

müssen. Das Wasser wird allgemein einer Unterlage entnommen, in welche die dafür bestimmten Organe eindringen müssen. Ob nun das chlorophyllhaltige Organ bloß eine eiförmige oder eine verzweigte Ausstülpung ist wie bei *Botrydium* und *Bryopsis* oder eine bandförmige Platte wie bei *Marchantia* oder ein beblätterter Keimstengel wie bei der Bohne, ist nebensächlich. Wir erkennen überall das Organ gleicher Bestimmung und gleicher Fähigkeit. Ebenso finden wir physiologisch keinen Unterschied darin, daß die für das Substrat bestimmten Organe bei den Moosen nur haarförmige Rhizoiden, bei den höheren Pflanzen Wurzeln sind. Auf Grund dieser Überlegungen ist man dahin gekommen, die Organe gleicher Bedeutung (analoge Organe) auch gleich zu benennen, und wählte für alle nach oben wachsenden, meist Chlorophyll tragenden Organe die von Alex. Braun zuerst angewandte Bezeichnung Sproß, für das meist farblose, wasserführende Organ des Bodens das Wort Wurzel. Da alle Pflanzen in diesen ersten Schritten ihrer Entwicklung miteinander übereinstimmen, so war es nicht nur zweckmäßig, sondern notwendig, dies sprachlich klar zum Ausdruck zu bringen.

Durch diese Begriffsbildung wird die Organisation des ganzen Pflanzenreiches auf einmal einfach und übersichtlich. Bei der Entstehung jeder Pflanze aus ihrem Samen oder ihrer Keimzelle entwickelt sich zunächst nie etwas anderes als ein Sproß und eine Wurzel, und beide Teile erzeugen auch zunächst wieder bloß Wiederholungsprosse und Seitenwurzeln.

Bei den höheren Pflanzen ist der Grund, weshalb die Pflanzen trotz ihrer späteren auffallenden Verschiedenheit im Anfange dieser Entwicklung aus dem Samen so einfach und übereinstimmend organisiert sind, leicht zu erkennen. Er liegt darin, daß der Keim oder Embryo, welcher im Samen jeder höheren Pflanze verborgen ist, bei allen diesen Pflanzen den gleichen einfachen Bau und außer den beiden genannten Teilen gar keine anderen Organanlagen besitzt. Jeder Embryo besteht aus einem kurzen, die Keimblätter tragenden Sproßende und einer ebenso kurzen, aber deutlich unterscheidbaren Wurzel. Nur diese Teile können sich also bei der Keimung entwickeln, und die Übereinstimmung aller höheren Pflanzen im Zustande der Keimpflanze hat nichts Rätselhaftes mehr.

Diese Tatsachen, so einfach sie uns erscheinen, bilden doch eine wichtige Grundlage für das Verständnis des Aufbaues einer Pflanze. Wir wollen aber nach diesen theoretischen Aufklärungen nun auch die sichtbaren Entwicklungsformen selbst ins Auge fassen.

### 3. Die Ausbildung der ersten Organe der höheren Pflanzen bei der Keimung des Samens.

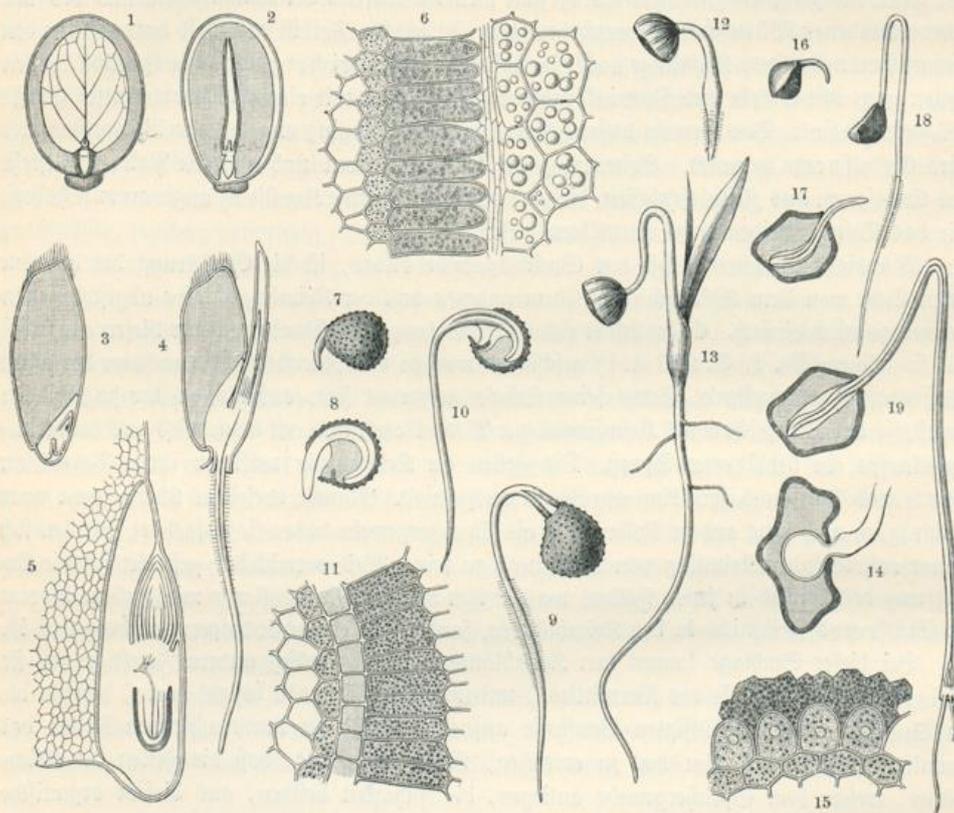
In jedem Samen liegt eine unvollkommen organisierte Pflanze, die man als Keim oder Embryo bezeichnet. Der Embryo, der im Samen ruht und unter Umständen 100 Jahre ruhen kann, besitzt zwar die Fähigkeit, sich zu einer Pflanze zu entwickeln, allein nur dann wird diese Fähigkeit zur Wirklichkeit, wenn gewisse äußere Bedingungen, eine bestimmte Temperatur und ein richtiges Maß von Feuchtigkeit auf den Samen einwirken können. Dann wächst aus dem unselbständigen Keim eine selbständige Pflanze heran. Bis zum Zeitpunkte dieser Selbständigkeit bezieht der Keim seine Nahrung aus einem Speicher, welcher im Samen angelegt ist, lebt von Stoffen, die noch von der Mutterpflanze herkommen, von einem Vorrat an Stärke und Fett, welcher, in besonderen Zellkammern abgelagert, dem von der Mutterpflanze

ausgebildeten, sich aber als Same von ihr ablösenden Keimling als erste Wegzehrung mit auf die Reise gegeben wurde. Solche für den Keimling noch von der Mutterpflanze angelegte Nahrungsbehälter finden wir von zweierlei Art in den Samen. Bisweilen bilden die Keimblätter selbst den Speicher für die später zu verwendende Nahrung. In diesem Falle wurden von der Mutterpflanze in den Zellen der Keimblätter Reservestoffe abgelagert, die, wenn die geeignete Zeit gekommen, zum weiteren Aufbau des Keimstengels und des mit ihm verbundenen Wurzelsystems verwendet werden. Im zweiten Fall ist innerhalb der umhüllenden Samenhaut neben dem Keimlinge noch ein besonderes Speichergewebe ausgebildet, dessen Zellen ganz mit Stärke und Proteinkörnern oder Fett oder mit einem Gemenge dieser Stoffe vollgepfropft sind. Das Gewebe dieser besonderen, dem Keimling angelagerten Vorratskammer wird Endosperm genannt. Seltener, z. B. beim Dattelfern und anderen Palmen, besteht das Endosperm aus Zellulosemassen, die eine harte, hornartige Konsistenz angenommen haben, wie das Durchschneiden eines Dattelferns lehrt.

Wo die Keimblätter selbst das Speichergewebe bilden, ist die Ernährung des an dem einen Ende von dem Wurzelsystem, an dem anderen von der Keimlingsknospe abgeschlossenen Keimes ziemlich einfach. Es vollzieht sich die Wandlung und Wanderung der Reservestoffe so, wie sie früher (Bd. I, S. 286 u. f.) geschildert worden ist. Zuerst wächst, nachdem der durch Wasseraufnahme quellende Same seine Schale gesprengt hat, auf Kosten der zugeleiteten Baustoffe das Wurzelsystem des Keimlings zur Wurzel aus, und erst dann wird aus der Keimlingsknospe ein beblätterter Sproß. Die Zellen der Keimblätter verlieren ihren Vorrat an Stärke und Fett, und ihre Ammenrolle ist ausgespielt. Manche derselben übernehmen zwar nachträglich noch eine andere Rolle; aber als Speichergewebe haben sie aufgehört, für den sich weiter entwickelnden Keimling von Bedeutung zu sein. Weit verwickelter gestaltet sich die Ernährung des Keimes in jenen Fällen, wo der ihm von der Mutterpflanze mitgegebene Vorrat an Stärke und Fett nicht in den Keimblättern, sondern in einem Endosperm niedergelegt ist.

Bei dieser Sachlage kommt den Keimblättern eine wesentlich andere Funktion zu, sie spielen nämlich die Rolle des Vermittlers, und ihre erste Aufgabe besteht darin, daß sie die im Speichergewebe verflüssigten Baustoffe aufnehmen und zu den wachsenden Teilen des Keimlings hinleiten. Um das zu erreichen, ist es notwendig, daß die Zellen der Keimblätter, welche dem Speichergewebe anliegen, die Fähigkeit besitzen, aus diesem organische Verbindungen aufzufangen und weiter zu leiten. Sie sind auch tatsächlich in ähnlicher Weise tätig wie die Haustorien der Verwesungspflanzen oder die der Schmarotzer und können in diesem Stadium als Saugorgane bezeichnet werden. Bei manchen Arten, z. B. bei der Kornrade (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 11), bleiben sie kurz, bilden eine zusammenhängende Zellenlage, die an das Speichergewebe angrenzt, und erinnern an die Saugzellen der Nestwurz; bei anderen, wie z. B. bei *Tradescantia* (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 15), stellen sie sich als Papillen dar, sind seitlich voneinander ganz oder teilweise getrennt und gleichen den Saugzellen der Enzianwurzeln, und wieder in anderen Fällen, wie z. B. bei dem Weizen (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 6), verlängern sie sich zur Zeit des Saugens um das Zehnfache bis Zwölffache und weichen dann auch an ihren Seitenwänden auseinander, so daß man durch sie an die Saugzellen von *Cuscuta* (s. Bd. I, S. 358, Fig. 2) erinnert wird. Ist der Keimling ganz in das Speichergewebe eingebettet, so nehmen alle seine oberflächlichen, an das nahrungsliefernde Gewebe angrenzenden Zellen die Stoffe auf; ist dagegen der Keimling nur einseitig dem Speichergewebe angeschmiegt, so sind die Saugzellen auch nur an dieser einen Seite

ausgebildet. Der Keimling der Kornrade, welcher wie ein Hufeisen um das Speichergewebe gekrümmt ist (s. untenstehende Abbildung, Fig. 8), zeigt z. B. die Saugzellen nur an der Unterseite desjenigen seiner beiden Keimblätter, welches der Mitte des Samens zugewendet ist. Manchmal ist es nur ein sehr beschränkter Teil des Keimblattes, dessen Zellen als Saugzellen dem Speichergewebe angeschmiegt sind, wie beispielsweise bei der Sommerzwiebel, wo nur das Ende



Keimblätter: 1) Längsschnitt durch den Samen von *Ricinus*, das vordere Keimblatt entfernt, 2) Längsschnitt durch denselben Samen, senkrecht auf die beiden parallelen Keimblätter; 3) Längsschnitt durch ein Weizenkorn (*Triticum vulgare*), 4fach vergrößert, 4) Längsschnitt durch dasselbe Weizenkorn, nachdem die Keimung bereits stattgefunden, 4fach vergrößert, 5) der Keimling mit dem Schildchen im Weizenkorn, 80fach vergrößert, 6) Saugzellen an der Oberfläche des Schildchens im Weizenkorn, 210fach vergrößert; 7) keimender Same der Kornrade (*Agrostemma Githago*), etwas vergrößert, 8) derselbe im Längsschnitt, 9) Kornradenkeimling im späteren Entwicklungsstadium, 10) derselbe im Längsschnitt, 11) Saugzellen an der Oberfläche des dem Speichergewebe anliegenden Keimblattes im Samen der Kornrade, 210fach vergrößert; 12) keimender Same der *Tradescantia virginica*, etwas vergrößert, 13) derselbe in einem späteren Entwicklungsstadium, 14) Querschnitt durch das knopfförmige im Speichergewebe eingebettete Ende des Keimblattes von *Tradescantia virginica*, 10fach vergrößert, 15) Saugzellen an der Oberfläche dieses knopfförmigen Endes, 180fach vergrößert; 16) keimender Same der Sommerzwiebel (*Allium Cepa*), natürl. Größe, 17) derselbe im Durchschnitte, etwas vergrößert, 18) Keimling der Sommerzwiebel im späteren Entwicklungsstadium, natürl. Größe, 19) derselbe im Durchschnitte, etwas vergrößert. (Zu S. 19—24, 26 u. 31.)

des Keimblattes Saugzellen trägt (s. Fig. 17 und 19), oder bei *Tradescantia*, wo sich das Ende des Keimblattes als eine knopfförmige Saugwarze darstellt (s. Fig. 14). Es verdient auch hervorgehoben zu werden, daß in manchen Fällen, wo das besondere Speichergewebe sehr umfangreich und der Keimling sehr klein ist, die auffaugende Zellfläche des Keimblattes sich im Verlaufe der Keimung vergrößert. In dem Maße, wie die Reservestoffe ausgefogen werden und das ausgefogene Speichergewebe schwindet, wächst häufig das auffaugende Stück des

Keimblattes nach. Das knopfförmige Ende des Keimblattes von *Tradescantia*, anfänglich nur von geringer Größe, wird desto umfangreicher, je mehr das Speichergewebe abmagert. Auch das auffaugende hohlkegelförmige oder blasenförmige Ende des Keimblattes vieler Palmen, so z. B. der Dattel- und der Kokospalme, vergrößert sich, dringt in das Speichergewebe ein und nimmt dessen Stoffe auf. Bei den Binzen und Seggen beobachtet man ein ähnliches Verhältnis. Bei den Keimlingen in den Samen des Kaffees und des Efeus sind die Keimblätter anfänglich sehr klein, wachsen aber während des Keimungsprozesses immer weiter und weiter in das Speichergewebe hinein, dasselbe scheinbar zurückdrängend und endlich den ganzen Samenraum ausfüllend. Sehr eigentümlich verhalten sich auch die Keimblätter der Doldenpflanzen. Der kleine Keimling liegt im Samen am Grunde des Speichergewebes, und es ragen seine winzigen Keimblätter in ein von ausgeleerten Zellen gebildetes lockeres Gewebe hinein. Diese Zellschicht ist aber rings von den mit Fett erfüllten Zellen des Speichergewebes umgeben. Wenn nun die Keimung beginnt, so wachsen die beiden Keimblätter in die Länge, durchdringen die lockere Zellschicht und legen sich dem Speichergewebe an.

