendige Consequenzen der Annahme sind, dass das Parenchym nicht leitet, sind wir gezwungen dem Parenchym diese Eigenschaft doch zuzusprechen. Denken wir uns eine Parenchymzelle mit Stärke erfüllt, und durch 40 andere Parenchymzellen von dem Gefässbündel entfernt, so muss doch, wenn wir dem Letzteren die Leitung allein übertragen hatten, das stärkebildende Material aus ihm heraus und durch 9 Parenchymzellen gewandert sein, um sich in der 40. niederzuschlagen; alsdann sind aber auch die schleimführenden Zellen der Gefässbündel nicht mehr die einzigen Wege des Transports. Wollte man diesen nun etwa die Leitung der Länge nach allein übertragen und die im Parenchym befindlichen Kohlehydrate so auffassen, als ob sie quer aus jenen heraus getreten seien, nicht aber in der Längsrichtung im Parenchym sich fortbewegen könnten, so würde man in die wunderlichsten Verwickelungen gerathen. Im Keimtrieb der Kartoffelknolle, in den Internodien der keimenden Bohne, ebenso in den wachsenden Trieben des Oleanders, dem Stamm der Maispflanze u. s. w. bilden die stärkeführenden Parenchymschichten, welche die Gefässbündel begleiten continuirliche Züge; nach jener Hypothese müsste die Stärke in diesen Zellen also jedesmal quer aus dem Gefässbündel in sie eingetreten

1) Die Cambiform-, Gitter- und Siebröhren scheinen nur zu solchen Zeiten zur Fortleitung von Stärke (und Zucker?) nebenbei mit benutzt zu werden, wo grosse Quantitäten derselben binnen kurzer Zeit fortzuführen sind: so fand ich in den Blattstielen von *Aesculus Hippocastanum*, *Morus alba*, *Vitis vinifera* im October bei der Entleerung der Blätter ziemlich namhafte Mengen feinkörniger Stärke in jenen Gewebeformen, während sie im Parenchym allerdings in grösserer Menge auftrat. Bei *Dahlia* und *Helianthus tuberosus* findet sich in den grossen Siebröhren gewöhnlich ein wenig Stärke, welche dem dicken Schleim einverleibt ist.

sein, und um weiter in der Längsrichtung fortgeschafft zu werden, müsste sie wieder quer zurück ins Gefässbündel und in diesem (wo sie nicht nachzuweisen ist) eine Strecke weiter wandern. — So führt die Ansicht, dass die schleimführenden Zellen mit alkalischem Inhalt (Cambiform, Gitter-, Siebzellen der Gefässbündel) die einzigen Leitorgane seien, zu ihrem eigenen Gegentheil und zu Verwickelungen, wenn man sie consequent anzuwenden sucht. Alles was hier beispielsweise von der Stärke gesagt wurde, gilt vom Zucker, Inulin und Fett ebenfalls¹⁾.

Wenn nun nach allen bisherigen Betrachtungen die Fortleitung der bildungsfähigen Stoffe durch zweierlei Gewebeformen, der stickstoffhaltigen durch die schleimführenden Zellen der Gefässbündel, der stickstofffreien durch das Parenchym, gesichert erscheint, so soll damit keineswegs behauptet sein, dass diese Sonderung für alle Fälle aufs Strengste durchgeführt sei: die Parenchymzellen enthalten eiweissartige Stoffe, die ihnen zugeführt sind, die gelegentlich aus ihnen auch verschwinden; ebenso, wie aus den genannten Beispielen erhellt, führen die schleimhaltigen Zellenstränge der Fibrovasalbündel oft kleine Mengen von Stärke, in älteren Theilen wie es scheint (Mais) zuweilen Zucker; demnach ist jene Theilung der Arbeit so aufzufassen, dass die Fortführung der eiweissartigen Stoffe wenn auch nicht ausschliesslich, doch sehr überwiegend den schleimführenden Zellen (Cambiform, Gitter-, Siebgewebe), dass ebenso die Fortleitung der Stärke, des Zuckers, des Inulins den Parenchymzellen zwar nicht ausschliesslich, aber ganz überwiegend übertragen ist.

Die Bedeutung des Holzes als eines leitenden Gewebes für assimilirte Stoffe kann natürlich nur für Holzpflanzen in Betracht kommen. Bewiesen wird diese Function des Holzkörpers einerseits durch die Thatsache, dass er in ausdauernden Gewächsen vor jeder Ruheperiode sich mit assimilirten Stoffen wie Stärke²⁾, Rohrzucker (Ahorne) füllt, was nur dadurch geschehen kann, dass diese Stoffe in die Holzzellen hineingeleitet werden, da sie hier durch Assimilation unmöglich entstehen können; ebenso beweist das Verschwinden dieser Reservestoffe bei dem Frühjahrstrieb der Bäume ihre Fortführung. Dass die letztere wirklich durch den Holzkörper selbst stattfindet, wird durch die Beobachtung Hartig's dargethan, dass die Wegnahme eines breiten Rindenringes bis auf das Holz bei dicotylen Stämmen, das Verschwinden der Reservestoffe unterhalb der Wunde nicht hindert; sie werden offenbar durch den entblösten Holzkörper aufwärts geführt. Hartig³⁾ sagt: »In allen vor dem 30. Juni geringelten Bäumen war der reiche Stärkemehlgehalt in Wurzel und unteren Schaffttheilen (unterhalb der Entrindung) vollkommen verschwunden. Da die Wurzeln und Stöcke zu derselben Zeit gefällter Bäume ihren Gehalt an Winterstärkemehl nicht verlieren, (den Fall ausgenommen, in welchem ein kräftiger Wiederausschlag sich entwickelt), so darf man daraus folgern, dass an den geringelten Bäumen die im aufsteigenden Rohsaft gelösten und in secundären Bildungssaft umgewandelten Reservestoffe durch den geringelten Holzcylinder hindurch mit dem aufsteigenden Fröhssaft den oberen Baumtheilen zugeführt und auf den Zuwachs derselben verwendet wurden.« Schon die mikroskopische Beobachtung zeigt, dass die mit Reservestoffen erfüllten Holzzellen nur wenig eiweissartige Substanz enthalten, ebenso enthalten die aus dem Holz ausfliessenden Fröhjahrssäfte nur geringe Mengen davon; es scheint daher der Holzkörper gleich dem Parenchym wesentlich den stickstofffreien Verbindungen bestimmt zu sein. Damit stimmen auch einige Versuche Hanstein's überein, insofern sie zeigen, dass der durch den Holzkörper allein zugeleitete Saft nicht hinreicht, die Zweige zu ernähren, dass dabei der Saft der inneren Rinde (der schleimführenden-

1) Einer weiteren Berücksichtigung der Hartig'schen Theorie der »Saftbewegung« glaube ich mich hier entheben zu dürfen, da ich dieselbe in der Flora 1863. p. 54 ff. widerlegt habe und alles bisher Beigebrachte gegen ihn spricht.

2) Carl Sanio: Untersuchungen über die im Winter stärkeführenden Zellen des Holzkörpers dicotyler Holzgewächse. Halle 1858.

