

Ueber die Respirationsorgane der Pflanzen.

Eine vor mehreren Monaten in den Verhandlungen der Belgischen Akademie der Wissenschaften (II. série, tome XVI. Nr. 12) erschienene werthvolle Abhandlung des Herrn Professor *E. Morren* an der Universität zu Lüttich, „détermination du nombre des stomates“, hat mich veranlasst, diesen interessanten Gegenstand ebenfalls zu verfolgen und eine Anzahl von Pflanzen in Bezug auf Zahl und Verbreitung ihrer Stomata zu untersuchen. Indem ich diese Untersuchungen hier mittheile, halte ich es zur weiteren Orientirung für zweckmässig, die neueren Beobachtungen und Forschungen darzulegen, welche diese Luftöffnungen und die Respirationsorgane der Pflanzen überhaupt zum Gegenstande haben. Die Darlegung enthält ausser einer kritischen Zusammenstellung des schon Bekannten noch manches Neue, dessen Beurtheilung ich dem Wohlwollen der Sachkenner anheimstelle. —

Die Zahl der Stomata an den von mir untersuchten Pflanzen habe ich mit einem Mikroskop mittlerer Grösse von *Oberhäuser* unter Anwendung des Objektivsystems 7, bei 300maliger Linearvergrößerung bestimmt; das Gesichtsfeld ist dann nach einer von mir mit dem Glasmikrometer gemachten Messung und Berechnung eine Fläche von 0,28278... Quadratmillimeter; wird die auf diesem Gesichtsfelde beobachtete Zahl der Luftöffnungen mit 1:0,28278..., das ist mit 3,5363... multiplicirt, so erhält man ihre durchschnittliche Zahl auf einem Quadratmillimeter des Pflanzentheils, vorausgesetzt natürlich, dass sie gleichmässig auf demselben vertheilt sind. Will man Vergleichen der Stomatenzahl bei verschiedenen Pflanzen und ihren Theilen anstellen, so muss man von einer bestimmten Flächen-Einheit ausgehen, wozu sich ein Quadratmillimeter nach dem Vorgange von *Morren* am besten eignet. Um die Zahlbestimmungen der andern Schriftsteller, welche sich auf verschiedene Flächeneinheiten beziehen, benutzen zu können, war eine Ueberführung derselben auf die Fläche eines Quadratmillimeters nöthig; dazu diente mir bei den auf englische Maasseinheiten bezogenen Angaben der Botaniker *Thomson* und *Lindley* die Gleichung 1 Quadratzoll englisch = 645,16 Quadratmillimeter, bei denjenigen von *Unger* die Gleichung 1 Quadratlinie Wiener Maass = 4,82 Quadratmillimeter und bei den der andern deutschen Botaniker die Gleichung 1 Quadratlinie rheinisch = 4,75 Quadratmillimeter.

1. Organisation der Stomata; Verbreitung derselben im Pflanzenreiche.

Bekanntlich sind die Stomata mikroskopisch kleine, gewöhnlich spaltenförmige Oeffnungen in der Oberhaut, jede umgeben von zwei, bei der Betrachtung von oben halbmond- oder nierenförmig erscheinenden Zellen. Der Längsdurchmesser der Oeffnung selbst beträgt nach einer Messung, welche ich an der von *Schacht* gegebenen Abbildung der Spaltöffnung von *Himantoglossum hircinum* gemacht habe, nicht mehr als 0,035 Millimeter; die Fläche der Oeffnung bei einer *Agapanthus*-Art, deren Stomata ebenfalls zu den grössten gehören, ist nach *Unger's* Messung nicht grösser als 0,0000093 Quadratlinien. Jedes Stoma erweitert sich nach innen in einen kleinen, höhlenartigen Raum, die sogenannte Athemhöhle, in welchen mehrere Intercellulargänge münden. Die beiden Spaltöffnungszellen liegen entweder in derselben Ebene mit der äussersten Schicht der Oberhautzellen, oder tiefer, wie eingesenkt in die

Oberhaut, wodurch eine kleine Erweiterung an ihrer Aussenseite, der sogenannte Vorhof, gebildet wird. Dieser Vorhof ist bei manchen Pflanzen nach aussen verengt und höhlenartig gestaltet, wie bei *Hakea amplexifolia* (*Schleiden* Grundzüge Th. I. Fig. 80), *Dasyliirion acrotryche*, wo die Verengung durch zahnartige Auswüchse der anstossenden Oberhautzellen hervorgebracht wird (*Schacht* Pflanzenzelle Taf. 10), bei *Iris pallida* (*Unger* Anatomie und Physiologie Fig. 71); *Aloë socotrina* (*Schacht* Lehrbuch Taf. 3), bei den Coniferen *Pinus uncinata* und *Torreya nucifera* (*Hildebrand* botan. Zeitung 1860 Taf. 4). Bei vielen Pflanzen wird der Vorhof oder auch nur die Spaltöffnung von den benachbarten Oberhautzellen, welche dann über die allgemeine Oberfläche des Pflanzentheils hervorragen, wie von einem Walle umschlossen. Solche Stomata mit Wall kommen vor bei den Coniferen *Thuja plicata*, *Frenela australis*, *Juniperus macrocarpa*, *Taxus baccata*, *Dammara australis* u. a., welche *Hildebrand* a. a. O. nennt und zum Theil abbildet; ferner bei *Cycas revoluta* (*Schacht* Lehrbuch Taf. 4). Bei einigen ist der Vorhof eine Grube, in deren Grunde mehrere Stomata liegen, so bei *Nerium Oleander* und bei einer *Banksia*, bei welchen beiden dieselbe mit Haaren bewachsen ist (*Schleiden* Grundzüge Fig. 81), bei *Dasyliirion graminifolium*, wo sie durch lange, über einander greifende Oberhautzellen fast verschlossen ist (*Schacht* Lehrbuch der Anatomie Taf. 4), bei *Dasyliirion oblongifolium*, wo die Grube indess trotz ihres wallartigen Randes offen ist (*Unger* Anatomie Fig. 72).

Einige Pflanzen sind mit doppelten Spaltöffnungszellen versehen, mit neben einander liegenden, wie die Proteaceen (*v. Mohl* nova acta A. N. C. XVI. 2. 1833), oder mit über einander liegenden, wie *Ficus elastica* (*Unger* Anatomie Fig. 70). — Die Spaltöffnungszellen, sowie die Zellen der darunter liegenden Athemhöhle sind gewöhnlich, nach einer Bemerkung in dem ausgezeichneten Lehrbuche der Anatomie von *Schacht*, mit einer sehr zarten Fortsetzung der Cuticula überzogen. Der Inhalt der Spaltöffnungszellen gleicht meist dem der darunter liegenden Parenchymzellen, selten dem der Oberhautzellen, und besteht gewöhnlich aus Amylum oder Chlorophyll.

Nicht zu verwechseln mit den Stomaten sind die Oeffnungen, welche man an der Oberfläche vieler niederer Cryptogamen findet, die man aber, da ihnen die beiden Spaltöffnungszellen fehlen, sogleich als Lücken zwischen den Zellen erkennt; diese Lücken sind gewöhnlich die Mündungen von Inter-cellulargängen; manchmal indess sind es nach unten geschlossene Gruben, wie bei den Marchantien. Die Stomata kommen überhaupt bei den nur aus Zellen bestehenden Pflanzen nicht vor, mit einziger Ausnahme der Fruchtoberhaut bei der Lebermoosgattung *Anthoceros*. Da die Zellenpflanzen mit Ausnahme von Frucht und Stengel der Moose keine eigentliche Oberhaut besitzen, so kann man auch sagen: die Stomata kommen überhaupt bei den Pflanzen ohne Oberhaut nicht vor.

In der Abtheilung der gefässführenden Pflanzen, welche bekanntlich alle mit einer eigentlichen Oberhaut versehen sind, die man je nach ihrer Beschaffenheit als Epidermis, Epithelium und Epiblema unterscheidet, sind die Stomata keineswegs allgemein verbreitet; bei keiner im Wasser ganz untergetaucht lebenden Pflanze sind sie vorhanden und die Oberhaut solcher Pflanzen ist demnach nirgends durch Oeffnungen unterbrochen, sondern bildet vielmehr eine continuirliche, dünne Wand. Dagegen sind die mit der atmosphärischen Luft in Berührung befindlichen Theile der übrigen Wasserpflanzen, z. B. die Oberseite der schwimmenden Blätter, wohl mit diesen Organen versehen; *Ranunculus aquatilis* besitzt keine an den untergetauchten Blättern, wohl aber an den schwimmenden. Die Stomata fehlen ferner einigen Landpflanzen, nämlich *Ophrys nidus avis*, *Epipogon Gmelini*, *Monotropa Hypopitys* und *Cuscuta europaea*. Einige Gefässpflanzen besitzen, wie die Zellenpflanzen, statt der Stomata Lücken; so *Stellis* und *Pleurothalis* (*Meyen* Archiv für Naturgeschichte, 1837 I. S. 419), sowie *Salvinia natans* (*Schleiden* Grundzüge Ausg. III., Bd. I. S. 274), sämmtlich an den Blättern.

2. Uebersicht der Beobachtungen.

Da ich die folgenden Auseinandersetzungen zum Theil auf die von mir gemachten Beobachtungen gründen muss, so lasse ich, um Wiederholungen zu vermeiden, eine Zusammenstellung derselben hier vorgehen. Dadurch habe ich zugleich die Anzahl der Pflanzen-Arten, deren Stomatenzahl an den Blättern untersucht ist, um 20 vermehrt, so dass — da die botanischen Schriftsteller vor *E. Morren* 38 Arten untersuchten und dieser selbst 33 andere hinzugefügt hat — ihre Gesamtzahl nunmehr 91 beträgt.