Nachdem zunächst durch alle diese Vorgänge die Wurzel des Keimes der neuen Pflanze zum Wachsen gebracht und der Same im Boden befestigt ist, handelt es sich darum, den Keimstengel und die ihn krönende Knospe aus der Samenschale heraus, ans Licht zu bringen. Daß diese Aufgabe keine ganz einfache ist, ergibt sich aus dem Bau des Samens. Wo ein Speichergewebe vorhanden ist, findet man den Keimling häufig in der Mitte desselben gelagert, oder er ist in seitlichen Nischen und Höhlungen desselben geborgen. Das Speichergewebe ist manchmal hornartig und beinhart, wie z. B. in den Samen der Dattel und des Kaffees, und dann ist schon durch dieses Gewebe ein trefflicher Schutz für den schlafenden Keimling hergestellt. Unter allen Umständen ist der Keimling von der Samenschale umgeben, die meistens aus mehreren Zellagen besteht. Bei sehr vielen Gewächsen ist der Same überdies noch von einer sich niemals öffnenden Fruchthülle und zum Überflusse noch von vertrocknenden oder fleischig werdenden Teilen der Blüte umwallt. Solange der Same ruht, dienen alle diese Umhüllungen dem zarten Keime als Schutz, aber sie sind zugleich ein Hindernis für das Hervortreten des Keimstengels.

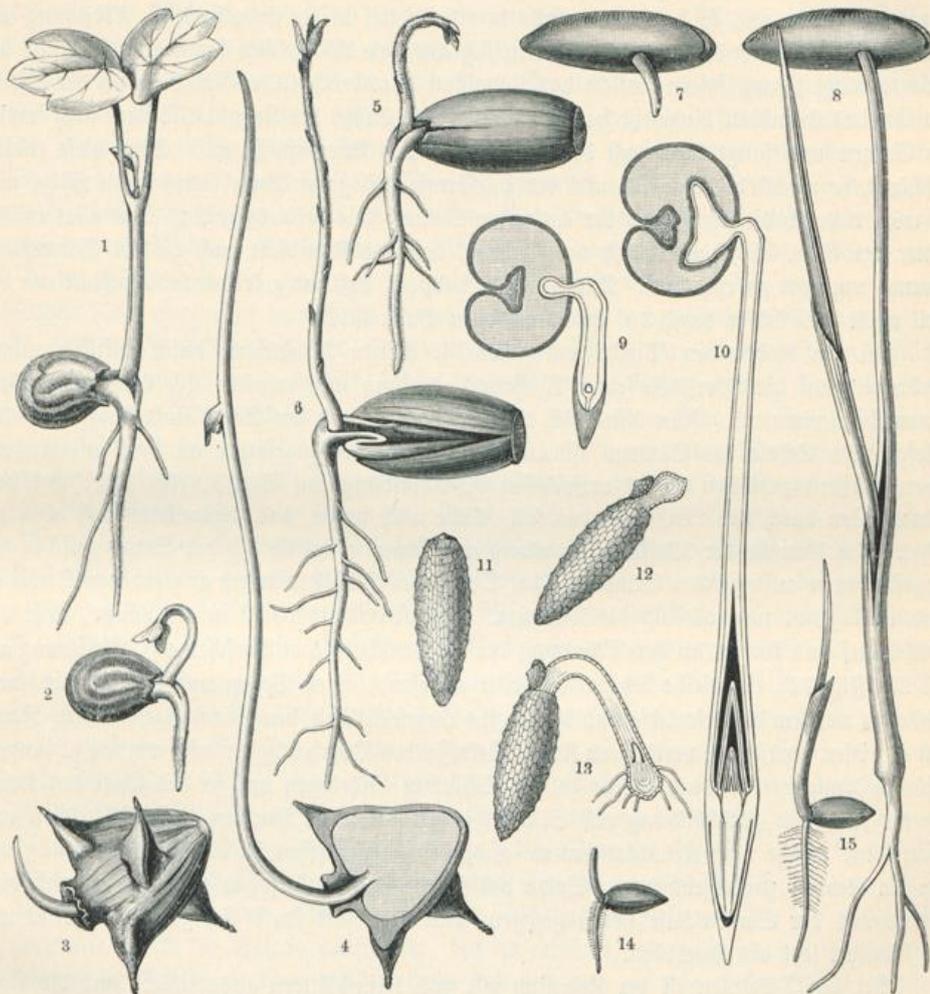
Dieser Vorgang spielt sich in einer zwar für jede Art genau bestimmten, aber bei den verschiedenen Arten ins Unabsehbare wechselnden Weise ab. Mitunter zeigen größere Abteilungen des Pflanzenreiches eine recht auffallende Übereinstimmung, es kommt aber auch vor, daß sehr nahe verwandte Arten ein und derselben Gattung in Beziehung auf die Erlösung des Keimlings aus den Banden der Samenschale bedeutend abweichen. Immer aber ist dieser Vorgang ein höchst beachtenswerter. Um doch eine annähernde Übersicht zu gewinnen, werden in der folgenden Darstellung mehrere verschiedene Fälle durch ein Beispiel erläutert werden.

Eine einfache Art der Keimung zeigen die Gräser, was mit der günstigen Lage des Embryos zusammenhängt. Wie das als Beispiel gewählte Weizenkorn (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 3—5) zeigt, ist der kleine Keimling der Gräser dem einen Ende des großen, besonders mehltreichen Speichergewebes seitlich angeschmiegt. Das Keimblatt der Gräser hat zwar keine blattähnliche Form, es ist zu einem schildförmigen Körper umgebildet, daher auch Schildchen (*scutellum*) geheißt. Obschon verschiedentlich abgeändert, ist es doch bei den drei- bis viertausend verschiedenen Arten der Gräser in der Hauptsache gleichgestaltet. Die freien Ränder dieses nur von wenigen Gefäßen durchzogenen Keimblattes wölben sich über die Keimlingsknospe, wickeln dieselbe mitunter förmlich ein und bilden eine scheidenartige Umhüllung derselben.

Nach abwärts setzt sich das Schildchen in einen Sack fort, der das Würzelchen des Keimlings einschließt. Wenn nun durch Vermittelung der auf S. 19 geschilderten Saugzellen des Schildchens die Stoffe aus dem Speichergewebe zum Würzelchen und der Keimlingsknospe gelangen, wachsen diese Teile rasch in die Länge; das Würzelchen durchbricht nach unten die sackartige Hülle, dringt in den Boden und seine reichlichen Wurzelhaare verwachsen mit den Partikeln der Erde und nehmen vor allem Wasser auf. Die Knospe aber streckt sich nach oben, und die Blätter drängen aus der scheidenartigen Umhüllung des Keimblattes nach oben wachsend dem Lichte zu. Die unteren Blätter sind meist Niederblätter und ohne grüne Spreite, die auf sie folgenden Blätter zeigen aber sämtlich lange, grüne Spreiten, die eigentlichen Grasblätter. Die Stärke des Speichers ist bei dem raschen Wachstum des Keimlings bald vollständig aufgezehrt. Sobald dies geschehen, hat das Schildchen keine weiteren Aufgaben zu erfüllen, es vertrocknet und geht zugrunde; die junge Graspflanze aber ist jetzt in den Stand gesetzt, mit ihren Wurzeln und ihren grünen Laubblättern sich selbständig die zum Weiterbau nötigen Stoffe zu verschaffen.

Die Keimlinge der Seggen und Binzen, der Schwertlilien, Schneeglöckchen, Narzissen, Alox- und Mäusedornarten, der Blütensilbe, Bananen und Palmen und noch zahlreicher anderer Gewächse, welche gleich den Gräsern zu den Monokotyledonen gehören, zeigen eine etwas andere Art der Keimung. Der Keimling ist bei allen diesen Pflanzen im Speichergewebe des Samens eingeschlossen, und das von dem Keim ausgehende Keimblatt bildet eine Scheide, welche die Knospe ringsum einhüllt. Das Keimblatt ist nur an seiner Spitze mit Saugzellen versehen und steht nur dort mit den Zellen des Speichergewebes in Verbindung. Bei der Keimung tritt zuerst die Wurzel heraus, dann streckt sich das Keimblatt in die Länge und schiebt den Keim mit der Keimlingsknospe aus dem Samen heraus. Die von dem zurückbleibenden Teile des Keimblattes aus dem Speichergewebe aufgefogene Nahrung wird aus dem Inneren des Samens zu dem hinausgeschobenen Keimlinge durch den verlängerten Keimblattteil geleitet. Der Keimling ist mit Hilfe dieser ihm zugeführten Nahrung in die Lage gesetzt, sein Würzelchen zu einer in den Boden eindringenden Saugwurzel und die Blattanlagen der Knospe zu grünen Blättern auszubilden. Von diesem hier nur ganz im allgemeinen skizzierten Vorgange lassen sich zahlreiche Modifikationen unterscheiden, welche insbesondere durch die verschiedene Richtung und Länge des aus dem Samen herausgeschobenen Keimblattstückes bedingt werden. Bei den auf sumpfigem Boden oder selbst unter Wasser im Schlamm keimenden Seggen, Binzen und Zypergräsern krümmt sich das vorgeschobene, den Keimstengel, die Knospe und das erste Laubblatt umschließende Stück des Keimblattes nach aufwärts (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 14 und 15), während sich dasselbe bei den Arten der Gattungen *Yucca* und *Tradescantia* in einem Bogen nach abwärts krümmt (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 12—15). Bei den Zykadeen und Palmen, welche auf einem oberflächlich der Dürre ausgesetzten Boden wachsen, biegt es sich sofort nach dem Hervortreten aus dem Samen wie eine Wurzel und wächst senkrecht in die tieferen, stets feuchteren Erdschichten hinab (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 7, 9 und 10, welche die Keimung der Dattelpalme erläutert). Bei der Arefapalme und den schlanken Chamädoreen ist das aus dem Samen herausgeschobene scheidenförmige Stück des Keimblattes sehr kurz, während es sich bei der Dattelpalme, Kokospalme und anderen Palmen so sehr verlängert, daß es aussieht, als wäre der in der Scheide eingeschlossene Keim durch einen langen Faden mit dem im Samen steckengebliebenen Saugorgan verbunden (Fig. 10). Die Figuren 7—10 der Abbildung auf S. 23 zeigen den Dattelkeimling in allen seinen

Entwicklungsstufen. Der eine Teil des Keimblattes steckt als stattlich entwickeltes Saugorgan im Samen, die Knospe ist durch den herausgestreckten Teil tief in den Boden versenkt und muß nun, um ans Licht zu kommen, die Scheide seitlich durchbrechen (Fig. 8) und durch den Boden



Keimende Samen und Keimlinge: 1) Keimling der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*), 2) derselbe in einem früheren Entwicklungsstadium; 3) Wassernuß (*Trapa natans*), aus welcher der Keimling hervordringt, 4) späteres Entwicklungsstadium; 5) Keimling der österreichischen Eiche (*Quercus austriaca*), 6) derselbe weiter entwickelt; 7) Same der Dattel (*Phoenix dactylifera*), aus welcher der Keimling hervordringt, 8) derselbe acht Wochen später, nachdem der Keimling bereits Wurzel und Niederblätter entwickelt hat, 9) junger Keimling der Dattel im Längsschnitte, 10) älterer Keimling der Dattel im Längsschnitte; 11) Same des Rohrkolbens *Typha Schottleworthii*, 12) derselbe mit hervortretendem Keimlinge, 13) derselbe in späterem Entwicklungsstadium; 14), 15) Keimlinge der Segge *Carex vulgaris*. Fig. 1-8 in natürl. Größe, 9), 10) achtfach, 11-13) vierzigfach, 14), 15) sechsfach vergrößert. (Zu S. 22-25.)

nach oben wachsen. Bei manchen Palmen wird die Keimblattscheide  $\frac{1}{2}$  m lang, und es vergehen viele Monate, bis sämtliche Reservestoffe der riesigen, oft bis zu 8 kg schweren Samen durch die Keimblattscheiden dem in der Tiefe von  $\frac{1}{2}$  m eingepflanzten Keimlinge zugeführt und von ihm verbraucht worden sind. Dann wächst er langsam dem Lichte zu.

In etwas anderer Weise keimen die Samen zahlreicher Arten des Lauches (*Allium*). Bei dem Knoblauch (*Allium sativum*) ist der Keimling in die Mitte des Speichergewebes eingebettet (wie bei Abbildung auf S. 20, Fig. 17). Sobald die Keimung beginnt, schiebt auch hier das Keimblatt den Keim aus der Samenschale heraus, wächst zuerst aufwärts, biegt sich aber dann knieförmig um, so daß es ebenfalls den Keim tief in die Erde senkt (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 18 und 19). Hier entwickeln sich aus dem Würzelchen sowie aus der Basis des Keimes lange Wurzelsfasern, welche das Keimblatt durchbrechen, den Keimling an der Stelle, wo ihn das Keimblatt hingesezt hat, festhalten. Die Spitze des Keimblattes steckt noch immer im Samen und saugt hier noch die letzten Reste der Reservestoffe auf. Sind diese endlich erschöpft, so wächst der eine Schenkel des knieförmig gebogenen Keimblattes in die Höhe, und es wird dadurch die Spitze aus der entleerten Samenschale herausgezogen. Das alles erfolgt unter der Erde. Es handelt sich nun darum, daß das Keimblatt auch an das Sonnenlicht kommt, um dort zu ergrünen. Das geschieht dadurch, daß das gekrümmte Keimblatt wie ein Keil wirkt und sich so durch die Erde nach oben Bahn bricht.

