

Die Münch'sche Druckstromtheorie der Assimilatleitung im Urteil der Nachwelt

Von BRUNO HUBER

(Eingegangen am 30. 6. 1956)

Neben den Beiträgen zur Forstpflanzenzüchtung haben MÜNCH seine experimentellen und theoretischen Beiträge zur Frage der Assimilatleitung weltbekannt gemacht. Daher soll in diesem Gedächtnisheft auch diese Seite seiner Tätigkeit wenigstens durch einen Aufsatz gewürdigt werden. Als MÜNCHS Nachfolger auf den Forstbotanischen Lehrstühlen in Tharandt und München auf dem gleichen Gebiete tätig, fühlt sich Verfasser zu dieser Würdigung nicht nur berufen, sondern ehrenvoll verpflichtet.

Werfen wir zunächst einen kurzen Blick auf die Vorgeschichte der MÜNCH'schen Druckstromhypothese! 1922 hatte der Forstmeister ERNST MÜNCH den Ruf der Forstlichen Hochschule Tharandt auf den Forstbotanischen Lehrstuhl angenommen. Als Inhaber dieses traditionsreichen Lehrstuhles übernahm er an Stelle des 1921 verstorbenen N. BÜSGEN auch die Neubearbeitung des Werkes „*Bau und Leben der Waldbäume*“. Obwohl es Verfasser versäumt hat, MÜNCH bei Lebzeiten danach zu fragen, ist kaum zu bezweifeln, daß MÜNCH bei dieser Gelegenheit auf die Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse über die Assimilatleitung aufmerksam wurde. Auf jeden Fall finden wir in der Oktober 1926 abgeschlossenen und 1927 erschienenen dritten Auflage des genannten Werkes bereits den Kern seiner Theorie dargestellt¹⁾, die dann 1930 in einem selbstständigen Buch über „*Die Stoffbewegungen in der Pflanze*“ die weltbekannte Fassung erhielt. Der Vergleich der beiden Fassungen ist deswegen lehrreich, weil er den Kern von späteren Zutaten unterscheiden läßt.

An der Spitze stehen zwei klar formulierte Erkenntnisse:

1. „*Wachstum findet nicht dort statt, wo die Stoffe hinströmen, sondern die Stoffe strömen dorthin, wo das Wachstum stattfindet. Die wachsenden Pflanzenteile sind Anziehungszentren für Baustoffe*“ (aus „*Bau und Leben der Waldbäume*“ S. 349).

Der Ausgangspunkt der MÜNCH'schen Überlegungen war also keineswegs der von den erzeugenden Geweben ausgehende Druck, sondern vielmehr die von den Stätten des Verbrauches ausgeübte Anziehung.

2. Beim Versuch, diese Anziehung zu erklären, stieß MÜNCH auf das zweite für seine weiteren Überlegungen entscheidende Prinzip: „*Durch Ausfällung der gelösten Bildungsstoffe verliert der Saft seine osmotische Saugkraft und wird durch den Gewebedruck, den Druck der gespannten Zellwände und der umgebenden Zellen aus der Zelle ausgetrieben*“ (ebenda S. 352).

Nach demselben Prinzip muß umgekehrt dort, wo gelöste Assimilate neu entstehen, Wasser angesogen werden und der Saft unter Druck kommen. Unter der hypothetischen Annahme, daß die Siebröhren nichts anders als

eine passive Röhrenverbindung zwischen diesen beiden Polen darstellen, gelangt MÜNCH zu folgender, durch einen Modellversuch jederzeit leicht verifizierbaren Vorstellung:

An den Stellen hohen osmotischen Druckes (den Assimilationsgeweben) wird Wasser angesogen und Lösung unter Druck gesetzt,

an den Stellen niederen osmotischen Druckes (den Verbrauchsstätten) wird Wasser abgefiltert,

im verbindenden Röhrensystem (den Siebröhren) strömt Saft im Verhältnis der ansaugenden Oberfläche zur leitenden Querschnittsfläche (Transformation einer langsamen osmotischen Strömung in eine etwa zehntausendmal schnellere hydraulische Massenströmung).

