

WERNER RAUH

**MORPHOLOGIE
DER NUTZPFLANZEN**



QUELLE & MEYER · HEIDELBERG

MORPHOLOGIE DER NUTZPFLANZEN

Dr. ~~WERNER~~RAUH

Professor am Botanischen Institut der Universität Heidelberg

1 9 5 0

QUELLE & MEYER · HEIDELBERG

AUS DEM VORWORT DER 1. AUFLAGE

Der größte Teil der Erdoberfläche ist mit Pflanzen bedeckt, die im Haushalt des Menschen eine so große Rolle spielen, daß ein Leben in einer vegetationslosen Welt undenkbar ist. So kommt der Mensch täglich mit den Pflanzen in irgendeiner Form zusammen, und in jahrhunderte- und jahrtausendelanger Berührung mit der Pflanzenwelt hat er gelernt, aus der ungeheuren Zahl der Gewächse nutzbare von nicht nutzbaren zu unterscheiden. Durch die Übernahme der ersteren in die Kultur ist es dem Menschen weiterhin gelungen, die nutzbaren Eigenschaften der Pflanzen durch Züchtung und fortgesetzte Auslese zu verbessern.

Über die Kultur, Züchtung, technische und wirtschaftliche Verwertung der Nutzpflanzen liegt nun eine umfangreiche Literatur vor; über ihren morphologischen Aufbau, dessen Kenntnis für viele Fragen der Praxis erst die Grundlagen liefert, herrscht dagegen eine gerade von den Praktikern selbst festgestellte fühlbare Lücke. Der Mangel einer geeigneten Darstellung führt so beispielsweise zu der folgenden köstlichen Formulierung, wie sie in einem bekannteren neueren Werk über „Pflanzliche Therapie“ zu lesen ist: „Ist die Wurzel eine Zwiebel, dann heißt sie Bulbus.“ Diese Begriffsverwirrungen, für die sich aus der angewandt-botanischen Literatur zahllose Beispiele anführen lassen, sind nur deshalb möglich, weil eine zusammenfassende Darstellung der Morphologie der Nutzpflanzen bislang gefehlt hat. Diesem Mangel versucht das vorliegende Werk, das seine Anregung von praktischer Seite erfahren hat, abzuwehren, indem es eigene Untersuchungen und alle in der Literatur sich verstreut findenden Angaben über die Nutzpflanzen zusammenfassend, vergleichend dargestellt werden. Daß das Bedürfnis nach einem solchen Werk vorhanden ist, zeigen nicht nur Gespräche mit Lehrern, Gärtnern, Landwirten und Züchtern, sondern beweisen auch die zahlreichen, in den letzten Jahren erschienenen amerikanischen Werke über Nutzpflanzen. Sie alle haben den Nachteil, daß sie sich auf die Darstellung weniger Nutzpflanzen beschränken und diese zumeist von der anatomischen Seite her behandeln, so daß auch in ihnen die Morphologie weitgehend in den Hintergrund tritt. In dem vorliegenden Werk wird nun der Schwerpunkt der Darstellung auf die Morphologie gelegt, wobei nicht allein Kulturpflanzen, sondern auch wildwachsende Gewächse von größerer wirtschaftlicher Bedeutung beschrieben werden. Bei der großen Zahl der Nutzpflanzen ist es naturgemäß unmöglich, eine lückenlose Darstellung zu geben. Keine Berücksichtigung fanden die Heilkräuter, sowie ein großer Teil der Gewürzpflanzen, vor allem Blattgewürze. Über sie liegt eine so umfangreiche Spezialliteratur vor, daß es mir nicht notwendig erscheint, diese Gewächse in diesem Rahmen nochmals zu behandeln.

VORWORT ZUR 2. AUFLAGE

Die 1. Auflage ist seit Jahren vergriffen, ein Beweis dafür, daß eine Morphologie der Nutzpflanzen von der „angewandten Botanik“ erwünscht war. Daß die 2. Auflage dennoch erst jetzt erscheinen kann, ist durch die Zeitumstände bedingt. Da Druckstöcke und die Klischees in den Kriegswirrnissen verlorengegangen sind wurde die Gelegenheit benutzt, das Buch weitgehend umzugestalten. Unter Beibehaltung der Stoffeinteilung sind im allgemeinen Teil einzelne Kapitel auf Grund neuer Untersuchungen wesentlich erweitert, im speziellen Teil zahlreiche tropische Nutzpflanzen und weiterhin die Faserpflanzen aufgenommen worden. Der hierfür erforderliche Raum wurde z. T. durch stärkere Verkleinerung der Abbildungen gewonnen, von denen zahlreiche durch neue ersetzt worden sind.

Es ist mir wiederum eine angenehme Pflicht, den Herren Professoren Dr. W. Troll, Mainz, und Dr. A. Seybold, Heidelberg, für die Überlassung von Abbildungen, für Anregungen und Vorschläge zu danken. Dank gebührt meiner lieben Frau für die Ausführung der Schreibarbeiten und das Lesen der Korrekturen, ferner Herrn O. Schlag für die Herstellung zahlreicher Fotografien, der technischen Assistentin Fr. D. Billing für die Anfertigung von Schreibarbeiten, Zeichnungen und des Registers und dem Gartenmeister Strauch für die Anzucht von Pflanzen.

Ich möchte weiterhin nicht verfehlen, auch dem Verlag Quelle & Meyer für die gleiche vorzügliche Ausstattung zu danken, die dieser bereits der 1. Auflage angedeihen ließ.

Möge auch die 2. Auflage Lehrern, Studenten, Gärtnern, Landwirten und Züchtern bei ihrer Arbeit wiederum gute Dienste leisten.

