

Christian Reichels Dissertation über die Saftbewegung in den Pflanzen (1758).

Von Felix Mainx.

In der historischen Entwicklung der pflanzenphysiologischen Forschung verdient eine kleine Schrift des späteren Leipziger Professors George Christian Reichel besondere Beachtung, seine in lateinischer Sprache abgefaßte Dissertation „De vasis plantarum spiralibus“ (Lipsiae, ex officina Breitkopfia 1758). Daß sie die ihr gebührende Würdigung nicht gefunden hat, beruht vor allem auf dem vernichtenden Urtheil des einzigen Geschichtsschreibers der Pflanzenphysiologie, des großen Forschers Julius Sachs, der gerade in der Frage der Wasserleitung der höheren Pflanzen einen von Reichel stark abweichenden und — wie jetzt klargelegt ist — völlig irrigen Standpunkt eingenommen hat (J. Sachs: Geschichte der Botanik, München 1875, p. 522 ff.). Während Reichel die jetzt allgemein anerkannte und uns bereits selbstverständlich erscheinende Tatsache zu begründen suchte, daß der in der Pflanze aufsteigende Wasserstrom im Lumen der Gefäße des Holztheiles sich bewege, griff Sachs auf die alte Anschauung zurück, daß das Gefäßlumen bei gesunden unverletzten Pflanzen mit Luft erfüllt sei und nahm an, daß das Wasser in den Wänden der Gefäße empor geleitet werde. Da es jedoch nicht die Aufgabe dieser Zeilen ist, sich mit den sachlichen Argumenten dieser Meinungsverschiedenheit auseinander zu setzen, sei nur darauf hingewiesen, daß offenbar unter dem Eindrucke der Autorität Julius Sachs' die späteren historischen Betrachtungen Reichels Arbeit mit Stillschweigen übergehen.

Und doch verdient sie aus verschiedenen Gründen unter den vielen anderen für den Fortschritt der Forschung wenig ersprißlichen Arbeiten des 18. Jahrhunderts hervorgehoben zu werden. Zunächst ist der ganze Aufbau der kleinen Arbeit so echt naturwissenschaftlich, daß er uns an gute Arbeiten unserer Zeit erinnert. In der Einleitung wird gewissenhaft die gesamte umfangreiche Literatur über den Gegenstand zitiert und kritisch verarbeitet. Der experimentelle Teil ist durch methodische Geschicklichkeit und zielbewußte Verfolgung des einmal eingeschlagenen empirischen Weges ausgezeichnet. In der Zusammenfassung werden die Schlüsse in exakter Weise von den empirischen Ergebnissen abgeleitet, mit feinem biologischen Verständnis in das damals bestehende Lehrgebäude eingeordnet und die Möglichkeit von Zweifeln oder Einwänden wird diskutiert. Rei-

chel war nicht der erste, der die Methode der Aufsaugung gefärbter Flüssigkeiten anwendete, er war auch nicht der erste, der die Behauptung aufstellte, daß das Wasser im Innenraum der Gefäße geleitet werde — die Art aber, wie er experimentiert, wie er praktische Versuche und theoretische Überlegungen zu einander beeinflussenden Teilen einer höheren Einheit verknüpft, ist für seine Zeit ohne Zweifel ungewöhnlich und so ist seine Arbeit vielleicht weniger als Erkenntnisgewinn einer Spezialwissenschaft denn als Markstein in der Entwicklung der Biologie zu einer exakten Wissenschaft von Bedeutung.

Im folgenden sei kurz der Inhalt der Reichelschen Dissertation mitgeteilt. In der Einleitung gibt der Verfasser zunächst einen Überblick über die Entwicklung der Pflanzenanatomie, die in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts damit begann, daß man Vergleiche zwischen Tier und Pflanze anstellte und von diesem Standpunkt aus die anatomische Untersuchung der Pflanze forderte. Hooke wird erwähnt und Maior, der die Fasern der Pflanzen mit den Gefäßen der Tiere verglich und annahm, daß Säfte in ihnen zirkulieren. Als Fundamente pflanzenanatomischer Forschung werden die Ergebnisse Malpighis und Grews hervorgehoben, unter denen, die ihren weiteren Ausbau besorgten, werden besonders Leeuwenhoek, Rudbeck und Raius genannt. Unter denen, die gewisse Meinungen Grews bekämpften, finden wir Aug. Fr. Walther, der die Natur der „Luftgefäße“ der Pflanzen leugnete und behauptete, daß sich diese in keiner Weise von den der Ernährung dienenden und Säfte führenden Gefäßen (den „*vasa propria*“, Milchgefäße und dergleichen, deren Bedeutung man weit überschätzte) unterscheiden, ja er ging sogar so weit, die Existenz der Spiralgefäße überhaupt zu leugnen. Auch Reichels Lehrer Chr. G. Ludwigius und Gr. R. Boehmer gehörten zu denen, die die Deutung der Gefäße als Luftröhren durch Grew nicht annehmbar fanden. Endlich wird gezeigt, wie man allmählich dazu überging, derartige physiologische Fragen nicht nur durch den anatomischen Befund, sondern auch durch das physiologische Experiment ihrer Lösung zuzuführen.