Bei den Rohrkolben (*Typhazeen*) fallen die kleinen Früchtchen, durch Luftströmungen verbreitet, auf die Oberfläche einer Wasseransammlung und erhalten sich dort einige Tage hindurch schwimmend. Nun öffnet sich die Fruchthülle, und der Same sinkt langsam in die Tiefe. Die Schale des Samens ist an dem einen Ende zugespitzt, an dem anderen mit einem äußerst zierlichen Deckel verschlossen (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 11). Bei dem Hinabsinken durch das Wasser ist das spitze Ende nach unten, das zugedeckte nach oben gekehrt. Am Grunde der Wasseransammlung angekommen, erhält sich der Same zwischen den abgestorbenen aufragenden Stummeln der Stengel und Blätter in der angegebenen Stellung, und es beginnt nun alsbald die Keimung. Das Keimblatt wächst in die Länge, stößt den Deckel auf und kommt an der Mündung der Samenschale zum Vorschein (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 12). Dasselbe beschreibt, weiter wachsend, einen Bogen und erreicht mit jenem Ende, in welchem die Keimachse und die Knospe eingehüllt sind, den schlammigen Boden. Kaum hat es diesen berührt, so verlängern sich die betreffenden Oberhautzellen und werden zu langen, schlauchförmigen Gebilden, welche in den Schlamm eindringen und so das Ende des Keimblattes festhalten (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 13). Später kommen auch Würzelchen zum Vorschein, welche vom Keimblattstamme ausgehen. Inzwischen ist die Reservenernährung von der im Samen zurückgebliebenen Spitze des Keimblattes aufgezogen worden, es wird diese Spitze aus der Samenschale herausgezogen, das Keimblatt streckt sich gerade, ergrünt und funktioniert jetzt als Laubblatt.

Bei den Dikotylen ist der Keimling mit zwei Keimblättern ausgerüstet, und die Baustoffe, welche dem Keimlinge für die erste Zeit seines Wachstums zur Verfügung stehen, sind vielfach in den Keimblättern selbst aufgespeichert. Es gehören in diese Gruppe die Pflanzen mit pflaumenartigen Früchten sowie die meisten Arten mit Samen und Früchten von nußartigem Ansehen, aber auch solche, deren Samen nur eine lederige, weniger feste Umhüllung zeigen. Beispielsweise seien genannt die Walnuß und Haselnuß, die Eiche, Kastanie und Kofkastanie, Mandel, Kirsche, Aprikose und Pfirsich, der Lorbeer und die Pimpernuß, die Seerosen (*Nymphaea*, *Nuphar*), die Kapuzinerkresse (*Tropaeolum*), die Päonien und Windröschen (*Paeonia* und *Anemone*), der Hundswürger (*Cynanchum*) und das Zinnenblatt (*Melittis*) wie die Samen der Hülsenfrüchte, Bohnen, Erbsen, Wicken usw. Die beiden Keimblätter erfüllen in den Samen aller dieser Pflanzen fast den ganzen von der Samenschale umschlossenen

Raum, das Würzelchen ist ein kleines Spitzchen, und die kleine Keimlingsknospe ist zwischen den großen Keimblättern ähnlich wie ein getrocknetes Pflänzchen zwischen den Papierbogen eines Herbariums zusammengepreßt. Die Keimblätter sind dick, gedunsen, prall und immer verhältnismäßig schwer. Manche derselben sind wellenförmig verbogen oder gefaltet, wie bei Roßkastanie und Walnuß, und selten machen sie den Eindruck eines Blattes. Mitunter sind beide Keimblätter vorn zu einer Masse verwachsen, wie z. B. bei der Kastanie und Roßkastanie, den Seerosen und der Kapuzinerkresse, und dann ist alles das, was man gemeinhin als Attribut eines Blattes anzusehen pflegt, vollständig beseitigt. Wenn solche Samen Wasser aus der Umgebung aufgenommen haben, zu keimen und zu wachsen beginnen, wird zunächst die Samenschale an dem einen Pole des Samens gesprengt, und das Würzelchen sowie der untere Teil des Stämmchens und auch die dicken Stiele der beiden Keimblätter werden durch den Riß herausgeschoben. Die Keimblätter selbst bleiben dagegen von der Samenschale umhüllt in der Höhlung stecken, verlieren in dem Grad, als sie Stoffe an die eben genannten wachsenden Teile abgegeben haben, an Gewicht, magern ab und erscheinen endlich ganz erschöpft, geschrumpft und ausgefogen. Das vorgehobene Würzelchen hat sich dagegen sichtlich vergrößert, krümmt sich nach abwärts, dringt senkrecht in den Boden ein und treibt Seitenwurzeln mit Saugzellen, welche nun aus dem Erdreiche Nahrung auffaugen. Das Knöpfchen, welches zwischen den kurzen, dicken Stielen der beiden Keimblätter wie eingeklemmt war, hat sich dagegen emporgekrümmt, streckt sich ziemlich rasch in die Länge, und der Keimstengel kommt mit überhängender Knospe über dem Boden an. Durch diese hängende Stellung wird die Knospe beim Durchdringen des Erdbodens vor Schaden bewahrt. Der Sproß entwickelt bei der Kapuzinerkresse sofort grüne, gelappte Laubblätter, bei anderen Pflanzen, wie z. B. bei der Eiche, zuerst schuppenförmige Niederblätter und erst über diesen grüne Laubblätter. In der Abbildung auf S. 23, Fig. 1, 2, 5 und 6, sind diese Verhältnisse sowohl an der Kapuzinerkresse als auch an der Eiche zur Anschauung gebracht. Die Keimblätter bleiben in allen diesen Fällen unterirdisch und fungieren zuerst als Behälter der Reservestoffe und zugleich als schützende Hülle für den kleinen, eingeklemmten Keimling. Haben sie ihre Aufgabe gelöst, so sterben sie ab, die ausgefogenen Keimblätter bleiben in der Höhlung der Samenschale stecken, gehen wie diese in kurzer Zeit in Verwesung über und zerfallen so vollständig, daß an der Stelle, wo sie mit dem Keimblattstamm in Verbindung standen, kaum noch eine Spur ihres Ansatzes zu erkennen ist.

Eine seltene Form der Keimblätter beobachtet man bei der Wassernuß (Trapa). Das eine der Keimblätter ist klein, schuppenartig und enthält keine Reservestoffe, das andere ist sehr groß und erfüllt die Nuß so vollständig, daß es aussieht, als habe jemand Stearin in das Innere der Frucht gegossen, welches dann erstarrte und zu einer festen Masse wurde. Die Wassernuß keimt auf schlammigem Grunde unter Wasser. Bei der Keimung tritt aus dem Loche der Nuß ein weißer, stielrunder Körper heraus, welchen man als Keimblattstamm (Hypokotyl) deutet (s. Abbildung, S. 23, Fig. 3). Eine Hauptwurzel wird nicht entwickelt. Dieses Gebilde verlängert sich unter dem Wasser und wächst geradlinig in die Höhe. Von den beiden Keimblättern verläßt nur das eine, welches als kleine Schuppe dem kurzen Keimblattstamme aufsitzt, die Höhlung der Nuß, das andere, große bleibt in der Nuß stecken und steht mit dem Keimblattstamme durch einen langen Stiel in Verbindung. Dieser lange Stiel und der sehr kurze Keimblattstamm gehen so unvermittelt ineinander über, daß sie zusammen als ein einziger ungegliederter weißer Strang erscheinen (s. Abbildung auf S. 23, Fig. 4). Durch die stielartige Verbindung werden die in dem großen, dicken Keimblatte gespeicherten Baustoffe

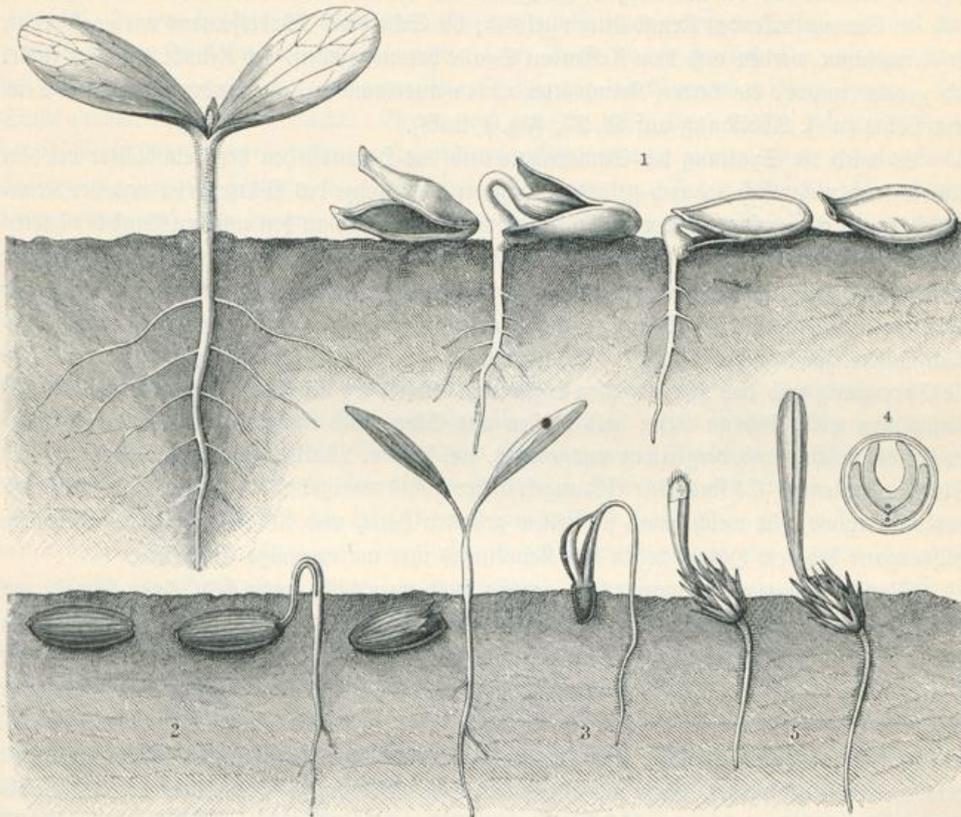
den im Wasser wachsenden Teilen des Keimlings zugeführt, was ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt. Bis dieses Keimblatt alle seine Reservestoffe abgegeben hat, ist die Wurzel schon so weit erstarrt, daß sie aus der Umgebung Stoffe aufzunehmen vermag; sie krümmt sich gegen den schlammigen Boden herab und setzt sich in demselben mit zahlreichen Seitenfasern fest. Auch die Knospe, welche an der Basis des kleinen, schuppenförmigen Blattes am Keimblattstamme angelegt wurde, ist inzwischen ausgewachsen und zu einem Sprosse geworden, welcher unten Niederblätter, weiter aufwärts grüne Laubblätter entwickelt und zur Oberfläche des Wassers hinaufwächst. Das ausgefogene Keimblatt verläßt niemals den Innenraum der Nuf, sondern geht wie diese allmählich in Verwesung über. Es liegt demnach hier der seltene Fall vor, daß das eine Keimblatt aus der Höhlung des Samens und der Frucht vorgeschoben wird, während das andere dort zurückbleibt.

Verhältnismäßig selten kommt es vor, daß der Keimproß ohne weiteres geradlinig aus dem Samen herauswächst. Als Beispiel möge *Cardopatum corymbosum* (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 5) gewählt sein. Der Keimling ist gerade, der Keimblattstamm (auch Hypokotyl genannt) ist kurz und trägt zwei dickere Keimblätter, deren dicht aneinanderliegende Spitzen einen stumpfen Keil bilden. Ist einmal das Würzelchen vorgeschoben und hat sich in der Erde befestigt, so verlängert sich gleich danach der Keimblattstamm in entgegengesetzter Richtung, ohne sich zu krümmen, schiebt die zusammenschließenden Keimblätter vor sich her und drängt diese aus der Fruchtschale hinaus. Es muß hierbei das Gewebe der Fruchtschale, welches über dem Keimblattkegel liegt, durchstoßen werden, was aber keine Schwierigkeiten macht, da dieses Gewebe aus dünnwandigen Zellen besteht. So kommt an dem einen Pole das Würzelchen, an dem anderen das Keimblattpaar hervor, und der Keimling erscheint in seiner Mittelhöhe von der ausgeleerten Fruchtschale wie von einem Ring oder einer Hülse umgeben. Die zu einem festen Keil vereinigten Spitzen der Keimblätter müssen, nachdem sie die Höhlung der Schale verlassen haben, meistens noch die darüberliegende Erde durchbohren, und erst wenn dies geschehen ist, können sie sich entfalten und ergrünen.

In den allermeisten Fällen, wo die Keimblätter sich oberirdisch entfalten, nachdem sie die Reservestoffe des Endosperms aufgezehrt haben, werden sie in umgekehrter Lage aus der Samenschale herausgezogen und auf diese Weise vor Beschädigungen beim Durchdringen des Erdbodens geschützt. So verhält es sich bei den meisten Dikotylen, z. B. bei der schon wiederholt genannten Kornrade (*Agrostemma Githago*), deren beide aufeinanderliegende Keimblätter hufeisenförmig um das mit Stärke vollgepropte Speichergewebe gekrümmt sind, nach Verbrauch dieser Nahrung aber aus der Samenschale gezogen werden, auseinander weichen und ergrünen (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 7—10). Bei *Ricinus communis* (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 1 und 2) platzt die Samenschale im Beginne der Keimung; die großen Keimblätter nehmen die Reservestoffe auf, dann folgt das Herausziehen und Ergrünen der beiden Keimblätter im Sonnenlichte. Bei den Kürbissen und noch vielen anderen Arten der in Rede stehenden Gruppe ist die wenige Reservestoffe in den Keimblättern selbst aufgespeichert. Als bald nach dem Beginne der Keimung dringt das Würzelchen des Keimlings hervor, wächst in die Erde und zieht dann auch die Keimblätter aus der Höhlung der Samenschale hervor.

