

Botany. — *Über den Transport von Kaffein und LiNO₃ durch parenchymatisches Gewebe.* Von ALI C. A. KOK. (Communicated by Prof. J. C. SCHOUTE.)

(Communicated at the meeting of February 27, 1932.)

I. *Einleitung.*

Wenn in einer Pflanze Stoffe auf grossen Abstand transportiert werden müssen, so geschieht das hauptsächlich durch ein Gefässbündelsystem: ein Transport, über den schon viele Untersuchungen angestellt worden sind. Der Transport jedoch erfolgt vom Gefässbündel weg durch eine anschliessende Reihe parenchymatischer Zellen; darüber ist nur noch wenig bekannt. Die Meinungen, die darüber herrschen, sind zum grössten Teil auf der Ansicht von DE VRIES (1) begründet (1885), der an Stellen, wo viel Nahrung transportiert werden musste, zugleich auch Protoplasmaströmung sah und daraus den Schluss zog, dass Protoplasmaströmung den Transport beschleunigen müsse, mit anderen Worten also ohne weiteres annahm, das Protoplasma sei die Transportbahn für die Nährstoffe. Indem nun BIERBERG (2) 1909 beweisen zu können glaubte, dass die Protoplasmaströmung den Transport von Salzen in parenchymatischem Gewebe fördere, stützte er diese Auffassung. BIRCH-HIRSCHFELD (3) sieht, dass die Diffusion von Stoffen im lebenden Gewebe langsamer ist als im toten, und will daraus folgern, das Protoplasma sei die Transportbahn, um so eher, als mit erhöhter Konzentration von LiNO₃, die Diffusion durch das lebende Protoplasma wohl einigermaßen rascher erfolgt, doch darin von FICK's Gesetz abweicht; man kann also an eine Diffusion durch die mit Wasser imbibierte Zellwand nicht denken.

Dem gegenüber steht die Auffassung PRIESTLEY's. (4) PRIESTLEY will bei meristematischen Zellen den Transport von Nährstoffen durch die Wand sehen können, welche überdies zum grössten Teil mit einer protoplasmatischen Flüssigkeit gefüllt ist. Das Wasser bzw. die Lösungen gehen seiner Meinung nach nicht durch das Protoplasma hindurch, dieses würde sie leicht absorbieren und nur schwer wieder loslassen. Wenn in einem etwas älteren Stadium die Interzellularen entstehen, die ebenso wie die Wände auch noch mit Flüssigkeit gefüllt sind, erfolgt der Transport durch die Interzellularen plus Zellwand. Wenn jedoch Zellstreckung eintritt und die Flüssigkeit aus den Interzellularen durch Luft ersetzt wird, trocknet auch die Wand aus. Das wäre nach PRIESTLEY die Ursache des aufgehenden Wachstums der Zelle, da der Transport von Nährstoffen nunmehr sehr erschwert ist. Hier schliesst sich die Auffassung STEWARD's an (5), der den Transport durch die Wand während des ganzen Lebens der Pflanze erfolgen lässt. Er meint, diese Auffassung beweisen zu können, indem er einige Teile des Versuchsobjektes unter Wasser leer pumpt und so die Luft in den Interzellularen durch Wasser ersetzt oder, indem er sie

plasmolysiert und durch diese Teile nachher die von ihm benutzten Zucker oder Salze diffundieren lässt. Aus dem nunmehr viel rascher erfolgten Transport schliesst er auf eine Leitung hauptsächlich durch die Wand. Da jedoch die Plasmolyse mit NaCl etwas andere Resultate ergibt als die Plasmolyse mit NaCl + CaCl₂, räumte er der Permeabilität des Protoplasma auch noch einen Anteil am Transport ein.

Es steht hier also einer Theorie, die den Transport von Stoffen durch das Protoplasma annimmt, eine andere gegenüber, auf Grund deren der Transport durch die Wand vor sich gehen soll. Im Anschluss an früher veröffentlichte Forschungsergebnisse (6) habe ich an Hand von Experimenten versucht, mir über dieses Problem eine Meinung zu bilden.