3) Hartig, Bot. Zeitg. 1858. p. 338.

den Zellen des Cambiform- und Gittergewebes), der sich durch seinen Eiweissgehalt auszeichnet, mitwirken muss. »Nimmt man¹⁾ jungen Zweigen einen Rindenring, bevor sie im Frühjahr ihre Knospen entwickelt haben, so wachsen diejenigen Knospen unmittelbar unter der Wunde stärker, als die unmittelbar über derselben. Bringt man aber die Ringwunde sehr nahe (1—2 Zoll) unter der Spitze des Zweiges an, so sterben die Knospen über derselben bald nach dem Austrieb wieder ab, ohne zur Entwicklung zu gelangen. — Daraus erhellt: dass selbst derjenige Saft, der im Frühjahr im Holzkörper aufsteigt, und welcher in der von der Wurzel aufgenommenen rohen Flüssigkeit zugleich die wieder gelösten Nahrungsstoffe, die im Holzkörper abgelagert waren, aufwärts führt, doch nicht ausreicht, die jungen Triebe zur Ausbildung zu bringen; dass vielmehr hiezu abermals ein Saft nöthig ist, der auch um diese Zeit nur in der Rinde enthalten ist, daher nur aus den unteren Theilen der Rinde ergänzt werden, und nur durch diese selbst seinen Weg zu den Verbrauchsstätten in den wachsenden Knospen finden kann, nach welchen er jetzt also vorzugsweise aufwärts bewegt wird«; und ferner »ja es stellt sich zumal aus den letzten (genannten) Versuchen heraus, dass auch ein Gehalt von Zucker, Gummi (?) oder überhaupt von stärkeartigen Stoffen, wie ihn der Holzsaft im Frühjahr führt, denselben noch nicht zu Neubildungen befähigt. Man kann kaum zweifeln, dass das Material, welches die Rinde hierzu beisteuern muss, der proteinhaltige Saft sei, der die Zellen der inneren Rinde reichlich erfüllt, aber niemals in den fertigen saftleitenden Holzzellen in erheblicher Menge zu finden ist. Zum ersten Austrieb der Knospen ist genug von diesen Stoffen im Parenchym dicht unter denselben vorrätig.«

Die Bedeutung der Milchsäftgefässe²⁾ und der ihnen morphologisch verwandten Gebilde (Schlauchgefässe Hanstein's) für die Fortleitung bildungsfähiger assimilirter Stoffe kann nicht geleugnet werden, sobald man weiss, dass sie solche enthalten, und dass sie offene Communicationswege zwischen den Orten der Ablagerung und Assimilation einerseits und den Verbrauchsstätten andererseits herstellen. Dass dabei nicht weiter an eine continuirliche Strömung ihres Inhalts, wie sie von Schulz angenommen, von Mohl schlagend widerlegt wurde, zu denken ist, braucht hier kaum berührt zu werden. Wenn die Milchsäftgefässe ausser Eiweissstoffen, Kohlehydraten und Fetten auch Auswurfsstoffe wie Kautschuk, Gerbstoffe u. s. w. enthalten, so hindert dies keineswegs die Annahme, dass jene für die Pflanze werthvollen Verbindungen dennoch in ihnen den Verbrauchsorten zufließen.

Nach Boussingault³⁾ coagulirt der Milchsäft von *Carica Papaya* an der Luft und enthält eine dem Fibrin ähnliche stickstoffhaltige Materie in ansehnlicher Menge, ausser dem Zucker (ferner Wachs und Harz). Der Saft von *Galactodendron dulce* ähnelt der Kuhmilch, gerinnt aber nicht durch Säuren, beim Erwärmen bildet er oben Häute und hinterlässt nach dem Verdampfen eine dem Fibrin ähnliche Substanz mit Oeltropfen, ein bei 60° C. schmelzendes Fett (ausserdem die gewöhnlichen Aschenbestandtheile und freie Säure). Der leicht gelbe, saure giftige Milchsäft von *Hura crepitans* giebt mit Mineralsäuren einen weissen klebrigen Niederschlag, und liefert die Producte der Fäulniss des Käsestoffs, enthält ein blasenziehendes Oel (ausserdem äpfelsaures Kali und Kalk, Salpeter). Weiss und Wiesner⁴⁾ fanden in

1) J. Hanstein: Die Milchsäftgefässe u. s. w. Berlin 1864. p. 55.

2) Wenn den Milchsäftgefässen aus dem Blattgewebe und vielleicht dem Parenchym und dem schleimführenden Gewebe der Gefässbündel Eiweissstoffe, Kohlehydrate und Fette zufließen, und wenn sie diese Stoffe den Knospen, wo sie verbraucht werden, zuführen, so können sie gleichzeitig auch die Nebenproducte des Stoffwechsels aufnehmen, Kautschuk, Wachs, Harz, die keine weitere Verwendung finden; die nahrhaften Bildungsstoffe werden sich, wenn der Verbrauch schnell stattfindet, nicht sehr anhäufen, selbst abnehmen können; die Nebenproducte aber werden, weil sie sich beständig bilden und nicht verbraucht werden, sich anhäufen müssen. Aus ihrer Gegenwart ist also kein Beweis gegen die hier angenommene Bedeutung der Milchsäftgefässe zu führen.

3) Boussingault, Die Landwirthschaft. I. p. 78.

4) Bot. Zeitg. 1862. p. 425.

dem an der Luft von selbst coagulirenden Milchsafte von *Euphorbia platyphyllos* nicht weniger als 2,02 Proc. ungelöstes und 0,54 Proc. gelöstes Eiweiss, Stärke, 4,33 Proc. Fett, 6,44 Proc. Zucker und Extractivstoffe (neben 2,45 Proc. Gummi, 8,42 Proc. Harz, 4,54 Proc. Asche)¹⁾. Faivre²⁾ hat durch geschickt eingeleitete Versuche constatirt, dass der Milchsafte von *Ficus elastica* durch die Blätter erzeugt wird, und für die Entwicklung der Knospen unerlässlich ist. Nach dem Abschneiden aller Blätter und Knospen treiben neue Knospen, wobei der Milchsafte in eine helle Lymphe sich umwandelt, deren wässriges Aussehen Armut an Körnchen und coagulirender Substanz zeigt, dass die in ihm enthaltenen Stoffe bei der Neubildung der Triebe verbraucht, aber durch die fehlenden Blätter nicht wieder ersetzt werden. Diese Versuche zeigen auch, dass der Milchsafte durch die Mitte und Peripherie des Stammes sowohl aufwärts als abwärts Stoffe fortleitet. — Bei *Ipomaea purpurea*, deren Blätter mit dem unteren Stamtheile am Licht sich befanden und den in's Finstere geleiteten Blüthenspross ernährten, fand ich den Milchsafte des ersteren weiss und milchig, den der etiolirten Organe wässrig, offenbar war sein Stoffgehalt hier erschöpft durch die Abgabe von Stoffen an die nicht assimilirenden etiolirten Organe³⁾.