Der Vorgang bei dem Herausziehen der Keimblätter aus der Höhlung der Samenschale ist so merkwürdig, daß es sich lohnt, denselben in seinen auffallendsten Verschiedenheiten kennen zu lernen. Zunächst mag als Vorbild für eine große Zahl von Arten der Kürbis (*Cucurbita Pepo*; s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1) hingestellt sein. Der Same

dieser Pflanze ist ziemlich groß, von zwei Seiten her abgeplattet, im Umriss eiförmig, an dem einen Ende gerundet, an dem anderen Ende etwas verschmälert und schief abgestutzt. An dieser Stelle ist er mit einem kleinen Loche versehen. Werden Kürbissamen ausgestreut, so kommen sie mit einer der abgeplatteten Seiten auf den Boden zu liegen und verkleben dort leicht mit Erde, zumal dann, wenn sie an ihrer Oberfläche mit einem klebrigen Saft des Fruchtfleisches überzogen sind, was bei der natürlichen Ausfaat in der freien Natur stets der Fall ist. Da der



Austritt der Keimblätter aus der Höhlung der Samens oder Fruchtschale: 1) Kürbis (*Cucurbita pepo*); 2) Stinkmoss (*Scorodosma asa foetida*); 3) einjährige Immortelle (*Helichrysum annuum*), 4) Querschnitt durch die innerhalb der Fruchtschale gerollten Keimblätter der einjährigen Immortelle; 5) *Cardopatum eorymbosum*, nach Lieb. Fig. 1–3 in natürl. Größe, Fig. 4–5 etwas vergrößert. (Zu S. 26–29.)

von der Samenhaut umschlossene Keimling gerade ist, so erhält dieser eine zur Fläche des Keimbettes parallele Lage. Wenn nun die Keimung beginnt, so tritt zuerst das Würzelchen durch die erwähnte kleine Öffnung an dem einen Ende des Samens hervor; es krümmt sich sofort und wächst auf Kosten der ihm aus den beiden Keimblättern zugeführten Nahrung ziemlich rasch abwärts in die Erde hinein, wo es Seitenwürzelchen entwickelt und sich durch reichliche Saugzellen mit den Erdteilchen fest verbindet. Aber auch der kurze Keimblattstamm, in welchen die Wurzel nach oben übergeht, wächst anfänglich abwärts in die Erde hinein. Freilich nur kurze Zeit. Als bald ändert sich nämlich die Richtung seines Wachstums, und der Stamm treibt jetzt in entgegengesetzter Richtung zum Lichte empor. Wie aus der bisherigen Darstellung

hervorgeht, ist der Keimblattstamm oben und unten festgelegt: unten durch die in der Erde festgewachsene Wurzel, oben durch die am Boden festgeklebte Samenschale, in welcher die Keimblätter stecken. Sobald er nun in die Länge wächst, muß er eine starke Krümmung machen, ja manchmal eine förmliche Schlinge, deren konvexe Seite nach oben gewendet ist (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1). Notwendigerweise übt er dabei einen starken Zug nach beiden Enden aus. Die in der Erde gut befestigte Wurzel wird hierdurch in ihrer Lage nicht mehr verrückt, dagegen machen sich die Wirkungen des Zuges an den an dem Keimblattstamme sitzenden, noch im Samen steckenden Keimblättern geltend; die Schale des Kürbisamens wird gesprengt, die Keimblätter werden aus dem klaffenden Spalte herausgezogen, der Keimblattstamm richtet sich gerade empor, die beiden Keimblätter rücken auseinander und wenden ihre obere Seite dem Lichte zu (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 1 links).

Es wird die Spaltung der Samenschale und das Herausziehen der Keimblätter bei dem Kürbis noch wesentlich dadurch gefördert, daß an der Grenze des Würzelchens und des Keimblattstammes ein vorspringender Wulst ausgebildet ist, der sich an den unteren Rand der harten Samenschale anstemmt und diesen an den Boden drückt, so daß nach erfolgter Sprengung der obere Teil der Samenhaut von dem unteren wie ein Deckel emporgehoben wird. Auch der Keimling der Sumpfpflanze (*Mimosa pudica*) sowie jener von *Cuphea* entwickeln an dem Keimblattstamme einen solchen Wulst, der sich an den unteren Teil der Samenschale anstemmt und so die Sprengung und das Herausziehen begünstigt. Dort, wo der Same von einer Fruchthülle umschlossen wird, sind an dieser bald Leisten und Ecken, bald vorspringende Ränder des vertrockneten Kelches und dergleichen ausgebildet, welche dem Wulste des Keimblattstammes als Stützpunkt dienen. Es sind diese Bildungen daher nichts weniger als verkümmerte, der Pflanze nutzlose Organe, für welche man sie früher gehalten hatte, und finden hiermit als wertvolle Hilfsorgane bei dem Herausziehen des Keimlinges ihre naturgemäße Erklärung.

Manche Pflanzen, so namentlich gewisse Doldengewächse, entwickeln einen sehr kurzen Keimblattstamm. Derselbe krümmt sich nicht, übt keinen oder doch nur einen unbedeutenden Zug auf die Keimblätter aus und wäre nicht imstande, die Keimblätter aus der Hülle der Samen- oder Fruchtschale herauszuziehen. Bei allen diesen Pflanzen sind nun die Keimblätter langgestielt, und die Stiele übernehmen die Rolle des Keimblattstammes, wenigstens insofern, als durch sie das Herausziehen der Spreite der Keimblätter in ähnlicher Weise vermittelt wird, wie oben geschildert. Recht auffallend tritt diese Erscheinung bei der Keimung des Stinkafantes (*Scorodosma Asa foetida*) hervor, welche durch die Fig. 2 der Abbildung auf S. 27 zur Anschauung gebracht ist. Die von dem sehr kurzen Keimblattstamm ausgehenden Stiele der Keimblätter wachsen rasch in die Länge und nehmen dieselbe S-förmige Krümmung an, welche der Keimblattstamm des Kürbiskeimlinges zeigt; sie üben auch auf die noch in der Fruchtschale steckenden Spreiten der Keimblätter eine ähnliche Wirkung aus und ziehen diese förmlich heraus. Sobald das geschehen, strecken sich die Stiele sofort gerade, und die von ihnen getragenen Spreiten wenden ihre obere Seite dem Lichte zu.

Wenn Keimblätter über die Erde kommen, welche aus der Frucht- oder Samenschale unterirdisch herausgezogen wurden, so wird bei dem Geradestrecken des Keimblattstammes ein Druck auf die über dem Keimlinge liegenden Erdschichten ausgeübt, die Keimblätter nehmen die erdigen Teile gewissermaßen auf ihren Rücken und heben sie empor, ohne sie eigentlich zu durchstoßen oder zu durchbohren. Dabei ist die Gefahr einer Verletzung jedenfalls eine geringe, und die Annahme, daß darum jene Keimblätter am häufigsten vorkommen, deren

Entfaltung nach dem Vorbilde des Kürbisses oder Stinkasantes stattfinden, ist vollauf berechtigt. Pflanzen, deren gerader Keimling mittels der zu einem Kegelel zusammenschließenden Keimblattspitzen die Fruchtschale und die darüberliegende Erde zu durchstoßen hat, wie z. B. *Cardopatum corymbosum* (s. Abbildung, S. 27, Fig. 5), sind dagegen sehr selten.

In allen jenen Fällen, wo die Keimblätter durch einen Spalt oder ein Loch der Frucht- oder Samenhülle herausgezogen werden, scheint es ganz selbstverständlich, daß die Öffnung einen Durchmesser besitzt, welcher zum mindesten so groß ist wie jener der herausgezogenen Spreite. In der Regel trifft diese Voraussetzung auch zu; in einigen Fällen aber ist das herausgezogene Keimblatt tatsächlich breiter als der Spalt in der Fruchthülle, und man fragt sich erstaunt, wie da das Herausziehen ohne Schädigung des Gewebes erfolgen konnte. Die Sache verhält sich folgendermaßen. Bevor noch der Zug sich geltend macht, rollen sich die in der Höhlung des Samens steckenden Keimblätter zusammen und werden dann als eine lange Rolle durch die enge Öffnung der Fruchtschale herausgezogen. Kaum entfesselt, rollen sie sich dann wieder auf und breiten sich flach aus. So verhält es sich z. B. bei der Immortelle *Helichrysum annuum* (s. Abbildung auf S. 27, Fig. 3 und 4), ferner bei dem Doldengewächse *Smyrnum Olusatrum* und noch mehreren anderen. Bei einigen Pflanzen, wie z. B. bei der Buche (*Fagus silvatica*), sind die Keimblätter, solange sie in der Fruchtschale stecken, wie ein Fächer der Länge nach zusammengefaltet, nehmen in dieser Lage nur einen geringen Raum ein, können auch durch einen verhältnismäßig kleinen Spalt aus der Nuß herausgezogen werden und breiten sich, nachdem dies geschehen ist, in kürzester Zeit flächenmäßig aus (s. Abbildung auf S. 35, Fig. 1—3). Auch an den Keimlingen von Pinus, welche fünf und mehr wirtelständige, schmale, lineale Keimblätter besitzen (s. Abbildung auf S. 35, Fig. 6), verläßt eins nach dem anderen die Höhlung der Samenschale, und man geht wohl nicht irre, wenn man die Breite, Länge und den Zuschnitt der Keimblätter mit dem inneren Bau und mit der Art und Weise des Öffnens der Frucht- oder Samenhülle in Zusammenhang bringt.

Für die Keimung von Bedeutung ist die äußere Form des Samens und die Lage, welche er infolge seiner Form beim Niederfallen auf den Boden einnimmt. Kommt der Same so auf den Boden zu liegen, daß die Achse des Keimblattstammes senkrecht zur Erdoberfläche und die Spitze des Würzelchens abwärts gerichtet ist, so scheint das im ersten Augenblicke zwar eine sehr günstige Stellung, ist es aber in Wirklichkeit nicht. Bei dieser Lage muß der Keimblattstamm die kompliziertesten Krümmungen machen, um die Keimblätter aus dem Samen herausziehen zu können. Dagegen ist das günstigste Verhältnis dann hergestellt, wenn die Achse des Keimblattstammes zusammen mit dem Würzelchen parallel zur Erdoberfläche zu liegen kommt. Bei dieser Lage kann das Würzelchen sofort nach dem Verlassen der Samenhülle, mit einer Krümmung umbiegend, in die Erde hinabwachsen und andererseits der Keimblattstamm am raschesten die Keimblätter aus ihrer Umhüllung herausziehen (s. die Figuren 1, 5, 7 und 14 der Abbildung auf S. 20 und Fig. 1 rechts der Abbildung auf S. 27). Wenn man Samen austreut, so nehmen sie auch in der Regel die zuletzt erwähnte Lage an. Die flachen oder zusammengedrückten Samen kommen mit ihrer Breitseite auf den Boden zu liegen, die eiförmigen sowie die langgestreckten, zylindrischen Samen fallen so zu Boden, daß die längere Achse der Unterlage parallel ist, und auch an den kugelförmigen Samen liegt der Schwerpunkt so, daß der Keimling die möglichst günstige Lage erhält.

Jedem, der dem merkwürdigen Herausziehen der Keimblätter aufmerksam zusieht, muß auch sofort die Bedeutung zahlreicher Ausbildungen an der Außenseite der Samen- oder

Fruchtschale klar werden. Es ist augenscheinlich, daß das Herausziehen nur dann vonstatten geht, wenn die Samen- oder Fruchtschale nicht der Spielball der nächstbesten Luft- oder Wasserströmung ist, wenn der Same in irgendeiner Weise festliegt. Solche Ausrüstungen zum Festhalten der Früchte und Samen auf ihrer Unterlage gibt es denn auch in großer Zahl und in reicher Abwechslung. Schon die flügelartigen und haarförmigen Anhängsel, die gekrümmten, spitzen und widerhakigen Fortsätze und die verschiedenen Klebevorrichtungen der Früchte und Samen, welche in erster Linie die Bedeutung von Verbreitungsmitteln haben, und deren Schilderung dem dritten Bande des „Pflanzenlebens“ vorbehalten ist, bieten sehr häufig auch noch den zweiten Vorteil, daß durch sie der Same dort festgehalten wird, wo die Keimung mit Erfolg stattfinden kann. Wenn man Ende Mai, zur Zeit, wenn die haarigen Samen der Weiden und Pappeln als leichte Flocken aus den aufgesprungenen Kapseln hervorkommen und durch die Luftströmungen entführt werden, den feuchten Lehmboden am Ufer eines Flusses betrachtet, so sieht man dort unzählige dieser Samen gestrandet, mittels der Haare an den Lehm geklebt und die kleinen Samenschalen am feuchten Grund unverrückbar festgehalten. Alle diese Samen keimen binnen wenigen Tagen, während die nebenbei in losen Flocken auf dem trockenen Boden liegenden Samen nicht zum Keimen kommen. Die haarige Hülle, welche zunächst als Verbreitungsmittel des Samens diente, kann also auch den Samen befestigen. Dasselbe gilt von den Haarschöpfen, welche die kleinen Samen der tropischen Tillandsien schmücken. Zunächst dienen sie als Flugvorrichtungen, und die leichtbeschwingten kleinen Samen werden durch die Winde aus den aufgesprungenen Kapseln weithin entführt. Stranden diese Samen an der Borke eines vom Winde bestrichenen Baumstammes, so haften die Haare fest an und bringen auch den Samen mit der Unterlage in Berührung. Man sieht dann die Windseite der Baumstämme mit unzähligen dieser Samen besetzt und in einen förmlichen Mantel gehüllt, und diejenigen Samen, welche der Unterlage angepreßt werden, gelangen auch zur Keimung. Auch bei der Ansiedelung der Samen der *Anemone silvestris* und mehrerer Korbblütler beobachtet man einen ähnlichen Vorgang. Um noch ein anderes Beispiel zu bringen, sei auch der anhaftenden Früchte von *Xanthium spinosum* und *Lappago racemosa* gedacht. An irgendeiner Stelle von wandernden Tieren abgestreift, bleiben sie mit ihren widerhakigen Fortsätzen an den Haaren der genannten Tiere hängen und werden oft viele Meilen weit verschleppt. Selbstverständlich suchen die Tiere sich der unbequemen Anhängsel später zu entledigen und reiben sich dann so lange an dem Erdboden, bis sich die Früchte von der horstigen Haut oder dem Pelz ablösen. Bei dieser Gelegenheit wird ein Teil der Früchte in die Erde gedrückt und dort mittels der widerhakigen Stacheln fest verankert. Nur die Keimlinge aus den festgeankerten Früchten entwickeln sich zu kräftigen Pflanzen, die locker auf dem Boden liegenden Samen dagegen keimen entweder gar nicht, oder es gehen die Keimlinge, deren Keimblätter nicht ordentlich aus der Fruchthülle gezogen wurden, alsbald zugrunde.