Heidelberg, Frühjahr 1950

Werner Rauh

INHALT

| | |
|---|----|
| A. Allgemeiner Teil | 1 |
| I. Grundzüge der Gestaltung und Entwicklung der Samenpflanzen | 1 |
| II. Samenbau | 4 |
| 1. Samen mit Nährgewebe | 4 |
| 2. Ruminierendes Endosperm | 7 |
| 3. Samen ohne besonderes Nährgewebe | 7 |
| 4. Samen mit mehreren Embryonen | 9 |
| III. Keimung | 9 |
| IV. Bau der Keimpflanzen | 11 |
| 1. Epigäische Keimung | 11 |
| 2. Hypogäische Keimung | 12 |
| V. Die Kotyledonen | 15 |
| 1. Unterschiede zwischen Laubblättern und Kotyledonen | 15 |
| 2. Synkotylie | 16 |
| 3. Anisokotylie | 17 |
| VI. Die Wurzel | 17 |
| 1. Charakteristik der Wurzeln | 17 |
| 2. Allorhize und homorhize Bewurzelung | 18 |
| 3. Die Radication der Dikotylen | 19 |
| 4. Die Radication der Monokotylen | 22 |
| 5. Wurzeln mit besonderen Funktionen | 23 |
| 6. Wachstum und Bau der Wurzel | 26 |
| a) Längenwachstum | 26 |
| b) Anatomischer Bau und Dickenwachstum der Wurzel | 28 |
| c) Wurzelverzweigung | 30 |
| VII. Das Hypokotyl | 31 |
| 1. Das Hypokotyl im Dienste der Sproßbildung | 32 |
| 2. Das Hypokotyl im Dienste der Stoffspeicherung | 32 |
| VIII. Der Sproß | 34 |
| 1. Unterschiede zwischen Wurzel und Sproß | 34 |
| 2. Entwicklung der Sproßachse | 34 |
| 3. Internodienlänge und Wuchsform | 37 |
| a) Rosettensprosse | 37 |
| b) Zwiebelsprosse | 38 |
| c) Orthotrope Sproßknollen | 40 |
| d) Windesprosse | 41 |
| 4. Seitenorgane der Sproßachse | 42 |
| a) Die Laubblätter | 42 |
| b) Achselknospen | 43 |
| 5. Verzweigung der Sproßachse | 45 |
| 6. Die Anordnung der Seitensprosse an der Hauptachse | 46 |
| a) Laterale Symmetrie und Verzweigung | 48 |
| b) Longitudinale Symmetrie und Verzweigung | 49 |

Inhaltsübersicht

| | |
|---|------------|
| 7. Die Ausbildung der Seitensprosse | 53 |
| 8. Das Dickenwachstum der Sproßachse | 63 |
| IX. Das Blatt | 74 |
| 1. Gliederung des Blattes | 74 |
| 2. Wachstum der Blattanlagen | 75 |
| 3. Blattgestaltung | 77 |
| a) Niederblätter | 78 |
| b) Hochblätter | 80 |
| c) Laubblätter | 81 |
| X. Die Blüte | 87 |
| 1. Die Blütenachse | 89 |
| 2. Das Perianth | 90 |
| 3. Das Androeceum | 92 |
| 4. Das Gynoeceum | 94 |
| 5. Blütenverteilung | 98 |
| XI. Blütenstände | 98 |
| 1. Racemöse Infloreszenzen | 98 |
| 2. Cymöse Infloreszenzen | 101 |
| XII. Bestäubung, Befruchtung und Samenbildung | 102 |
| XIII. Fruchtbildung | 105 |
| 1. Einzelfrüchte | 107 |
| 2. Sammelfrüchte | 109 |
| 3. Fruchtstände | 109 |
| 4. Samenlose Früchte | 109 |
| 5. Verbreitung der Früchte | 110 |
| XIV. Lebensdauer der Pflanzen | 111 |
| XV. Wuchsformen der Pflanzen | 113 |
| B. Spezieller Teil | 117 |
| I. Pflanzen, deren Wurzeln genutzt werden | 117 |
| 1. Kulturpflanzen mit rübenförmigen Wurzeln | 117 |
| 2. Kulturpflanzen mit Wurzelknollen | 130 |
| II. Pflanzen mit nutzbarem Hypokotyl | 134 |
| III. Nutzpflanzen, deren Sproßachsen Verwendung finden | 137 |
| 1. Die Sproßachsen dienen Ernährungszwecken | 137 |
| a) Knollen | 137 |
| b) Rhizome | 144 |
| c) Zwiebeln | 145 |
| 2. Nutzhölzer | 148 |
| a) Makroskopischer Bau des Holzkörpers | 148 |
| b) Mikroskopischer Bau des Holzkörpers | 151 |
| c) Splint- und Kernholz | 156 |
| d) Physikalische Eigenschaften des Holzes | 157 |
| e) Chemische Eigenschaften des Holzes | 158 |
| f) Aufzählung der wichtigsten Nutzhölzer | 159 |
| g) Rinde | 161 |
| h) Verwendung der Rinde | 164 |

Inhaltsübersicht

| | |
|--|------------|
| 3. Faserpflanzen | 166 |
| a) Sproßfaserpflanzen | 167 |
| b) Blattfaserpflanzen | 169 |
| 4. Farbstoffpflanzen | 170 |
| IV. Pflanzen, deren Blätter genutzt werden | 171 |
| 1. Die ganzen Blätter werden genutzt | 171 |
| 2. Die Blattstiele werden genutzt | 185 |
| 3. Der Blattgrund wird genutzt | 188 |
| V. Pflanzen, deren Blüten und Infloreszenzen genutzt werden | 188 |
| 1. Blüten | 188 |
| 2. Infloreszenzen | 191 |
| VI. Pflanzen, deren Samen und Früchte genutzt werden | 196 |
| 1. Nutzpflanzen mit ölreichen Samen | 196 |
| 2. Nutzpflanzen mit eiweißreichen Samen | 215 |
| 3. Nutzpflanzen mit stärkereichen Samen | 221 |
| 4. Nutzpflanzen, deren Samen als Obst dienen | 235 |
| 5. Nutzpflanzen, deren Samen als Genußmittel dienen | 235 |
| 6. Pflanzen, deren Früchte Verwendung finden | 239 |
| a) Ölfrüchte | 239 |
| b) Früchte, die als Gewürze Verwendung finden | 241 |
| c) Früchte, die als Obst und Gemüse dienen | 242 |
| α) Einzelfrüchte: | 242 |
| β) Sammelfrüchte | 264 |
| γ) Fruchtstände | 271 |
| Schriftennachweis | 279 |
| Register | 282 |

A. ALLGEMEINER TEIL

I. GRUNDZÜGE DER GESTALTUNG UND ENTWICKLUNG DER SAMENPFLANZEN

Die Samenpflanzen, welche die Hauptmasse des rezenten Pflanzenkleides der Erde ausmachen, treten uns in einer unübersehbaren und verwirrenden Mannigfaltigkeit ihrer Erscheinungsformen entgegen. Es hat den Anschein, als ob keine Pflanze der anderen gleiche. Wie verschieden ist doch das Aussehen einer Weißbuche beispielsweise von dem eines Krautkopfes oder einer Dattelpalme von dem einer Getreidepflanze! Und dennoch weisen alle diese Pflanzen auf frühen Entwicklungsstadien große Gemeinsamkeiten in ihrem Aufbau auf (Abb. 1); es liegt ihnen trotz ihres verschiedenen späteren Aussehens ein gemeinsamer, in den Grundzügen übereinstimmender Bauplan zugrunde. Kennzeichnend für diesen Bauplan ist die Ausbildung von drei Organen, sog. Grundorganen, die sich zwar später in der verschiedensten Weise modifizieren können, aber dennoch immer vorhanden sind. Es sind dies Wurzel, Sproß und Blatt.