Für die hier zur Diskussion stehende Frage, Vorkommen, Bau und Bedeutung der Gefäße in den Pflanzen haben auch Malpighi, Grew und ihre zahlreichen Nachfolger die anatomischen Grundlagen geliefert. Die Verbreitung der Gefäße, ihre Lagerung im Holz, in krautigen Pflanzen und Früchten, ihr Verlauf und ihre Struktur sind von ihnen schon weitgehend aufgeklärt (Feststellungen, die zum Teil noch heute ihre Gültigkeit haben). Reichel bespricht nun seine eigenen Untersuchungen über den Bau der Gefäße, wobei er neben den einfachen und zusammengesetzten Spiralgefäßen auch andere Typen erwähnt. Durch Beobachtung von schief geschnittenen, zerdrückten oder

zerrissenen Gefäßen sind Irrtümer entstanden, die er richtigstellt. Dann kommt er auf die Funktion der Gefäße zu sprechen. Malpighi nannte die Gefäße „Tracheen“ (ein Name, der sich bis heute erhalten hat!) und verglich sie mit den ähnlich gebauten Atmungsorganen der Insekten. Durch Analogie schloß er, daß sie auch die gleiche Funktion haben, da ja die Atmung, die bei den Tieren eine so große Rolle spielt, auch bei den Pflanzen von der größten Bedeutung sein müßte. Er suchte vergeblich nach den Eintrittsstellen der Luft in diese Atemgefäße, nahm aber dann an, daß die Wurzeln die im Boden enthaltene Luft zur Atmung in die Pflanze aufnehmen, wie sie ja auch das Wasser aufnehmen, daß die Pflanzen also gleichsam mit ihren Eingeweidn im Boden verwurzelt sind. Durch die Gefäße werden die Atemgase in alle Teile der Pflanze geleitet und dort von den benachbarten Geweben zum Teil aufgenommen und weiter verarbeitet. Hier versuchte Malpighi Analogien zum Körper der Warmblütler aufzustellen, in dem der Blutkreislauf die in die Lungen aufgenommene Luft in alle Teile des Körpers verbreitet und in den auch mit der Nahrung gewisse Mengen Luft mit aufgenommen werden, die vielleicht die Verdauung fördernd beeinflussen. Reichel gesteht ohne weiteres zu, daß ziemliche Mengen Luft im Pflanzenkörper vorhanden seien, nur daß diese Luft in den Gefäßen geleitet werde, bezweifelt er. Auch er greift auf den Vergleich mit dem Tierkörper zurück und weist darauf hin, daß die in die Verdauungswege aufgenommene Luft sicher keine Rolle bei der Verdauung spielt und auch nicht in den Blutkreislauf aufgenommen wird, daß dagegen die Atemluft aus den Lungen in gelöstem Zustand mit dem Blut dem Körper zugeführt wird. So, meint er, trete auch bei den Pflanzen die Atemluft in gelöstem Zustand mit den Säften in die Gewebe ein. Malpighi vermutete sogar, daß die durch Temperaturschwankungen bedingten Expansionen und Kontraktionen der Luft in den Gefäßen einen Einfluß auf die Saftbewegung haben könnten, ähnlich wie ja auch vom Ein- und Ausatmen der Lungen der Blutkreislauf abhängt. Reichel weist dagegen auf den ganz verschiedenen Bau der beiden hier verglichenen Organe hin und bezweifelt, daß die Gefäße der Pflanzen mit ihren ausgesteiften Wänden den Druckdifferenzen der Luft überhaupt nachgeben könnten. Grew schloß sich der Meinung Malpighis an, hält es jedoch für möglich, daß die Gefäße nicht immer nur mit Luft gefüllt seien. Er hatte auch als erster festgestellt, daß das „Bluten“ verletzter Bäume im Frühjahr nicht aus der Rinde, sondern aus dem Holz, also aus den Gefäßen erfolgt. Malpighi erklärte dies mit der Annahme, daß die große Menge des Wassers im Frühjahr in den zu dieser Jahreszeit noch in Bildung begriffenen Leitungsbahnen der Rinde nicht genügend Platz findet und daher in die Luftge-