II. *Material und Methode.*

Die Versuche wurden angestellt mit abgeschnittenen *Tentakeln der Drosera Capensis*, die mir in einem von den Treibhäusern des Hortus Botanicus in Groningen zur Verfügung standen. Für diese Versuche wurden gut entwickelte Blätter mit roten Tentakeln ausgesucht; es wurden die längsten Randtentakel, also die am meisten apikalen, verwendet. Der Transport erfolgte, wo das nicht speziell gesagt wird, in basipetaler Richtung. Bevor der Versuch gemacht wurde, wurde allen Tentakeln die Drüse abgeschnitten. Praktisch empfahl sich die Untersuchung des basipetalen Transportes deshalb, weil die Basis sich bestimmt umbog und die Spitze gerade blieb, so dass die Messungen am geraden Teil vorgenommen werden konnten. Als Transportstoff wurde 1 % Kaffein verwendet. Dieses dringt von der Schnittfläche ein, von Zelle zu Zelle. Da das ganze Tentakel von einer Kutikula umgeben ist, dringt es nicht an anderen Stellen ein, so dass wir die Tentakel ohne weiteres in die Kaffeinlösung legen können. Es bildet sich ein Niederschlag, der aus vielen kleinen, rot gefärbten Kügelchen besteht, welche zu grösseren Kugeln zusammenfliessen können. Nach ERNA JANSON (7) schlägt das Kaffein hier in der Vakuole eine chemisch sehr labile Form von Eiweiss nieder. Es handelt sich hier um eine rein vitale Reaktion.

Wenn ein Tentakel in der Mitte angeschnitten wird, erfolgt der Transport des Kaffeins in akropetaler und basipetaler Richtung mit gleicher Geschwindigkeit. Von Polarität kann hier also nicht gesprochen werden.

Fig. 1 zeigt einen Teil des Tentakels, worin das Kaffein von links nach

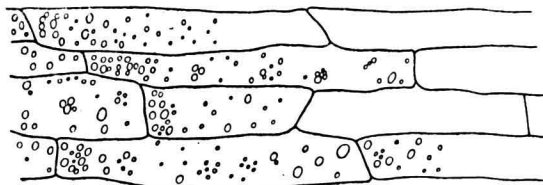


Fig. 1

rechts diffundiert. Der Niederschlag, der sich dabei bildet, wird durch Kreise verschiedener Grösse dargestellt. Es fällt sofort ins Auge, dass dieser Niederschlag am stärksten ist an der Seite, von der aus das Kaffein diffundiert, dringt doch das Kaffein an dieser Seite in die Zelle ein; es werden sich also hier zuerst die anwesenden Proteinen niederschlagen, wodurch ihre Konzentration geringer wird, die in der Zelle nach rechts immer mehr abnehmen wird. Diese Erscheinung kann demnach nicht auf den Einfluss der Polarität zurückgeführt werden; sie hängt vielmehr zusammen mit der Seite, von der aus das Kaffein diffundiert. Nach einiger Zeit nimmt die Anzahl Körnchen pro Zelle ab, während ihre Grösse zunimmt und sie sich regelmässiger in der ganzen Zelle verteilen. Man kann sehen, wie vor dem sich bildenden Niederschlag stets aufs neue runde Bläschen entstehen, und das geht so weiter, bis die gegenüber befindliche Wand erreicht ist. Bei der nächsten Zelle wiederholt sich derselbe Vorgang.

Der Abstand, auf den der Niederschlag zu sehen ist, wird mit einem Zeiss-Mikroskop gemessen: Okular 2 oder 4, Objektiv A.

III. *Der Transport beruht auf Diffusion.*

Wenn wir bei einer Temperatur von 20° C in Zwischenpausen von 10 Minuten den Abstand messen, auf den das Kaffein in *Drosera* Tentakeln diffundiert ist, so können wir aus je 30 Beobachtungen einen Durchschnitt errechnen und in ein Koordinatensystem bringen, das Fig. 2 vorstellt. Die Ordinate stellt dabei den Abstand in μ vor, über welchen das Kaffein diffundiert, auf der Abszisse ist die Zeit angegeben (Fig. 2a), bzw. die Wurzel aus dieser Zeit. (Fig. 2b). Die gezogene Linie stellt sowohl in 2a als auch in 2b die Verbindung zwischen den errechneten Mittelwerten vor, sie ist also die sich aus dem Experiment ergebende Kurve. Die Bedeutung der Strichlinie soll noch erklärt werden.