Das eigentliche Skelett oder Gerüst der Pflanze bildet der meist aufrecht und am Licht wachsende Sproß (Sproßachse). Ihm entspringen an bestimmten Stellen, den Knoten, als lebenswichtige Organe die grünen Blätter, die im Dienste der organischen Stoffversorgung stehen. Ein mit Blättern besetzter Sproß wird auch als Trieb bezeichnet. Nach unten setzt sich der Sproß in die bleiche Wurzel fort, die sich normalerweise im Boden entwickelt und sich vom Sproß, vor allem aber von wurzelähnlichen Sprossen (Ausläufern, Rhizomen, s. S. 55 ff., 60 ff.), dadurch unterscheidet, daß sie niemals Blätter hervorbringt. Der Wurzel fällt die Aufgabe zu, die Pflanze im Boden zu verankern und mit Wasser und mineralischen Nährstoffen zu versorgen. Zwischen Wurzel und Sproß schaltet sich noch ein blattloses Achsenstück ein, das als Keimachse oder Hypokotyl

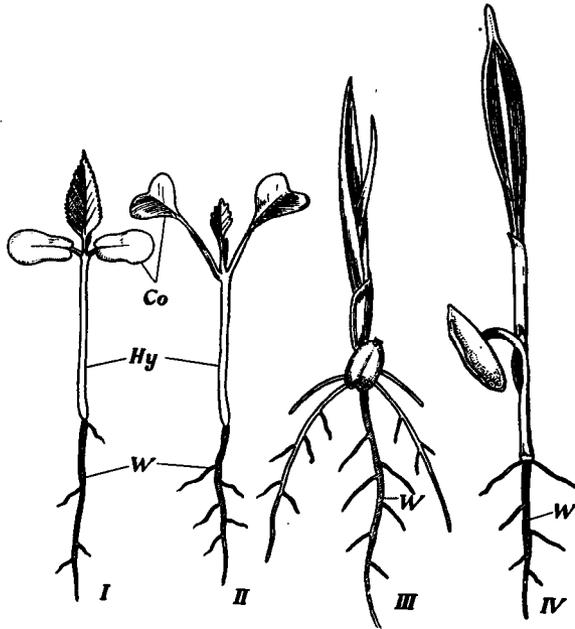


Abb. 1. Dikotyle und monokotyle Keimpflanzen. I Hainbuche; II Weißkraut; III Weizen; IV Dattelpalme. W Primärwurzel, Hy Hypokotyl, Co Keimblätter

bezeichnet wird (Abb. 1; 2, *Hy*). Die Grenze zwischen Hypokotyl und Wurzel ist vielfach durch eine leichte Einschnürung gekennzeichnet, die dem Gärtner als Wurzelhals (Abb. 2, *Ws*) bekannt ist. Die Verbindung der drei Grundorgane: Wurzel, Sproß und Blatt ist aus dem in Abb. 2 wiedergegebenen, von J. Sachs entworfenen Schema zu ersehen, das zugleich als Schema des Grundbauplanes vieler

Samenpflanzen (zumindest der Dikotylen) gelten kann.

Charakteristisch für die Samenpflanzen ist die Bildung von Samen, aus denen sich eine neue Pflanze entwickelt. Dies ist dadurch möglich, daß sich im Samen die Anlage einer jungen Pflanze, ein Embryo, vorfindet. Da nun die Samenpflanzen in die beiden großen systematischen Gruppen der Dikotylen und Monokotylen unterteilt werden, müssen wir demzufolge auch dikotyle und monokotyle Embryonen unterscheiden.

Betrachten wir zunächst einen vom Samen befreiten Embryo einer Dikotylen, so läßt sich bereits auf frühen Entwicklungsstadien die Anlage der drei Grundorgane erkennen. Die Blätter treten in Zweizahl auf und werden als Keimblätter oder Kotyledonen (Abb. 3, *Co*) bezeichnet.

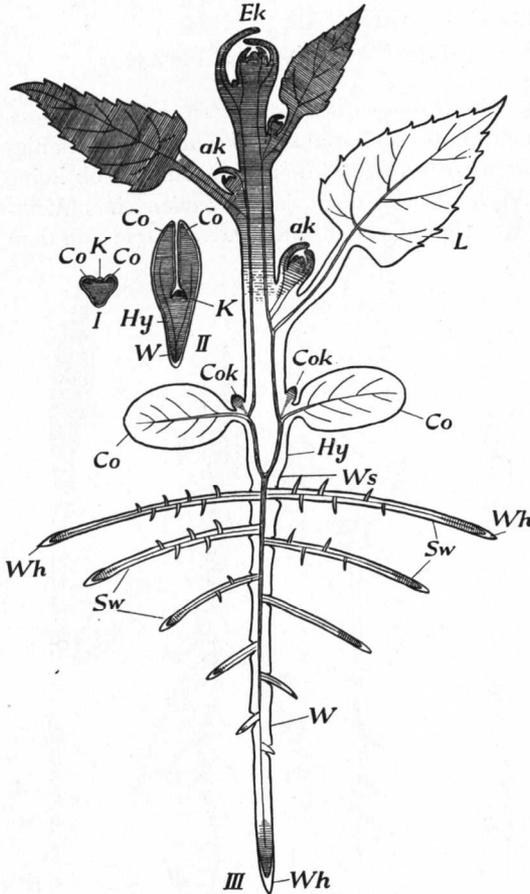


Abb. 2. Schema einer dikotylen Pflanze. I—II Embryonen; III junge Pflanze. *Co* Kotyledonen, *K* Sproßknospe, die in III zum Primärsproß mit der Endknospe *Ek* ausgewachsen ist, *Hy* Hypokotyl, *W* Primärwurzel mit der Wurzelhaube *Wh* und den Nebenwurzeln *Sw*, *Ws* Wurzelhals, *Cok* Knospen in den Achseln der Kotyledonen, *ak* Knospen in den Achseln der Laubblätter. Die embryonalen, noch wachsenden Teile sind durch Schraffierung hervorgehoben (n. Sachs)

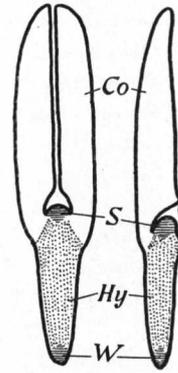


Abb. 3. I dikotyle, II monokotyle Embryo schematisch. *Co* Keimblätter, die den Sproßpol *S* umschließen, *Hy* (punktirt) Hypokotyl, *W* Wurzelpol

Gleich den Laubblättern sitzen sie an einer Achse, der Keimachse (Hypokotyl), die hauptsächlich unterhalb der Kotyledonen in Erscheinung tritt, und deren basales Ende die Anlage für die Keimwurzel, den Wurzelpol (Abb. 3, *W*), bildet. Diesem gegenüber, eingeschlossen von den beiden Keimblättern, liegt der Sproßpol (*S*), die Anlage für den späteren Sproß. Da sich Sproß- und Wurzelpol genau gegenüberliegen, werden die Embryonen der Samenpflanzen auch als bipolar bezeichnet. Die Embryonen der Monokotylen

weisen nun grundsätzlich die gleiche Gestaltung auf, mit dem Unterschied allerdings, daß nur ein Keimblatt (Abb. 3, *II*) vorhanden ist.