Viele Samen haben aber besonders wirksame Ausrüstungen, die der Befestigung dienen. In dieser Beziehung sind zunächst klebende Stoffe hervorzuheben, welche von der Oberfläche der Samenschale ausgeschieden, und durch welche die Samen mit dem Boden verkittet werden. Sie treten hervor, wenn die Oberfläche des Samens befeuchtet oder wenn von der Erde das Regenwasser aufgezogen wird. In den meisten Fällen wird die schleimige Masse, welche zum Kitten wird, von den oberflächlichen Zellen erzeugt, wie namentlich bei den vielen Arten der Gattungen *Lein* und *Wegerich* (*Linum* und *Plantago*), bei der Gartenkresse und dem *Leindotter* (*Lepidium sativum* und *Camelina sativa*), bei *Teesdalia*, *Gilea* und *Collomia* und

noch vielen anderen Arten der verschiedensten Gattungen, welche aber in dem einen miteinander übereinkommen, daß die Samenschale eine ganz glatte Oberfläche besitzt. Bei dem Basilienkraute (*Ocimum basilicum*) sowie bei den zahlreichen Arten der Gattungen Salbei und Drachentopf (*Salvia* und *Dracocephalum*) geht die schleimige Substanz von der glatten Oberfläche der Fruchtschale aus. Häufig sind es nur bestimmte reihenweise angeordnete Zellen an der Oberfläche der Frucht- oder Samenschale, in denen sich der klebrige Schleim ausbildet, wie bei der neuseeländischen Selliera und bei zahlreichen Korbblütlern, von welchen die Kamille (*Matricaria Chamomilla*) als die bekannteste Art hervorgehoben werden mag. Auch bei den Arten der Gattung *Oxybaphus* sind fünf Längskanten an der Schale des Samens mit besonderen Schleimorganen besetzt. Wenn die Schale befeuchtet wird, so treten an ihr fünf weiße schleimige Linien hervor, welche das Ankleben an das Keimbett vermitteln. Bei vielen Korbblütlern, so namentlich bei dem gemeinen Kreuzkraute (*Senecio vulgaris*) sowie bei den Arten der Gattungen *Euriops*, *Doria*, *Trichocline* usw., sind besondere Haare an der Fruchtschale ausgebildet, die den anklebenden Schleim ausscheiden. Wieder in anderen Fällen, so namentlich bei vielen Aroiden, wird das Klebemittel nicht von Zellen der Oberhaut ausgebildet, sondern es bleibt auf den Samen, die in einer fleischigen Fruchthülle stecken, ein Teil des Fruchtsaftes oder Fruchtfleisches zurück, der, wenn er vertrocknet, eine Kruste bildet. Wenn solche Samen nachträglich befeuchtet werden, so wandelt sich die Kruste wieder in eine schleimig-klebrige Masse um, und es werden durch diese die Samen an der Unterlage festgeklebt. Höchst merkwürdig sind die Samen von *Cuphea petiolata* gebaut. In ihren Epidermiszellen befinden sich gedrehte Fäden, die sich beim Befeuchten, die Epidermiszellen sprengend, hervorstrecken und durch ihre schleimige Beschaffenheit die Samen befestigen. Oft bildet auch die ganze saftreiche verwesende Fruchthülle das Befestigungsmittel der Samen, was namentlich bei den Melonen, Gurken, Kürbissen und anderen Kurbitzgewächsen sowie bei zahlreichen Gewächsen mit Beeren und pflaumenartigen Früchten der Fall ist.

Bei vielen Pflanzen, wie z. B. bei der Kornrade (s. Abbildung auf S. 20, Fig. 7—10) und der auf lehmigen Feldern häufigen *Neslea paniculata*, wird die Befestigung der Samen oder Früchte an das Keimbett nicht durch schleimige, klebrige Stoffe, sondern durch Unebenheiten an der Oberfläche der Samen- oder Fruchtschale vermittelt. Es finden sich da die mannigfaltigsten Warzen, Zapfen, Riefen, Ringe und dazwischen grubige Vertiefungen, in welche sich die Erdpartikelchen eindrängen und, wenn sie befeuchtet werden, mit den Zellen der Oberhaut verbinden. Die Adhäsion ist dann sehr groß, und wollte man solche Samen oder Früchte reinigen und die anhaftende Erde aus allen den kleinen Grübchen herauspuken, so würde das viel Mühe machen und doch nicht vollständig gelingen. Es ist hier auch auf den Gegensatz der in diese Gruppe gehörigen Samen zu denjenigen, welche der früheren Gruppe gezählt werden müssen, hinzuweisen. Samen mit rauher, runzeliger und grubig punktierter Oberfläche entwickeln niemals Klebemittel aus ihren Hautzellen, weil die Befestigung an das Keimbett durch die Unebenheiten der Samenschale vermittelt wird; Samen mit glatter Oberfläche, welche sonst leicht verschiebbar wären, verkleben mittels der Schleimmassen, welche ihre Hautzellen ausbilden.

Ganz eigentümlich verhält sich die Wassernuß (*Trapa*), deren Keimung oben geschildert worden ist. Jede ihrer großen Früchte zeigt zwei Paare von abstehenden, kreuzweise gestellten Dornen, die sich aus den Kelchblättern herausbilden und die Frucht während des Ausreifens gegen die Angriffe seitens der Wassertiere schützen. Diese Dornen sowie die ganze Frucht sind nur innen steinhart, die äußeren Zellschichten sind weich, zersetzen sich auch unter Wasser ziemlich

rasch und lösen sich in unregelmäßigen Fetzen und Fasern von dem tieferen, sehr festen Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelrippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelrippe entspringen. Diese Dornen erscheinen daher ankerartig ausgebildet (s. untenstehende Abbildung) und wirken auch ähnlich wie Anker im Grunde der Teiche. Der aus der Ruß herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Fruchthülle mit emporzuheben, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Seltene Einrichtungen, welche ein Verankern der Früchte an der zum Keimen geeignetsten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Steppengräsern, namentlich an den Federgräsern (*Stipa*) und auch an den Arten der Gattung Reiher Schnabel (*Erodium*). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar

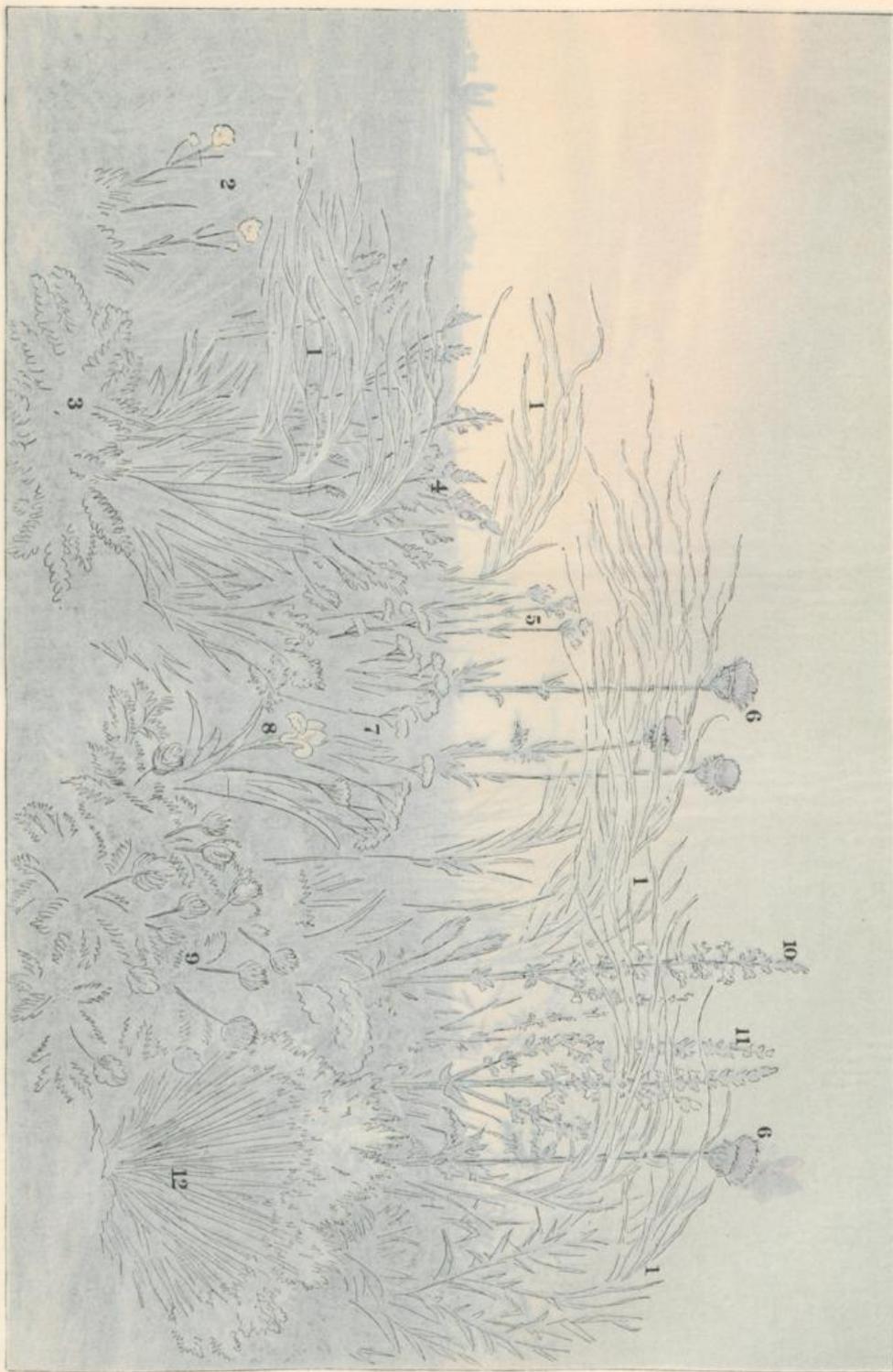


Die Verankerung der Wassernuß.

einen charakteristischen Zug des Landschaftsbildes, indem sie mit verschiedenen Schmetterlingsblütlern, namentlich mit Tragant-Stauden (*Astragalus*), dann mit zahlreichen Korbblütlern, Nelken und niederen Schwertlilien den Hauptbestandteil der Pflanzendecke, ja man kann wohl sagen das Grundgewebe des farbenprächtigen, über manche Steppen gebreiteten Pflanzenwuchses bilden. Ernst Heyn hat in der beigehefteten Tafel „Federgras auf der Steppe Südrusslands“ eine solche Steppe mit ihrer charakteristischen Vegetation in vollendeter Naturwahrheit zur Anschauung gebracht, und wir werden auf dieses Bild noch wiederholt zurückzukommen Gelegenheit haben. Die Federgräser, welche uns hier zunächst interessieren, fallen auf dem Bilde dadurch auf, daß aus dem scheidenförmigen Blatt am oberen Ende der Halme ein Büschel langer, weißer, im Winde wehender Federn vorgestreckt sind, mit einem wehenden Reiherbusch vergleichbar. Diese Gebilde sind Grannen, welche sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, so außerordentlich verlängern, wie das an keinem anderen Grase der Fall ist.

Die Spelze, welche von der mit zweizeilig geordneten, abstehenden Haaren besetzten, federförmigen Granne gekrönt ist, umschließt zusammen mit einer zweiten kurzen, grannenlosen Spelze die kleine Frucht. Sobald diese reif ist, trennt sich das Stielchen, welches die um die Frucht gewickelte, inzwischen sehr hart gewordene Spelze trägt, ab; der nächste kräftige Windstoß entführt die abgelöste eingewickelte Frucht und treibt sie wie eine Flaumfeder über die Steppe dahin. Die von der Spelze ausgehende lange, federige Granne hat also zunächst die

[Zur Tafel: »Fedorovs auf der Steppe Südrusslands«.]



- 1. *Stipa pennata*. — 2. *Romuleus pedatus*. — 3. *Astragalus caespitosus*. — 4. *Astragalus virgatus*. — 5. *Dianthus polymorphus*. — 6. *Jurinea mollis*. —
- 7. *Achillea ochroleuca*. — 8. *Iris sibirica*. — 9. *Astragalus Ombrychii*. — 10. *Silene aeneostriata*. — 11. *Syrnina angustifolia*. — 12. *Festuca vaginata*.





Federgas auf der Steppe Südrusslands.

[Nur Tafel: 2. Korbgräser etc. der Gattung Stipa.]

reich und lösen sich in unregelmäßigen Fegen und Fasern von dem tieferen, sehr festen Gewebe ab. An der Spitze der Dornen erhält sich nach der Ablösung der Weichteile nicht nur die kräftige, sehr feste Mittelsippe, sondern es verbleiben auch die Anfänge einiger rückläufiger Bündel aus sehr festen, langgestreckten Zellen, die unmittelbar hinter der Spitze von der Mittelsippe entspringen. Diese Dornen erscheinen daher ansehnlich ausgebildet (stattenförmige Ausbildung) und wirken auch ähnlich wie Nadel im Grunde der Leiche. Der aus der Erde herauswachsende Keimling vermag dann auch nicht die feste Hülle mit emporzuheben, sie bleibt verankert an der Stelle, wo sie hingefallen war.