Der Abstand, über den das Kaffein sich z.B. nach 20 Minuten fortbewegt hat, ist 447 μ . Wenn also eine Proportionalität zwischen der Transportgeschwindigkeit und der Zeit bestand, so müsste dieser Abstand nach 40 Minuten 894 μ sein, nach 80 Min. 1788 μ , es würde also mit anderen Worten die Strichlinie von Fig. 2a die Kurve vorstellen. Es ist auffallend, dass die sich aus dem Experiment ergebende Kurve stark davon abweicht. Wenn jedoch eine Proportionalität mit \sqrt{t} besteht, so muss, wenn nach 20 Min. 447 μ zurückgelegt sind, nach 40 Min. 632 μ und nach 80 Min. 894 μ von dem Kaffein zurückgelegt werden. Es stellt sich nun heraus, dass die experimentell resultierende Kurve mit der theoretischen (Strichlinie) tatsächlich zusammenfällt, wie Fig. 2b zeigt. Es ergibt sich also *beim Transport des Kaffeins in Drosera Tentakeln ein Zusammenhang zwischen dem zurückgelegten Weg und der Wurzel aus der Zeit*. Dieses Gesetz gilt, wie MÜNCH (8) S. 14 und 102 zeigt, auch für die Diffusion von Stoffen in einem Röhrchen Agargallerte. Es wurde ursprünglich von STEPHAN (9) ausgearbeitet; VOIGTLÄNDER (10) hat es