Sowie die Stärke und andere im Zellgewebe eingeschlossene Bildungsstoffe sich nach und nach den Neubildungsherden zuziehen und die älteren productionlosen Theile der Pflanze verlassen, so scheinen es auch die Milchsäfte zu machen; Göppert giebt nach fremden und eigenen Beobachtungen an⁴⁾, dass im Spätherbst an den meisten einjährigen *Euphorbien* und an manchen mehrjährigen nur noch in den äusseren Strahlen der Dolde und den Blüthen selbst, sowie an den Laubsprossen nur in den jüngsten Blättern Milchsafte enthalten war. So verschwindet der Milchsafte nach Bernhardt ebenfalls aus den alten Stamtheilen von *Asclepias*, wenn er in den jungen Zweigen noch zu finden ist.

In ähnlicher Weise verschwindet auch der eiweissartige Stoff aus den schleimführenden Zellen der Gefässbündel in älteren erschöpften Vegetationsorganen. — Schon Nägeli⁵⁾ sprach sich bei Gelegenheit seiner Untersuchung über die Siebröhren von *Cucurbita* dahin aus, dass diese gleich den Milchsaftegefässen ihre physiologische Bedeutung darin finden, dass durch sie die Pflanze auf lange Strecken hin unlösliche Stoffe mit Leichtigkeit transportiren kann, und dass zeitweise Strömungen, welche durch mechanische Anstösse stattfinden, die bewegendenden Kräfte dabei hergeben. J. Hanstein, dem wir gegenwärtig die genaueste anatomische Arbeit⁶⁾ über die Milchsaftegefässe verdanken, vergleicht ihre Function ebenfalls mit der der Siebröhren. »Die Siebröhren, sagt er, erscheinen erst im secundären System des Pflanzenstengels, während die Milchsaftegefässe und Schlauchgefässe schon viel früher im primären Parenchym auftreten. In dieser ersten Zeit führen die Milchsaftegefässe noch keinen Milchsafte, die Schlauchgefässe aber zeigen eine lebhaft Thätigkeit in Abscheidung zahlreicher Raphiden, die wir als Secrete, die beim Assimilationsprocess ausgeschieden werden, betrachten. Somit liegt der Gedanke sehr nahe, dass in diesem Jugendzustand des Stengels wohl Milchsafte- und Schlauchgefässe die Leitung des Bildungssaftes in dem lebhaft wachsenden jungen Zellgewebe übernehmen, welches sie durchziehen, bevor die Siebröhren in Function treten können. Und in diesem Dienst mögen die Schlauchgefässe wohl auch später noch in den Pflanzen, wo sie vorkommen, die Siebröhren unterstützen, da man in ihnen fast immer nur klaren Saft sieht, der aber durch Reagentien gerinnt. Auch bilden sie so weite und bequeme Canäle zwischen dem athmenden Zellgewebe der Blätter und den ent-

1) Auch Karsten (Pogg. Ann. 1860. p. 516) giebt im Milchsafte von *Jatropha Curcas* neben Gerbstoff einen Eiweisskörper und einen der »Cellulosenreihe« angehörigen Stoff an.

2) Faivre, Comptes rendus. 1864. LVIII. p. 959 ff.

3) Vergl. die gedankenlosen Angaben von Lestiboudois über die Quantität und Dicke des Milchsafte aus verschiedenen Theilen derselben Pflanze: Comptes rendus 1863. LVI. p. 421.

4) Göppert, Wärmeentwicklung 1830. p. 44.

5) Botanische Mittheilungen: Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1861.

6) Hanstein, Die Milchsaftegefässe. 1864. p. 59.

fernten Theilen des Stammes und der Wurzel, und zeigen überdies zuweilen in ihren unteren Enden selbst Milchsaft, und in der Nähe derselben Anhäufungen von Krystallen.«
 »Dagegen dienen die Milchsaftgefäße, sagt Hanstein, im Alter diesem Zwecke nicht. Vielmehr ist die Meinung Trécul's, dass der Milchsaft eine Art Reservenährstoff sei, der nach Erforderniss wieder verwendbar wird, sicher die richtige.«

§ 104. Die Richtung, in welcher jedes einzelne der leitenden Gewebe den ihm anvertrauten Stoffen den Durchgang gestattet, scheint von dem Bau des Gewebes weniger abzuhängen, als vielmehr von dem Umstand, welche Bewegungsrichtung durch die gegenseitige Lage der Verbrauchs- und Ablagerungs- oder Erzeugungsorte verlangt und gegeben wird. Wenn aus den in dem vorigen Paragraphen angeführten Thatsachen hervorgeht, dass der schleimhaltige Zellenstrang der Gefässbündel die Eiweissstoffe, das Parenchym die Kohlehydrate fortleitet, so folgt auch sofort, dass in jedem dieser Gewebe die genannten Stoffe aufwärts und abwärts sich bewegen können; bei einer keimenden Bohne z. B. müssen sie von den Cotyledonen aus aufwärts zu den ersten Blättern aufsteigen, wenn diese sich entfalten; das schleimführende Gewebe der Gefässbündel im jungen Blattstiel führt offenbar, so lange das Blatt noch Nährstoffe aus den Cotyledonen bezieht, diese aufwärts, ebenso bewegt sich die Stärke im Parenchym des Blattstiels aufwärts; wenn aber später das Blatt ausgewachsen ist und selbst jene Stoffe zum Wachsthum der Knospen erzeugt, so müssen sie in diesen Geweben in der entgegengesetzten Richtung durch den Stiel dem Stamme zufließen. Ebenso bewegen sich diese Stoffe in den Internodien der Keimtriebe der Kartoffel offenbar aufwärts gegen die Knospe hin; wenn aber die betreffenden Sprossen ausgebildet und belaubt sind, und wenn sie dann an ihrer Basis Knollen erzeugen, so müssen Stärke, Glycose und Eiweissstoffe in denselben Gewebeformen, in denen sie früher aufwärts gingen, nun abwärts steigen; zur Zeit der Fruchtreife der Kartoffel aber steigen sie auch gleichzeitig innerhalb der oberen Internodien aufwärts. — Die Thatsache, dass abgeschnittene mit Winterknospen versehene Zweige am unteren Ende Wurzeln, am oberen vorzugsweise Sprossen bilden, zeigt, dass auch hier gleichzeitig die betreffenden Stoffe in ihren leitenden Geweben abwärts und aufwärts sich bewegen. Die zur Wurzelbildung bestimmten Stoffe senken sich vorwiegend hinab, die zur Zweigbildung steigen hinauf; man könnte daraus folgern, dass diese Richtung in beiden Fällen in der Organisation der Gewebe begründet sei; dass dies aber nicht der Fall ist, beweist das Verhalten umgekehrt gepflanzter Schnittreiser; das organisch obere Ende, nun abwärts gekehrt, bewurzelt sich; die dazu nöthigen Bildungstoffe gehen also in umgekehrter Richtung gegen sonst durch ihre leitenden Gewebe. — Ebenso könnte man aus der Wulstbildung am oberen Rand der Ringwunden bei dicotylen Stämmen mit compactem Holzkörper folgern, dass die holzbildenden Stoffe nur abwärts in ihren leitenden Geweben sich bewegen, d. h. von der organischen Spitze zur organischen Basis hin; dass dies jedoch nicht der Fall ist, beweist ein Versuch Knight's¹⁾, der einen Johannisbeerstock ringelte, ihn umgekehrt pflanzte, und den Wulst dennoch am oberen Wundrand entstehen sah; hier verfolgten also die den Wulst (Holz) bildenden Stoffe innerhalb des Gewebes einen dem sonstigen Verhalten entgegengesetzten

1) Knight, Philosophical transactions. 1804. p. 483.