fäße überfließt, dann aber wieder mit dem Rückgang der Quantität des Wassers in die zu seiner Leitung bestimmten Bahnen der Rinde zurückkehrt. Gegen diese Erklärung wendete sich schon Raius, der in zahlreichen Versuchen zeigen konnte, daß niemals aus der Rinde Blutungssaft austritt und der betont, daß die Gefäße wegen ihres weiten Lumens viel besser zur Wasserleitung geeignet erscheinen, als die Elemente der Rinde. Reichelt findet es übrigens überflüssig kompliziert, daß die im Wasser des Bodens gelöste oder in feinen Bläschen verteilte Luft bei der Aufnahme in die Pflanze von ihm geschieden werden und von ihm getrennt, die Luft in den Gefäßen, das Wasser in der Rinde, empor geleitet werden sollte, um dann wieder mit dem Wasser gemischt in die Gewebe der Pflanze aufgenommen und von ihnen ausgeschieden zu werden.

Eine Reihe von Forschern hat sich der Meinung Malpighis und Grews angeschlossen und suchte die Natur der Gefäße als Durchlüftungsorgane durch Versuche mit der Luftpumpe zu erweisen. Nieuwentyt stellte fest, daß unter der Luftpumpe aus unter Wasser getauchten Zweigen große Luftmengen austreten, besonders stark ist aber der Austritt der Luft aus dem Holzkörper und den Gefäßen. Hales setzte einen Zweig luftdicht an ein Glasrohr und stellte dessen unteres Ende in Wasser. Nach einiger Zeit erschien das Wasser in dem Rohr mehr oder weniger emporgehoben und er schloß daraus, daß der Zweig mit der Schnittfläche aktiv Luft aufnehme (wir deuten allerdings diesen wichtigen Versuch heute anders!). Dann dichtete er einen Zweig so in die Luftpumpe ein, daß er mit seinem unteren abgeschnittenen Ende im Innenraum der Glocke unter Wasser zu stehen kam. Bei Evakuierung der Luft traten zahlreiche Luftbläschen aus der Schnittfläche, und zwar wieder besonders aus den Gefäßöffnungen aus. Das Experiment konnte er beliebig oft wiederholen, woraus er schloß, daß sich die Luft in den Gefäßen auch durch die Poren der Rinde immer wieder ersetzen kann. Dies alles ist auch nach der Meinung Reichels wohl beweisend für die Anwesenheit von Luft in der Pflanze überhaupt, nicht jedoch für die spezielle Bestimmung der Gefäße als Luftbehälter. Es tritt ja beim Evakuieren aus allen Teilen der Pflanze Luft aus und daß die Luftblasen, die aus den Gefäßen kommen, besonders groß sind, beruht eben lediglich auf deren großen Durchmesser. Es kann ja gar nicht anders sein, als daß die durch den Unterdruck aus der Lösung in den Säften der Pflanze befreite Luft aus den Gefäßen als den größten Öffnungen austrete. Auf diesem Wege läßt es sich nicht entscheiden, ob die Gefäße in der lebenden Pflanze Luft, Saft, oder beides gemischt enthalten. Die ausführliche Diskussion der bisherigen Forschungsergebnisse schließt Reichel mit der allgemeinen Betrachtung, wie schwer es