Nicht zu übersehen ist bei diesen Formulierungen der Einfluß der Erfahrungen, welche MÜNCH als Berater des Kriegsausschusses für Ule und Fette während des ersten Weltkrieges über die Harzgewinnung gesammelt und in einer umfangreichen Abhandlung veröffentlicht hatte; handelt es sich dabei doch um eine Entleerung angeschnittener Röhrensysteme unter dem Druck der sie auskleidenden harzsezernierenden Zellen. Schon damals hatte MÜNCH festgestellt, daß im Laufe der Zeit mehr Harz ausfließt als in diesen Röhrensystemen ursprünglich vorhanden ist, daß es also von den Sekretzellen nachgeliefert wird, ähnlich wie das auch von der Kautschukgewinnung bei *Hevea* bekannt ist. Er hatte sich um die Bestimmung der dabei auftretenden Drucke und Widerstände bemüht und ein Modell erdacht, welches die Sekretion des Harzes unter Druck und ein gleichzeitiges Nachsaugen von Wasser aus dem umgebenden Holz verständlich machen sollte.

Freunde und Gegner dieser Konzeption stimmen darin überein, daß damit zum ersten Mal eine geschlossene und in allen Teilen überprüfbare Theorie der Assimilatwanderung vorlag, welche anderen Forschern erst Mut machte, sich mit diesen bisher vernachlässigten Fragen zu beschäftigen. In der Tat ist seither die Diskussion über diesen Gegenstand nicht mehr zur Ruhe gekommen. Allein in Deutschland haben sich inzwischen nicht weniger als drei Habilitationsschriften (ROUSCHAL, BAUER, ZIEGLER) mit diesem Problemkreis beschäftigt. Schon das ist ein geschichtliches Verdienst, welches MÜNCH mit berechtigter Befriedigung erfüllte.

Im Abstand von drei Jahrzehnten wollen wir uns aber nicht mit diesem Hinweis auf ein historisches Verdienst begnügen, sondern die Theorie auf ihren objektiven Wahrheitsgehalt hin prüfen. Dabei fällt auf, daß die Vorstellung, die für MÜNCH den Ausgangspunkt bildete, *das Freiwerden von Wasser bei der Kondensation der Assimilate* am wenigsten Beachtung gefunden, vielleicht auch am wenigsten Widerspruch erregt hat. Führende Physiologen wie LUNDEGÅRDH (1945) arbeiten mit dieser Vorstellung wie mit einem Axiom, und auch für so auffallende anatomische Merkmale wie die Tüpfelverbindungen zwischen Markstrahlen und Gefäßen, gibt sie die einleuchtendste Erklärung.

Die Kritik richtet sich vielmehr in erster Linie gegen die allzu einfache Vorstellung einer passiven Druckfiltration aus den Assimilationsgeweben in die Siebröhren. Die Umwandlung der heranströmenden Zuckerphosphate in Rohrzucker und dessen Anreicherung in den Siebröhren läßt keinen Zweifel, daß hier keine passive Filtration, sondern

¹⁾ Schon am 26. Februar 1926 hatte MÜNCH die ihn bewegenden neuen Vorstellungen der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Berlin, am 27. Juni 1927 auf der Botanikertagung in Braunschweig vorgetragen. Die darüber in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft erschienenen Berichte sind aber schon wegen ihrer Kürze weniger aufschlußreich als die Fassung in „*Bau und Leben der Waldbäume*“.

eine aktive Drüsentätigkeit vorliegt, wie sie auch nach dem anatomischen Bild der Gefäßbündelscheide und der Siebröhrengleichzellen zu vermuten ist. Gerade bei der Klärung dieser Verhältnisse hat aber die von MÜNCH gelehrte einfache Gewinnung des Siebröhreninhaltes eine entscheidende Rolle gespielt. Er hat das Zapfen von Siebröhrensaft in „Bau und Leben der Waldbäume“ (S. 133) beschrieben und abgebildet und „erst nach Abschluß und Niederschrift der eigenen Arbeit die Mitteilungen von TH. HARTIG zu Gesicht bekommen, weil sie später nirgends mehr berücksichtigt sind“ (Stoffbewegungen S. 126). Es war der fruchtbarste methodische und experimentelle Beitrag MÜNCHS zu unserem Problem.