Name der Pflanzen und der an ihnen untersuchten Theile.	Zahl der Stomata,	
	beobachtet	berechnet auf 1 Quadrat- millimeter.
<i>Abies pectinata</i> , Unterseite einer fast erwachsenen Nadel	40	140
Unterseite einer zweijährigen Nadel	28	98
Oberseite beider	0	0
<i>Aesculus Hippocastanum</i> , Unterseite eines vollständig entwickelten Blattes	30	105
Unterseite eines ausgewachsenen, bleichen Blattes ohne Chlorophyll	27	95
Oberseite beider	0	0
<i>Alnus glutinosa</i> , Unterseite eines erwachsenen Blattes	31	108
Abart mit fiederspaltigem Blatte (laciniata), Unterseite eines entwickelten Blattes	32	112
Oberseite beider	0	0
<i>Buxus sempervirens</i> , Unterseite eines entwickelten, aber kleinen Blattes von 10 Millimeter Länge	44	155
Oberseite	0	0
<i>Camellia japonica</i> , Unterseite eines erwachsenen Blattes	70	245
Abart mit gefüllter Blume, Unterseite eines halb erwachsenen Blattes	84	294
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	50	175
Oberseite aller dieser Blätter	0	0
<i>Citrus Aurantium</i> , Unterseite eines ganz jungen Blattes von 12 Millimeter	23	80
Unterseite eines jungen Blattes von 28 Millimeter Länge	70	245
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	90	315
Oberseite aller dieser Blätter	0	0
<i>Hedera Helix</i> , Unterseite eines ungelappten, ausgewachsenen Blattes	30	105
Oberseite desselben	0	0
<i>Ilex Aquifolium</i> , Unterseite eines jungen Blattes von 32 Millimeter	54	189
Unterseite eines erwachsenen Blattes	30	105
Oberseite beider	0	0
<i>Kalmia latifolia</i> , Unterseite eines mehrjährigen Blattes	50	175
Oberseite desselben	0	0
<i>Larix Cedrus</i> , Unterseite einer halb erwachsenen Nadel	6	21
Oberseite desselben	7	25
Unterseite einer zweijährigen Nadel	15	53
Oberseite desselben	10	35
<i>Larix europaea</i> , Unterseite einer platten, erwachsenen Nadel	11	39
Oberseite desselben	0	0
<i>Lilium bulbiferum</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	20	70
Oberseite desselben	0	0
Brutknospe von Erbsengrösse	4	14
<i>Mahonia Aquifolium</i> , Unterseite eines jungen Blattes von 18 Millimeter	60	210
Unterseite eines fast entwickelten Blattes von 48 Millimeter	58	203
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	54	189
Oberseite aller dieser Blätter	0	0
<i>Myrtus communis</i> , Unterseite eines fast erwachsenen Blattes	45	158
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	45	158
Oberseite beider	0	0
<i>Negundo fraxinifolia</i> , Unterseite eines fast erwachsenen Blattes	120	420
Unterseite eines erwachsenen Blattes	110	385
Oberseite beider	0	0
Rinde eines jüngsten Zweiges	0	0

Name der Pflanzen und der an ihnen untersuchten Theile.	Zahl der Stomata,	
	beobachtet	berechnet auf 1 Quadrat- millimeter.
<i>Orobanche rubens</i> , Unterseite des ausgewachsenen Deckblattes	9	32
Oberseite desselben	0	0
Blumenkrone, Stengel und unterirdische Blattschuppen	0	0
<i>Phascolus vulgaris</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	44	154
Oberseite desselben	0	0
<i>Philadelphus coronarius</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	20	70
Oberseite desselben	0	0
<i>Populus alba</i> , Unterseite eines erwachsenen Blattes	90	315
Oberseite desselben	0	0
<i>Portulacca oleracea</i> , Unterseite eines halb erwachsenen Blattes von 18 Millimeter	6	21
Oberseite desselben	0	0
<i>Prunus Laurocerasus</i> , Unterseite eines jungen Blattes von 40 Millimeter	36	126
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	45	158
Oberseite beider	0	0
<i>Quercus coccinea</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	105	368
Oberseite desselben	0	0
<i>Quercus pedunculata</i> , Unterseite eines fast entwickelten Blattes	80	280
Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	65	228
Oberseite beider	0	0
Galle an der Blattunterseite, von <i>Cynips longiventris</i> Htg.	0	0
Galle an der Blattunterseite, von <i>Cynips quercus baccarum</i> L.	0	0
Cynipidengalle an der Stammrinde, Species noch unbestimmt (Galle linsenförmig, Durch- messer 7 Millimeter, Rand blau punktirt)	0	0
<i>Rhododendron ponticum</i> , Unterseite eines jungen Blattes mit umgerolltem Rande, von 35 Millimeter Länge	0	0
Unterseite eines jungen, ganz ausgebreiteten Blattes von 50 Millimeter	40	140
Unterseite eines mehrjährigen Blattes	110	385
Oberseite aller dieser Blätter	0	0
<i>Salix babylonica</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	35	123
Oberseite desselben	0	0
<i>Sedum acre</i> , Unterseite eines erwachsenen Blattes	4	14
Oberseite desselben	6	21
<i>Sedum album</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	7	25
Oberseite desselben	14	49
Wurzel und Stengel	0	0
<i>Sempervivum tectorum</i> , Unterseite eines erwachsenen Blattes	4	14
Oberseite desselben	3	11
<i>Solanum tuberosum</i> , unterirdischer Zweig 1 Stoma auf einer Fläche von mehr als 5 Quadratmillimetern; Knolle daran	0	0
Wurzel	0	0
<i>Tulipa Gesneriana</i> , Unterseite eines ausgewachsenen Blattes	9	32
Oberseite desselben	9	32
Aussenseite einer unreifen Kapsel von 40 Millimeter	2	7
Innenseite derselben	2	7
Ober- und Unterseite eines Saamenkorns darin	0	0
Aussenrand dieses Saamenkorns	1	3

Zu den vorstehenden Beobachtungen habe ich solche Pflanzen und Theile ausgewählt, welche mir in Bezug auf die gegenwärtig herrschenden Ansichten über die Stomata irgend ein Interesse darzubieten schienen. Die Zahlen sind selbstverständlich nur als Durchschnittszahlen anzusehen, da dieselben bei jeder Pflanze und auf den einzelnen Theilen derselben innerhalb fester Grenzen schwanken; indess gründet sich jede der vorstehenden Zahlenangaben auf mehrere Beobachtungen, welche ich an verschiedenen Stellen des untersuchten Pflanzentheils machte. Bei den aus diesen Zahlen abzuleitenden Folgerungen ist natürlich auf die Veränderlichkeit derselben innerhalb gewisser Grenzen die gehörige Rücksicht zu nehmen.

3. Entstehung der Stomata; Anordnung derselben auf dem Pflanzentheil.

Die Bildung der Stomata ist an den Blättern mehrerer Liliaceen und an Narcissus verfolgt worden und lässt folgenden Vorgang erkennen. Die beiden Spaltöffnungszellen bilden sich aus einer Oberhautzelle (*Schacht*), oder einer Parenchymzelle, die sich an die auseinander weichenden Oberhautzellen herandrängt (*Unger*); dann theilt ihr Kern sich, desgleichen ihr Inhalt, indem eine Scheidewand entsteht, die aus den an einander stossenden Wänden der neuen beiden Zellen besteht. Diese Wände klaffen allmählig aus einander und lassen eine Oeffnung — die Spaltöffnung — zwischen sich, während die Wand der alten Zelle resorbirt wird.

Die Stomata entwickeln sich im Allgemeinen schon frühzeitig, z. B. an den Grasblättern, wenn dieselben noch ganz eingerollt sind, an den jugendlichen, noch zwischen den Schuppen der Zwiebeln liegenden Blätter (*Amaryllis*), am Fruchtknoten, wenn die Frucht überhaupt damit versehen ist, an dem Saamen in der ganz unreifen Frucht, welche letzten beiden Fälle man leicht an der Tulpe beobachten kann. Die Spaltöffnungszellen behalten gewöhnlich ihre ursprüngliche Grösse bei, wie ich es unter andern auch an *Citrus Aurantium* beobachtet habe, wo dieselben auf einem ganz jungen, 12 Millimeter langen Blatte nicht kleiner waren, als auf einem alten mehrjährigen Blatte.

Ihre volle Zahl erreichen die Stomata entweder schon früh, wenn der Pflanzentheil noch verhältnissmässig jung ist, oder erst am Ende seiner Entwicklung. Das erstere Verhalten erkennt man leicht daran, dass eine bestimmte Fläche des noch jungen Pflanzentheils viel mehr Stomata enthält, als nach vollendeter Entwicklung desselben. Sind z. B. die Stomata eines jungen Blattes schon vollzählig vorhanden, so werden sie, da es an allen Stellen seiner Fläche weiter wächst, dadurch aus einander gerückt und auf einer bestimmten Fläche sind dann viel weniger vorhanden, als auf derselben Fläche beim jungen Blatt. Ein Beispiel für dieses Verhalten gibt *Portulacca oleracea*, wo *H. Kroker* (*de plantarum epidermide*, 1833) auf einem Quadratmillimeter des erwachsenen Blattes 2 Stomata fand, dagegen 18 beim jungen Blatte; als weitere Beispiele kann ich aus meinen Beobachtungen hinzufügen *Abies pectinata*, *Camellia japonica*, *Ilex Aquifolium* und *Quercus pedunculata*, wie die Zahlenangaben in der tabellarischen Zusammenstellung beweisen. — Beispiele für das entgegengesetzte Verhalten, wo die Zahl der Stomata eines Pflanzentheils erst am Ende seiner Entwicklung vollständig wird, geben schon diejenigen Pflanzen, welche im jugendlichen und erwachsenen Zustande gleichviel Stomata auf einer bestimmten Fläche besitzen, z. B. *Mahonia Aquifolium*, wo ein Quadratmillimeter des jungen sowohl als alten Blattes ungefähr 200 Stomata enthält. Noch deutlichere Beispiele geben aber die Pflanzen, deren Stomatenzahl im erwachsenen Zustande viel grösser ist, als im jugendlichen; so die Blätter von *Citrus Aurantium*, *Prunus Laurocerasus*, *Larix Cedrus* und *Rhododendron ponticum*; bei der letzten Pflanze enthält ein Quadratmillimeter des ganz jungen Blattes mit noch umgerolltem Rande kein einziges Stoma, eines halb erwachsenen 140, eines alten mehrjährigen Blattes 385 Stomata.