Die Weiterentwicklung des Embryos, die durch den Vorgang der Keimung eingeleitet wird, nimmt ihren Ausgang von den beiden Vegetationspunkten, dem Sproß- und Wurzelvegetationspunkt. Der letztere ist, worauf Troll (1948) ausdrücklich hinweist, anfänglich mit der Anlage der Keimwurzel identisch. Bei der Keimung wächst er zur Primärwurzel aus, die ihrerseits als Seitenorgane Nebenwurzeln erzeugt (Abb. 2). Diese entstehen endogen (s. S. 30), im Innern der Primärwurzel und durchbrechen bei ihrem Längenwachstum deren äußere Gewebeschichten. Da auch die Nebenwurzeln 1. Ordnung zur Verzweigung befähigt sind, entstehen auf diese Weise mehr oder weniger reich verzweigte Wurzelsysteme.

Der Sproßvegetationspunkt, der sich bei vielen Pflanzen als kuppenförmige Erhebung zwischen den Keimblättern findet (Abb. 4, *I*), nimmt ebenfalls — jedoch später als der Wurzelvegetationspunkt — seine Tätigkeit auf und wächst zu dem in Knoten und Internodien gegliederten Primärsproß aus. Bei diesem Längenwachstum erzeugt der Sproßvegetationspunkt auch Blätter (s. Abb. 44), deren jüngste sich jeweils in seiner unmittelbaren Nähe finden. Da diese dem Wachstum der Sproßspitze vorausziehen, bilden sie eine schützende Hülle für den aus zartem Gewebe bestehenden Vegetationspunkt.

Zusammen mit den Blättern wird dieser als Knospe, und zwar als Endknospe bezeichnet (Abb. 2, *Ek*; Abb. 44—46). Aber auch in den Achseln der Blätter entwickeln sich aus oberflächlichen Gewebeschichten (exogen, s. S. 34) Knospen, Seiten- oder Achselknospen (Abb. 2, *ak*), die zu Seitenästen austreiben, und die ihrerseits wieder zur Verzweigung befähigt sind; der ursprünglich unverzweigte Primärsproß liefert somit ein mehr oder weniger reich verzweigtes Sproßsystem.

Hat die Pflanze dann ein gewisses Alter erreicht, so werden die Blüten angelegt; bei Einjährigen (s. S. 111) tritt dieser Vorgang bereits im Laufe des ersten Jahres, bei Perennierenden, so bei den Holzgewächsen (s. S. 112), meist erst nach vielen Jahren ein. Die Sproßvegetationspunkte hören auf vegetativ tätig zu sein und schreiten zur Bildung von Blüten (s. S. 87 ff.), in denen die Fortpflanzungsorgane (s. S. 92 ff.) erzeugt werden. Durch den Vorgang der Befruchtung (s. S. 102) entsteht ein neuer Keimling, der in einem Samen eingeschlossen ist. Nachdem dieser von der Mutterpflanze abgefallen ist und eine für die einzelnen Pflanzen verschieden lange Ruheperiode durchgemacht hat, beginnt dieser zu keimen, womit der Embryo sich wieder zu einer neuen Pflanze entwickelt.

Mit diesen wenigen Worten haben wir das Grundsätzliche des Aufbaus und der Entwicklung einer Samenpflanze skizziert. Im folgenden soll es nun unsere

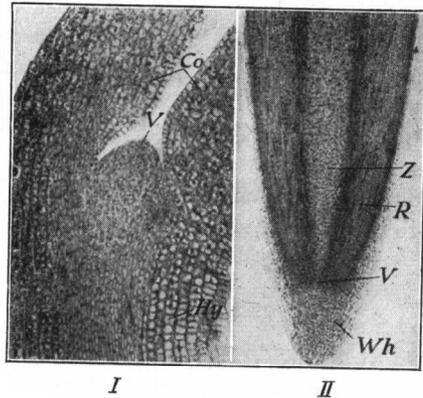


Abb. 4. *I* Längsschnitt durch den Vegetationspunkt *V* einer Keimpflanze des Rotkrauts, der von den beiden Kotyledonen *Co* umschlossen ist. *Hy* Hypokotyl. *II* Längsschnitt durch die Spitze der Primärwurzel der Gartenbohne. *V* der von der Wurzelhaube *Wh* überdeckte Vegetationspunkt, *R* Rinde, *Z* Zentralzylinder. Die schwarzen Punkte sind Zellkerne

Aufgabe sein, die einzelnen Phasen der Entwicklung und die mannigfaltige Ausgestaltung der drei Grundorgane in deren Verlauf an ausgewählten Beispielen darzustellen.

II. SAMENBAU

Der pflanzliche Samen ist von einer Schale, der Samenschale, umgeben, die bei Öffnungsfrüchten (s. S. 107) derb und hart, bei Schließfrüchten (s. S. 108) dagegen dünn und häutig ist. In besonderen Fällen, so bei einigen Parasiten, kann sie auch fehlen. Die Samenschale umschließt den wichtigsten Teil des Samens, den Embryo. Dieser ist anfangs bleich und chlorophyllos und kann sich nicht autotroph ernähren, sondern er ist auf heterotrophe Ernährung angewiesen. Wenn der Embryo sich also weiter zu einer grünen Pflanze entwickeln soll, so benötigt er organische Nährstoffe, die ihm von der Mutterpflanze mitgegeben werden. Diese finden sich entweder in einem besonderen Gewebe, dem Nährgewebe (Endosperm oder Perisperm, s. S. 104), das den Raum zwischen Samenschale und Embryo erfüllt, oder sie sind im Embryo selbst deponiert. Wir haben deshalb zwischen Samen mit besonderem Nährgewebe und nährgeweblosen Samen zu unterscheiden:

I. SAMEN MIT NÄHRGEWEBE

a) Dikotyle

Als Beispiel hierfür diene der Samen des tropischen, aber auch in Mittelmeerländern angebauten Wunderbaumes (*Ricinus communis*). Die ovalen Samen haben eine harte gesprenkelte Schale, die mit einem warzenähnlichen Anhängsel, der Caruncula, versehen ist. Diese ist eine Besonderheit der Familie der Euphorbiaceen, zu denen *Ricinus* gehört, und stellt eine Verdickung der äußeren Integumente (s. S. 96) in der Region der Mikropyle (s. S. 96) dar. Die Samen lassen eine stärker gewölbte Rücken- (Dorsal-) und eine schwächer gewölbte Bauchseite (Ventralseite) erkennen (Abb. 5, III). Auf der letzteren zieht sich als Strang die Raphe (Abb. 5, II R) entlang, die aus der Verwachsung des Funiculus (s. S. 96) mit dem