Weg, aber die Richtung in Bezug auf den Erdkörper blieb allerdings dieselbe, so wie vorhin bei der Wurzelbildung umgekehrter Stecklinge, was darauf hinzuweisen scheint, dass die Schwerkraft hier eine Rolle bei der Stoffbewegung spielt. Andererseits beweist auch die Ueberwallung der Hiebfläche abgehauener Weisstannstöcke¹⁾, deren Wurzeln mit denen belaubter Bäume derselben Art verwachsen sind, dass bei ihnen die holzbildenden Stoffe, die sonst vorwiegend nach abwärts sich senken, hier im Stammstumpf aufsteigen, um den Ueberwallungswulst zu bilden, und man hat keine Ursache anzunehmen, dass sie dabei in anderen Gewebeformen als sonst sich bewegen. Dasselbe wird übrigens auch durch abgesägte aufwärts gerichtete Aststumpfe an Bäumen bewiesen: dieselben bilden oft eine völlige Ueberwallung der Schnittfläche, wobei der Holzwulst aufwärts steigt²⁾.

Diese Thatsachen zeigen, dass wenn die Organisationsvorgänge durch zufällige Eingriffe an Orten sich geltend machen, wo sie sonst nicht auftreten, auch der Zustrom der Bildungsstoffe eine andere Richtung als sonst in den Geweben nehmen muss. Werden Rindenstreifen unten und beiderseits vom Holzkörper abgelöst, oben mit diesem in Verbindung gelassen, so bildet sich innerhalb derselben Holz; findet die Ablösung umgekehrt oben und seitlich statt, so bildet sich in ihnen Holz in aufsteigender Richtung, die Holzlage ist aber unten dicker als oben. Da diese Holzbildungen zu voluminös sind, um aus den Stoffen, welche der Rindenstreif selbst enthält, zu entstehen, so muss der dazu nöthige Stoff in dem einen Fall abwärts, im anderen aufwärts sich durch die gleichnamigen Gewebe bewegen (Duhamel, Phys. des arbres. II. Chap. III. und Trécul, Ann. des sc. nat. 1853: Production du bois par l'écorce des arbres dicotyledonnés).

Die im Holzkörper der Bäume abgelagerten Reservestoffe können sich, wie aus den Folgen des Ringschnitts am Stamm hervorgeht, mit Leichtigkeit im Holz aufwärts bewegen, wenn sie im Frühjahr zur Ausbildung der Knospen dienen; aber sie können auch horizontal von innen nach aussen sich bewegen, wie aus dem Auftreten der Neubildungen an entblösstem Splint hervorgeht³⁾.

Eine schief seitwärts gerichtete Bewegung in den sie leitenden Geweben der Rinde nehmen die plastischen Stoffe, wenn aus der Rinde dicotylar Holzpflanzen schraubenförmige Streifen herausgeschnitten werden, oder wenn in verschiedenen Höhen Rinde und Holz eines Stammstückes quer bis in die Mitte eingesägt wird; dass die Bildungsstoffe in solchen Fällen die genannte Richtung

1) Göppert, Bot. Zeitg. 1846. p. 506. Dubreuil giebt dasselbe für *Pinus maritima* an in Comptes rendus XXVII. 387.

2) Die Krümmung der Holzschichten solcher Ueberwallungswulste nach dem Centrum mag einstweilen auf sich beruhen; die Abwärtssenkung derselben, so dass sie im Längsschnitt des Stamm- oder Aststumpfes eine nach unten concave Linie bilden, kann wohl der Schwerkraft zugeschrieben werden; auch die Ueberwallungen von Bänken und Steinen, die an der Basis von Zierbäumen oft so massenhaft sich ausbilden, z. B. bei Breslau im Fürstengarten, haben das Aussehen eines hingeflossenen Teiges, also einer unter dem Einfluss der Schwere sich ausbreitenden Masse. Die noch weichen, cambialen Holzzellen scheinen demnach dem Einfluss der Schwere in ähnlicher Weise zu folgen, wie die Wurzelspitzen und die Hymenien der Hutpilze.

3) Duhamel, Physique des arbres. 1758. II. p. 42. und Trécul, Ann. des sc. nat. 1853. p. 196.

verfolgen müssen, folgt aus den darauf folgenden Wachstumsvorgängen¹⁾, deren Erörterung hier zu viel Raum erfordern würde.

Dass endlich die in den Milchsaftegefässen enthaltenen Stoffe sich auf-, ab- und seitwärts bewegen können, bedarf bei der anatomischen Beschaffenheit der Milchsaftegefässe und der Natur der bewegenden Kräfte (siehe den folgenden Paragraphen) wohl keines besonderen Beweises.

Schon die angeführten Thatsachen sind hinreichend, Hartig's Behauptung²⁾, dass die schleimführenden Zellen der Gefässbündel (Bastkörper Hartig's) den »Bildungsstoff« ausschliesslich abwärts, das Holz ihn ausschliesslich aufwärts leite, eine Behauptung, die Hartig selbst auf die Keimpflanzen ausgedehnt wissen will, zu widerlegen. Die abschreckende Verwickelung der Stoffbewegung, welche aus dieser Ansicht folgen würde, ist zum Glück unnöthig. Offenbar beginnt in Keimpflanzen und jungen Sprossenden die Translocation der Stoffe lange vor der Holzbildung; weit unterhalb der beständig Neubildungen producirenden Knospen hört das Holz der Holzpflanzen auf, gerade dort, wohin es nicht reicht, ist die Zuleitung von Stoffen am nöthigsten; zudem findet man auch im Holz jüngerer Sprossen zur Zeit wo sie an der Spitze am lebhaftesten wachsen, noch keine assimilirten Stoffe, während sie im Gittergewebe und dem Parenchym massenhaft vorhanden sind. Hartig's Ansicht ist aus diesem Grunde auch auf die Monocotylen völlig unanwendbar und kommt bei allen Pflanzen, denen jede Spur von Holzbildung fehlt (Moose, Hydrillen, Ceratophyllen, und vielen anderen) ganz ausser Betracht. Ausserdem liefern Hanstein's Versuche schlagende Beweise einerseits dafür, dass die im Holzkörper der Dicotylen aufwärts zu den Knospen geführten Stoffe zu deren Ausbildung allein nicht hinreichen³⁾, und dass andererseits die Siebröhren und verwandten Zellformen ihren Saft nicht blos abwärts, sondern auch aufwärts führen.