sei, über die Funktion von so zusammengesetzten Körpern etwas Sicheres auszusagen oder gar über die Funktionen ihrer einzelnen Teile, ohne deren feineren Bau und Zusammenhang genau zu kennen. Voraussetzung ist also die anatomische Arbeit, die eine aus vielen verschiedenen Teilen zusammengesetzte Maschine aufdeckt. Der Sinn ihrer Zusammensetzung bleibt aber vorerst unklar und läßt sich durch bloße Analogie mit anderen einfacher gebauten Organen nicht aufklären. Nur ein Weg führt hier weiter, das physiologische Experiment, der empirische Eingriff in die Funktion des lebenden Organs. Nur dieses in Verbindung mit dem anatomischen Befund kann Klarheit schaffen. Reichel teilt die Methodik seiner eigenen Versuche genau mit, damit andere sie nachprüfen und verbessern können. Erst während der Niederschrift seiner Untersuchungen werden ihm die Arbeit Bonnets (1754) und durch sie die von Sarrabat, genannt De la Baisse (1733) bekannt, die beide schon die Methode des Aufsteigens gefärbter Flüssigkeiten mit Erfolg verwendet haben. (Gleichzeitig mit Reichels Arbeit erschienen die auch mit der gleichen Methode durchgeführten Untersuchungen von Duhamel de Monceau — ein Zeichen für das Bedürfnis der Zeit nach dem physiologischen Experiment!)

Nun geht Reichel zur Aufzählung seiner Versuche über und schildert mit begeistertem Schwung den tiefen Eindruck, den ihm deren Resultate machten. Als Farblösung verwendet er den filtrierten roten Dekokt des Fernambuk-Holzes und stellt frische abgeschnittene Zweige verschiedener Pflanzen hinein. Unter anderen verwendet er Zweige der Weinrebe, Balsamine, Rose, Maulbeere, Haselnuß und Melone. Nach einigen Stunden beobachtet er in Querschnitten durch den oberen Teil der Äste rote Punkte im Holzkörper. Seine Vermutung, daß es sich um die Gefäße handelt, wird durch die mikroskopische Untersuchung bestätigt. Um ihre Öffnungen findet er den von Malpighi und Grew beschriebenen „netzförmigen Körper“ (die Wandverdickungsleisten) intensiv rot gefärbt. Da aber auch bei Verwendung von sehr scharfen Messern zur Herstellung der Querschnitte der Inhalt der Gefäße durch den Druck ausgepreßt werden muß, hält er diesen Befund für nicht genügend beweisend für die wasserleitende Funktion der Gefäße. Er stellt daher Längsschnitte her, findet in der Rinde und im Mark nirgends eine Färbung, dagegen erscheinen die Gefäße nicht nur in den Wänden gefärbt, sondern sind auch dort, wo größere Stücke unverletzt im Schnitt liegen, ganz mit der Lösung angefüllt. Dadurch ist es wohl sichergestellt, daß das Wasser im Lumen der Gefäße geleitet werde. Bei Melonen lassen sich die mit dem roten Saft angefüllten Gefäße bis in die Frucht verfolgen, ja sogar bis in die Samenstiele. (Es spricht für die Gewissenhaftigkeit und die

kritische Einstellung Reichels, daß hier und bei den folgenden Versuchen Parallelversuche mit Wasser angestellt und genau geprüft werden.) In einer Reihe weiterer Versuche werden ganz unverletzte Pflanzen, die mit den Wurzeln ausgehoben wurden, nach Abspülen der Erde mit dem Wurzelsystem in die Farblösung gestellt (Balsamine, Weinrebe, Stechapfel u. a.). Am nächsten Tag kann man den Verlauf der ausgefärbten Gefäße im Stamm mit freiem Auge verfolgen, nach einiger Zeit sind die Mittelrippen, nach zwei Tagen auch die Seitennerven der Blätter gefärbt. Auch die Leitbündel in den Fruchtwänden der Balsamine enthalten den Farbstoff, in den weißen Blütenblättern des Stechapfels treten sie durch die Färbung besonders schön hervor, ja sogar im Kelch, im Griffel und in den Staubblättern läßt sich der Verlauf der Leitbündel auf diese Weise schön darstellen. Läßt man die Pflanzen mehrere Tage in der Lösung, dann tritt der Farbstoff aus den Gefäßen in das Blattparenchym aus, das dadurch gelblich gefärbt wird, die Leitbündel sind dann schon fast schwarz. Unter der Einwirkung von Fäulnis gelingt durch Mazeration die Darstellung des gefärbten Skelettsystems eines Stammteiles, das Reichel als Beweis für seine Versuche aufbewahrt. Er stellt sich nun die Frage, ob auch Pflanzen, die im Wasser ihren Ursprung nehmen, sich ebenso verhalten. Mit den Wurzeln ausgehobene Exemplare von *Butomus*, *Arundo* und *Canna* werden in die Farblösung gestellt mit dem Erfolg, daß auch hier die Gefäße sich rot färben. Bei *Butomus* bilden sich sogar während des Versuches neue Blätter, deren junge Gefäße auch schon den roten Farbstoff führen und dadurch in ihren feinsten Verzweigungen besonders deutlich hervortreten. In einem anderen Versuch werden die Adventivwurzeln eines *Mesembryanthemum* in die Farblösung getaucht. Auch hier läßt sich nach einiger Zeit in den oberhalb der Insertionsstelle der Adventivwurzeln gelegenen Stammteilen und Blättern der Farbstoff in den Gefäßen nachweisen. Ähnliche Beobachtungen werden an einem mit Adventivwurzeln versehenen *Cereus* gemacht. Reichel findet es auffallend, daß am Querschnitt des sukkulenten Stammes kein zentraler einheitlicher Holzkörper zu sehen ist, sondern die Gefäße in Gruppen in einem Kreis verteilt sind. In einem Längsschnitt bot sich ihm ein „sehr schönes Bild“ Es ist gerade die Insertionsstelle einer Adventivwurzel getroffen und man sieht die Verbindungen zwischen dem Leitgewebe der Wurzel und dem des Stammes durch die Färbung deutlich hervorgehoben. Vom Verlauf der Gefäße bis an die Samenanlagen angeregt, untersucht Reichel endlich, ob nicht auch die Samen selbst schon Gefäße enthalten. Er läßt Bohnen- und Lupinensamen in der roten Flüssigkeit keimen und kann daraufhin den Verlauf der mit rotem Saft gefüllten Gefäße schon in der Keimwur-