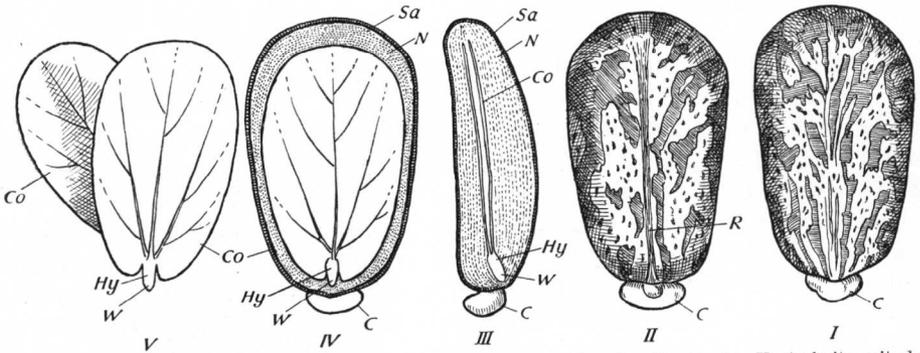


Abb. 5. Wunderbaum (*Ricinus communis*), I Samen von der Dorsal-, II von der Ventralseite mit der Raphe R und der Caruncula C; III Samen im medianen, IV im transversalen Längsschnitt. Sa Schale, N Nährgewebe; V isolierter Embryo mit den Keimblättern Co, der Keimachse Hy und der Wurzelanlage W

Integument hervorgeht. In ihr verläuft der Leitstrang, mit dessen Hilfe der heranwachsende Samen von der Mutterpflanze ernährt wird. Die Raphe endigt an der Abbruchstelle des Samens, dem Nabel (Hilum), der bei *Ricinus* nur undeutlich hervortritt. Um Einblick in den Aufbau des Samens zu erhalten, können wir zwei Schnittebenen durchlegen: die eine verläuft parallel zu den Breitseiten und stellt die Transversalebene dar; die zweite, senkrecht dazu stehende Medianebene, verläuft durch die Raphe, wobei der Samen in zwei symmetrische

Hälften zerlegt wird. In dieser Ansicht stimmt der Embryo mit dem in Abb. 3, I wieder-gegebenen Schema überein. Wir können zwei große, dünne, hier längs durchschnittenne Keimblätter (Abb. 5, III Co), das kurze Hypokotyl (Hy) und den Wurzelpol (W) erkennen. Vom Sproßpol ist mit bloßem Auge nur schwerlich etwas wahrzunehmen. Der Embryo ist im Samen so orientiert, daß der Wurzelpol immer zur Mikropyle hinweist, eine Gesetzmäßigkeit, die auch für andere Samen gilt. Der transversale Längsschnitt läßt die Gestalt der Kotyledonen erkennen (Abb. 5, IV, V), die ihr Wachstum noch nicht abgeschlossen und noch keinen Stiel ausgebildet haben.

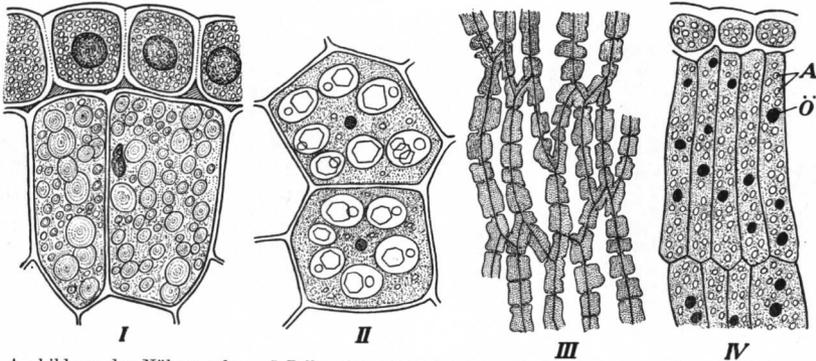


Abb. 6. Ausbildung des Nährgewebes. I Zellen des Weizenkornes mit der an Aleuronkörnern reichen Kleberschicht. Die übrigen Zellen führen zahlreiche Stärkekörner. II Zellen aus dem Nährgewebe von *Ricinus* mit Aleuronkörnern, von denen jedes aus einer Grundsubstanz besteht, die einen kugelförmigen Körper, das Globoid, und ein Kristalloid umschließt. III Zellen aus dem Endosperm von *Phoenix dactylifera*, deren verdickte Wände Reservenzellulose speichern. IV Querschnitt durch die Oberseite eines Keimblattes von *Soja hispida*, ö Ölitropfen, A Aleuronkörner (IV verändert nach Sprecher von Bernegg)

Eingebettet ist der Embryo in ein mächtiges, sich fettig anführendes Nährgewebe (N), das in großen Mengen (bis zu 70% des Gewichtes) Öl speichert, das ausgepreßt und gereinigt als Rizinusöl in den Handel kommt. Daneben finden sich noch Eiweißstoffe, die in Form von Aleuronkörnern in Erscheinung treten (Abb. 6, II). Öl und Aleuronkörner sind Speicherstoffe, die für den Embryo die zum Wachstum erforderlichen Nährstoffe darstellen, bis dieser durch Ausbildung von Chlorophyll sich autotroph ernähren kann.

b) Monokotyle

Im Bereich der Monokotylen treffen wir nährgewebehaltige Samen bei der Küchenzwiebel, bei den Gräsern (Getreide-Arten) und Palmen an.

Die Samen der Küchenzwiebel (*Allium Cepa*) sind ziemlich klein und besitzen eine harte schwarze Schale. In das Nährgewebe eingebettet liegt der Embryo, dessen Keimblatt in seinem oberen Teil spiralförmig aufgerollt ist (Abb. 7). An der Basis bildet es eine geschlossene, nur mit einem feinen Schlitz versehene Scheide, die Kotyledonarscheide, die an ihrem Grunde die Sproßknospe birgt, von der äußerlich nichts zu sehen ist. Im Gegensatz zum *Ricinus*-Embryo ist das Hypokotyl nur sehr kurz, und der unterhalb des Keimblattes gelegene Teil stellt im wesentlichen die Anlage der Primärwurzel dar (W).