Erläuternde Einrichtungen, welche ein Verankern der Frucht an der zum Keimen geeigneten Stelle bewirken, beobachtet man an mehreren Stipaarten, namentlich an den Federgräsern (Stipa) und auch an den Arten der Gattung Weidenröhrlach (Prodrum). Die Federgräser zählen zu den auffallendsten Erscheinungen der Steppe und bilden sogar



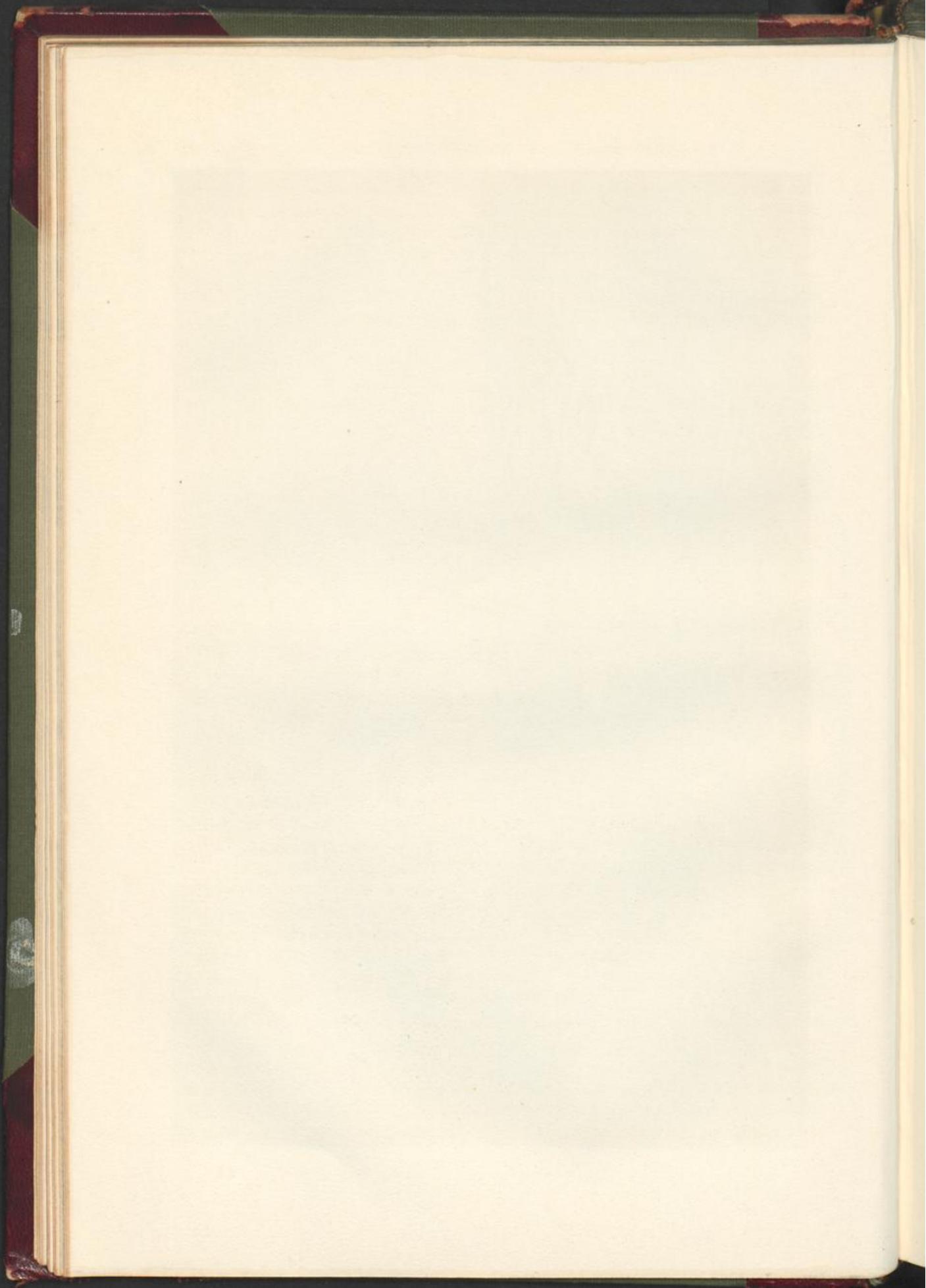
einer charakteristischen Art der Steppenvegetation, indem sie zu den wichtigsten Futterpflanzen namentlich der Trüffelstämme (Astragalus) und der Korbblütler, Klee und niederen Cyperaceen des Hauptbestandtheils der Pflanzenwelt in manchen wohlgenährten Gegenden der Steppen abgeben. Die Federgräser, welche uns hier zunächst interessieren, fallen auf dem Bild sofort auf, das sie von anderen Gräsern abhebt. Man sieht ein Bündel langer, weicher, im Grunde fester, vorgerichtet sind, mit einem weichen Keimling versehenen Stängel, welche sich, wenn die Federgräser abgeblüht haben, so leicht zerbrechen lassen, wie es von keinem anderen Grase der Fall ist.

Die Spitze, welche von der mit weichen, weichen, ähnlichen Gräsern besetzten, federförmigen Stamm abhebt, ist, wie man sieht, mit einer weichen, grannenlosen Spitze die Flecke. Diese Spitze, welche sich bei dem Stängel, welches die um die Frucht gewidert, in der Spitze der Spitze liegt, ist, bei jedem kräftigen Windstoß entführt die abgegebene Frucht und treibt sie wie eine Kugel wieder über die Steppe dahin. Die von der Spitze ausgehende lange, federige Frucht hat also zunächst die

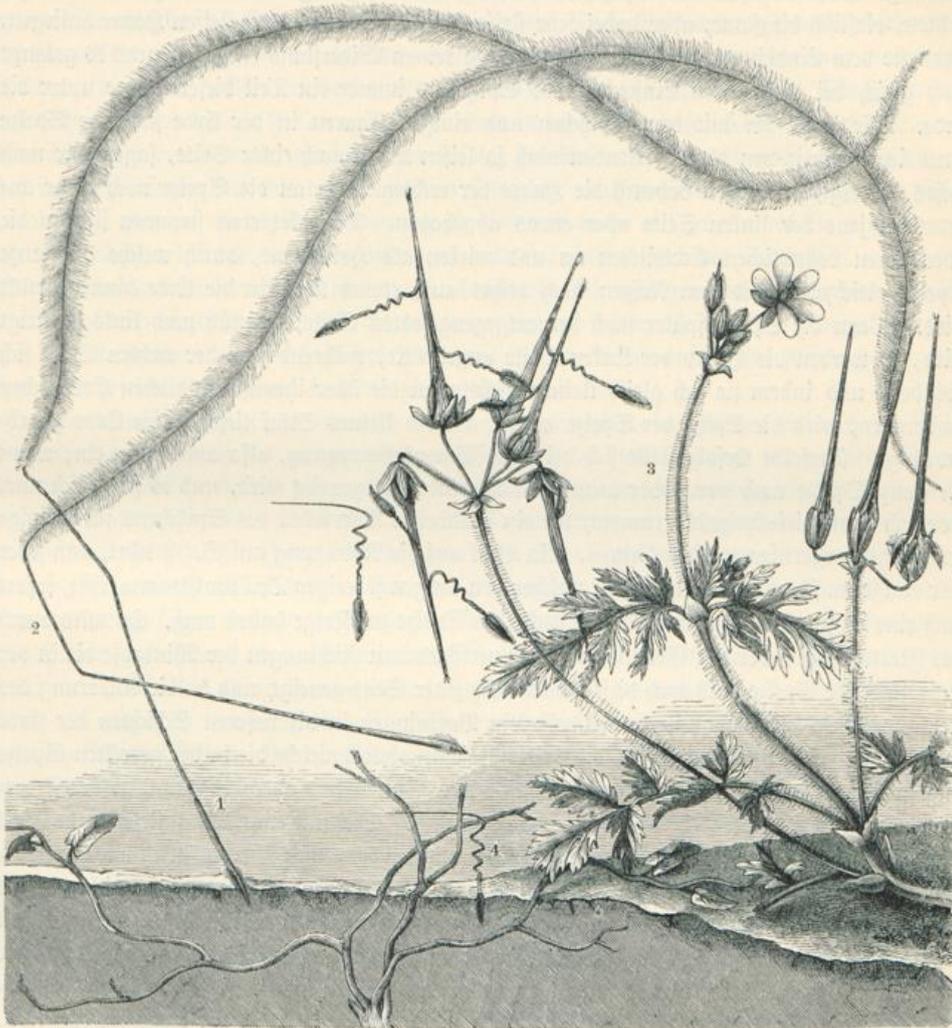
1. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 2. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 3. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 4. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 5. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 6. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 7. Korbgräser etc. der Gattung Stipa. 8. Korbgräser etc. der Gattung Stipa.



Sedergas auf der Steppe Südrusslands.



Bedeutung einer Flugvorrichtung, ähnlich so vielen anderen federförmigen oder flügelartigen Gebilden, mit welchen Früchte und Samen besetzt oder eingehüllt sind, und sie vermittelt die Verbreitung der betreffenden Federgrasart über das weite Gelände. Es kommt ihr aber, nachdem sie irgendwo auf dem Steppenboden gestrandet ist, auch noch eine weitere Aufgabe zu.



Das Eindringen von Früchten in die Erde und die Befestigung dieser Früchte im Keimbett: 1, 2) Früchte des Federgrases (*Stipa pennata*); 3, 4) Früchte des Reiherschnabels (*Erodium Cicutarium*). (Zu S. 32—35.)

Gesetzt den Fall, es sei eine Federgrasfrucht so auf die nackte Erde gefallen, wie das durch die obenstehende Abbildung veranschaulicht wird. Jener Teil, welcher in der verhärteten Spelze die Frucht eingeschlossen enthält, wird als der schwerere selbstverständlich zuerst mit dem Boden in Berührung kommen, und da das Ende dieses Teiles sehr spitz ist, so bleibt die Frucht manchmal sofort nach dem Stranden in der Erde stecken (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Fällt sie schief auf, so wird das Eindringen des spigen Endes durch ein späteres Schwanfen der

in die Luft emporragenden langen Feder veranlaßt, und es wird dieses erste Eindringen noch wesentlich dadurch begünstigt, daß das Spitzchen nach einer Seite hin etwas schief gebogen ist.

Wenn nur einmal das Spitzchen in die Erde gedrungen ist, so folgt auch der andere die Frucht umhüllende Teil der Spelze alsbald nach, und zwar geschieht das durch folgende Einrichtung. Dicht oberhalb des Spitzchens finden sich an der eingerollten Spelze aufwärts gerichtete, elastisch-biegsame, aber dabei sehr steife Haare. Solange diese steifen Haare anliegen, setzen sie dem Eindringen der Spelze in die Erde keinen Widerstand entgegen, und es gelangt auch gleich bei dem ersten Einstechen des Spitzchens immer ein Teil dieser Haare unter die Erde. Wird nun die mit dem Spitzchen und einigen Haaren in der Erde steckende Spelze durch irgendeinen von oben wirkenden noch so leisen Druck nach einer Seite, sagen wir nach rechts, geneigt, so werden dadurch die Haare der rechten Seite an die Spelze noch mehr angeedrückt, jene der linken Seite aber etwas abgehoben. Diese letzteren stemmen sich an die über ihnen befindlichen Erdteilchen an und wirken als Hebelarme, durch welche die ganze Spelze gleichzeitig mit dem Neigen nach rechts auch etwas tiefer in die Erde hinabgedrückt wird. Wenn die Spelze später nach der entgegengesetzten Seite, nämlich nach links, geneigt wird, so werden die Haare der linken Seite angeedrückt, während jene der rechten Seite sich abheben, und indem sie sich gleich kleinen Hebeln an die über ihnen befindlichen Erdteilchen anstemmen, wird die Spitze der Spelze wieder um ein kleines Stück tiefer in die Erde hinabgedrängt. Derselbe Erfolg stellt sich bei jeder Schaukelbewegung, also auch dann ein, wenn die ganze Spelze nach vorn oder wenn sie nach rückwärts geneigt wird, und es fragt sich nur, wodurch denn diese Lageänderungen, die ein ruckweises Vorrücken des Spitzchens im Gefolge haben, hervorgerufen werden können. Ein Blick auf die Abbildung auf S. 33 lehrt, daß jeder nur einigermaßen stärkere Luftstrom, welcher den langen federigen Teil der Granne trifft, sofort auch eine Lageänderung der im Boden steckenden Spelze zur Folge haben muß. So wird durch das Flattern der federigen Granne nach den verschiedenen Richtungen der Windrose die in der Erde steckende Spelze bald nach dieser, bald nach jener Seite geneigt, und da die Änderung des Neigungswinkels jedesmal auch ruckweise ein Vordringen in die tieferen Schichten der Erde bedingt, so ist eigentlich der Wind die treibende Kraft, durch welche die in der gerollten Spelze eingeschlossene Frucht in den Boden versenkt wird. Nun haben aber die Grannen der Federgräser noch zwei andere eigentümliche Einrichtungen. Sie sind nämlich unterhalb des mit Haaren besetzten federigen Teiles zweimal knieförmig gebogen und überdies noch wie ein Korkzieher schraubig zusammengedreht (s. Abbildung, S. 33). Dieser gekniete und zugleich gedrehte Teil der Granne ist sehr hygroskopisch; bei Regenwetter verschwinden die knieförmigen Biegungen fast ganz, die Granne sträubt sich und streckt sich gerade, auch dreht sich die Schraube bei feuchter Witterung auf und bei trockener Luft zusammen. Es werden nun diese Bewegungen begreiflicherweise auf die Spelze übertragen und verursachen Änderungen in der Neigung derselben, was wieder ein Vorrücken des Spitzchens in tiefere Erdschichten zur Folge hat.