zel, den Kotyledonen und den jungen Blättern nachweisen. Die Anhäufung der Gefäße in der Placenta um die Orte der Samenbildung und ihr Vorkommen in der Keimwurzel und den Kotyledonen der Samen lassen schon darauf schließen, daß sie eine andere und wichtigere Aufgabe haben müssen, als nur für die eindringende Luft „offen zu stehen“. Für die Wichtigkeit ihrer Funktion spricht es auch, daß sie im Pflanzenkörper immer geschützt liegen, entweder zwischen Holzfasern oder anderen festen Geweben oder bei weichen Organen wenigstens von anderen weichen Geweben umgeben.

In der Zusammenfassung werden noch einmal alle Beweise wiederholt für die Funktion der Gefäße als Leitungsbahnen für die Zufuhr der flüssigen Nahrung, des Wassers und der in ihm gelösten Nährstoffe, also als „vornehmliche Organe der Ernährung“. Zunächst ihre Verteilung und Lagerung im Pflanzenkörper, dann ihre Fähigkeit, im Versuch das gefärbte Wasser in alle Teile der Pflanze zu leiten, wobei besonderes Gewicht auf die Versuche mit unverletzten Pflanzen mit ganzem Wurzelsystem gelegt wird, ferner die Möglichkeit der Bildung neuer Blätter bei dieser Behandlung und endlich der Umstand, daß der Farbstoff bei längerer Versuchsdauer zunächst in den Geweben um die Gefäße erscheint. Es sind also die Gefäße nicht, wie Malpighi, Grew und andere behaupteten, mit Atemluft gefüllt, sondern mit Säften, die in ihnen aufsteigen. Reichel ist auf Widerspruch gefaßt, besonders auf den Einwand, warum denn ein Baum absterben müsse, wenn man ihm die Rinde ringsherum abschält, dagegen weiterlebe, wenn auch der größte Teil des Holzkörpers durch Fäulnis zerstört ist (die richtige Antwort auf diese Frage konnte die damalige Zeit mit ihren unvollkommenen physiologischen Kenntnissen natürlich nicht finden!). Gegen dieses Bedenken führt er die Beobachtungen anderer Anatomen, z. B. von la Baisse an, daß Bäume trotz kreisförmigen Rindenschnittes noch eine zeitlang weiterleben, ja sogar noch Blätter, Blüten und Früchte ausbilden können. Das wäre aber nicht möglich, wenn die so notwendige flüssige Nahrung nur in der Rinde aufsteigen würde. Reichel schließt seine Ausführungen der Sitte der Zeit entsprechend mit einem poetischen Erguß, einigen Distichen aus dem unter dem Eindruck der Entdeckung der Sexualität der höheren Pflanzen entstandenen umfangreichen Gedicht des Adrian van Royen: „De amoribus et connubiis plantarum“