Die Grösse der Spaltöffnungszellen ist im Allgemeinen auf demselben Pflanzentheil, ja sogar auf verschiedenen Theilen derselben Pflanze gleich; nur zwei Ausnahmefälle habe ich beobachtet, nämlich auf dem Blatte von *Alnus glutinosa* und von *Prunus Laurocerasus*, wo einige 3–4 Mal so gross waren, als die andern. Fleischige und saftige Theile besitzen gewöhnlich die grössten Stomata, lederartige und zarte krautige die kleinsten; damit im Zusammenhange steht vielleicht die geringere Stomatenzahl, welche die Saftpflanzen sehr häufig zeigen.

Die Anordnung der Stomata bei paralleladrigen oder bei längsstreifigen Blättern ist auch parallel, z. B. bei den Grasblättern, den Nadeln der Coniferen; manchmal sind diese parallelen

Reihen vertieft und bilden feine Rinnen. Mehr über die Anordnung und Vertheilung der Stomata bei den Coniferen findet man in *Zuccarini's* Bemerkungen zur Morphologie der Coniferen, *Göppert's* Monographie der fossilen Coniferen und *Hildebrand's* schon oben angeführter Abhandlung über die Spaltöffnungen der Nadelhölzer. Bei den meisten Dicotyledonen und Farnen liegen die Stomata in ziemlich gleichen Abständen von einander in den Maschen des Adernetzes, über die ganze Blattfläche verbreitet, aber ihre Ringdurchmesser zeigen alle nur möglichen Lagen. Als Ausnahmen dieser Anordnungsweise sind *Nerium Oleander* und *Saxifraga sarmentosa* (*Schacht*) bekannt, wo die Stomata in einzelnen Gruppen sich über das Blatt verbreiten. — Die Vertheilung der Stomata auf den beiden Seiten des Blattes zeigt eine grosse Mannigfaltigkeit. Sind beide Seiten durchaus gleich gebaut, wie bei der Mistel (*Schacht*), so ist Zahl und Anordnung ihrer Stomata beiderseits ebenfalls gleich. Nur auf einer Seite dagegen finden sich die Stomata z. B. bei den lederartigen und den schwimmenden Blättern, bei jenen nur auf der untern, bei diesen nur auf der obern Seite, und in der That sind hier beide Seiten sehr verschieden gebaut. Herr *Hildebrand* gibt in seiner mehrfach angeführten, geschätzten Abhandlung an, dass die Blätter der Coniferen *Frenela*, *Cupressus* und *Juniperus* Abtheil. *Sabina*, welche schuppenartig über einander liegen, vorzugsweise an denjenigen Stellen mit Stomaten versehen sind, welche vom nächsten Blatte nicht bedeckt werden.

Besitzt eine Pflanze verschieden gestaltete Blätter, so ist die Vertheilung ihrer Stomata gewöhnlich auch verschieden. So hat *Larix europaea* fast vierkantige, in Büscheln stehende, und platte, einzeln stehende Nadeln; die erstern haben auf jeder der vier Seiten eine Reihe Stomata, die letztern nur auf der Unterseite zwei Reihen. Bei *Juniperus drupacea* hat *Hildebrand* beobachtet, dass die Keimblätter auf ihrer ganzen Oberseite Stomata tragen, bei den 2 Millimeter breiten Blättern der darauf folgenden Quirle auf der Oberseite zwei schmale und auf der Unterseite zwei breite Spaltöffnungsstreifen vorkommen, bei den 4 Millimeter breiten, etwas anders geformten Blättern der erwachsenen Pflanze dagegen nur zwei Spaltöffnungsstreifen auf der Oberseite. — Die Vertheilung der Stomata auf den verschiedenen blattartigen Organen, als Keim-, Neben-, Blüten-Blättern, ist natürlich bei derselben Pflanze verschieden von der auf ihren Laubblättern erscheinenden Anordnung. —

4. Verbreitung der Stomata auf den einzelnen Theilen der Pflanze.

Vorzugsweise sind die blattartigen, also die flächenförmig ausgebreiteten Theile mit Spaltöffnungen versehen, oder wie bei den Cacteen und vielen Euphorbiaceen, die an Stelle der Blätter fungirenden Stengel.

Die Angabe von Herrn Professor *Unger* in seiner vortrefflichen Anatomie und Physiologie der Pflanzen (S. 193), dass die Stomata auf die grünen Theile beschränkt seien, beruht auf einem Irrthum. Schon *v. Humboldt* führt in seiner Einleitung zu *Ingenhous's* Schrift über die Ernährung der Pflanzen, welche im letzten Jahrzehent des vorigen Jahrhunderts erschienen ist, auf S. 23 an, dass die weissgelben Ränder der *Agave* und die violetten Flecken der *Orchis maculata* vollkommen ausgebildete Stomata hätten. Ferner findet man in der Anatomie der Pflanzen von *Rudolphi* vom Jahre 1807, S. 85 ff., wo von den Spaltöffnungen an den Blütenhüllen die Rede ist, eine ganze Liste von Pflanzen verzeichnet, deren Perigon, Kelch oder Krone, obwohl nicht grün, Stomata tragen; ich führe daraus nur folgende Beispiele an: *Lilium candidum* und *bulbiferum*, *Gladiolus communis*, *Tulipa Gesneriana*, *Agapanthus umbellatus*, *Hemerocallis fulva*, *Aquilegia vulgaris*, *Delphinium elatum*, *Butomus umbellatus*, *Fuchsia coccinea*, *Dictamnus albus*, *Epilobium angustifolium*, *Digitalis purpurea*, *Lonicera Periclymenum*, *Hydrangea hortensis* (an den Randblumen). Auch andre nicht grüne Theile tragen Stomata, so nach *Rudolphi* der Fruchtknoten, Staubweg und die Staubbeutel der Feuerlilie, die Blätter von *Amaranthus tricolor*, der rothe Stengel der *Utricularia*, der gefleckte von *Haemanthus*. An den bräunlichen Deckblättern von *Orobanche rubens* habe ich selbst Stomata gefunden. Die bleichen, kein Chlorophyll enthaltenden Laubblätter oder die bleichen Stellen derselben bei den gefleckten Sorten sind ebenfalls mit Spaltöffnungen versehen; *Rudolphi* hat bei *Arundo donax* und *colorata*, *Agave americana*, *Acer variegatum* und *Aucuba japonica* an den gelblichen Stellen ihrer Blätter eben solche Stomata gefunden als an den grünen; er untersuchte auch ganz bleiche, weissgelbe Exemplare von *Ipomoea carnea* und *violacea*, welche er im Dunkeln aus Saamen gezogen hatte

und fand ihre Stengel, Keim- und Laubblätter mit ebenso vielen Stomaten bedeckt, als bei grünen Exemplaren, welche im Licht und im Sonnenschein gezogen waren. Ich selbst habe an bleichen Laubblättern von *Aesculus Hippocastanum* eben so viele Stomata beobachtet, als an den grünen desselben Baumes.

Unter den blattartigen Gebilden sind die Laubblätter fast immer mit Stomaten versehen; mehrere Ausnahmen, wo diese für die Respiration so wichtigen Organe fehlen, führt *Rudolphi* an, nämlich: *Teucrium fruticans*, *Cineraria maritima*, *Stachys lanata*, *Marrubium Pseudodictamnus* und *Cistus ladaniferus*, deren Blätter aber sämmtlich und zwar besonders auf der Unterseite, mit einem dichten Haarfilz bekleidet sind, dessen Haare jedenfalls die Respiration auf dem Wege der Diffusion vermitteln. Natürlich haben auch diejenigen Laubblätter keine Stomata, welche ganz im Wasser untergetaucht leben.

Von den zur Blüthe gehörigen Blättern hat gewöhnlich der äussere Kreis Stomata; viel seltener zeigen sich dieselben an den Staubblättern.

Nach den Beobachtungen des Herrn Professor *Schacht* besitzen die Knospenschuppen keine Stomata; die Keimblätter hingegen zeigen ein verschiedenes Verhalten: diejenigen, welche im Saamen immer verbleiben, z. B. bei den Gräsern, Juglandeen, Hippocastaneen, haben keine Stomata; diejenigen, welche beim Beginn der Keimung aus dem Saamen und der Erde heraustreten, haben wie die Laubblätter auf der Unterseite fast immer Stomata, viele auch zugleich auf der Oberseite; diejenigen endlich, welche erst später, nachdem sie das an ihrer Aussenseite anliegende Albumen resorbirt haben den Saamen verlassen und an die Luft heraustreten, z. B. bei den Abietineen, haben auf dieser Aussenseite, welche jetzt Unterseite wird, keine Stomata, wohl aber auf der Oberseite.

Was die Stomata auf den Stammgebilden betrifft, so sind sie bei den holzigen ziemlich sparsam verbreitet; *Morren* hat an der grünen Rinde junger Zweige auf 1 Quadratmillimeter bei *Prunus Armeniaca* 2, *Prunus domestica* 7, *Carpinus betulus* 1, *Amygdalus persica* 18, bei *Rosa damascena* 36 Stomata gefunden. Dagegen hat *Rudolphi* an den jüngsten Zweigen von *Pyrus Malus* und *communis*, *Ribes rubrum*, *Rubus Idaeus*, *Sambucus nigra*, ich an denen von *Negundo fraxinifolia* vergebens darnach gesucht. Bei den krautigen und fleischigen Stengeln sind die Stomata häufiger anzutreffen, besonders bei solchen mit unvollkommenen oder wenigen Blättern z. B. bei *Salicornia*, den Cacteen, vielen Euphorbiaceen. Bei den Wasserpflanzen ist der Stengel so weit mit Stomaten versehen, als er über Wasser steht. — Die Blattstiele, besonders bei zusammengesetzten Blättern, können ebenfalls mit Spaltöffnungen besetzt sein; *Morren* hat deren bei *Fraxinus excelsior*, *Robinia Pseudacacia*, *Apium Petroselinum* und *Beta vulgaris* beobachtet. Dagegen tragen die Blattadern selbst keine Stomata. Die Wurzel ist wohl nie damit versehen, wohl aber manchmal unterirdische Stengeltheile; ich habe an den Knollen tragenden Zweigen von *Solanum tuberosum* Stomata, allerdings nur einzelne zerstreute, gefunden. Dass auch an Luftwurzeln Stomata vorkommen, hat *Schleiden* (Grundzüge, Aufl. II. Th. 1, S. 271) nachgewiesen, nämlich bei mehreren tropischen Orchideen und Aroideen.