Dass die ebenso zahlreichen als grossen Siebröhren sammt dem Cambiform in den Gefässbündeln von Cucurbita zur Fortleitung eiweissartiger Stoffe bestimmt sind, während das umliegende Parenchym Stärke und Zucker führt, steht ausser Zweifel. Dass die enormen Massen von Eiweissstoffen und Kohlehydraten, welche sich in einer grossen Kürbisfrucht binnen 6—8 Wochen ansammeln, durch diese Gewebe des Fruchtstiels eingeführt werden, ist gewiss, und dass diese Fortleitung in den Siebröhren und Cambiformzellen (Bastkörper Hartig's) sowohl, als im Parenchym von der organischen Basis aus aufwärts erfolgt, kann ebenso wenig zweifelhaft sein. — Schliesslich sind hier meine Versuche über die Blüten- und Fruchtbildung in finsternen Recipienten anzuführen, wobei die assimilirenden Blätter sich am Licht befanden⁴⁾. Da die im Finstern befindlichen Knospen, Blüten, Früchte an der Verlängerung des die beleuchteten Blätter tragenden Stammes sassen und selbst (im Finstern) nicht assimiliren konnten, so mussten sämtliche Bildungsstoffe von den grünen Laubblättern aus durch den Stamm aufwärts zu den im Recipienten befindlichen Theilen geführt werden, und da die Fortleitung in diesen Fällen den schleimführenden Zellsträngen der Gefässbündel und dem Parenchym übertragen war, so fällt jede Möglichkeit für Hartig's Annahme, dass nur das Holz aufwärts leitet, weg.

Für Hartig's Ansicht, wonach der Bastkörper (Cambiform und Gittergewebe) der Bäume allein und ausschliesslich alle Bildungsstoffe abwärts leitet, während das Holz solches nicht vermag, könnte man seine früher mitgetheilte Beobachtung anführen⁵⁾, wonach in allen vor dem 30. Juni geringelten Bäumen die Stärke unterhalb des Ringschnittes verschwand, ohne sich daselbst wieder neu zu bilden, während sie in allen nach dem 30. Juni geringelten zwar

1) Trécul, Ann. des sc. nat. 1854. T. I.

2) Hartig, Bot. Zeitg. 1862. p. 75 u. 76; dann p. 83.

3) Hanstein, Die Milchsaftegefässe. 1864. p. 34—35 (s. die im vorigen Paragraphen wörtlich daraus mitgetheilte Stelle).

4) S. die Abhandlung über Lichtwirkungen § 45 und Bot. Zeitg. 1865. Nr. 45 u. 47.

5) Bot. Zeitg. 1858. p. 338.

ebenfalls aus den Theilen unterhalb der Wunde emporstieg, sich aber auch in um so grösseren Massen wieder gebildet hatte, je später die Wunde gemacht war. »Die steigende Menge und Grobkörnigkeit des (Stärke-) Mehls geben aufs Bestimmteste zu erkennen, dass dasselbe durch die Ringelung auf derjenigen Bildungsstufe zurückgehalten wurde, auf welcher es zur Zeit der Ringelung stand.« Wenn nun Hartig daraus folgert, »dass es ein nur in der Basthaut aus höheren Baumtheilen rückschreitender primärer Bildungssaft sei, aus dem die Reservestoffe (im Holz) sich entwickeln«, so geht das zu weit; das Parenchym der Rinde war durch den Ringschnitt doch auch unterbrochen, und wenn das von Hartig angeführte Factum besteht, so ist es dieser Unterbrechung des Parenchyms zuzuschreiben, wenn im Holz unter der Wunde keine Stärke sich sammelte.

§ 405. Bewegende Kräfte. Versucht man es unter Zuhilfenahme der uns bekannten physiologischen Eigenschaften der Gewebe und Stoffe, sich eine in's Einzelne vordringende Vorstellung von den Ursachen zu bilden, welche im Stande sind, die verschiedenen assimilirten plastischen Stoffe aus einem Organ der Pflanze in ein anderes, oft auf grössere Entfernungen hin zu transportiren, so ist es vor allen Dingen nöthig, das Vorurtheil aufzugeben, als ob ein Universalbildungssaft die Gewebe durchtränke, als ob es nur darauf ankäme, eine flüssige Masse in toto fortzubewegen, als ob die Bewegung der so überaus verschiedenen Stoffe eine einheitliche, von Einer Ursache für alle bedingte wäre. Dass diese überkommene noch jetzt verbreitete Vorstellungsweise unrichtig ist, muss aus dem in der vorigen und dieser Abhandlung Gesagten hinlänglich verständlich geworden sein. Ebenso wenig wie die unorganischen Nährstoffe des Bodens, welche die Wurzel aufnimmt, etwa einen Saft bilden, der mit allen seinen Bestandtheilen in toto in die Wurzel eintritt, ebenso wenig wie dieser so genannte »rohe Saft« als Ganzes in der Pflanze sich verbreitet, ganz ebenso ist jene Vorstellung von dem sogen. »rückkehrenden Saft« als eines besonderen Fluidums, welches sich durch die Pflanze bewegt, unzulässig. Sowie das die Wurzel umspülende Wasser durch besondere Kräfte aufgenommen wird, von denen die Aufnahme des Salpeters, der schwefelsauren Magnesia, der phosphorsauren Salze unabhängig ist, sowie hier die besonderen Diffusionseigenschaften jedes Stoffes, und sein Verbrauch in der Pflanze die Geschwindigkeit seiner Aufnahme, die Richtung, in welcher er die Gewebe durchströmt, bestimmen, so ist es auch für die Eiweissstoffe, den Zucker, das Inulin, die Stärke, die Fette, die verschiedenen Pflanzensäuren und Pflanzenbasen. Die Molecüle jeder dieser Verbindungen haben besondere Diffusionskräfte, ihr moleculares Verhalten zu den verschiedenen Zellwänden muss ein sehr verschiedenes sein, die Bewegungsursachen werden sich also je nach der Natur der Stoffe und der betreffenden Gewebe ändern; der Verbrauch eines Stoffes wird das moleculare Gleichgewicht der Gewebeflüssigkeit stören und so Anlass zu Bewegungen geben, ebenso wird die Neubildung desselben Stoffes wirken. Wir sind weit entfernt davon, jede Einzelheit erklären zu können, die Mitwirkung der wunderbaren Eigenschaften des Protoplasmas bei der Transfusion der Stoffe von Zelle zu Zelle sind gegenwärtig unberechenbar und gestatten es niemals, die an toden Häuten mit bekannten Stoffen ausgeführten Diffusionsversuche in ihren speciellen Resultaten unmittelbar auf die Vorgänge in der Pflanze zu übertragen; aber die Analogie mit jenen muss festgehalten werden, die Gesetze, welche wir durch die Versuche finden, müssen wenigstens in ihrer allgemeinsten Fassung für die Pflanze Anwendung finden, in dem Bewusstsein, dass die analogen Vorgänge in der Pflanze