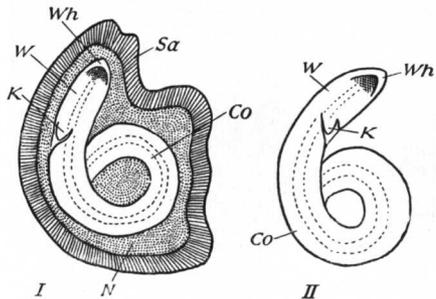


Abb. 7. I Samen der Küchenzwiebel im Längsschnitt. Sa Samenschale, N Nährgewebe; II isolierter Embryo, Co der schneckenförmig aufgerollte Kotyledo, K Sproßknospe, W Wurzelanlage mit der Wurzelhaube Wh

Ein sehr mächtiges Nährgewebe besitzen die „Samen“ der Getreidepflanzen (Roggen, Gerste, Weizen, Hafer, Mais), liefert doch das stärkereiche Endosperm (Abb. 6, I) in gemahlenem Zustand eines unserer Hauptnahrungsmittel, das Mehl. Das, was wir schlechthin als Getreide, „korn“ be-

zeichnen, ist aber kein Samen, sondern eine Frucht, deren Schale sehr dünn und mit der rudimentären Schale des einzigen Samens verwachsen ist (s. Abb. 195). Die Getreidefrucht wird auch als Karyopse bezeichnet.

Zum Unterschied vom Samen der Küchenzwiebel nimmt der Embryo in der Karyopse keine zentrale Lage ein, sondern liegt dem Nährgewebe seitlich an und modelliert sich deshalb schon äußerlich als Erhebung von der Fruchtschale ab (Abb. 8, I E). Obwohl

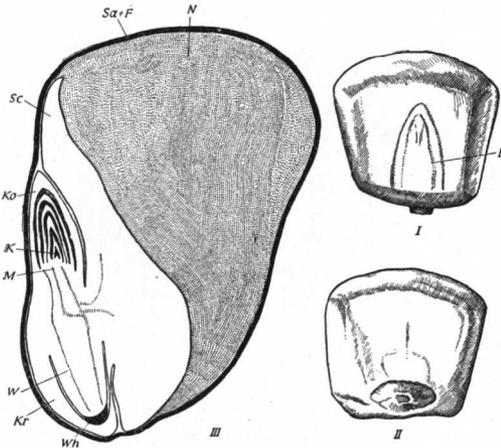


Abb. 8. Maiskorn (*Zea Mays*). I—II von der Ober- und Unterseite; III im Längsschnitt. Sa+F verwachsene Samen- und Fruchtschale, N Nährgewebe, E Embryo, Sc Scutellum, Ko Koleoptile, K Sproßknospe, M Mesokotyl, W Hauptwurzel, Kr Koleorhiza, Wh Wurzelhaube

der Embryo die typische Gestalt des Monokotylenkeimlings besitzt, zeigt er dennoch einige Besonderheiten. Abweichend gestaltet ist vor allem das Keimblatt, das der Keimachse seitlich ansitzt und schildförmig gestaltet ist. Es wird deshalb auch als Schildchen oder Scutellum (Abb. 8, III Sc) bezeichnet. Weiterhin ist der Sproßvegetationspunkt (K) schon von einer größeren Anzahl von Blättchen eingehüllt, die von einer gemeinsamen Scheide, der Koleoptile (Ko) umgeben werden. Zwischen dem Ansatz der Koleoptile und des Scutellums schiebt sich ein bei vielen Gräsern vorhandenes Organ, das Mesokotyl (Abb. 8, III M), ein. Der unterhalb desselben gelegene Teil des Embryos gehört im wesentlichen der mächtig entwickelten Wurzelanlage (W) an, die gleich der Sproßknospe von einer besonderen Hülle, der Koleorhiza (Kr), umgeben ist.

Samen, die Stärke als Reservestoff speichern (Abb. 6, I), besitzen ein mehliges Endosperm (*albumen farinosum*). Daneben gibt es noch Samen, bei denen sich Reservezellulose als Speicherstoff findet (Abb. 6, III). Die Samen sind dann hart und nehmen hornartige Beschaffenheit an. Wir sprechen auch von einem „Horn“-Endosperm (*albumen carnosum*). Beispiele hierfür aus dem Bereich der Monokotylen sind die Samen der Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*),

(s. S. 15) und jene der im tropischen Amerika beheimateten Elfenbeinpalm (*Phytelephas macrocarpa*). Das Endosperm der runden bis zu 4 cm im Durchmesser großen Samen von *Phytelephas* ist als „vegetabilisches Elfenbein“ ein wichtiger Handelsartikel und dient zur Herstellung von Schnitzereien (Abb. 9) und der beliebten „Hirschhornknöpfe“.

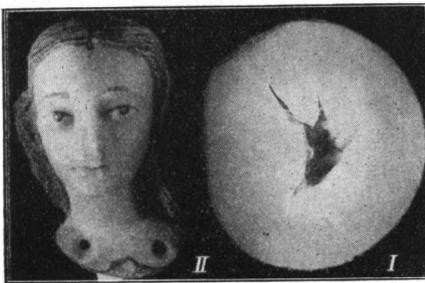


Abb. 9. Elfenbeinpalm (*Phytelephas macrocarpa*). I Samen längs geschnitten; II aus dem Hornendosperm geschnittene Plastik

Abweichend von den bisher besprochenen nährgewehshaltigen Samen sind jene von *Cocos nucifera* gebaut. Die Kokos„nüsse“ sind große Steinfrüchte (s. S. 108), deren Fruchthülle in einen äußeren faserigen Teil (Abb. 10, P 1),

aus dem die zu Teppichen und Matten verarbeitete „Kokosfaser“ gewonnen wird, und in einen inneren harten Steinkern (P 2) differenziert ist. Erst nach Zertrümmerung des letzteren kommt der einzige große Samen zum Vorschein, der von einer dünnen Samenschale (Sa) umschlossen wird. Er besteht zum größten Teil aus Endosperm, in das der kleine Embryo eingebettet ist. Das Endosperm selbst ist in eine feste und eine flüssige Phase differenziert. Die

erstere bildet ein ölreiches Gewebe, das Kokosfleisch, von der Gestalt einer Hohlkugel (*N 1*), die von einer zuckerhaltigen Flüssigkeit, der „Kokosmilch“ (*N 2*), erfüllt ist. Der feste Teil des Nährgewebes kommt in getrocknetem Zustand als „Kopra“ in den Handel.

