Baumes, (Rofskastanie, Erle, Birke), ohne denselben von der Mutterpflanze zu trennen, einen sogenannten Ringelungsschnitt an, indem man einen etwa 5 cm breiten Rindenring rings im Umfange des Astes bis aufs Holz entfernt.

Überläfst man den derartig behandelten Baum sich selbst, so ergiebt sich, dafs die Blätter des geringelten Zweiges keineswegs vertrocknen, sondern durchaus frisch bleiben. Es mufs ihnen also fortwährend Wasser zuströmen. Die Rinde kann nicht als wasserleitendes Gewebe betrachtet werden, welchem irgend welche Bedeutung zukommt, da sie ja in unserem Versuch entfernt worden ist. Ebenso ist das Mark bei der Wasserleitung unbeteiligt; denn in älteren Ästen trifft man dasselbe nur noch in vertrocknetem Zustande an. Somit kann die Bewegung des Wassers, welches den Blättern zuströmt, nur im Holzkörper der Gefäfsbündel stattfinden.

Ein weiterer Versuch führt zu einem ähnlichen Resultat, wie der soeben angegebene. Man schneide nämlich einen Sprofs von Impatiens ab. Mit der Schnittfläche bringe man denselben in eine wässerige Lösung von Eosin. Nach Verlauf von 15 bis 20 Minuten beobachtet man den der Sonne ausgesetzten Sprofs. Die Farbstofflösung ist mehrere Centimeter hoch in dem Untersuchungsobjekte emporgestiegen. Nach der unter 2 angegebenen Methode untersucht man jetzt einen zarten Querschnitt aus der gefärbten Partie des Stengels mikroskopisch. Man findet nur das Holz der Gefäfsbündel von dem Eosin gefärbt, woraus sich wieder (freilich hier nicht mit absoluter Sicherheit) ergiebt, dafs die Wasserleitung im Holzteil der Gefäfsbündel stattfindet. Wir schneiden auch einen gröfseren Lindenzweig ab, stellen denselben mit seiner Basis in wässerige Eosinlösung, die sich in einer enghalsigen Flasche befindet, und setzen den Apparat der Sonne aus. Nach einiger Zeit hat sich die gefärbte Flüssigkeit bis zu bedeutender Höhe im Untersuchungsobjekt erhoben, und beim Durchschneiden desselben sehen wir, dafs nur das Holz rot gefärbt ist, während Rinde und Mark ungefärbt erscheinen.

19. Transpiration der Pflanzen.

(Nachweis der Transpiration, Schutzeinrichtungen vieler Pflanzen; Versuche mit Kartoffelknollen.)

Die Pflanzen geben grofse Wassergasmengen an die Luft ab. Dieser Verdunstungs- oder Transpirationsprozefs wird in erster Linie

durch die Laubblätter vermittelt, und seine Bedeutung besteht darin, dafs den Blättern zugleich mit demjenigen Wasser, welches als Ersatz für das verdunstete dient, aus dem Boden stammende gelöste Stoffe (Kaliverbindungen, schwefelsaure, salpetersaure Salze etc.) zugeführt werden, welche bei der Bildung organischer Körper in den Laubblättern Verwendung finden.

Das Wassergas, welches die Pflanzen abgeben, bildet sich im Innern der Gewebe, und die auf solche Weise entstandene wassergasreiche Luft der Intercellularräume entweicht schliefslich vornehmlich durch die Spaltöffnungen nach aufsen. Zum Nachweis der Transpiration der Gewächse stellt man folgenden Versuch an:

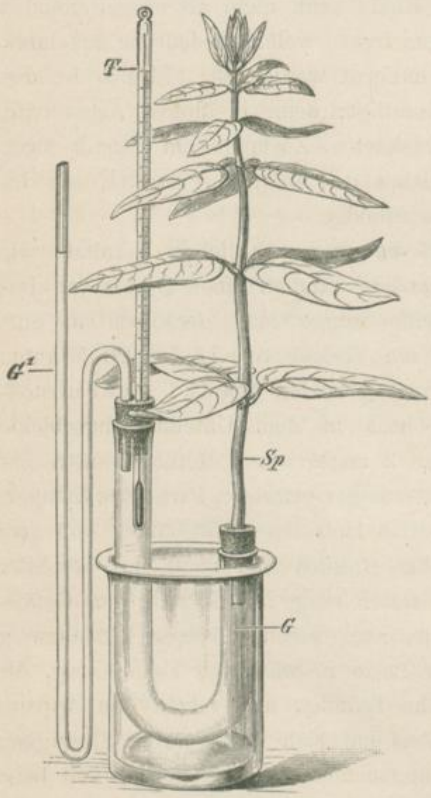

Fig. 19.
Apparat zu Transpirationsversuchen.
(Nach Detmer.)