Die Früchte sind meistens mit Stomaten besetzt, besonders die nussartigen und die Kapseln; den beerenartigen und Steinfrüchten scheinen sie durchaus zu fehlen. Bei den Stomata tragenden Früchten sind häufig auch die Saamen damit versehen; am Saamen von *Tulipa* hat *Th. Hartig* ihre Existenz nachgewiesen, was ich mit meinen Beobachtungen an derselben Pflanze bestätigen kann.

Die Gallauswüchse, deren Entstehung durch gewisse Insekten, besonders Cynipiden, beim Ablegen ihrer Eier veranlasst wird, deren Organisation ganz von derjenigen des damit behafteten Pflanzentheils abweicht und vielmehr dem Bedürfniss der aus jenem Ei sich entwickelnden, in dem Auswuchse lebenden Larve angepasst ist, deren Bildungsweise nicht sowohl von der Natur des Pflanzentheils als von der Einwirkung des erzeugenden Insektes abhängt — da z. B. derselbe Pflanzentheil an gleich beschaffenen Stellen verschieden gebaute, von verschiedenen Gallwespenarten herrührende Gallen trägt —, diese Gallauswüchse verhalten sich zu ihrem Pflanzentheile, wie ein Parasit zu seiner Nährpflanze, indem sie durch ihr wucherndes Wachsthum seine normale Ausbildung beeinträchtigen und ihm Nahrungssäfte entziehen, welche in veränderter Mischung die Nahrung der Gallenlarve bilden. Sie zeigen auch darin eine Uebereinstimmung mit den phanerogamischen Parasiten, dass sie sehr wenig oder gar keine Stomata tragen. *Lacaze-Duthiers* (Ann. des sciences natur. III. série, Botanique 1853) hat vier, an verschiedenen in Frankreich einheimischen Eichen vorkommende Arten von sogenannten äusseren Gallen — diese sind nämlich nur an einer einzigen Stelle mit dem Pflanzentheile verbunden und liegen im Uebrigen ganz ausserhalb desselben — auf Stomata untersucht und keine gefunden; ich habe ebenso vergeblich an drei andern, auf der Blatt-

unterseite und an der Stammrinde von *Quercus pedunculata* wachsenden Gallformen nach Stomaten gesucht. An zwei Arten von innern Gallen — deren grösster Theil nämlich im Innern des Pflanzentheils liegt — hat *Lacaze-Duthiers* zwar Stomata gefunden, aber in geringerer Zahl als an dem Pflanzentheil selbst, der mit ihnen behaftet war. Aehnliches ist über die Stomata der phanerogamischen Parasiten zu sagen: *Neottia*, *Monotropa* und *Cuscuta* haben gar keine, *Viscum album* äusserst wenige, nur 3 auf je 10 Quadratmillimeter des Blattes; *Orobanche rubens* hat zwar auf der Unterseite ihrer Deckblätter 32 Stomata auf 1 Quadratmillimeter, trägt aber an ihrer vielmal grössern übrigen Gesamtoberfläche durchaus keine. — Ueberblickt man schliesslich die Verbreitung der Stomata auf den einzelnen Theilen der Pflanze, so wird man nicht behaupten können, dass sie sich an jeder thätigen Epidermis vorfinden, welche mit der Luft in Berührung ist; schon der so häufige Mangel der Stomata an der Blattoberseite gestattet eine solche Behauptung nicht.

5. Zusammenhang der Stomata mit den luftführenden Räumen; Bestimmung des Volumens der letztern.

Dass die Luftkanäle, Lufthöhlen und Luftbehälter einer Pflanze durch die Intercellulargänge mit einander und mit den Spaltöffnungen an der Oberfläche in Verbindung stehen, lässt sich erwarten, selbst bei der Schwierigkeit, diese kleinen vermittelnden Gänge im Einzelnen anatomisch zu verfolgen. Direkte Experimente bestätigen aber diese Erwartung vollkommen. Man braucht nur einen Pflanzentheil unter der Luftpumpe mit einer farbigen Flüssigkeit zu injiciren, um dieselbe nachher überall in den Intercellularräumen verbreitet zu finden; sie kann nur durch die Spaltöffnungen an der Oberfläche eingetreten sein. Injicirt man mit Wasser, so wird z. B. ein sonst undurchsichtiges Blatt sofort ganz durchscheinend. Für viele Injectionen reicht übrigens eine einfachere Vorrichtung aus, als die Luftpumpe. Herr Professor *Unger* bedient sich seit vielen Jahren zu diesem Zwecke einer 12 Zoll langen und 1 Zoll weiten, unten zugeschmolzenen Glasröhre, in welcher ein mit einem Ventil versehener, luftdicht schliessender Kolben auf und ab bewegt werden kann. Giesst man eine genügende Menge der Injectionsflüssigkeit in diese Röhre hinein, taucht den Pflanzentheil ein und schiebt den Kolben in die Röhre, bis er die Flüssigkeit berührt, so genügen 3 bis 4 Züge, um die Luft aus dem Pflanzentheil und der Flüssigkeit in Form zahlreicher kleiner Bläschen herauszupumpen und die von der Luft bisher eingenommenen Räume im Innern des Pflanzentheils mit der Flüssigkeit anzufüllen.

Man kann sich auch ohne besondere Apparate von dem Zusammenhange der Spaltöffnungen mit den luftführenden Räumen überzeugen. *Unger* kam auf den Gedanken, selbst Luft in den Pflanzentheil einzublase; er nahm dazu das röhrenförmige Blatt von *Allium fistulosum*, tauchte es mit der Spitze in Wasser und blies am andern Ende Luft ein. Sofort zeigten sich an dem untergetauchten Theile zahlreiche kleine Luftbläschen; durch stärkeres Einblasen wurde die Entwicklung der letztern vermehrt. Er wiederholte den Versuch mit demselben guten Erfolge an *Allium Cepa*, mehreren *Iris*, den Stengeln von *Equisetum* und *Hippuris*, verschiedenen *Synantheren* und *Umbelliferen* (*Unger* Beiträge zur Physiologie der Pflanzen, 1857). Ich stellte den Versuch mit dem röhrenförmigen Blatte von *Allium Schoenoprasum* ebenfalls an und bemerkte bei starkem Einblasen am abgeschnittenen Ende des Blattes, wie sich Luftbläschen in Menge an dem eingetauchten Stück entwickelten und sich stellenweise zu grössern vereinigten; hörte ich mit dem Einblasen auf, so zogen sich diese Luftbläschen, wie zu erwarten stand, allmählig in das Blatt zurück.

Die atmosphärische Luft steht also mittelst der Spaltöffnungen in offener Verbindung mit den luftführenden Intercellulargängen und Räumen, welche wie ein Netz die ganze Pflanze durchziehen. Diese Verbindung scheint zwar wegen der Kleinheit der Spaltöffnungen etwas gehemmt zu sein, sie ist es aber in der That nicht, wenn man bedenkt, dass dieselben gewöhnlich in ausserordentlicher Menge auf einem Pflanzentheil vorhanden sind. Nach *Morren's* sorgfältiger Messung und Berechnung, deren Einzelheiten ich weiter unten angebe, ist die Zahl der Stomata bei einem mittelgrossen Blatte von

Buxus sempervirens	17553	Triticum sativum	196490
Betula alba	98059	Pyrus communis	221446
Secale cereale	162943	Carpinus betulus	264066

Populus nigra	307771	Prunus Cerasus	831647
Hedera Helix	386547	Pyrus Malus	861844
Prunus domestica	401370	Humulus Lupulus	1072565
Prunus Armeniaca	414090	Quercus Robur	1282244
Syringa vulgaris	455880	Vitis vinifera	1389682
Fagus silvatica	462164	Helianthus annuus	6330520
Amygdalus persica	503849	Brassica Rapa	11539700
Populus pyramidalis	753974	Victoria regia	1055333880

Die Berechnung der Angaben über Brassica und Victoria rührt von *Unger* her.

Da demnach in der That die äussere Luft durch die Stomata einen ungehinderten Zugang zu den Intercellular-Räumen hat, so kann auch die in den letztern enthaltene Luft in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich verschieden von der atmosphärischen Luft sein. *Knop* (Chemisch-pharmaceut. Centralblatt 1851 Nr. 46 und 1853 Nr. 30) hat die Luft der grössern Luftbehälter aus verschiedenen Pflanzentheilen und zu verschiedenen Zeiten untersucht und dieselbe in ihrer Zusammensetzung mit der atmosphärischen Luft übereinstimmend gefunden, jedoch war der Gehalt an Sauerstoff veränderlich und schwankte zwischen 16 und 22 Procent; auch in ganz von Wasser umgebenen Wasserpflanzen stieg der Sauerstoff nur bis 33 Procent. Anders verhält es sich jedenfalls mit der Luft in den Gefässen der Pflanze; diese, bekanntlich aus über einander liegenden Zellen bestehend, deren Querwände resorbirt werden, bilden an beiden Enden geschlossene, sehr dünne und lange Röhren, deren Inhalt nur durch Diffusion in Verbindung mit der Luft des Intercellularsystems steht.