von zahlreichen Bedingungen mit abhängen, die wir theils gar nicht kennen, theils experimentell nicht zu prüfen im Stande sind. Wenn nun die Untersuchungen über die Diffusion ganz allgemein zeigen, dass die Geschwindigkeit der diffundirenden Moleculé mit der chemischen Natur derselben und mit der Natur der Haut sich ändert, so werden wir dieses allgemeine Ergebniss in seiner allgemeinen Fassung auch auf die Gewebe der Pflanze übertragen müssen, wenn ferner die Versuche zeigen, dass die Diffusion sich mit dem Druck, unter welchem Haut und Flüssigkeit stehen, ändert, so werden wir auch dem Druck, unter welchem die Zellhäute und Zellsäfte sich in der lebenden Pflanze befinden, eine Bedeutung bei der Stoffbewegung in ihr zugestehen müssen; wenn ferner die Dialyse ein künstliches Mittel zur Trennung gelöster und gemischter Stoffe durch ihre eigenen Diffusionskräfte liefert, so wird man mit Recht innerhalb der Pflanze, wo Tausende von Zellen gemischte Säfte enthalten, dialytische Wirkungen zu erwarten haben, derart, dass das zeitweilig in derselben Zelle Gemengte sich sondert, und dass verschiedene benachbarte Zellen sich in die verschiedenen Stoffe theilen werden. Anstatt, wie es noch jetzt so vielfach geschieht, jeder beliebigen Zelle die Fähigkeit zuzuschreiben, dass sie jeden Stoff, den sie gerade momentan enthält, selbst erzeugt habe, eine Vorstellung die zu Absurditäten führt, können wir vielmehr die gesetzmässige Vertheilung der Stoffe in der Pflanze als eine Folge zahlreicher und verwickelter Bewegungen derselben erklären, Bewegungen, die in den Vorgängen der Dialyse zwar nicht ihre allseitige genügende Erklärung, wohl aber ihr allgemeines Analogon finden. — Die Bewegung der Stoffe durch allseitig geschlossene Zellen darf als der verbreitetste Vorgang unter den hier zu betrachtenden angesehen werden, er ist aber zugleich der für die Erklärung schwierigere. Leichter erscheint es, eine Vorstellung von der Stoffbewegung innerhalb der communicirenden Milchsaftgefässe und der wirklich durchbohrten Siebröhren zu gewinnen.

Die Bewegung der Stoffe in den Milchsaftgefässen kann entweder eine Massenbewegung sein, oder sie wird durch Molecularkräfte vermittelt, die dann jeden einzelnen in dem Saft gelösten oder suspendirten Stoff besonders treffen. — Massenbewegungen können und müssen eintreten 1) durch Krümmung und Zerrung der Stammtheile, Blätter, Blüthen, wie sie der fast beständig thätige Wind an den Pflanzen ausübt; dabei wird der Milchsaft als Ganzes aus einem Organ in's andere gedrängt, um später in die momentan verengten Theile wieder zurückzufließen; etwaige Differenzen seiner Zusammensetzung an verschiedenen Stellen werden bei derartigen Bewegungen durch Vermengung ausgeglichen, wie in einer gemengten Flüssigkeit, wenn sie geschüttelt oder von einem Ende eines elastischen Schlauches in's andere getrieben wird; 2) durch die Schwankungen des Drucks, den die umliegenden Gewebzellen auf die Milchsaftgefässe ausüben: bei starker Verdunstung und ungenügender Wasseraufnahme nimmt die Spannung der Gewebe ab, die Milchsaftgefässe können sich an solchen Stellen der Pflanze, wo dies eintritt, erweitern und mehr Saft aufnehmen, der dann aus den Milchsafröhren anderer Theile nachströmt; umgekehrt muss verstärkte Wasseraufnahme bei verminderter Transpiration wirken. In den jüngsten Knospentheilen, welche die im Milchsaft enthaltenen Stoffe verbrauchen, sie den Röhren entziehen, herrscht keine Gewebespannung, die Zellen liegen passiv neben einander; in den älteren Internodien und in den Blättern,

welche die Milchsäftstoffe erzeugen, herrscht dagegen eine Spannung, durch welche das Parenchym an seinem Ausdehnungsstreben gehindert sich ebenso verhält, als ob es passiv zusammengedrückt würde; dieser Druck wirkt auf den Milchsäft solcher Gewebestrecken und muss die Ursache werden, dass derselbe nach den jungen spannungslosen nahrungsbedürftigen Organen hingedrängt wird; 3) Massenbewegungen des Milchsäfts müssen endlich durch verschiedene Erwärmung verschiedener Theile einer Pflanze bewirkt werden, wie Amici experimentell nachgewiesen hat¹⁾. Schon die geringe Erwärmung durch Annäherung der Hand bis auf einige Zoll bewirkt nach ihm eine mikroskopisch sichtbare Bewegung des Milchsäfts von *Chelidonium* nach den kälteren Theilen hin. Die Temperaturschwankungen sind in der Pflanze aber ebenso beständig, wie die durch Wind veranlassten Zerrungen und Quetschungen der Gewebe und müssen wie diese beständige, bald so bald anders gerichtete Strömungen des Milchsäfts bewirken. — Bei so energischen Massenbewegungen des Milchsäftes, welche ihn wahrscheinlich in unausgesetzter Bewegung erhalten, ist es kaum nöthig, die Diffusionskräfte der in ihm gelösten Molecüle herbeizuziehen, wenn es darauf ankommt, ihre Bewegungen auf grössere Strecken hin zu erklären. In den Rhizomen, Knollen und Wurzeln, wo die Temperaturschwankungen langsam und unbedeutender sind, wo auch der Wind nicht mitwirkt, mögen die Diffusionsbewegungen eine grössere Rolle spielen, aber die in den oberirdischen Theilen wirkenden Kräfte, welche den Milchsäft in Massenbewegung versetzen, werden auch die unterirdischen Theile in Mitleidenschaft ziehen.

In den Siebröhren ist die Beweglichkeit der eiweissartigen Stoffe, die sie enthalten, wohl niemals so gross, wie die des Milchsäftes in seinen Röhren; die sehr engen Durchbohrungen der Siebplatten können den dicken zähen Schleim offenbar nur langsam durchtreten lassen, wenn eine Druckdifferenz ihn nach einer Seite hintreibt. Es macht sich dies auch bei dem Durchschneiden von Stengeln, Wurzeln u. s. w. geltend: der Milchsäft tritt in diesem Falle momentan in dicken Tropfen hervor; der eiweissartige Schleim der Siebröhren quillt dagegen langsam aus und sammelt sich auf abgetrockneten Querschnitten im Laufe mehrerer Stunden oft (Runkelrübenwurzel, Kürbisfrucht) zu erbsen- bis haselnussgrossen Tropfen an, die zuweilen von selbst gerinnen (Kürbis). Die Ursache des Ausquellens ist offenbar wie bei den Milchsäftgefässen die Gewebespannung; der Saft steht in seinen Röhren unter einem Druck, den das Parenchym auf die Röhrenwände ausübt, weil es an seinem Ausdehnungsstreben durch das Holz und die Epidermis gehindert, sich wie ein passiv zusammengedrückter Körper nach allen Seiten auszudehnen sucht. Damit stimmt es auch, dass an älteren Organen, wo diese Gewebespannung aufgehört hat (untere Stammtheile älterer Maispflanzen z. B.) das Ausquellen aus Querschnitten fast gar nicht mehr eintritt.