Man nehme eine **U**förmig gebogene Glasröhre G, deren beide Schenkel eine Länge von etwa 10—15 cm und einen Durchmesser von ungefähr 18 mm besitzen. Die Röhre wird an beiden Enden mit durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen. In die Bohrung des einen Korkes führt man ein enges Glasrohr G^1 ein, welches in der in Fig. 19 angegebenen Weise gebogen ist. Der Apparat wird jetzt völlig mit Wasser angefüllt, und das Ende eines reich beblätterten Sprosses wird durch die Bohrung des anderen Korks geschoben, so dafs ein luftdichter Verschlufs hergestellt ist und das untere Ende des Sprosses etwa 2 cm tief in das Wasser eintaucht. Man bestimmt nun den Stand des Wassers in dem langen Schenkel des Glasrohres G^1, mifst die Temperatur der umgebenden Luft und ermittelt nach 10—15 Minuten die Veränderung

des Wasserstandes in der Glasröhre G^1. Der Wasserstand wird niedriger sein. Das Untersuchungsobjekt hat Wassergas durch Transpiration verloren und dafür eine entsprechende Flüssigkeitsmenge aus dem Apparat aufgenommen.

Der Versuch wird mehrfach, besonders auch in Räumen von verschiedener Temperatur, wiederholt. Man wird finden, dafs die Pflanzen bei hoher Temperatur, z. B. 20° C., mehr Wasser verbrauchen, als bei niederer Temperatur, z. B. 10° C.

Dabei ist übrigens darauf zu achten, dafs der Apparat mit dem Pflanzenteile vor Beginn jeder Beobachtung eine gewisse Zeit lang (z. B. $^1/_2$ Stunde) den verschiedenartigen Versuchsbedingungen ausgesetzt ist, damit die Temperaturdifferenzen sich ausgleichen. Sehr bequem lassen sich Transpirationsversuche auch in folgender Weise anstellen:

Eine weithalsige Glasflasche, welche ungefähr 1 l Wasser fafst, wird zur Hälfte mit dieser Flüssigkeit angefüllt. Man stellt nun einen frischen, abgeschnittenen grofsen Lindenzweig mit der Basis in das Wasser und giefst auf die Oberfläche der Flüssigkeit alsdann, um ihre Verdunstung auszuschliefsen, eine 1—2 cm hohe Ölschicht. Jetzt wird das Gewicht des ganzen Apparates bestimmt und derselbe dann dem direkten Sonnenlicht im Freien 1 bis 2 Stunden lang ausgesetzt. Abermalige Wägung ergiebt die Transpirationsgröfse des Zweiges. So fand ich, dafs ein Lindenzweig in 1 $^1/_4$ Stunden im direkten Sonnenlicht 27 g Wasser verdunstete. Im diffusen Licht transpiriert die Linde nur sehr schwach, aus Gründen, die hier nicht näher zu erörtern sind. Weidenzweige, die man in der angegebenen Weise behandelt, zeigen aber z. B. auch im diffusen Licht eine recht starke Verdunstung.

Es unterliegt keinem Zweifel, dafs die Laubblätter der Gewächse in allererster Linie als Transpirationsorgane betrachtet werden müssen. Aus diesem Grunde verdunsten auch solche Pflanzen besonders erhebliche Wassermengen, welche mit sehr grofsen und zahlreichen Laubblättern versehen sind. Solche Gewächse sind denn auch, zumal wenn sie keine tief in den Boden eindringenden Wurzeln entwickeln, der Gefahr des Welkens am meisten ausgesetzt, und man kann leicht beobachten, dafs reich beblätterte Pflanzen, besonders an sehr heifsen Sommertagen, infolge starker Transpiration in einen mehr oder minder welken Zustand übergehen.