In Bezug auf das Volumen der luftführenden Räume eines Pflanzentheils hat *Unger* gefunden, dass der Luftgehalt der Blätter bei den verschiedenen Pflanzen ausserordentlich variirt und im Minimum 3, im Maximum 71 Procente beträgt; dass ferner die Grösse der Lufträume von der Beschaffenheit des Blattes — fleischig, lederartig, krautig — ganz unabhängig ist. In welchem Verhältniss das Volumen der luftführenden Räume eines Pflanzentheils zum Volumen des letztern selbst stehe, erfährt man hinreichend genau auf folgende Weise: ist nämlich g das Gewicht des Pflanzentheils in der Luft, g' sein Gewicht im Wasser, gefunden mit der hydrostatischen Waage, so ist $g - g'$ das Gewicht einer Wassermenge von dem Volumen des Pflanzentheils, folglich $(g - g') : \gamma$ dieses Volumen selbst, wenn γ das Gewicht einer Raum-Einheit Wasser, z. B. 1 Granme, bedeutet. Darauf injicirt man den Pflanzentheil mittelst der Luftpumpe mit Wasser und bestimmt sein nunmehriges Gewicht in der Luft; ist dieses g'' , so ist das Gewicht des eingedrungenen Wassers $g'' - g$, sein Volumen $(g'' - g) : \gamma$, welches zugleich das Volumen der luftführenden Räume des Pflanzentheils ist. Demnach ist der Quotient beider Volumina

$$\frac{g - g'}{g'' - g}$$

das gesuchte Verhältniss, d. h. die Zahl, welche angibt, wie oft das Volumen der luftführenden Räume in dem des Pflanzentheils selbst enthalten ist; daraus lassen sich dann leicht die Volumprocente berechnen. Uebrigens sind in dem Volumen $(g'' - g) : \gamma$ auch schon die lufthaltigen Gefässe des Pflanzentheils inbegriffen, welche in ihrer Verbindung mit dem übrigen Gefässsystem durch das Abschneiden des Pflanzentheils unterbrochen, dadurch an der Schnittfläche offen wurden, so dass bei der Injection das Wasser in dieselben ebenfalls eindringen musste.

6. Zahl der Stomata.

Die Zahlverhältnisse der Stomata, deren Bedeutung als Respirationsorgane sich weiter unten ergeben wird, sind erst in der neuesten Zeit als wichtige Momente für ein besseres Verständniss der mannigfaltigen Beziehungen der Pflanze zur atmosphärischen Luft erkannt worden; Herr Professor *E. Morren* besitzt das Verdienst, durch seine Zahluntersuchungen diese Erkenntniss angeregt zu haben. Diese Zahlen bieten uns ein vortreffliches Mittel, Vergleichen zwischen verschiedenen Pflanzen mit Bezug auf gewisse Lebensverhältnisse derselben anzustellen und versprechen auch für die praktische Pflanzenkultur nützlich zu werden. So sind unter sonst gleichen Umständen die Pflanzen, welche verhältnissmässig viele Stomata haben, empfindlicher gegen schädliche äussere Einflüsse, wie Staub, Rauch, gewisse Gase, die staubfeinen

Sporen parasitischer Pilze, die schmierigen Absonderungen der Blattläuse und anderer Insekten, — als Pflanzen mit weniger Stomaten, weil diese Einflüsse an jenen Pflanzen mehr Eingangsöffnungen in das Innere und mehr Berührungspunkte mit diesem Innern finden, als an den letztern. Es versteht sich von selbst, dass man derartige Vergleichen nur zwischen Pflanzen derselben Gruppe anstellen darf, sofern sie eine ähnliche Organisation haben. — Aber auch noch andere interessante Resultate dürfen wir von dem Studium der Zahlverhältnisse dieser Respirationsöffnungen erwarten. Da bei jeder Pflanze das Blatt oder ein dafür fungirender Stengel auf einer bestimmten Fläche mehr Stomata enthält, als irgend ein anderer Theil derselben und überdies die Oberfläche aller ihrer Blätter die Gesamtoberfläche ihrer übrigen Theile um ein Bedeutendes übertrifft, so ist die Zahl der Respirationsöffnungen auf einem Blattstück von bestimmter Grösse bei Vergleichen verschiedener Pflanzen vorzugsweise massgebend. Stellt man diese Zahlen von den verschiedenen Arten einer Gattung zusammen, so zeigt sich, dass sie auch verschieden sind, dass sie also in einem gewissen Sinne als Ausdrücke für die spezifische Eigenthümlichkeit der einzelnen Arten gelten dürfen. Ich lasse hier diese Zahlen für einzelne Arten der Gattungen *Populus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Quercus* und *Sedum* folgen und zwar für 1 Quadratmillimeter; dabei ist die Zahl der Unterseite zuerst genannt, durch ein Pluszeichen mit der Zahl der Oberseite verbunden und deren Summe hinzugefügt, nämlich die Zahl auf einem Blattstück von 1 Quadratmillimeter Grösse; von den nachstehenden 18 Angaben sind 13 von Herrn Professor *Morren*, 5 von mir.

<i>Populus nigra</i>	115 + 20 = 135	<i>Prunus Laurocerasus</i>	143 + 0 = 143
<i>virginiana</i>	107 + 41 = 148	<i>Cerasus</i>	216 + 0 = 216
<i>pyramidalis</i>	149 + 41 = 190	<i>Mahaleb</i>	226 + 0 = 226
<i>canescens</i>	234 + 0 = 234	<i>Armeniaca</i>	228 + 0 = 228
<i>carolinensis</i>	149 + 97 = 246	<i>domestica</i>	253 + 0 = 253
<i>alba</i>	315 + 0 = 315	<i>Pyrus communis</i>	91 + 0 = 91
<i>Quercus pedunculata</i>	228 + 0 = 228	<i>Malus</i>	246 + 0 = 246
<i>Robur</i>	346 + 0 = 346	<i>Sedum acre</i>	14 + 21 = 35
<i>coccinea</i>	368 + 0 = 368	<i>album</i>	25 + 49 = 74

Diese Zahlen sind natürlich desto genauer, auf je mehr Einzelbeobachtungen sie beruhen; vielleicht wird noch die Feststellung der Grenzen, innerhalb welcher die Stomatenzahl schwankt, ein grösseres Licht auf dieses Problem werfen.

An dieser Stelle möchte ich noch Einiges über die schon oft erwähnte Abhandlung des Herrn *Morren* vorbringen; derselbe hat von allen bisherigen Beobachtern unstreitig die sorgfältigsten Zahlenuntersuchungen ausgeführt. Er untersuchte 38, in Belgien überall verbreitete Pflanzen, nämlich verschiedene Obst- und Waldbäume, strauch- und krautartige Culturgewächse und Getreide-Arten, und berechnete ihre Stomatenzahl aus Einzelbeobachtungen, welche bis zu zwölfmaliger Wiederholung an der einzelnen Pflanze sich ausdehnten, zunächst für ein Blattstück von 1 Quadratmillimeter, dann für ein mittelgrosses Blatt der untersuchten Pflanzen-Art, wobei natürlich vorher die durch die grössern Gefässbündel des Blattes eingenommene Fläche, welche keine Stomata trägt, von der gesammten Blattfläche subtrahirt wurde. Bei diesen beiden Kategorien von Zahlbestimmungen sind die 38 Pflanzen nach der Zunahme ihrer Stomatenzahl geordnet. Diesen seinen in tabellarischer Form gegebenen Beobachtungen und Berechnungen lässt er eine tabellarische Uebersicht der vor ihm gemachten Zahlbestimmungen vorangehen, welche er zerstreut bei verschiedenen Schriftstellern gefunden, gesammelt und, da sie sich auf verschiedene Flächen-Einheiten beziehen, sämmtlich auf 1 Quadratzoll übergeführt hat. Diese Uebersicht enthält 51 Pflanzen mit ihrer Stomatenzahl auf beiden Blattseiten, bei *Stapelia* und *Cactus* am Stamme. Der Antheil der einzelnen Schriftsteller an diesen Zahlbestimmungen ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich; es untersuchten auf die Zahl der Stomata:

1. *v. Humboldt* (a. a. O.) 1 Species, nämlich *Agave americana*.
2. *Hedwig* (Sammlung seiner Abhandlungen, 1797.) 1 Species und zwar *Lilium bulbiferum*, nicht *album*, wie ich aus einer Notiz in *A. Kroker's* Schrift *de plantarum epidermide*, Halae 1800, ersehe.
3. *Sprengel* (Von dem Bau und der Natur der Gewächse, 1812) 1 Species (*Lilium candidum*).
4. *Kieser* (Grundzüge der Anatomie der Pflanzen, 1815) 1 Species (*Phaseolus vulgaris*).
5. *H. Kroker* (*De plantarum epidermide, Vratislaviae* 1833) 4 Sp.; dazu noch die von *Sprengel* und *v. Humboldt* untersuchten Pflanzen.

6. *Lindley* (Introduction to the natural system of Botany) 10 Species.

7. *Thomson* (Treatise of vegetable physiology) 28 Species.

8. *Unger* (Anatomie und Physiologie der Pflanzen) 5 Species.

Die botanischen Schriftsteller vor *E. Morren* untersuchten demnach 51 Species, von denen indess 13 unbestimmt gelassen sind, indem ihre Beobachter (*Thomson* und *Lindley*) nur die Gattung angeben.

In *Morren's* Uebersicht dieser ältern Beobachtungen hat sich ein kleiner Fehler eingeschlichen. Die Zahlen von *v. Humboldt*, *Hedwig* und *Unger*, welche von diesen Autoren selbst für 1 Quadratlinie gegeben werden, sind zu ihrer Ueberführung auf 1 Quadratzoll mit 12 multiplicirt, statt mit 144. —

7. Function der Stomata und Intercellulargänge.

Da die Intercellulargänge eines Pflanzentheils durch die Stomata in ununterbrochener Verbindung mit der äussern Luft stehen, so bildet ihre gesammte Begrenzung gleichsam eine nach innen gekehrte Oberfläche des Pflanzentheils, welche ebenso wie die äussere Oberfläche mit der atmosphärischen Luft in Berührung ist. Durch die luftführenden Räume wird also die äussere Oberfläche um ein Bedeutendes vergrössert. Es ist demnach klar, dass dieselben mittelst ihrer äussern Oeffnungen, nämlich der Stomata, an der durch die Oberfläche erfolgenden Ausscheidung und Aufnahme gasförmiger Stoffe ihren Antheil haben müssen. Wenn sich nun nachweisen lässt, dass gewisse, von der Pflanze aus der atmosphärischen Luft aufgenommene Bestandtheile assimilirt werden und somit zu ihrer Ernährung beitragen und dass andererseits die Ausscheidung gasförmiger Stoffe nach aussen eine ihrer Lebensbedingungen ist, so haben die besonderen Einrichtungen, welche diese Aufnahme und Ausscheidung vermitteln, nämlich die Intercellularräume und die Stomata, Anspruch auf die Benennung Respirationsorgane. Und in der That ist dies der Fall.