2. „RUMINIERTES“ ENDOSPERM

Manche Samen besitzen ein „ruminiertes“ Endosperm, was besagt, daß von außen her faltenförmige Vorsprünge in das Endosperm vordringen, welche diesem um so mehr ein eigenartiges Aussehen verleihen, als die Falten infolge des Gehaltes an Sekretstoffen meist dunkler gefärbt sind als das speicherstoff-führende Nährgewebe. Ein solch „ruminiertes“ Endosperm haben die Samen der Muskatnuß (*Myristica fragrans* Abb. 11, I) und der indomalaiischen Betelnußpalme (*Areca catechu* II), welche die beliebten Betel„nüsse“ der Malayen darstellen. Bei beiden Pflanzen gehen die „Endospermfalten“ aus dem Nucellus (s. S. 96) hervor; die Samenschale beteiligt sich nicht an ihrer Bildung. Bei *Myristica* bestehen die Falten fast ausschließlich aus Zellen, welche ätherisches Öl führen.

3. SAMEN OHNE BESONDERES NÄHRGEWEBE

Bei dieser Gruppe von Samen erfolgt die Speicherung der zur Weiterentwicklung des Embryos erforderlichen Nährstoffe in diesem selbst, der demzufolge in seiner äußeren Gestalt nicht unerheblich von den Embryonen der nährgewebehaltigen Samen abweicht. Die Speicherstoffe werden verlagert: a) in die Keimblätter. Diese werden dadurch dick und fleischig: Embryonen mit Speicherkotyledonen, b) in die Keimachse, die dadurch knollige Beschaffenheit annimmt: Embryonen mit Speicherhypokotyl.

a) Embryonen mit Speicherkotyledonen

Sie begegnen uns im Bereich der Dikotylen vor allem bei den Samen der Hülsenfrüchtler, der Kern- und Steinobstgewächse, ferner bei der Edelkastanie, Haselnuß, Walnuß u. a.

Als Beispiele wählen wir die Samen des Mandelbaumes und der Feuerbohne.

Samen des Mandelbaumes (*Amygdalus communis*)

Die in Einzahl in einer Steinfrucht (s. S. 108) eingeschlossenen Samen besitzen eine dünne, braune Schale, deren Raphe (Abb. 12, I R) auf einer der beiden Schmalseiten verläuft. Nach kurzem Überbrühen mit heißem Wasser läßt sich die Samenschale leicht entfernen und man erhält einen bleichen Körper, der nichts anderes als den Embryo darstellt. Im Gegensatz zum *Ricinus*-Embryo sind die beiden Keimblätter dick angeschwollen und lassen keine „Nerven“ und kaum eine Andeutung eines Stieles erkennen (II, III). Sie haben die Funktion des Endosperms von *Ricinus* übernommen und speichern in großen Mengen Fett und Öl („Mandelöl“). An besonderem Nährgewebe findet sich nur noch ein kleiner Rest in der Umgebung der

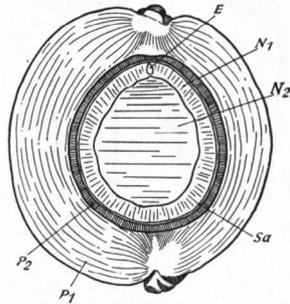


Abb. 10. Kokosnuß (*Cocos nucifera*). Längsschnitt durch eine Frucht. P 1, P 2 fasriger und steiniger Teil der Fruchthülle, Sa Samenschale, E Embryo, N 1 fester, N 2 flüssiger Teil des Nährgewebes (n. Troll)

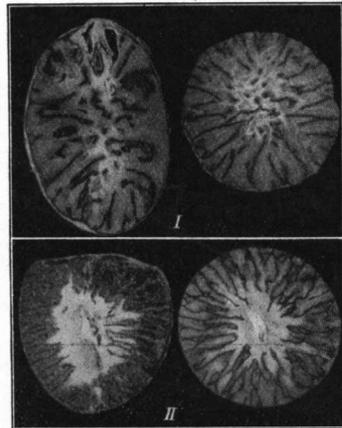


Abb. 11. I Muskatnuß (*Myristica fragrans*). II Betelnuß (*Areca catechu*). Samen längs und quer durchschnitten

Wurzelanlage (*II N*). Die von den beiden Keimblättern umschlossene Sproßknospe läßt im Gegensatz zu *Ricinus* schon die Anlagen der beiden ersten Blätter (Primärblätter, s. S. 77) erkennen. Das unterhalb der Keimblätter gelegene Organ entspricht im wesentlichen der Anlage der Primärwurzel (*W*), während die Keimachse (*Hy*) selbst sehr kurz ist.

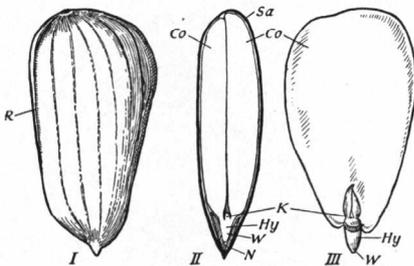


Abb. 12. Mandel (*Amygdalus communis*). I Samen; II transversaler Längsschnitt durch denselben; III herausgelöster Embryo, an dem der eine Kotedo weggeschnitten ist. R Raphe, Co Kotedonen, Sa Sproßknospe, Hy Hypokotyl, W Wurzelanlage, N Nährgewebe

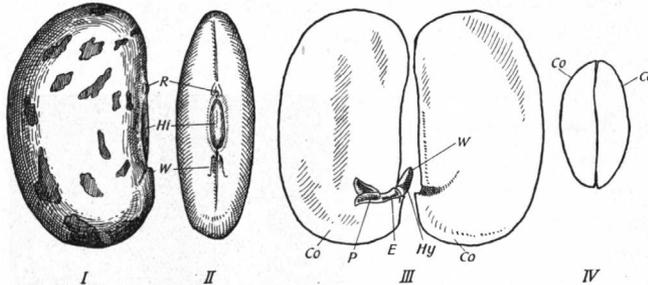


Abb. 13. Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*). I—II Samen von der Breit- und Schmalseite; III Embryo mit ausgebreiteten Kotedonen Co; IV Querschnitt durch den Embryo. R Raphe, Hi Nabel (Hilum), W Wurzelanlage, P Primärblätter, E Epikotyl, Hy Hypokotyl

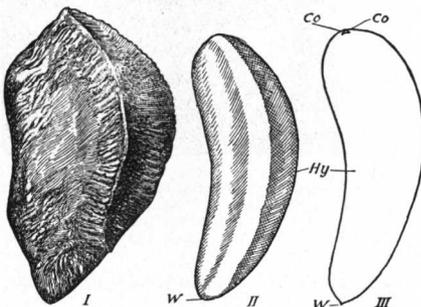


Abb. 14. Paranaß (*Bertholletia excelsa*). I Samen; II freipräparierter Embryo; III Längsschnitt durch denselben. Co Kotedonen, Hy Hypokotyl, W Wurzelanlage

beiden Kotedonen vollständig zu fehlen, da man auch auf Längsschnitten zunächst nichts davon wahrnimmt. Erst ein dünner mikroskopischer Schnitt durch die Mitte des keulig verdickten Endes des Embryos zeigt die Existenz zweier, winzig kleiner Keimblätter (*III, Co*), die den flachen Sproßvegetationspunkt umhüllen. Auch die Wurzelanlage (*W*) tritt kaum in Erscheinung. Der Embryo besteht also im wesentlichen aus dem verdickten Hypokotyl, das die Nährstoffspeicherung übernommen hat.