Die aus den Siebröhren sowohl als aus den Gitterzellen und dem Cambiform ausquellenden Säfte sind gewöhnlich vollkommen klar und wasserhell, und zeigen in lebhaft vegetirenden Organen, wie ich zuerst beschrieb²⁾, meist eine entschieden alkalische Reaction,

1) Giambattista Amici von H. v. Mohl: Beilage zur Botan. Zeitg. 1863. p. 6.

2) Sachs, »Ueber saure, alkalische und neutrale Reaction der Säfte lebender Pflanzenzellen« in Bot. Zeitg. 1862. Nr. 33.

während die Parenchymsäfte und Milchsäfte gewöhnlich sauer sind. In manchen Fällen verliert sich die alkalische Reaction in den älteren Organen, wie es scheint zugleich mit dem Gehalt derselben Gewebe an Eiweissstoffen, so in den unteren Stammpartien erwachsener Maispflanzen, in den älteren Zwiebelschalen von *Allium Cepa*. Bei den Cucurbitaceen scheint der überall reichlich ausquellende Siebröhrensaft immer alkalisch zu bleiben. Bei geeigneten Objecten (*Cucurbita*, *Zea Mais*, *Allium Cepa*) lässt sich diese Reaction bis in die jüngsten Endigungen der Gefässbündel verfolgen, und in den Wurzelspitzen und Knospen zeigt auch das allerjüngste Parenchym sich schwach alkalisch, was auch hier wahrscheinlich mit dem Vorherrschen der Eiweissstoffe (Protoplasma) zusammenhängt¹⁾.

Bei dem Transport der Stoffe durch allseitig geschlossene Gewebezellen, wie sie das Parenchym, das Holzparenchym und die Cambiformschichten darbieten, lassen sich vorzugsweise zweierlei Ursachen der Bewegung denken. Einmal die Gewebespannung und dann die Diffusionskräfte. — Die Gewebespannung kann dahin wirken gelöste Stoffe durch die Zellhäute hindurch zu filtriren, sie mechanisch hindurch zu pressen. Dass dies geschieht, zeigt jeder Querschnitt durch saftige Stengel und Wurzeln; der in dem Parenchym und in den nicht durchbohrten Cambiformzellen (*Beta*, *Brassica*, *Allium Cepa*) enthaltene sowohl alkalische als saure Saft tritt in so grossen Mengen hervor, dass er unmöglich blos aus den zufällig durchschnittenen Zellen abstammen kann; offenbar kommt der grösste Theil des ausquellenden Saftes aus den vom Schnitt entfernteren Zellen. Da diese aber geschlossen sind, so ist ein Austritt nur durch Filtration möglich; den dazu nöthigen Druck liefert das im Ausdehnungsstreben begriffene Parenchym, dessen Ausdehnung durch die Epidermis, das Holz, überhaupt die elastischen passiven Gewebe gehindert wird. Jede Parenchym- und Cambiformzelle befindet sich in einem Zustand, als ob sie von aussen her zusammengedrückt würde, und der Druck genügt, ihren Saft durch die geschlossene Zellhaut hindurch zu pressen. Der Durchtritt erfolgt selbstredend in Richtung des geringsten Widerstandes, der an der Schnittwunde liegt. In der unverletzten Pflanze wird aber, so lange sie wächst, der geringste Widerstand in den Knospen und Wurzelspitzen, d. h. in den stoffverbrauchenden Theilen liegen; hier herrscht keine Gewebespannung, hier dehnen sich die Zellen aller Gewebeformen aus, hier wird Platz gemacht für neu aufzunehmende Stoffe. Der in den differenzirten, älteren Geweben herrschende Druck muss nothwendig die in ihnen enthaltene Flüssigkeit nach jenen Stellen geringsten Widerstandes hintreiben²⁾. In derselben Richtung muss aber auch die Diffu-

1) Für derartige Untersuchungen ist eine vollkommen neutrale Lackmustinctur unentbehrlich; man färbt damit das feinste schwedische Filtrirpapier möglichst intensiv und trocknet es sorgfältig; dann wird es auf einer Seite geglättet, so dass es lebhaft glänzt. Man legt das Papier auf einen Bausch anderen Papiers mit der glatten Fläche aufwärts, und schneidet nun frische Pflanzentheile glatt quer durch; den zuerst aus Parenchym und Gefässbündeln ausquellenden und sich mischenden Saft entfernt man durch wiederholtes Auftupfen der Schnittfläche auf Filtrirpapier; ist diese vollkommen trocken geworden, so lässt man den Pflanzentheil einige Minuten liegen; es quillt aus den Siebröhren, Gitterzellen und dem Cambiform neuer Saft in wohl begrenzten Tropfen hervor, und nun drückt man die Schnittfläche auf das Reagenspapier, wo man sie $\frac{1}{2}$ —1 Minute festhält; nach dem Wegnehmen zeigt das Papier ein Bild des Querschnitts, alle dem Parenchym entsprechenden Stellen sind geröthet, die den Gefässbündeln entsprechenden gebläut, wenn der Saft der schleimführenden Zellen alkalisch ist.

2) Diese bis dahin nicht geltend gemachte Vorstellungsweise, auf die ich grosses Gewicht

sion der Stoffe vorzugsweise stattfinden. Hier wie überall kann die Diffusionsbewegung nur Folge gestörten, molecularen Gleichgewichtes sein; diese Störung findet aber an zwei Stellen in gleichem Sinne (der Richtung nach) statt; in den Knospen (und Wurzelspitzen) einerseits, werden Stoffe beständig verbraucht, Zucker und andere gelöste Verbindungen in Zellstoff übergeführt, die Eiweissstoffe werden als Protoplasma, Chlorophyllkörner, Zellkerne unlöslich, und so muss nach diesen Orten hin die Diffusionsströmung der gelösten Molecüle so lange stattfinden, als überhaupt die Neubildung und das Wachsthum der Zellen dasselbst dauert. Andererseits wird in den assimilirenden Blättern (oder den sie substituierenden Organen) beständig lösliche Substanz gebildet, die Concentration der Säfte nimmt hier zu, und die Molecüle gelöster Stoffe müssen von hier aus den Orten geringerer Concentration¹⁾, d. h. den Knospen und Wurzelspitzen zufließen; dasselbe muss geschehen, wenn in den Cotyledonen oder sonstigen Reservestoffbehältern während der Keimung, des Ausschlagens der Knospen u. s. w. die Reservestoffe sich lösen.