Die von der Pflanze aus der Luft zur Assimilation aufgenommenen Stoffe sind bekanntlich *Kohlensäure*, *Sauerstoff* und *Ammoniak*.

Dass der *Stickstoff* nicht direct aufgenommen und assimilirt wird, hat *Boussingault* durch mehrfache Untersuchungen nachgewiesen (*Annales des sciences natur.* 1854. I. p. 290. und II. p. 357.); er zeigte, dass in allen Fällen, wo man der wachsenden Pflanze das Ammoniak entzieht, dieselbe zwar sich zu entwickeln im Stande ist, jedoch an Stickstoffgehalt nicht zunimmt, so dass Ammoniak das einzige Nahrungsmittel für den Stickstoffbedarf der Pflanze zu sein scheint; dass die Pflanze in einer eingeschlossenen, jedoch stetig erneuerten und von Ammoniak und organischen Substanzen gereinigten Luft den Stickstoff nicht zu gewinnen im Stande ist; dass sie selbst in freier Luft bei Entziehung aller sonstigen stickstoffhaltigen Nahrung den Stickstoff nicht assimilirt. — Was den *Wasserdunst* betrifft, so wird derselbe, wie es scheint, von den Blättern und Zweigen gar nicht aufgenommen; *Unger* behauptet (*Anat.* S. 336) gradezu, dass die Pflanzen selbst bei erhöhtem Bedürfniss kein Wasser aus der Atmosphäre durch ihre Laubblätter aufnehmen und eher zu Grunde gehen, wenn ihnen dieses nicht auf andre Weise zugeführt wird. Verschiedene Experimente an abgeschnittenen beblätterten Zweigen und an unverletzten Pflanzen, wobei eine mit Wasserdünsten reichlich erfüllte Luft nur zum Stengel und zu den Blättern — also nicht zu der Wurzel — Zutritt fand, zeigten ihm, dass von diesen Theilen nicht einmal kleine Mengen Wasserdunst aufgenommen wurden und zwar selbst unter solchen Umständen, wobei die Pflanzen dem Vertrocknen nahe waren. Eine bekannte Erscheinung widerspricht dieser experimentellen Erfahrung nur scheinbar; man bemerkt nämlich oft, dass Bäume, welche am Ufer von Gewässern stehen, an ihren über dem Wasser selbst ragenden Aesten eine üppigere Vegetation zeigen, als an den Aesten der entgegengesetzten Seite. Diese Verschiedenheit in der Vegetation der Aeste auf der Wasser- und der Landseite des Baumes erkennt man auch recht deutlich nach längerer Trockenheit. Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung, wie ich glaube, nicht nöthig, eine Aufnahme von Wasserdunst durch das Laub jener begünstigten Aeste anzunehmen; vielmehr ist die mittelbar über dem Wasser lagernde grössere Dunstmenge die Ursache einer geringeren Wasserausdünstung des hier vegetirenden Laubwerkes — da nämlich die Quantität der durch das Laub einer Pflanze ausgeschiedenen wässrigen Dünste unter andern auch von dem Wassergehalt der umgebenden Luft abhängt — und begünstigt auf solche Weise eine kräftige Vegetation; bei längerer Trockenheit verhindert dieselbe Dunstmenge das Vertrocknen der hier vegetirenden Aeste, d. h. eine übermässige Wasserausdünstung ihres Laubes, welche aber auf der Landseite des Baumes leichter eintreten muss.

Dass ferner *flüssiges Wasser*, z. B. in der Form von Regen oder Thau, durch die Blätter nicht aufgenommen wird, hat *Duchartre* durch eine Reihe von Versuchen bewiesen, welche er mit grosser Sorgfalt und mehrere Jahre hindurch, unabhängig von *Unger* anstellte und in den *Bullet. de la soc. botan. de France* 1856—1860, sowie in den *Annales des sciences natur.* IV. série, tome 15 veröffentlichte. Uebrigens spricht auch der anatomische Bau des Blattes gegen eine solche Aufnahme; in die luftführenden Räume durch die Stomata kann das Wasser nicht eintreten, weil die Luft vorher austreten müsste; die Oeffnung der Stomata ist aber viel zu klein, um einen gleichzeitigen Durchgang und ein Vorbeigleiten von Luft und Wasser in entgegengesetzter Richtung zu gestatten. Durch die Aussenwände der Oberhautzellen könnte das Wasser indess auf dem Wege der Diffusion eintreten; dies ist allerdings möglich bei jungen Blättern, wo diese Aussenwand noch zart und dünn ist; allein wenn dieselbe mit einer starken Cuticula oder mit mächtig entwickelten Cuticularschichten bedeckt ist, so kann das Quantum des eintretenden Wassers nur äusserst gering sein; die Grösse der Diffusion steht nämlich, wie man aus Versuchen mit der Zellhaut von *Caulerpa* weiss, im umgekehrten Verhältniss zur Dicke der Haut. — Im Allgemeinen kann man daher den Satz gelten lassen, dass die Wasserdünste und atmosphärischen Niederschläge der Vegetation nur insofern zu Gute kommen, als sie von den *Wurzeln* aufgenommen werden; das Regenwasser übt auch noch mittelbar dadurch einen günstigen Einfluss aus, dass es den an den Blättern haftenden Staub abspült, welcher durch Verstopfung der Stomata und Behinderung der normalen Dunst- und Gas-Ausscheidung schädlich einwirkt. Das künstliche Besprengen und Bespritzen hat für die Pflanzen im Gewächshause eine ähnliche Bedeutung als der Regen für die Vegetation im Freien. Der Satz, dass die atmosphärischen Wasserdünste der Pflanze nur mittelbar nützlich sind, indem sie vom Erdboden absorbirt und dann von den Wurzeln aufgenommen werden, dient zur Erklärung der in der Gartenkunst bekannten Regel: bei längerer Trockenheit den Boden mit der Hacke aufzulockern, um so durch Vergrösserung der absorbirenden Oberfläche die Aufnahme der in der Luft etwa noch enthaltenen geringen Feuchtigkeitsmengen zu erleichtern.

Was das Quantum der von den Blättern zur Assimilation aufgenommenen *Kohlensäure* betrifft, so bezeichnet *Unger* dasselbe im Vergleich mit der durch die Wurzeln eintretenden Kohlensäure-Menge als ein geringes. Er stützt sich dabei zum Theil auf ein Experiment von *Boussingault*, welcher die Quantität der von den Blättern aufgenommenen Kohlensäure auf folgende Art bestimmte. Er liess durch einen Ballon von 15 Litre, in welchem ein Rebenzweig mit 20 Blättern eingeschlossen war, in der Mittagszeit bei steter Einwirkung des Sonnenlichts innerhalb 4 Stunden mittelst eines Aspirators 60 Litre atmosphärische Luft durchströmen, fing dieselbe auf und bestimmte ihren Kohlensäuregehalt, sowie zugleich den einer gleichen Luftmenge, welche mit dem Zweige nicht in Berührung gekommen war. Es ergab sich aus der Differenz beider Kohlensäure-Quantitäten, dass der beblätterte Zweig in diesen 4 Stunden nur 0,0236 Gramme Kohlensäure aufgenommen hatte. *Unger* berechnete daraus, dass dann in 6 Monaten, also der ganzen Vegetationszeit, — die Nächte natürlich abgerechnet, wo bekanntlich die grünen Theile keine Kohlensäure absorbiren, sondern vielmehr ausscheiden — und ausserdem unter der Voraussetzung, dass heitere und regnerische Tage keinen Unterschied in der Absorption machen, dieser Zweig nur 12,324 Gramme aufgenommen haben würde, was einem Kohlenstoffgewinn von etwa 3,38 Gramme entspricht. Dieser durch die 20 Blätter erzielte Gewinn ist nicht einmal hinreichend, den Zweig, der dieselben trägt, mit dem nöthigen Kohlenstoff zu versorgen. *Unger's* eigenes Experiment war folgendes. Es wurden mehrere junge Bäume — *Populus dilatata*, *Tilia europaea*, *Corylus Avellana* — im Frühjahr ausgegraben, abgewogen und in gute Gartenerde gesetzt, wo sie im Laufe des Sommers starke Triebe entwickelten. Die Blätter, welche sie entwickelten, wurden gezählt und ihr Flächenmaass annähernd bestimmt. Im Frühjahr des folgenden Jahres wurden diese Bäume möglichst unverletzt ausgegraben und dann gewogen. Aus der Gewichtszunahme wurde ihre Zunahme an Kohlenstoff berechnet, zugleich auch nach der von *Boussingault* an der Weinrebe gemachten Erfahrung — 20 Rebenblätter, d. h. etwa 3246 Quadratcentimeter consumiren in 4 Tagesstunden 0,0236 Gramme Kohlensäure — der durch ihre Laubblätter möglicherweise erfolgte Gewinn an Kohlenstoff bestimmt. Es ergab sich, dass bei *Tilia* der durch die Blätter erlangte Kohlenstoff den vierten, bei den andern nur den zwölften und fünfzehnten Theil ihres gesammten Kohlenstoffgewinnes betrug. Ausserdem haben *Vogel* und *Wiltver* (Abhandlungen der Münchener Akademie 1851, S. 265) die Absorption der Kohlensäure durch das Laub *unverletzter* Pflanzen und zwar bei *Viburnum*, *Calceolaria* und *Pelargonium* bestimmt, und Zahlen gefunden, welche zur Bestätigung von *Unger's* Behauptung dienen,

dass der Kohlenstoffbedarf einer Pflanze ihr nur zum Theil durch die Blätter zugeführt, dass also der übrige Bedarf ihr mittelst der Kohlensäure des Nahrungswassers durch die Wurzeln dargeboten wird. Wollte man demnach *Liebig's* Ausspruch (die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie S. 46), „dass die Pflanzen im heissen Sommer ihren Kohlenstoff ausschliesslich aus der Luft schöpfen“, nur auf die durch die Blätter absorbirte Kohlensäure beziehen, so würde dieser Ausspruch unrichtig sein; vielmehr wird ein Theil der in der Luft befindlichen Kohlensäure vom Erdboden absorbirt und mit der Bodenfeuchtigkeit von der Wurzel aufgenommen.