Diejenigen Pflanzen, welche an sehr trockenen Standorten vegetieren, sind, was grofse biologische Bedeutung beansprucht, durch mannig-

faltige Einrichtungen vor einem zu starken Wasserverluste, der das Welken ihrer Gewebe herbeiführen könnte, geschützt. So z. B. tragen die bei uns einheimischen, auf Mauern wachsenden Mauerpfeffer- und Hauswurzarten (Sedum und Sempervivum) kleine, resp. fleischige und saftreiche Blätter, deren Epidermis von einer relativ dicken Cuticula überzogen ist. Sie vermögen in ihren Blättern und Stammgebilden viele Feuchtigkeit in regnerischen Zeiten anzusammeln, und es steht ihnen somit zu Zeiten gröfserer Dürre ein Vorrat an Wasser zur Verfügung, der überdies das Gewebe der Pflanzen nur in kleinen Mengen verläfst.

Auch die merkwürdig gestalteten Kaktusarten gedeihen an sehr trockenen Standorten. In Töpfen kultivierten Kaktuspflanzen braucht man wochenlang kein Wasser zuzuführen, und doch bleiben sie am Leben. Normale Laubblätter tragen diese Gewächse überhaupt nicht. In ihren massig entwickelten, eine relativ geringe Oberfläche besitzenden Stammgebilden können grofse Wassermengen aufgespeichert werden, die einen Feuchtigkeitsvorrat während langer Perioden der Trockenheit darstellen.

Es sei gestattet, hier noch auf einige weitere Schutzmittel der Pflanzen gegen zu starke Transpiration aufmerksam zu machen.

Betrachtet man solche Blätter der Buche oder des Holunders, die sich der freien Luft und den Sonnenstrahlen ausgesetzt entwickelt haben, so ergiebt sich, dafs die Organe relativ klein und dick sind im Gegensatz zu den dünnen und grofsen Blättern derselben Pflanzen, die im Waldschatten zur Entwickelung gelangten. Offenbar erzielt die Pflanze durch die Entwickelung kleinerer und derberer Blätter unter den zuerst angegebenen Verhältnissen eine Herabsetzung der Verdunstungsgröfse, die vor der Gefahr des Welkens schützen kann.

Die Individuen von Lactuca scariola entwickeln an schattigen Standorten horizontal gestellte Blätter. An sonnigen und trockenen Standorten stehen aber die Blattspreiten bei dieser Pflanze in der Meridianrichtung, d. h. sie sind nahezu vertikal gestellt und wenden ihre breiten Flächen nach Ost und West. Das derartig entwickelte Blatt empfängt natürlich nicht übermäfsig viele direkte Sonnenstrahlen und ist durch seine Richtung vor zu starker Wasserabgabe geschützt. Lactuca scariola gehört, wie einige andere Gewächse, der meridianen Stellung wegen, welche die Blätter unter Umständen annehmen, zu den sogenannten Kompafspflanzen.

Auch bei Geranium sanguineum kommt häufig an sonnigen Standorten eine Vertikalstellung der Blätter zur Herabsetzung der Verdunstung zustande; indessen ist von einer Meridianstellung hier nichts zu beobachten.

Junge Blätter sind häufig dadurch vor zu starkem Wasserverluste bewahrt, dafs ihre Oberfläche mit Haaren bedeckt ist, die später verschwinden. So verhält es sich z. B. bei den eben aus den braunen Knospenschuppen hervorbrechenden Blättern der Rofskastanie.