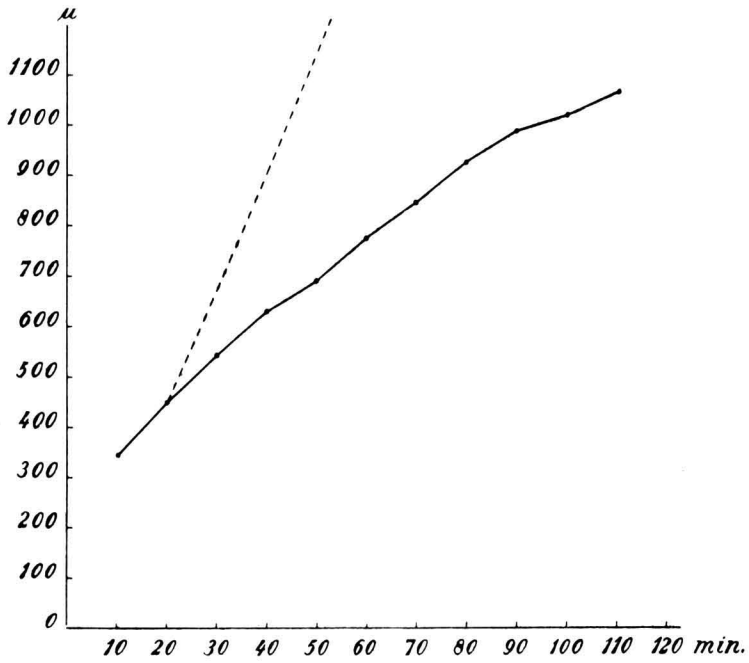


Fig. 2a

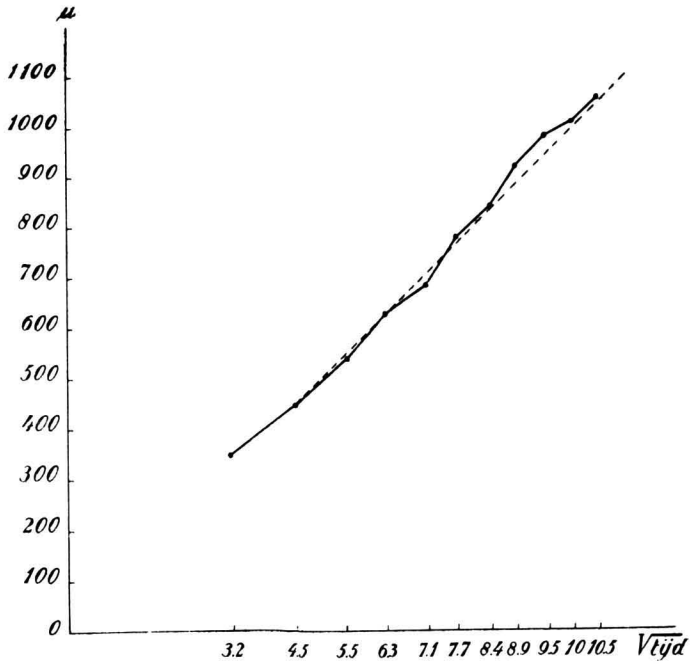


Fig. 2b

Fig. 2a und 2b. Zusammenhang zwischen dem Abstand, über den das Kaffein sich diffundiert hat und der Zeit.

Bei 20° C. ——— experimentell gefundene Kurve.

----- theoretisch zu erwartene Kurve.

später bestätigt. Die Erscheinung bei *Drosera* stimmt also vollkommen mit dem überein, was wir bei der Diffusion sehen. Wir können also daraus die Schlussfolgerung ziehen, dass der *Transport des Kaffees in Drosera Tentakeln auf Diffusion beruht*.

Diese Ergebnisse bestätigen zugleich die in meiner früheren Mitteilung enthaltene Behauptung, bei welcher Gelegenheit ich die Berechnung von BIERBERG einer Kritik unterzogen habe (S. 927).

IV. *Die Transportbahn.*

Es ist nun bewiesen, dass das Kaffeein durch die Tentakel diffundiert, der Weg jedoch, der hierbei eingeschlagen wird, ist noch nicht bekannt. Dieser Weg kann sein:

a) *die Wand*, b) *das Protoplasma*, c) *die Vakuole* (das Kaffeein muss, um von der einen Vakuole zur andern zu gelangen, stets Wand und Protoplasma passieren).

a) *Die Wand.*

Da nun bewiesen ist, dass der Transport auf Diffusion beruht, denken wir an erster Stelle an eine Diffusion des Kaffees durch das Imbibitionswasser der Wand. Der Transport erfolgt jedoch nicht hauptsächlich durch die Wand. Denn, wenn das der Fall wäre, dann müsste das Kaffeein von der Wand aus in seitlicher Richtung in die Vakuole diffundieren. Es ist jedoch kein Grund vorhanden, warum diese Diffusion nicht *ebenso schnell nach der angrenzenden rechten wie nach der linken Zelle* stattfinden sollte. Figur 1 zeigt jedoch, dass dies nicht der Fall ist.

Es wäre ausserdem mehr als zufällig, wenn das Kaffeein *in beiden Längswänden der Zelle* genau so weit diffundiert wäre; denn eine verschieden starke Diffusion in beiden Wänden würde sich sofort in einer seitlichen Diffusion des Kaffees in die Vakuole äussern müssen. An der Seite der Wand, wo das Kaffeein am stärksten diffundiert ist, wird der Widerstand, den das Protoplasma bietet, auch zuerst überwunden: es muss also an dieser Seite zuerst ein Niederschlag in der Vakuole sich zeigen. Wir würden also bei einem Transport durch die Wand erwarten, dass der Niederschlag in der Vakuole an die eine Längswand weiter ausgebildet ist als an der anderen. Eine solche Beobachtung habe ich jedoch niemals gemacht: immer war in der Mitte und an den Seiten der Niederschlag gleich weit von den Querwänden entfernt.

Weiter können wir annehmen, dass solch ein hypothetischer Transport durch die Wand über einen kurzen Abstand (z.B. 2 Zellen) mit einer ziemlich gleichbleibenden Geschwindigkeit vor sich geht; dann muss sich aber auch der Niederschlag mit derselben Geschwindigkeit bilden und dürfen die Querwände kein Hindernis bilden für die Entwicklung des Niederschlags, da sie ebensowenig Einfluss ausüben auf die Diffusion durch die Längswand. Trotzdem sehen wir, dass die Zeit, die zwischen der Bildung des letzten Körnchens Niederschlag links von einer Querwand und der Bildung des ersten Körnchens Niederschlag rechts von der selben