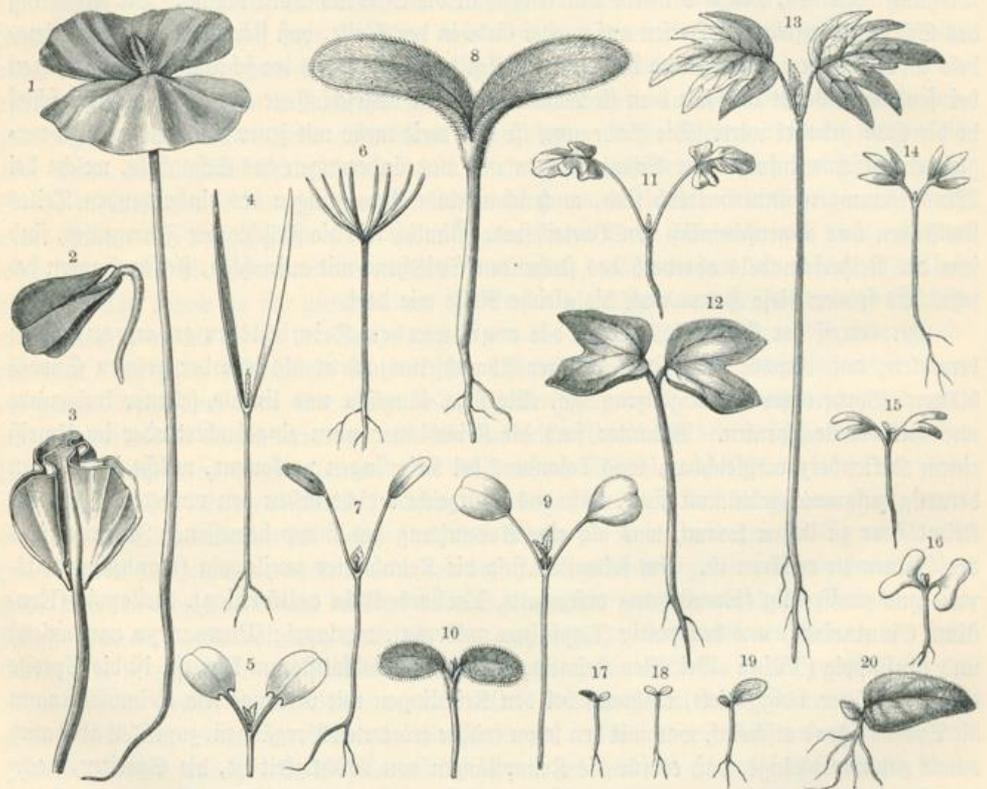
Auf ähnliche Weise wie die Federgrasfrüchte gelangen auch die Früchte des Reiherschnabels (*Erodium*) unter die Erde. Wie an der Abbildung auf S. 33, Fig. 3, zu ersehen, lösen sich an dieser Pflanze die fünf Spaltfrüchtchen in ganz eigentümlicher Weise von ihrem Träger los. Zuerst hebt sich das den Samen umschließende dicke untere Ende, später auch die lang ausgezogene Spitze des Fruchtblattes ab. Die letztere dreht sich zum Teile schraubenförmig zusammen, und nur das freie Ende streckt sich in sanftem Bogen wie ein Uhrzeiger vor. Man benützt diese abgefallenen Teilfrüchtchen bekanntlich als Hygrometer. Man steckt sie mit ihrem

unteren dicken Ende, welches ähnlich wie die Spelze des Federgrases mit einem stechenden Spitzchen besetzt ist, auf ein mit Papier überzogenes Brettchen, und zwar in das Centrum eines darauf gezeichneten Kreises. In der Peripherie des Kreises macht man Striche, welche den Stand des zeigerförmigen Endes der Reiherschnabelfrucht bei sehr feuchtem und bei sehr trockenem Wetter angeben, und kann dann nachträglich wieder aus dem Stande des Zeigers auf die relative Feuchtigkeit der Luft einen Rückschluß machen. Diese Verwendung der Reiherschnabelfrüchte erklärt aber auch die infolge des veränderten Feuchtigkeitszustandes der Luft veranlaßte Drehung derselben, welche bei dem Eindringen in die Erde ins Spiel kommt. Die Fixierung des Schnabels erfolgt im Freien auf nackter Erde in der Weise, daß sich die Spitze des Schnabels an den Boden stemmt, und daß dann infolge des Aufdrehens der schraubigen Windungen bei feuchtem Wetter das mit dem stechenden Spitzchen abgeschlossene dickere Fruchtkende schief in die Erde gebohrt wird. Die Bewegung ist hier weit mehr mit jener eines Bohrers zu vergleichen, obgleich infolge von Schwankungen und Lageänderungen des Schnabels, welche bei Windströmungen unvermeidlich sind, auch schaukelnde Bewegungen des einbohrenden Teiles stattfinden und augenscheinlich von Vorteil sind. Ähnlich wie die Früchte der Federgräser, sind jene des Reiherschnabels oberhalb des stechenden Spitzchens mit aufrechten, steifen Haaren besetzt. Es spielen diese Haare auch die gleiche Rolle wie dort.

In betreff der Gestalt, welche die ergrünenden Keimblätter erlangen, ist zu bemerken, daß dieselbe bei weitem weniger Abwechslung bietet als jene der grünen Sproßblätter. Vorherrschend sind ganzrandige, elliptische, längliche und lineale, seltener kreisrunde und quer-ovale Formen. Mitunter sind die Keimblätter vorn eingebuchtet oder im Umriß einem Kartenherz vergleichbar, was besonders bei Keimlingen vorkommt, welche im Samen derartig zusammengekrümmt sind, daß das Würzelchen dicht neben den vorderen Rand der Keimblätter zu liegen kommt, was als eine Ausnutzung des knapp bemessenen Innenraumes der Samen zu erklären ist. Am seltensten sind die Keimblätter zweilappig (*Raphanus sativus*) und zweispaltig (*Eucalyptus orientalis*, *Eschscholtzia californica*), dreilappig (*Erodium Cicutarium*) und dreispaltig (*Lepidium sativum*), vierlappig (*Pterocarya caucasica*) und fünflappig (*Tilia*). Bei allen Keimlingen, deren Keimblattstamm kurz ist, ist die Spreite der Keimblätter langgestielt, während bei den Keimlingen mit verlängertem Keimblattstamm die Spreite sitzend erscheint, was mit den schon früher erörterten Vorgängen, zum Teil aber auch damit zusammenhängt, daß es für die Keimpflanzen von Wichtigkeit ist, die Spreiten, nachdem sie die dunkle Höhlung der Samenschale verlassen haben, möglichst der Sonne auszusetzen und, wenn sie ergrünt sind, über andere Gegenstände, durch welche sie in Schatten gestellt werden könnten, emporzuheben. Die Abbildung auf S. 36 gibt eine Übersicht der auffallendsten Formen entfalteter und im Sonnenlichte ausgebreiteter grüner Keimblätter.

Wo zwei Keimblätter vorhanden sind, zeigen dieselben in der Regel gleichen Zuschnitt und gleiche Größe; nur dasjenige, welches im Samen als Saugorgan gedient hatte, ist auch im ausgewachsenen Zustande gewöhnlich etwas kleiner, wie beispielsweise bei der Kornrade, dem Senf und Hanf. Manchmal bedingen die beschränkten Raumverhältnisse im Inneren des Samens, daß eins der Keimblätter dem Würzelchen den Platz räumen muß, oder daß dasselbe doch auffallend klein und unterdrückt bleibt, wie z. B. bei *Petiveria* und *Abronia*. Bei mehreren Gesnerazeen, insbesondere bei einem Teile der Arten von *Streptocarpus*, sind die beiden Keimblätter im Samen von derselben Form und Größe; auch nachdem sie die Samenschale verlassen haben, gleichen sie sich noch vollständig; später aber bleibt das eine

im Wachstum zurück und stirbt ab, während das zweite sich außergewöhnlich vergrößert und zu einem dem Boden aufliegenden grünen Laubblatt auswächst (s. untenstehende Abbildung, Fig. 17 bis 20). Seltenerweise entwickeln mehrere Arten dieser Gattung, wie z. B. *Streptocarpus benguelensis*, *polyanthus* und *Wendlandii*, gar keine weiteren grünen Blätter, sondern begnügen sich mit der Ausbildung des einen Keimblattes zu einem riesigen, bisweilen die Länge von 30 und die Breite von 20 cm erreichenden, dem Boden aufliegenden Laubblatt, mit dem später der Sproßblattstamm verbunden erscheint und aus dessen dicker Mittelrippe sich ein



Keimblätter: 1), 2), 3) *Fagus sylvatica*; 4) *Fumaria officinalis*; 5) *Galeopsis pubescens*; 6) *Abies orientalis*; 7) *Convolvulus arvensis*; 8) *Borago officinalis*; 9) *Senecio erucifolius*; 10) *Rosa canina*; 11) *Erodium Cicutarium*; 12) *Quamoclit coccinea*; 13) *Tilia grandifolia*; 14) *Lepidium sativum*; 15) *Eucalyptus orientalis*; 16) *E. coriaceous*; 17—20) *Streptocarpus Rexii*. (Zu S. 35—38.)

Blütenstand erhebt (s. Abbildung, S. 37). Diese ungewöhnliche Entwicklung ist dadurch bedingt, daß der Embryo weder einen Sproßvegetationspunkt noch eine Wurzelanlage besitzt. Nach der Blüte stirbt daher die Pflanze ab.

Daß den Keimblättern, welche ergrünen, gleich anderen grünen Geweben die Fähigkeit zukommt, im Sonnenlicht aus Kohlensäure und Wasser organische Stoffe, Zucker und Stärke, zu erzeugen, steht außer Frage. Gewöhnlich erscheint das Chlorophyll erst, nachdem die Keimblätter aus der Samenhülle hervorgekommen sind und sich im Sonnenlicht ausgebreitet haben. Manchmal aber bildet es sich schon zu der Zeit aus, wo die Keimblätter noch im Samen stecken und in Dunkel gehüllt sind, wie z. B. bei den Kiefern und Fichten, den Ahornen und einigen Schotengewächsen, den Riemenblumen und der Mistel, der südamerikanischen *Pernetia*

und dem in Japan heimischen Hülsenfrüchtler *Styphnolobium*. Die ergrüntten und ausgebreiteten Keimblätter zeigen alle Eigentümlichkeiten des Laubes; die Oberhaut ist mit Spaltöffnungen versehen, und im grünen Gewebe lassen sich häufig auch Palisadenzellen und Schwammparenchym unterscheiden. Manche Pflanzen, zumal jene, die später unterirdische Knollen oder knollenartige Wurzeln ausbilden, z. B. mehrere Ranunkeln, Eijenhut, Lerchen-sporn, *Eranthis*, *Leontice*, *Bunium*, *Smyrnum perfoliatum*, *Chaerophyllum bulbosum*,



Gruppe von blühenden *Stroptocarpus Wendlandii* (Gesnerazeen). Jede erwachsene Pflanze besteht nur aus einem großen stammlosen Blatt, aus dessen Basis sich der verzweigte Blütenstand entwickelt. Die Form der Blüten ist mit der Lupe zu erkennen. (Zu S. 36.)

kommen im ersten Jahre, nachdem sie gekeimt haben, über die Bildung grüner Keimblätter nicht hinaus, und erst im nächsten Jahre entwickeln sich aus der Knospe des Keimlinges die grünen Sproßblätter. Viele Pflanzen entfalten dagegen nahezu gleichzeitig mit den Keimblättern auch grüne Sproßblätter, die Keimblätter funktionieren mit diesen zusammen als Laub und erhalten sich mitunter bis zur Zeit der Blüte, ja selbst der Frucht reife frisch und grün. Beispiele hierfür sind zahlreiche raschwüchsige, einjährige Unkräuter auf unseren Feldern und in unseren Gemüsegärten (z. B. *Fumaria officinalis*, *Scandix Pecten Veneris*, *Arno-seris pusilla*, *Urtica urens*, *Adonis aestivalis*). Gewöhnlich sind diese Keimblätter klein. An einjährigen, sich schnell entwickelnden Pflanzen erreichen die Keimblätter mitunter einen

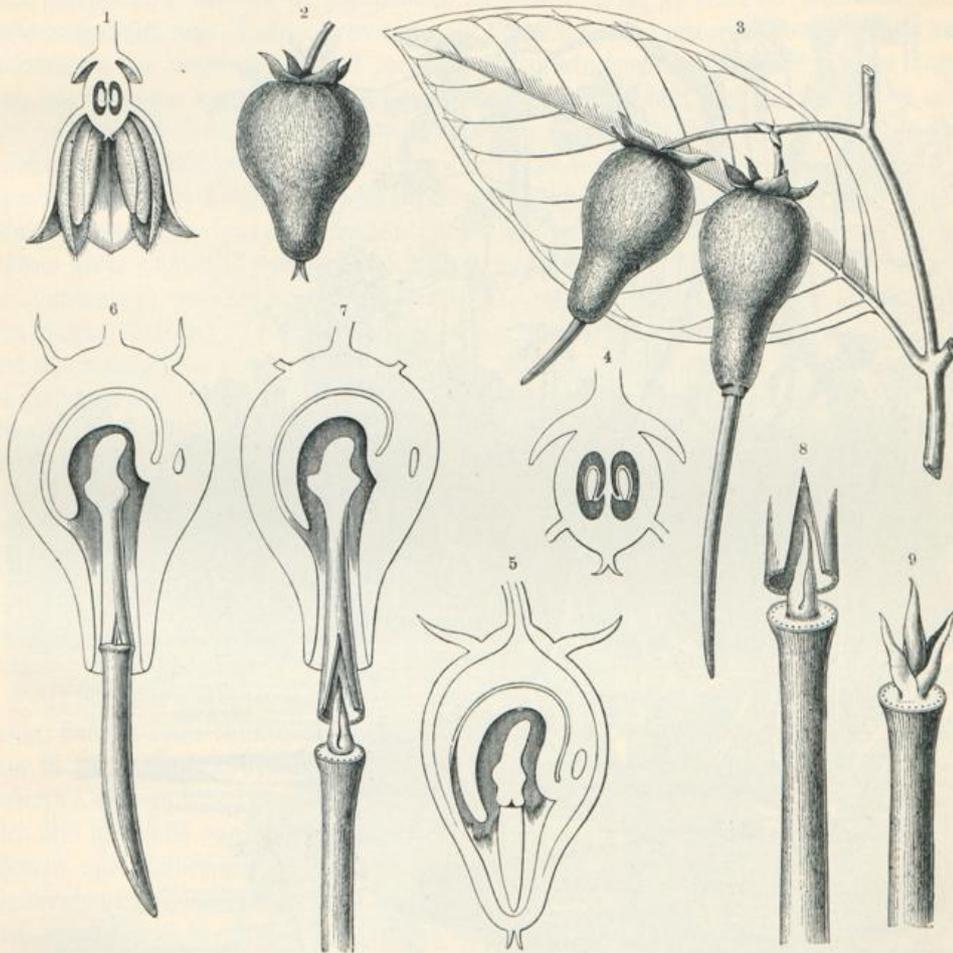
Umfang, welcher jenem der grünen Sproßblätter wenig nachgibt. So werden z. B. die Keimblätter des Kürbis über 10 cm lang und 4—5 cm breit. Es ist zu erwarten, daß solche ergrünte Keimblätter, welche mit den grünen Blättern der Sprosse in betreff der Funktion vollständig übereinstimmen, auch geradeso wie diese gegen äußere schädliche Einflüsse geschützt sein werden, und in der Tat findet man bei ihnen mehrere der Schutzeinrichtungen wieder, welche bei früherer Gelegenheit an Laubblättern ausführlicher geschildert wurden.