Auch der von den grünen Theilen der Pflanze in der Dunkelheit aufgenommene *Sauerstoff* ist nur ein Theil des von ihr überhaupt verbrauchten Sauerstoffs; der andere Theil gelangt aufgelöst im Nahrungswasser durch die Wurzel in die Pflanze. Dass aber in der Dunkelheit Sauerstoff aufgenommen wird, ist durch die Versuche von *Th. de Saussure* (recherches chimiques sur la végétation p. 914), *Grischow* (Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmung der Gewächse S. 8) und *Unger* (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. XII. S. 367), welche sämmtlich mit den verschiedensten Pflanzen gemacht wurden, ausser Zweifel gestellt.

Bedenkt man ferner, dass auch nur ein Theil des von der Pflanze überhaupt verbrauchten *Ammoniake* unmittelbar aus der atmosphärischen Luft aufgenommen wird, so muss man anerkennen, dass im Allgemeinen bei einer Landpflanze das Quantum der durch die Blätter eintretenden Nahrungsmittel weit geringer ist, als die von ihren Wurzeln aufgenommene Nahrungsmenge.

Eine einschränkende Bemerkung sei hier erlaubt. Die Resultate von Experimenten, welche nur an einzelnen Pflanzen angestellt werden können, die sich aber mit der Beantwortung allgemeiner Fragen beschäftigen, dürfen nur mit Vorsicht verallgemeinert werden, da die einzelnen grösseren oder kleineren Gruppen des Pflanzenreichs einen verschiedenartigen anatomischen Bau besitzen, nach welchem sich die Lebenserscheinungen richten müssen, so dass, was von einer Pflanze gilt, darum noch nicht für alle Geltung hat. Wenn z. B. oben den Blättern die Fähigkeit abgesprochen wurde, Wasser und Wasserdunst aus der Atmosphäre aufzunehmen, so bezieht sich das keineswegs auf die Blätter aller Pflanzen, sondern nur auf die mit einer Epidermis versehenen; die Blätter der Leber- und Torfmoose beispielsweise, welche keine eigentliche Oberhaut besitzen, nehmen Wasser in Dunstform sehr wohl auf. Es gibt auch gefässführende Pflanzen, welche Wasserdunst aus der Luft aufnehmen können, z. B. gewisse Orchideen und Aroideen, sowie die Baumfarne, bei welchen allen die Luftwurzeln diese Function haben. Wenn ferner gesagt wird, dass das Quantum der Luftnahrung bei einer Landpflanze um Vieles geringer sei als die aus dem Boden aufgenommene Nahrungsmenge, so gilt das nur für gewisse Abtheilungen; es gibt im Gegentheil nicht wenige und zwar höhere Pflanzen, die ihre Hauptnahrung aus der Luft nehmen, z. B. *Tradescantia albiflora* nach *Schacht's* Beobachtung, deren unterer Stengeltheil oftmals längst abgestorben ist, wenn der obere Theil der Pflanze noch üppig vegetirt; ferner viele sogenannte Saftpflanzen, die an dürrer Stellen wachsen; von den niederen Pflanzen nicht zu reden, wie die Flechten und Pilze, welche mit ihrer ganzen Oberfläche Nahrungsstoffe aus der Luft aufsaugen.

Soviel ist klar, dass in die Blätter unmittelbar aus der Luft assimilirbare Stoffe in Gasform eintreten und dass die Stomata, welche, wie wir gesehen haben, bei jeder Pflanze auf den Blättern am zahlreichsten vorhanden sind, vorzugsweise diesen Eintritt vermitteln. Durch die Stomata und die Intercellulargänge kommen diese luftförmigen Nahrungsstoffe mit allen innern Theilen des Blattes und der andern Grundorgane in Berührung und werden hier auf dem Wege der Diffusion in die einzelnen Zellen durch deren dünne und nicht cuticularisirte Wände geleitet, daselbst von der Zellflüssigkeit aufgenommen und assimilirt. Während man früher geneigt war, den Heerd der Assimilation in den Blättern allein zu suchen, hebt es Herr Professor *Schacht* ausdrücklich hervor, dass dieselbe im Parenchym überhaupt sich vollbringe; das Parenchym der Wurzel und des Markes ist oft reicher an Amylum, als das der Blätter und Rinde. Im Zusammenhange mit jener frühern Ansicht steht die noch sehr verbreitete Annahme, dass die grünen Theile unter dem Einflusse des Sonnenlichtes die von ihnen aufgenommene Kohlensäure auch zersetzen; aber die Experimente, welche *Passerini* und *Giorgini* in Parma (Atti della Soc. ital. d. Scienze naturali, 1863.) an Exemplaren von *Lactuca*, *Cordyline* und *Lemna* anstellten, sind geeignet, schwere Zweifel gegen diese Annahme zu erheben; sie haben nämlich gefunden, dass sich in den Geweben der Pflanzen eine Menge Kohlensäure befindet, welche einen absteigenden Weg nimmt, d. h. von den obern Theilen der Pflanze zu den untern geht und dass die in den Blättern befindliche Kohlensäure von denselben grossentheils nicht zersetzt wird, selbst nicht im Sonnenlicht.

An der durch die Stomata erfolgenden Stoffaufnahme betheiligen sich, jedoch in geringerem Grade, auch die an der Oberfläche gelegenen Zellwände, so lange dieselben noch dünn sind; in geringerem Grade, weil die durch sie repräsentirte Oberfläche offenbar mehrmals kleiner als die Oberfläche sämtlicher luftführenden Räume des Blattes ist; eine Ausnahme bilden nur die reichlich mit Haaren versehenen Blätter, deren absorbirende Oberfläche dadurch bedeutend vergrössert wird; wenn indess an diesen Haaren oder an der Aussenwand der Oberhautzellen später die Bildung von Cuticularschichten oder einer starken Cuticula erfolgt oder auch wenn an der Oberfläche sich ein Ueberzug, z. B. von Wachs oder Harz, abscheidet, so wird natürlich die Aufnahme, die ja auch hier durch Diffusion geschieht, sehr erschwert oder auch ganz gehindert. Als Beispiel für den letzten Fall möge folgende, von Herrn Professor *Schacht* gemachte scharfsinnige Beobachtung dienen (Lehrb. der Anatomie I. S. 401.). Die mit einer cuticularisirten Oberhaut versehenen Haare des Staubweges bei den Campanulaceen stülpen sich nämlich nach vollendetem Wachsthum des Staubweges ein, d. h. sie ziehen sich in Folge des von innen her stattfindenden Saftverbrauches in sich selbst zurück. Offenbar entsteht im Innern durch die Saftentziehung ein luftverdünnter Raum, in welchen das Haar durch den Druck der äussern Luft hineingestülpt wird; könnte aber diese Luft von aussen durch die cuticularisirte Oberhaut des Haares eindringen, so wäre die Bildung eines luftverdünnten Raumes im Innern desselben und also auch eine Einstülpung unmöglich. Könnte ferner dieses Haar, wie andere Haargebilde, seine Flüssigkeit durch Verdunstung verlieren, so würde es, ähnlich den letztern, verwelken, statt sich einzustülpen. Die cuticularisirte Oberhaut hindert demnach auch die Ausdünstung.

Eine viel wichtigere Function der Stomata als die bisher erörterte Aufnahme gewisser Nahrungsmittel ist die Ausscheidung dunst- und gasförmiger Stoffe, insofern die letztere für die Pflanze vorzüglich durch die Blätter besorgt wird; nach übereinstimmender Meinung der Physiologen hat nämlich die durch die Wurzeln stattfindende Ausscheidung eine ganz untergeordnete Bedeutung. Dass die grünen Theile beim Tageslicht eine sauerstoffreiche, in der Dunkelheit eine kohlenstoffreiche Luft ausscheiden, dass sie ferner gleichzeitig Wasser ausdünsten (transpiriren), ist eine alte, durch vielfache Erfahrungen bestätigte Thatsache. Auch diese Ausscheidung vermitteln vorzugsweise die Stomata, viel weniger die äussere Wand der Oberhautzellen, und zwar aus denselben Gründen, die ich oben bei der Besprechung der Aufnahme gasförmiger Nahrungsstoffe entwickelt habe. Herr Professor *Unger* in Wien, dem wir sehr werthvolle Untersuchungen über die Transpiration verdanken, hat unter andern gefunden, dass die Grösse derselben von dem Wassergehalt der atmosphärischen Luft und der besondern Organisation der Pflanze selbst abhängt; ferner, dass unter sonst gleichen Umständen die Transpiration des Blattes desto grösser ist, je mehr Stomata dasselbe trägt; die Zunahme erfolgt indess nicht in demselben Verhältnisse; so verhält sich z. B. bei *Helianthus annuus* die Transpiration der Blattoberseite zu derjenigen der Unterseite nach *Unger* wie 1 : 1,25, während die Stomatanzahlen sich verhalten wie 207 : 250, nach *E. Morren* wie 37 : 66. Bei *Aucuba japonica*, wo die Transpiration beider Blattseiten nach *Unger* sich wie 1 : 40 verhält, lässt sich eine derartige Vergleichung überhaupt nicht anstellen, weil hier das Verhältniss der Stomaten-Zahlen beider Seiten, nämlich 0 : 145, wie leicht einzusehen, ein ganz unbestimmtes ist.