Wand vergeht, 4 bis 5 mal so gross ist wie die Zeit, die das Kaffein benötigt, um durch die ganze Vakuole zu kommen. *Die Querwand mit den Protoplasmaschichten steht also dem Transport hindernd entgegen.* Ferner kann noch auf folgendes hingewiesen werden: die Transportgeschwindigkeit in der Wand würde übereinstimmen müssen mit der Diffusionsgeschwindigkeit dieses Stoffes in Wasser oder in Agargallerte-Lösung. Nun diffundiert aber Kaffein aus einem Stückchen 2 % Agar + 1 % Kaffein in 1 Stunde bei 18° C in einem 2 % Agarstreifen ca. 3 mm, (auf Kaffein wird mit AuCl_3 reagiert) während in einem Drosera Tentakel das Kaffein auf einen Abstand von 750 μ nachweisbar ist, der Transport durch die Agargallerte ist also 4 mal so schnell. Da die Kaffeinreaktion von Drosera empfindlicher ist als die Reaktion mit AuCl_3 , ist dieser Unterschied in Wirklichkeit noch grösser. Sicherlich ist dieser Unterschied gross genug, um anzunehmen, dass das Kaffein bei Drosera nicht durch die Wand transportiert wird.

Auf Grund dieser Versuche können wir also annehmen, dass die Wand beim Transport von Kaffein nicht die wichtigste Transportbahn ist.

b) *Das Protoplasma.*

Es wäre auch möglich, dass das Kaffein durch das Protoplasma transportiert wird.

Da ich früher schon bewiesen habe, dass der Transport von LiNO_3 und Kaffein bei Vallisneria durch die Protoplasmaströmung nicht beschleunigt wird, ist es schon auf Grund jener Versuche unwahrscheinlich, einen Transport durch das Protoplasma anzunehmen bei Vallisneria. Auch bei Drosera ist Protoplasmaströmung vorhanden, wenn auch nicht so stark wie bei Vallisneria. Wenn wir nun annehmen, dass der Transport bei Drosera durch das Protoplasma erfolgt, dann wird das Kaffein mit einer gleichmässigen Geschwindigkeit mit dem rotierenden Protoplasma sich von der einen Seite der Zelle nach der anderen bewegen, es muss dann in die folgende Zelle diffundieren, — das kann vielleicht durch Plasmodesmen erfolgen (MÜNCH) — und geht nachher wieder mit gleichmässiger Geschwindigkeit zur folgenden Wand weiter, wo sich derselbe Vorgang wiederholt. Bei einem derartigen Transport wird die grösste Bahn mit gleichmässiger Geschwindigkeit zurückgelegt, während ein kleinerer Abstand durch Diffusion abgelegt wird. *Es wird demnach eine Proportionalität bestehen müssen zwischen dem zurückgelegten Weg und der Zeit. Es ist jedoch schon bewiesen worden, dass dieser Zusammenhang nicht besteht, sondern dass der zurückgelegte Weg proportional ist mit der Wurzel aus der Zeit.* Also wird auch bei Drosera die Protoplasmaströmung nicht beschleunigend wirken.

Dass das Kaffein nicht das Protoplasma als Transportbahn wählt, sondern nur mit diesem in Berührung kommt, geht aus folgendem hervor: Wenn Drosera-Tentakel in einer 0.3 % Pepsine-Lösung 18 Stunden liegen, ist, wenn die Drüse dran geblieben ist, im ganzen Tentakel Aggregation eingetreten. Das Volumen des Protoplasma hat sich auf Kosten

desjenigen der Vakuole vergrößert, während die Protoplasmaströmung stärker ist als gewöhnlich. Wenn nun das Köpfchen abgeschnitten und die Transportverhältnisse unter diesen Umständen untersucht werden, so sieht man, wie Fig. 3 zeigt, (worin die eingezeichneten Werte jeweils den