Die Keimblätter vieler *Asperifoliazeen* sind mit steifen Borsten besetzt (z. B. *Borago*, *Caccinia*, *Anchusa*, *Myosotis*, s. Abbildung, S. 36, Fig. 8), die der Rosen sind mit Drüsenhaaren gewimpert (s. Abbildung, S. 36, Fig. 10), und jene mehrerer Nesseln tragen auf ihrer oberen Seite Brennborsten. Daß die Keimblätter gegen die Nachteile, welche durch Wärmeverlust in hellen Nächten eintreten könnten, sich selbst und auch die zwischen ihnen geborgenen jungen Sproßblätter durch Zusammenfallen und durch die Annahme der vertikalen Lage schützen, ist bereits Band I, S. 476—477, hervorgehoben worden.

Während die Keimung im allgemeinen erst bei dem von der Pflanze abgefallenen Samen erfolgt, wobei zu ergänzen ist, daß manche Samen erst eine längere Ruhe überstehen müssen, ehe sie keimen, gibt es auch Fälle, in welchen die Keimung schon auf der Mutterpflanze erfolgt.

Wir führen hier den merkwürdigsten Fall der an Lagunen der Meeresküsten in den Tropen der Alten und der Neuen Welt in ausgedehnten Beständen wachsenden Mangroven an. Die Art, welche hier als Beispiel gewählt sein mag, und von welcher der ganze Entwicklungsgang durch die Abbildung auf S. 39 anschaulich gemacht ist, heißt *Rhizophora conjugata*. Der Längsschnitt durch die nickende Blüte dieser Art (s. Abbildung, S. 39, Fig. 1 und 4) zeigt im Fruchtknoten zwei gleichgroße Fächer, und in jedem Fache befindet sich die Anlage eines Samens. Nach der Befruchtung fallen die Blumenblätter und Pollenblätter ab. Der Kelch bleibt unverändert an seiner Stelle. Der bedeutend vergrößerte Fruchtknoten nimmt die Gestalt eines stumpfen Kegels an, dessen Scheitel die beiden in trockene Spitzen umgewandelten Narben trägt (s. Fig. 2). Wird der Fruchtknoten in diesem Entwicklungsstadium der Länge nach durchschnitten, so kann man an dem Durchschnitte (s. Fig. 5) sehen, daß das eine Fach samt der Samenanlage verkümmert ist, während das zweite sowie die darin befindliche Samenanlage sich sehr erweitert und vergrößert haben. An der Anlage des Samens, welche der ursprünglichen Mittelwand des Fruchtknotens einseitig aufsitzt, unterscheidet man jetzt bereits deutlich den Keimling und das ihn umgebende Speichergewebe. Beide zusammen erfüllen die eiförmige, nach unten zu offene Höhlung, welche von der dicken Samenschale gebildet wird. Der Keimling besteht aus dem mit seinem freien Ende abwärts gewendeten Keimblattstamm und dem Keimblatte, welches einen Blindsack darstellt, der unten röhrig ist, nach oben zu aber sich erweitert und in seiner Form an eine phrygische Mütze erinnert. Das Keimblatt überdeckt wie eine Sturzglocke das Knöspchen des Keimlings, welches mitten aus dem Scheitel des Keimblattstammes herauswächst. An dem unteren röhrenförmigen Teile des Keimblattes bemerkt man zahlreiche Gefäßbündel, welche in den Keimblattstamm führen und diesem die Nahrung zuleiten. Ein Würzelchen am unteren Ende des Keimblattstammes ist hier nicht ausgebildet, und was man früher für eine Wurzel ansah, ist nur der Keimblattstamm selbst. Sonderbarerweise lösen sich die Früchte der Mangroven nach der Ausbildung des Keimlings nicht von den Zweigen des Baumes ab, sie springen auch nicht auf, um die Samen ausfallen zu lassen, sondern die Samen keimen hier eingeschlossen in der noch am Baume hängenden Frucht. Dabei wächst der Keimling innerhalb der Samenschale

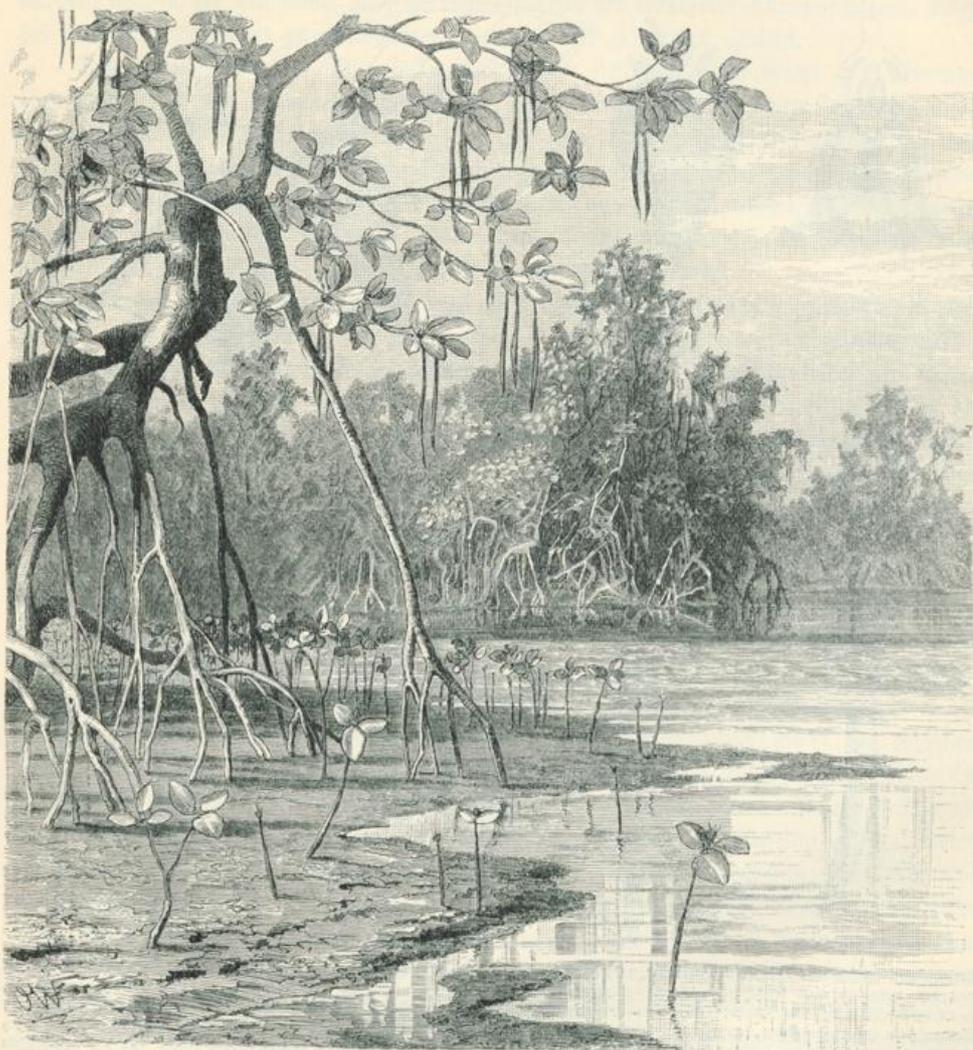
auf Kosten der Reservenernährung, in welche er eingebettet ist, und nimmt diese Nahrung ver-  
mittels des Keimblattes auf. Die ganze Außenseite des eben mit einer phrygischen Mütze  
vergleichenen Keimblatteiles ist mit Saugzellen förmlich tapeziert, und diese Saugzellen entziehen  
der umgebenden schleimig-gallertartigen Masse Nährstoffe und führen sie durch die früher



*Rhizophora conjugata*: 1) Blüte, der Länge nach durchschnitten, 2) Frucht, 3) Zweig mit zwei Früchten, die kegelförmigen Spitzen von den vorgeschobenen Keimblattstämmen durchbrochen, 4) Längsschnitt durch den Fruchtnoten, um das Doppelte vergrößert, 5) Längsschnitt durch eine Frucht; das milchförmige Keimblatt von dem Speichergewebe umgeben; der Keimblattstamm, aus der Samenschale hervorgewachsen, erreicht mit seinem unteren Ende die hohlkegelförmige Spitze der Fruchthülle, 6) Längsschnitt durch eine Frucht, zwei Monate später; die Röhre des Keimblattes hat sich verlängert und den Keimblattstamm aus der Fruchthülle hinausgeschoben, 7) Längsschnitt durch eine Frucht, acht Monate später; der Keimblattstamm reißt von dem röhrenförmigen Teile des Keimblattes ab, 8) derselbe, etwas vergrößert, 9) oberes Ende des Keimblattstammes mit der Knospe des Keimlings; die beiden unteren Niederblätter der Knospe abstehend, die beiden oberen noch zusammenschließend. (Zu S. 38—41.)

erwähnten Gefäßbündel dem Keimblattstamme zu. Da die Menge der aufgespeicherten Nahrung  
trotzdem nicht abnimmt, da sie auch nicht im Verhältnis zu der Größe des heranwachsenden  
Keimlings steht, so kann mit Sicherheit angenommen werden, daß dasjenige, was durch das  
Keimblatt ausgezogen und zum Wachstume des Keimblattstammes verwendet wird, von der  
Mutterpflanze noch fortwährend ersetzt wird.

Wenn der Keimblattstamm 2 cm lang geworden ist, streckt sich auch der röhrenförmige Teil des Keimblattes und schiebt den Keimblattstamm so lange vor, bis dessen Spitze die Höhlung der Frucht durchbohrt hat und an das Tageslicht kommt (s. Abbildung, S. 39, Fig. 3 und 6). Der Keimblattstamm verlängert sich nun innerhalb eines Monats ungefähr



Mangrove bei Goa, an der westlichen Küste von Vorderindien, zur Zeit der Ebbe. (Zu S. 41.)

um 4 cm und zeigt nach Verlauf von 7—9 Monaten eine Länge von 30—50 cm und eine Dicke von 1,5 cm. Er ist im unteren Drittel am dicksten und dort auch wie eine Ahle schwach bogenförmig gekrümmt. Sein Gewicht beträgt jetzt ungefähr 80 g. Diese langen, schweren, aus den Früchten heraushängenden Keimblattstübe pendeln nun bei jeder Luftströmung hin und her, endlich reißen die Gefäßbündel, durch welche noch immer die Verbindung mit dem röhrenförmigen Teile des Keimblattes erhalten war (s. Abbildung, S. 39, Fig. 7

und 8), und der Keimling fällt in die Tiefe. Meistens durchdringt er das leichte Wasser und bohrt sich mit seinem unteren Ende tief in den Schlamm ein. Sogar eine  $\frac{1}{2}$  m hohe Wasserschicht kann von ihm mit solcher Gewalt durchfahren werden, daß er in dem darunter befindlichen Schlamm aufrechtstehend steckenbleibt. Diejenigen Keimblattstämme, welche im Schlamm nicht steckenbleiben, erhalten sich schwimmend im Wasser, wozu sie durch ein besonderes Gewebe ausgerüstet sind. Diese werden dann auf dem Wasserwege verbreitet, worauf später bei Besprechung der Verbreitungsmittel der Pflanzen zurückzukommen sein wird. Wenige Tage nach der Ablösung und dem Abfallen des Keimblattstammes fällt auch die Fruchthülle mit dem in derselben zurückgebliebenen Keimblatte vom Baum. An dem oberen Ende des abgefallenen Keimblattstammes sieht man nur die früher noch immer von dem röhrenförmigen Keimblatt überdeckte Knospe. Die vier kleinen grünen Niederblätter dieser Knospe wachsen nur wenig in die Länge; dagegen entwickeln sich an dem aus der Knospe hervorgehenden Sproß alsbald große elliptische, glänzendgrüne Blätter, welche als Laub tätig sind, während sowohl am unteren, in den Schlamm eingebohrten Ende des Keimblattstammes selbst als auch an dem ganzen Stamme Wurzeln entstehen, welche einerseits die Befestigung der Pflanze in dem schlammigen, bei der Flut überschwemmten, bei Ebbe trocken gelegten Boden, andererseits die Zuführung von Nährsalzen vermitteln. In der Umgebung alter, wie auf Stelzen gestellter Mangroveebäume sieht man oft Duzende von abgefallenen und im Schlamm eingebohrten Keimblattstämmen stecken und an den aus ihrem oberen Ende hervorgegangenen kurzen Sprossen bald nur Niederblätter, bald schon Laubblätter ausgebildet. Die auf S. 40 eingeschaltete Abbildung nach einer von Ransonné bei Goa an der Westküste von Vorderindien nach der Natur gezeichneten Skizze zeigt das alles in anschaulichster Weise.

Die Embryonen der allermeisten Pflanzen, welche durch den oben ausführlich beschriebenen Bau mit Wurzel, Keimblättern und blattbildenden Vegetationspunkten jederzeit zur Keimung bereit sind, können wir als vollkommene (normale) bezeichnen.

Es gibt aber einige tausend Pflanzen, bei denen der Keim weder Wurzel noch Keimblätter besitzt, sondern einen kleinen, ganz ungliederten Zellkörper darstellt. So verhält es sich mit dem in Band I, S. 410, besprochenen Dhnblatt und der Korallenwurz. Aber auch die anderen Orchideen haben unvollkommene Embryonen. Besonders Humusbewohner und Parasiten sind gleichfalls durch solche ungliederte Keime ausgezeichnet, wie Drobanchen, Balanophoreen und Rafflesiaceen. Es scheint, daß diese embryonale Unvollkommenheit mit dem Parasitismus zusammenhängt, denn auch die Flachseide (*Ouscuta*) hat, obgleich der Embryo noch ziemlich groß ist, doch eine unvollkommene Keimwurzel ohne Spitze und Wurzelhaube. Aber diese ungliederten und unfertigen Keime sind nicht immer durch den Parasitismus bedingt. Eine ganze Anzahl grüner, normaler Pflanzen hat in den abfallenden Samen ganz unvollständige Embryonen ohne Kotyledonen, z. B. der Winterstern *Eranthis hiemalis*, manche Anemonen, *Corydalis cava* und *solida* (Lerchensporn), *Paris quadrifolia* usw. Aber bei diesen bildet sich der Embryo in dem abgefallenen Samen gewissermaßen durch ein Nachreifen aus, und diese Pflanzen keimen dann wie die normalen. Ob die Bildung unvollkommener Embryonen einen biologischen Vorteil bedeutet, darüber lassen sich höchstens Vermutungen aufstellen.