Die Fortleitung der Stärke durch die geschlossenen Gewebezellen bedarf einer besonderen Erklärung. In den Parenchymzügen, in denen die Stärke wandert, finden wir in jeder den Weg bezeichnenden Zelle kleine Stärkekörnchen, gewöhnlich an einer der Querwände liegend, welche die Richtung der Bewegung quer durchschneiden, wie man besonders deutlich in den Blüthenstielen erkennt. Diese Stärkekörnchen sind meiner Auffassung nach auf Wanderung begriffen. Dass sie in Form von Körnern nicht die Zellhäute durchsetzen können, versteht sich von selbst. Ich nahm schon in meiner ersten Mittheilung²⁾ darüber an, dass sich jedes Korn in diesen leitenden Parenchymschichten auflöst; die gelösten Molecüle durchdringen die nächste Zellwand und schlagen sich hier in Form eines kleinen Stärkekorns nieder, um alsbald abermals gelöst und durch eine folgende Querwand hindurchgeführt zu werden; auch hier wird diese, durch zeitweiligen Niederschlag unterbrochene Bewegung der gelösten Molecüle nach der Richtung des Verbrauchs hin stattfinden müssen. Dass man die gelösten Stärkemolecüle in den betreffenden Zellen nicht nachweisen kann, hindert die Annahme nicht: möglicherweise gehen sie bei der jedesmaligen Lösung der Körnchen in Glycose über, die sich nicht so sehr anhäuft, um mikrochemisch nachweisbar zu sein, eben weil sie in der nächsten Zelle sich wieder als Stärke niederschlägt. Ein Hinderniss ist in dieser Nichtnachweisbarkeit des Lösungsproducts nicht zu finden, da wir ja auch in vielen Zellen, wo Stärke sich für die Dauer ablagert, das gelöste Material, aus welchem sie sich bildet, nicht kennen oder doch die Glycose als solches betrachten müssen. Für diese Vorstellungweise spricht sehr entschieden die beständige Kleinheit dieser auf Wanderung begriffenen Stärkekörnchen³⁾; es tritt dies besonders deutlich bei kei-

lege, habe ich zuerst Flora 4863. p. 67 angedeutet, sie stützt sich auf die von Hofmeister gegebene Theorie der Gewebespannung.

1) Die Eiweissstoffe in den jüngsten Zellen sind als Protoplasma vorhanden und werden beständig zu solchem verbraucht, sie sind also nicht gelöst, das Protoplasma ist keine Lösung.

2) Sachs, Ueber die Stoffe, welche das Material zur Bildung der Zellhäute liefern: Jahrbücher f. wiss. Bot. III. 249. Weiter ausgeführt in Flora 4863. p. 72 ff.

3) Näheres in meiner Keimungsgeschichte der Schminkbohne: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 4859. XXXVII.

menden Bohnen, Kartoffelknollen u. s. w. hervor. In den Cotyledonen und resp. Knollen sind die Körner sehr gross, in dem leitenden Parenchym der jungen Internodien findet sich die Stärke dagegen nur in kleinen, meist sehr kleinen Körnchen vor; die in oft wiederkehrender Auflösung und Wiederbildung begriffenen Stärkekörnchen haben offenbar nicht hinreichend Zeit, durch Intussusception zu wachsen und ihr Volumen zu vergrössern.

Durch die Neigung des stärkebildenden Stoffes, sich in Körnern niederzuschlagen, ist offenbar ein Mittel gegeben, grosse Massen dieser Substanz in einem engen Raum anzuhäufen. Denkt man sich z. B. zwei nebeneinander liegende Parenchymzellen, von denen *A* eine Zuckerlösung enthält, *B* aber keinen Zucker besitzt; der Diffusionsprocess wird hier offenbar, wenn der Zucker Zucker bleibt, aufhören, sobald in *A* und *B* gleiche Concentration des Zuckers eingetreten ist; und wenn die Zellen gleich gross sind, bekommt *B* die Hälfte des Zuckers den *A* enthielt. Nehmen wir aber an, der nach *B* gelangende Zucker schlage sich daselbst sofort in Form von Stärkekörnern nieder, so ist es so, als ob nach *B* noch gar kein Zucker übergetreten wäre; es dringt immer weiterer Zucker aus *A* nach und verwandelt sich in *B* in Stärke. Offenbar kann auf diese Weise das letzte Atom Zucker aus *A* nach *B* gelangen, um sich daselbst in Stärke umzuwandeln. Es ist leicht, sich auf diese Weise vorzustellen, wie ein grosses Zuckerquantum, welches sich z. B. im Stamm der Kartoffelstaude nach und nach aus den Assimilationsproducten der Blätter bildet, in den Knollen ansammelt, indem es daselbst in Stärke sich umwandelt; würde der im Stamm nach und nach erzeugte Zucker als solcher im Kartoffelknollen sich als Lösung anhäufen sollen, so müsste diese immerfort an Concentration zunehmen; und es ist nicht einzusehen, wie aller Zucker auf diese Art (den Gesetzen der Diffusion zuwider) in die Knolle befördert werden sollte; bei der Stärkebildung in letzterer aber begreift man, wie das letzte Zuckeratom aus dem Stamm hinab in die Knolle wandert, weil hier eben keine Anhäufung, sondern ein beständiger Verbrauch des Zuckers stattfindet, indem er sich in Stärkekörnern umwandelt. Vielleicht ist es eine Reihe ähnlicher Vorgänge, vermöge deren das fette Oel die geschlossenen Zellwände durchdringt und sich in dem Parenchym fortbewegt. Seine Ansammlung in den Samen kann durchaus nach dem für die Stärke gegebenen Schema gedacht werden.

Die für die Ansammlung der Stärke in einem Dauergewebe angenommene Vorstellung kann mit einer geringen Modification auch auf die Anhäufung des Rohrzuckers in dem Gewebe der Runkelrübenwurzel übertragen werden. Würde in den Blättern dieser Pflanze Rohrzucker erzeugt und durch die Stiele der Wurzel zugeführt, so müsste am Ende der Vegetationsperiode im besten Falle eine Rohrzuckerlösung von gleicher Concentration in den Blättern und in der Wurzel vorhanden sein, was nicht geschieht. Dass sich der Rohrzucker, obwohl gelöst, in dem Rübenewebe ansammelt, d. h. eine immer concentrirter werdende Lösung bildet, ohne dass die Blätter eine noch concentrirtere enthalten, kann dadurch erklärt werden, dass bei der Ansammlung des Rohrzuckers in der Rübe eine chemische Umwandlung mitwirkt. Nach den mikrochemischen Reactionen ist es wahrscheinlich, dass in den Blättern Stärke sich bildet, die in den Blattstielen in Glycose übergeht, in die Wurzel eindringt und dort in Rohrzucker sich umwandelt. Würde die Glycose der Blattstiele in der Wurzel Glycose bleiben, so müsste die Ansammlung aufhören, wenn die Lösung in beiden gleich concen-

trirt ist; wird aber jedes in die Wurzel eintretende Glycosetheilchen sogleich in Rohrzucker verwandelt, dann ist das so gut, als ob das erstere vernichtet oder niedergeschlagen würde; es kann also ein neues Glycosetheilchen aus dem Blattstiel an seine Stelle treten, das nun seinerseits ebenfalls in Rohrzucker verwandelt und für die Diffusion der Glycose unschädlich gemacht wird. In diesem Sinne könnte überhaupt die chemische Metamorphose ein mächtiges Vehikel der molecularen Stoffbewegung, der Diffusion in der Pflanze werden. Jede Diffusionsbewegung hört auf, sobald in dem gegebenen System eine gleichmässige Vertheilung des betreffenden Stoffes eingetreten ist; wird nun aber an einem Orte des Systems dieser Stoff chemisch umgeändert, so ist dies eine Störung des Gleichgewichts, welche nothwendig eine Bewegung der noch unveränderten Molecüle nach jenem Orte hin nach sich zieht.