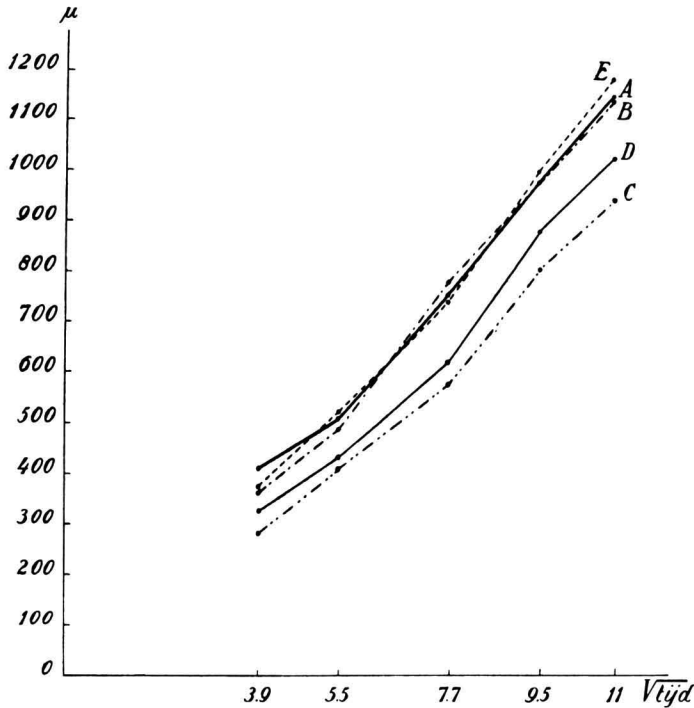


Fig. 3

— A normal. - - - - B Plasmolysiert m. Zucker.
 - C Plasmolysiert m. KNO₃. — D aggregiert. - - - - E narkotisiert.

Mittelwert von 30 Beobachtungen darstellen) dass der Transport durch die aggregierten Tentakel (*D*) bei 17° C (der Temperatur, bei der alle in dieser Figur veranschaulichten Versuche genommen worden sind) geringer ist als in den normalen (*A*). *Obwohl also mehr Protoplasmaströmung ist als gewöhnlich und das Protoplasma an Volumen zugenommen hat, ist die Transportgeschwindigkeit geringer.* Anstatt einer Transportbahn muss das Protoplasma vielmehr als ein starkes Hindernis angesehen werden. Es ergibt sich also, dass das Kaffeein mit dem Protoplasma wohl in Berührung kommt, es aber nicht als Transportweg wählt.

In Fig. 3 findet sich auch eine Linie, die das Verhalten narkotisierter Tentakel zeigt (*E*). In meiner vorigen Veröffentlichung habe ich bereits gezeigt, dass der Transport von Kaffeein bei *Vallisneria* durch Äthernarkose nicht verzögert wird. Dieselbe Erscheinung kann man bei *Drosera* wahrnehmen. Die Durchschnittswerte, die für normale bzw. narkotisierte Tentakel gefunden worden sind, decken sich. Das ist wieder ein Beweis

dafür, dass die Protoplasmaströmung bei *Drosera* den Transport nicht beschleunigt, dass vielmehr der Transport auf dem Wege der Diffusion erfolgt, eine Diffusion, die demnach *nicht durch das Protoplasma* vor sich gehen kann.

Oben angeführte Gründe geben uns reichlich die Sicherheit dafür, dass die *Protoplasmaströmung den Transport von Kaffein durch Droseratentakel nicht beeinflusst und dass dieser Transport der Hauptsache nach nicht durch das Protoplasma hindurch erfolgt*.

c) *Die Vakuole.*

Wenn nun der Transport weder durch die Wand noch durch das Protoplasma seinen Weg nimmt, so bleibt allein die Vakuole als Diffusionsweg übrig. Dass das Kaffein bei *Drosera* in die Vakuole gelangen kann, lässt sich aus der Entstehung des Niederschlags ableiten, während bei *Vallisneria* das Eindringen des Kaffeins und LiNO_3 in die Vakuole dadurch bewiesen wird, dass bei mit Zucker plasmolysierten Schnitten die Plasmolyse wieder zurückgeht in einer Lösung von Zucker + dem Transportstoff die einen höheren osmotischen Wert hat als die ursprüngliche Zuckerlösung.