Am dunkelsten ist heute noch immer die Rolle der Siebröhren selbst. Sicher sind sie die Bahnen des Assimilatstromes, welche die Stätten des Verbrauches mit denen der Erzeugung verbinden. Sicher ist auch, daß die Assimilate in ihnen mit Geschwindigkeiten wandern, welche die der freien Diffusion um mehrere Zehnerpotenzen übertreffen. Ob das aber im Sinne MÜNCHS in Form einer hydraulischen Druckströmung geschieht, in der die Siebröhren nur eine passive Rolle spielen, oder ob sie (oder wenigstens ihre Geleitzellen) auch aktiv in den Transport eingreifen, darüber konnten sich die Forscher bis heute noch nicht einig werden. Die Übereinstimmung, welche Kohlenhydrate, Viren, Farbstoffe und radioaktive Isotope bei der Wanderung in den Siebröhren in Richtung und Geschwindigkeit aufweisen, deutet auf eine gemeinsame Verfrachtung in einer Massenströmung. Das würde aber nicht ausschließen, daß das gemeinsame Lösungsmittel in seiner Strömung aktiv beschleunigt wird. Für eine solche aktive Komponente werden Temperatur- und Atmungsabhängigkeit der Strömung ins Feld geführt. In dieser Hinsicht konzentriert sich augenblicklich das Interesse der Anatomen und Physiologen auf die Geleitzellen einerseits, auf die Siebplatten andererseits. Von diesen kann z. Z. niemand mit Sicherheit sagen, ob „sie die Bewegung der Assimilate hemmen, fördern oder überhaupt beeinflussen“ (ESAU u. CHADLE, vgl. auch HUBER u. BAUER).

Wir werden demnach abschließend sagen müssen, daß die Wanderung der Assimilate sicher ein komplizierterer Vorgang ist, als es die MÜNCH'sche Druckstromtheorie an-

nahm. Der Eintritt der Assimilate in die Siebröhren ist zweifellos nicht nur ein hydraulischer, sondern ein komplizierter vitaler Stoffwechselfvorgang; ob die Strömung in den Siebröhren rein passiv erfolgt oder gleichfalls eine vitale Komponente aufweist, ist noch strittig; daß der Verbrauch der Assimilate eine Wassersekretion zur Folge hat und damit Platz für Nachstrom schafft, ist von keiner Seite ernstlich in Frage gestellt.

In einem aber bewegen sich auch diese Erweiterungen und Verfeinerungen auf dem Boden MÜNCH'scher Gedankengänge, wenn er schreibt: „Die Stoffbewegungen sind mit chemischen Umsetzungen verknüpft, die aus festen oder nicht diosmierenden Stoffen osmotisch wirksame und wanderfähige Körper schaffen und schließlich wieder in Form unlöslicher oder sonstwie osmotisch weniger wirksamer Form ausfallen“ (Bau und Leben, S. 353). Freilich hat unsere Zeit von dieser „metabolischen Aktivität“ ungleich feinere Vorstellungen als vor dreißig Jahren, wo es sich im Wesentlichen um ziemlich grobe osmotische Vorstellungen handelte.

Literatur

- BAUER, L.: Zur Frage der Stoffbewegung in der Pflanze mit besonderer Berücksichtigung der Wanderung von Fluorochromen. Habilitationsschrift der Naturwiss. Fakultät d. Univ. München. *Planta*, 42, 367—451 (1953). — BÜSGEN, M., u. E. MÜNCH: Bau und Leben der Waldbäume. 3. Aufl. Jena 1927. — BÜSGEN, M., u. E. MÜNCH: The structure and life of forest trees. Engl. Übersetzung d. vorigen durch TH. THOMSON, London 1929. — ESAU, K., u. V. I. CHADLE: Significance of cell divisions in differentiating secondary phloem. *Acta Bot. Neerl.* 4, 348—357 (1955). — HUBER, B., u. L. BAUER: Wasserumsatz und Stoffbewegungen. *Fortschr. Bot.* 18, 226—241 (1956). — LUNDEGÅRDH, H.: Absorption, transport and exudation of inorganic ions by the roots. *Arkiv för Botanik* 32a, 1—139 (1945). — MÜNCH, E.: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Kiefernharznutzung. *Arbeiten Biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft* 10, 1—140 (1921). — MÜNCH, E.: Dynamik der Saftströmungen. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 44, 68—71 (1926). — MÜNCH, E.: Versuche über den Saftkreislauf. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 45, 340—356 (1927). — MÜNCH, E.: Die Stoffbewegung in der Pflanze. Jena 1930. — ROUSCHAL, E.: Untersuchungen über die Protoplasmatik und Funktion der Siebröhren. Habilitationsschrift der Tierärztl. Hochschule Hannover. *Flora* 135, 135—200 (1941). — ZIEGLER, H.: Untersuchungen über die Leitung und Sekretion der Assimilate. Habilitationsschrift der Naturwiss. Fakultät der Univ. München. *Planta* 47, 447—500 (1956).