Da nach *Senebier's* (*Physiologie végétale*, 1800.) und *Unger's* Versuchen das Quantum der wässrigen Ausdünstung bei einer Pflanze nicht viel kleiner ist, als die durch ihre Wurzeln aufgenommene Wassermenge, und wenn man verwandte Pflanzen vergleicht, jedenfalls bei derjenigen Species grösser ist, welche mehr Wasser zum Leben braucht, so kann man bei Pflanzen von ähnlicher Organisation aus einer grössern oder kleinern Stomatanzahl, sofern diese selbst schon hinreichend festgestellt ist, auch auf ein Mehr oder Weniger ihres Bedürfnisses an Wasser schliessen; denn dasselbe steht unter übrigens gleichen Umständen mit ihrer grössern oder geringern Transpiration und diese wieder mit der davon abhängigen Stomatanzahl im Verhältniss. — Während nach dem Vorhergehenden eine Abhängigkeit der Stomatanzahl wenigstens von der Grösse der wässrigen Ausdünstung sich erkennen lässt, ist eine solche in Bezug auf die Quantität der Sauerstoffausscheidung noch keineswegs nachweisbar. Das darf uns aber nicht, wie Herrn *Duchartre* (*recherches expérimentales sur la respiration des plantes*, in den *Comptes rendues* 1856. I. sém. Nr. 2.), verleiten, eine solche Abhängigkeit überhaupt in Abrede zu stellen; es wird das natürlich kein einfaches Verhältniss sein, welches diese Abhängigkeit ausdrückt, da ja auch die oberflächlichen Zellen, sofern sie dünne Wände besitzen, sich an der Ausscheidung betheiligen. —

Noch muss ein Problem erwähnt werden, welches die physiologische Bedeutung der Spaltöffnungszellen selbst betrifft, welches aber noch keine befriedigende Lösung gefunden hat. Es fragt sich nämlich, ob die Stomata in Folge äusserer Einwirkungen, des Lichtes, der Wärme, Trockenheit oder Feuchtigkeit u. s. w., sich vielleicht schliessen und dann wieder öffnen können. Mit dieser interessanten Frage haben sich besonders *J. J. Moldenhawer* (Beiträge zur Anatomie der Pflanzen, 1812.), *G. B. Amici* (Osservazioni microscopiche sopra varie piante 1822.), *H. v. Mohl* (Botanische Zeitung 1856.) und *A. Weiss* (Verhandlungen des Wiener zoologisch-botanischen Vereins 1857.) beschäftigt. Die zum Theil sehr widersprechenden Folgerungen, zu welchen diese Schriftsteller durch ihre Versuche und Beobachtungen gelangt sind, lassen es noch zweifelhaft, ob in der That unter gewissen Umständen ein vollständiges Schliessen der Stomata eintritt. Herr Professor *v. Mohl* in Tübingen hat gefunden, dass die Stomata der einheimischen Orchideen und bei *Lilium* sich erweitern, wenn man diese Pflanzen ins Wasser taucht, dagegen bei den Gräsern sich in diesem Falle plötzlich verengen. — Da die beiden Spaltöffnungszellen im Allgemeinen niemals verholzen oder verkorken, wenigstens in allen von Herrn *Schacht* beobachteten Fällen, indem sie nämlich nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure oder mit Chlorzinkjodlösung immer eine blaue oder violette Farbe zeigen, ihre Wand demnach aus Cellulose besteht, selbst wenn die Wände der benachbarten Oberhautzellen mit Cuticularschichten bedeckt sind —, so ist diese ihre Wand sowohl elastisch als auch für die Diffusion zugänglich; daher können die beiden Zellen durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft oder der Pflanze in einen Turgescenzzustand gerathen, der eine Verengung der zwischen ihnen liegenden Oeffnung zur Folge hat, umgekehrt bei grosser Trockenheit etwas einschrumpfen, wodurch die Oeffnung grösser wird. Herr *Morren* hält sich überzeugt, dass die Stomata immer offen bleiben; seine Behauptung gründet sich auf Versuche, wobei er Pflanzen den Dämpfen der schwefeligen Säure aussetzte und fand, dass die Absorption derselben am Tage und in der Nacht gleich stark war, dass sie dagegen gar nicht erfolgte, wenn die stomatentragende Blattseite mit einer Wachsschicht überzogen wurde; die Dämpfe konnten also im ersteren Falle nur durch die Stomata eindringen und diese selbst mussten Tag und Nacht offen sein.

8. Das Respirationssystem der Pflanzen.

Nachdem wir nun die wichtige Bedeutung der Stomata für die Aufnahme luftförmiger Nahrungstoffe und die Ausscheidung von Dünsten und Gasen gewürdigt und ihre respiratorische Function erkannt haben, müssen wir ihnen nebst den Intercellulargängen und luftführenden Räumen den Charakter als Respirationsorgane vollständig zuerkennen und dürfen demnach von einem Respirationssystem der höhern Pflanzen reden. Dieses Respirationssystem mit besonders organisirten Oeffnungen an der Oberfläche — den Stomaten — wird, wenn wir zu den nur aus Zellen bestehenden Pflanzen herabsteigen, allmählig einfacher, die Stomata sind bei den Moosen schon äusserst selten anzutreffen, bei den übrigen Zellenpflanzen gar nicht vorhanden; statt ihrer fungiren einfache Lücken zwischen den oberflächlichen Zellen, welche die Verbindung der atmosphärischen Luft mit dem Innern der Pflanze unterhalten. Bei den im Wasser ganz eingetaucht lebenden höhern Pflanzen, welche nur flüssige Nahrungsmittel aufnehmen, fehlen zwar die Intercellular- und Luft-Gänge nicht, allein sie scheinen vorzugsweise Behälter für die ausgeschiedene sauerstoffreiche Luft zu sein und nicht zur unmittelbaren Aufnahme der im Wasser gelösten Luft zu dienen, welche vielmehr in die Zellen selbst durch Diffusion eintritt. Bei den niedrigsten Pflanzen endlich, welche nur aus wenigen Zellen bestehen, fehlen auch die Intercellular- und Luft-Gänge, also jede zur Respiration dienende besondere Einrichtung, sie haben daher gar keine Respirationsorgane, wie viele niedere Thiere, welche nur durch die Haut athmen.

Das Respirationssystem der höhern Pflanzen ist nicht ohne Analogieen in der Thierwelt; man darf dieselben natürlich nicht bei den höhern Klassen der durch Lungen oder Kiemen athmenden Geschöpfe suchen wollen, wohl aber bei den durch Tracheen athmenden Thieren, deren Respirationseinrichtung in der That einen *ähnlichen Grundplan* offenbart, nur in grösserer Vollkommenheit; bekanntlich besitzen die Insekten, die meisten Arachniden und die landbewohnenden Crustaceen, d. h. der grösste Theil der rückgratlosen Thiere mit gegliederten Beinen, ein solches Tracheensystem. Wir bemerken auch hier ein System von Kanälen, welche den Körper in allen Richtungen durchziehen, mit ebenfalls nach aussen

gehenden Oeffnungen, den Stigmen, welche auch spaltenförmig sind wie die Stomata. Die Stigmen sind gewöhnlich durch mancherlei Vorrichtungen, z. B. Haare, übergreifende Ränder der Spalte, gegen Staub und andere verstopfende Körper geschützt, ähnlich wie die Stomata gegen dieselben schädlichen Einflüsse bei vielen Pflanzen durch Haare oder durch überragende Nachbarzellen geschützt sind, welche oft mit ihren Rändern einander genähert liegen und dann den sogenannten Vorhof bilden. Wir sehen ferner bei den tracheenathmenden Thieren hinter jedem Stigma eine kleine Athemhöhle, wie bei den Pflanzen hinter jedem Stoma die Lufthöhle. Als vollkommener ist der Respirationssystem dieser Thiere deshalb zu bezeichnen, weil er ein System von besondern Röhren mit eigner Wandung darstellt, welche letztere selbst aus drei Theilen, einer Aussenhaut, einer Spiralfaser, welche die Röhre beständig offen hält, und einer Innenhaut, der nach innen gehenden Fortsetzung der äusserlichen Chitine, besteht. Bei den Pflanzen dagegen stellt die Respirationseinrichtung nur ein System von Kanälen oder Gängen dar, welche zwischen den Zellen und deren Geweben verlaufen, ohne mit einer besondern Wand versehen zu sein; zwar enthalten die, besondere Röhren bildenden Pflanzengefässe im ausgebildeten Zustande auch Luft, da sie aber in keiner offenen Verbindung mit dem luftführenden Intercellularsystem stehen, können wir sie auch nicht den Respirationsorganen beizählen und betrachten sie vielmehr als Luftsecretionsorgane.

Wenn demnach die Respirationsorgane der Pflanzen manche Analogieen im Thierreiche erkennen lassen, so muss man eine noch grössere Uebereinstimmung für die Respiration selbst anerkennen: die Respiration der Thiere und Pflanzen ist nicht so verschieden, als man häufig annimmt; es findet im Gegentheil derselbe Gasaustausch Statt: die Thiere absorbiren Sauerstoff und hauchen eine kohlenstoffreiche Luft nebst Wasserdunst aus; abgesehen von der nur am Tage stattfindenden Ausscheidung einer sauerstoffreichen Luft durch die grünen Theile, ist der Sauerstoff für die Pflanze ebenfalls eine wahre Lebensluft, denn er wird von den nicht grünen Theilen, wie Blüten und Wurzeln, von allen keimenden Pflanzen und von den Pilzen immer, von den chlorophyllhaltigen Theilen in der Dunkelheit absorbirt und die dann erfolgende Ausscheidung einer kohlenstoffreichen Luft, sowie die immer stattfindende wässrige Ausdünstung sind für die Pflanze wahre Lebensbedingungen, wie sie es auch für das Thier sind. Ein umgekehrtes Verhalten in dem Gasaustausch bei den Thieren und Pflanzen besteht nur für die grünen Theile der letztern und zwar nur im Lichte; im Uebrigen ist die Respiration bei Thier und Pflanze wesentlich gleich.

Düsseldorf, im Juli 1864.

Dr. Karl Czech.