Wenn Tentakel, die dadurch plasmolysiert wurden, dass man sie 3 Stunden lang in 3% KNO_3 Lösung liegen liess, dem Einfluss einer Lösung von 3% KNO_3 + 1% Kaffein ausgesetzt werden, bleiben die Zellen plasmolysiert, während das Kaffein diffundiert.

Fig. 3 C zeigt dann eine *geringere Transportgeschwindigkeit*. Aber wenn die Tentakel auf dieselbe Weise *plasmolysiert werden mit 15% Saccharose*, einer Lösung, die isotonisch ist, mit 3% KNO_3 und danach in eine Lösung von 15% Saccharose + 1% Kaffein kommen, so stellt sich heraus, dass *die Transportgeschwindigkeit sich nicht geändert hat*. (Fig. 3 B). Das blosse Entziehen von Wasser an der Vakuole hat also keine Änderung verursacht. Das war auch nicht anders zu erwarten, denn der Kontakt des Protoplasma mit der Längswand blieb erhalten, er war nur an der Querwand unterbrochen; es konnte also keine ununterbrochene Flüssigkeitssäule um das Protoplasma herum entstehen. Bei diesen Plasmolyseversuchen ist die Länge der Flüssigkeitssäule: Plasmolytikum + Inhalt Vakuole + Plasmolytikum ebenso gross wie die ursprüngliche Länge der Vakuole. Die geringere Transportgeschwindigkeit in KNO_3 muss also der spezifischen Wirkung dieses Stoffes zugeschrieben werden. Da nun KNO_3 die Permeabilität des Protoplasma herabsetzt, wird die geringere Transportgeschwindigkeit in diesen mit KNO_3 plasmolysierten Tentakeln auf die geringere Permeabilität des Protoplasma zurückgeführt werden müssen. Saccharose hingegen, das die Permeabilität des Protoplasma nicht beeinflusst, verursacht, wenn es als Plasmolytikum angewendet wird, keine geringere Transportgeschwindigkeit. Aus diesen beiden verschiedenen Resultaten geht demnach hervor, dass der Transportstoff jedesfalls quer durch das Protoplasma hindurch gehen muss. Da jedoch schon bewiesen ist, dass dieses nicht der wichtigste Transportweg sein kann, muss *das*

Kaffein aus dem Protoplasma wieder in die Vakuole gehen und diese als hauptsächlichsten Transportweg benützen.

Mit der Darlegung der vorstehenden Versuche ist also bewiesen worden, dass der Transportweg der Hauptsache nach die Vakuole ist. Um da hinein zu gelangen, muss jedoch der zu transportierende Stoff ausser der Zellwand erst das Protoplasma passieren, das strömt oder nicht. Dass dieser Stoff von dem rotierenden Protoplast nicht mitgenommen wird, mag zunächst unwahrscheinlich scheinen, es lässt sich aber wohl erklären. Hier ist nicht der Ort, auf diese Frage näher einzugehen; es liegt jedoch in meiner Absicht, später einmal darauf zurückzukommen.

Wenn nun die Frage gestellt wird, ob der Transport aller Stoffe durch parenchymatisches Gewebe hauptsächlich auf dem Wege über die Vakuole stattfindet, so muss diese generelle Frage noch unbeantwortet bleiben.

Es wurden bloss solche Stoffe untersucht, die in die Vakuole eindringen, und zwar sowohl bei *Drosera* als auch bei *Vallisneria*. Ob der Transport hoch molekularer Stoffe wie Zucker und Wuchsstoff auf dieselbe Weise vor sich geht, kann daraus nicht abgeleitet werden. Es ist wohl merkwürdig, dass FITTING (11) bei der Untersuchung der Leitung eines phototropischen Reizes gefunden hat, dass eine Zuckerlösung, die gerade noch plasmolysierend wirkt, keinen Einfluss übt, während eine isotonische KNO_3 Lösung die Weiterleitung des Reizes zum grossen Teil unterbindet. FITTING schliesst daraus auf einen plasmatischen Einfluss bei der Reizleitung. Es wäre interessant, zu wissen, ob diese Erscheinung mit dem Transport von Wuchsstoff in Zusammenhang steht.

Zusammenfassung.