Ferner ist hier darauf hinzuweisen, dafs viele Pflanzenorgane existieren, welche, von ihrer Mutterpflanze abgelöst, in saftreichem Zustande längere Perioden überdauern müssen. Hierher gehören z. B. die Kartoffelknollen, welche, im Herbst zur Reife gelangt, erst im nächsten Frühjahre ihre Knospen austreiben. Die Knollen sind, um vor Wasserverlust geschützt zu sein, mit Korkgewebe überzogen. Um recht deutlich zu zeigen, in welch hohem Grade dieses letztere die Verdunstung des Wassers aus dem Parenchym der Knolle beschränkt, stellen wir folgenden Versuch an:

Man benutze 2 Kartoffeln von möglichst gleicher Gröfse und bestimme genau (bis auf Zehntelgramm) ihr Gewicht, nachdem die eine Knolle durch Schälen von der Korkschale befreit worden ist. Man lasse nun beide Kartoffeln eine gewisse Zeit lang, vielleicht 1—2 Stunden, liegen, bestimme jetzt wieder das Gewicht beider Knollen und notiere sich genau die Ergebnisse der jedesmaligen Prüfungen. Die von mir angestellten Untersuchungen hatten nach Verlauf einer Stunde folgendes Ergebnis:

A. Ursprüngliches Gewicht beider Knollen:

a) 98,3 g
b) 82,8 „

B. Gewicht nach Verlauf einer Stunde:

a) (mit Schale) 98,3 g
b) (ohne Schale) 82,3 „

Demnach betrug die Menge des verdunsteten Wassers bei der geschälten Kartoffel = 0,5 g, während die ungeschälte vor diesem Verluste gesichert war. Ähnliche Versuche lassen sich mit Früchten, wie Apfel, Birn, welche durch eine cuticularisierte Epidermis vor starkem Verdunsten ihres Wassers geschützt sind, anstellen.

Es ist biologisch interessant, dafs die wasserleitenden Organe der Pflanzen, also die Stammgebilde, vor starken Transpirationsverlusten

durch eine sie umgebende Rindenschicht geschützt sind, welche in ihren äufseren Teilen, wenn die Pflanze älter geworden, aus Korkgewebe besteht.

20. Wasseraufnahme oberirdischer Pflanzenteile und Wasserableitung von der Pflanze.

Wenn man Blätter von Brassica, Aristolochia oder anderen Pflanzen abschneidet und dieselben mit ihren Spreiten in Wasser eintaucht, so zeigt sich die Blattfläche von einem Silberglanz fast vollständig überzogen. Diese Erscheinung ist auf das Vorhandensein von Wachs in und auf der Cuticula der Blattoberfläche zurückzuführen.

Der Wachsüberzug verhindert die Benetzbarkeit dieser letzteren, so dafs der in Wasser eingetauchte Pflanzenteil von einer Luftschicht umkleidet bleibt, welche eine totale Reflexion des Lichtes und dadurch das Zustandekommen des Silberglanzes bedingt. Pflanzenteile, die nicht benetzbar sind, vermögen natürlich auch kein Wasser aufzusaugen, und man kann sich durch ähnliche Versuche, wie ein solcher hier soeben angegeben worden ist, leicht davon überzeugen, dafs die meisten Blätter auf keinen Fall in wesentlicher Weise bei der Wasseraufnahme seitens der Pflanzen beteiligt sind.

In der That wissen wir ja auch schon aus früheren Versuchen, dafs nicht oberirdische Organe, sondern in erster Linie die Wurzeln als wassersaugende Apparate thätig sind.

Übrigens sind dennoch manche Fälle näher bekannt, in denen oberirdische Pflanzenteile flüssigkeitsaufsaugend wirken, und wir wollen auf einige der bezüglichen Erscheinungen etwas näher eingehen. Wenn man z. B. Sprosse von Thesium abschneidet, die Schnittflächen mit Wachs verklebt, um die Untersuchungsobjekte, nachdem sie durch längeres Liegen an der Luft welk geworden sind, alsdann in Wasser einzutauchen, so zeigt sich, dafs die Sprosse in einiger Zeit ihren Turgor wieder gewinnen. Hier mufs also auf jeden Fall eine energische Wasseraufnahme zustande gekommen sein.

Merkwürdig sind die schüsselförmigen Blattscheiden, welche sich am Grunde vieler Blätter, zumal der Heracleum- und Angelikaarten vorfinden. In diesen Blattscheiden vermögen sich bei Regenwetter bedeutende Wassermengen anzusammeln, und es ist wohl nicht zweifelhaft, dafs diese Flüssigkeitsmengen dann auch später in das Innere der Pflanzen eindringen.