1. Es wurde untersucht der Transport von 1 % Kaffein in Randentakeln von *Drosera Capensis*, wobei besonders geachtet wurde auf den Niederschlag, den das Kaffein in der Vakuole mit den darin vorhandenen Stoffen bildet.

2. Es stellte sich heraus, dass von Polarität nicht gesprochen werden kann.

3. Der beim Transport zurückgelegte Weg ist proportional mit der Wurzel aus der Zeit. Dies ist aber auch ein Diffusionsgesetz; wir können also daraus folgern, dass das Kaffein sich auf dem Wege der Diffusion im Gewebe verbreitet.

4. Die Wand ist nicht in erster Linie der Transportweg, es wäre sonst zu erwarten, dass in den angrenzenden Zellen gleichzeitig Niederschlag auftritt, auch könnte dann die Behinderung des Transports durch die Querwand nicht erklärt werden.

5. Der Transport nimmt seinen Weg nicht hauptsächlich durch das rotierende Protoplasma; wäre dies der Fall, so würde der zurückgelegte Weg eher proportional sein mit der Zeit als mit der Wurzel aus dieser Zeit.

6. Diese Beobachtung wird erhärtet durch die Tatsache, dass in aggre-

gierten Tentakeln, wo die Protoplasmaströmung zugenommen hat, der Transport weniger schnell vor sich geht als gewöhnlich.

7. Aethernarkose ist ohne Einfluss auf die Transportgeschwindigkeit bei *Drosera*.

8. In Tentakeln, die mit 15 % Saccharose plasmolysiert sind, ändert sich die Transportgeschwindigkeit nicht. Das blosse Entziehen von Wasser an der Vakuole übt keinen Einfluss aus. Saccharose ändert die Permeabilität des Protoplasma nicht.

9. In Tentakeln, die mit 3 % KNO_3 plasmolysiert sind, (eine Lösung die zu 15 % Saccharose isotonisch ist), hat die Transportgeschwindigkeit abgenommen; das muss der die Permeabilität verringernden Wirkung von KNO_3 zugeschrieben werden.

10. Die genannten Erscheinungen lassen sich erklären unter der Voraussetzung, dass das Kaffein von Zelle zu Zelle diffundiert und durch das Protoplasma in die Vakuole gelangt.

Die Versuche wurden angestellt im Laboratorium für Pflanzenphysiologie der Universität Groningen. Ich möchte an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. W. H. ARISZ meinen aufrichtigen Dank aussprechen für die freundliche Förderung, die er diesen Untersuchungen angedeihen liess.

LITERATUR.

1. DE VRIES, H. Über die Bedeutung der Zirkulation und Rotation des Protoplasma für den Stofftransport in der Pflanze. Bot. Zeitung 1885.
2. BIERBERG, W. Die Bedeutung der Protoplasmarotation für den Stofftransport in den Pflanzen. Flora Band 99, 1909.
3. BIRCH—HIRSCHFELD, L. Untersuchungen über die Ausbreitungsgeschwindigkeit gelöster Stoffe in der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd 59, 1920.
4. PRIESTLEY, J. H. Cell growth and cell division. The new phytologist 28. 1929.
5. STEWARD, F. C. Diffusion of certain solutes through membranes of living plant cells, and its bearing upon certain problems of solute movement in the plant. Protoplasma 11, 1930.
6. KOK, ALI C. A. Über den Einfluss der Plasmarotation auf den Stofftransport. Proc. K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Vol. 34, 1931.
7. JANSON, ERNA. Studien über die Aggregationserscheinungen in den Tentakeln von *Drosera*. Beih. z. Bot. Centralblatt, Bd. 37, 1, 1920.
8. MÜNCH, E. Die Stoffbewegungen in der Pflanze. Jena, 1930.
9. STEFAN, J. Über die Diffusion der Flüssigkeiten. Sitzungsber. d. Math. Naturw. Klasse d. K. Acad. d. Wiss., Wien, 79 II. 1879.
10. VOIGTLÄNDER, F. Über die Diffusion in Agargallerte. Zeitschr. f. physikalische Chemie Bd. 3, 1889.
11. FITTING, H. Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 44, 1907.

Groningen, Februar 1932.