Auch im Bereich der Monokotylen treffen wir, wenngleich auch seltener, „Speicherembryonen“ an, und zwar bei denjenigen Pflanzen, die einen „großfußigen

Samen der Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*)

Die Samen der Bohnenarten stimmen im Aufbau weitgehend mit denen des Mandelbaumes überein. Während bei diesem aber der Embryo gerade ist, ist er bei der Bohne in auffallender Weise gekrümmt (gekrümmte Samen, s. S. 97), so daß die Wurzelanlage seitlich von den Keimblättern zu liegen kommt (Abb. 13, *III*). Sie modelliert sich schon äußerlich am Samen ab (Abb. 13, *I W*). Das Hilum (*Hi*) tritt deutlich in Erscheinung, während die Raphe (*R*) nur eine kurze warzenförmige Erhebung bildet.

Nach Entfernen der Samenschale und eines der Keimblätter beobachtet man, daß die Sproßanlage noch weiter entwickelt ist als bei der Mandel. Das erste, zwischen Keim- und Primärblättern gelegene Sproßinternodium, das Epikotyl (Abb. 13, *III E*), hat schon eine Länge von wenigen Millimetern erreicht.

b) Embryonen mit Speicherhypokotyl

Hierher gehören die Samen der in den Tropen beheimateten Paranaß (*Bertholletia excelsa*), die infolge ihres Reichtums an fettem Öl ein wichtiges Nahrungsmittel bilden.

Die dicke, harte Schale der dreikantigen Samen (Abb. 14, *I*) umschließt einen an seinem oberen Ende keulig verdickten, leicht gekrümmten Körper, der den Embryo in seiner Gesamtheit darstellt (*II*). Dieser zeichnet sich gegenüber allen anderen Embryonen dadurch aus, daß er völlig ungegliedert ist. Vor allem scheinen die

Embryo“ (Embryo macropus) besitzen. Die Speicherung von Reservestoffen erfolgt im Hypokotyl, das dadurch knollige Beschaffenheit annimmt. Monokotyle Speicherembryonen finden sich fast ausschließlich in der Familie der Potamogetonaceen, zu denen das als Polstermaterial verwendete Seegrass (*Zostera marina*) gehört.

4. SAMEN MIT MEHREREN EMBRYONEN

Normalerweise findet sich in jedem Samen nur ein Embryo. Es gibt nun aber auch zahlreiche Beispiele dafür, daß der Samen mehrere Embryonen (Polyembryonie) enthält. Ein interessantes Verhalten in dieser Hinsicht bieten die Samen von *Citrus*-

Arten. Neben einem aus der befruchteten Eizelle (s. S. 103) entstandenen Embryo (Abb. 15, I E_1) vom Bau des Mandelsamenembryos finden sich noch zwei bis drei kleinere, sog. Adventivembryonen, die aus vegetativen

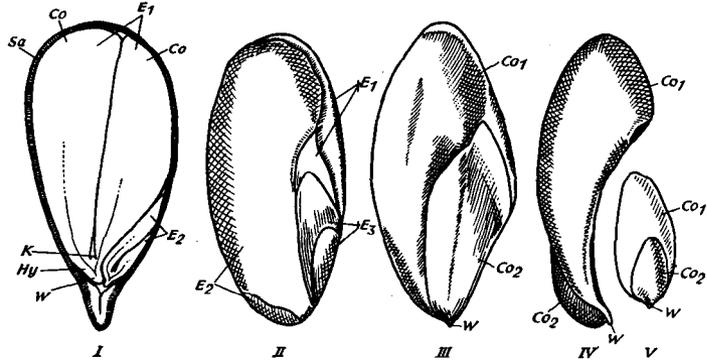


Abb. 15. Zitrone (*Citrus medica*). I Längsschnitt durch einen Samen, auf dem die beiden Embryonen E_1 und E_2 getroffen sind; II von der Samenschale befreite Embryonen (E_1-3), die in III-V einzeln dargestellt sind. Sa Samenschale, Co Kotyledonen, K Sproßknospe, Hy Hypokotyl, W Wurzelanlage

Zellen der Samenanlage, und zwar aus Zellen des Nucellus (s. S. 96) hervorgehen. Bei der Mandarine kann man bis zu 12 solcher Adventivembryonen feststellen, die sich durch eine Ungleichheit der Keimblätter (Anisokotylie, s. S. 17, Abb. 15, III-IV) auszeichnen. In der Regel wächst aber nur ein Embryo, und zwar der größte, der die meisten Nährstoffe gespeichert hat, zur Keimpflanze aus.

Junge Samenanlagen der Coniferen besitzen ebenfalls mehrere Embryonen, die aus der Befruchtung mehrerer Eizellen hervorgehen. Sie gehen jedoch alle bis auf einen Embryo zugrunde, der dann zur neuen Pflanze auswächst.

III. KEIMUNG

Steht einem reifen Samen, der sich in trockenem Zustand jahrelang in seiner beschriebenen Form erhalten kann, Wasser zur Verfügung, so nimmt der Embryo seine unterbrochene Entwicklung auf und beginnt weiter zu wachsen, zu keimen. Voraussetzung für diesen Vorgang ist also eine Wasseraufnahme, denn bei der Samenreife erfolgt ein starker Wasserentzug. Reife Samen haben deshalb nur einen durchschnittlichen Wassergehalt von 13 bis 14 %. Durch die Wasseraufnahme vergrößern die Samen ihr Volumen; sie quellen. Die Zellen des Embryos und des Nährgewebes durchtränken sich mit Wasser, und die bisher ruhenden Zellen nehmen ihre Lebenstätigkeit wieder auf. Da nun die Gewebe des Embryos und des Nährgewebes stärker quellen als die abgestorbenen Zellen der Samenschale, wird diese schließlich gesprengt (Abb. 17, 19), und als erstes Organ tritt die Primär-

wurzel heraus, die den Embryo mit Wasser und mineralischen Salzen versorgt. Da die Wurzel zum Wachstum aber auch organische Nährstoffe benötigt, diese aber zunächst vom Keimling nicht selbst erzeugt werden können, müssen die im Samen deponierten Nährstoffe ausgebeutet werden. Diese gehören den Ausführungen des Abschnittes II zufolge den drei Stoffgruppen an:

- a) den Kohlenhydraten: Stärke, Reservezellulose, Zucker, b) den Fetten und Ölen, c) den Eiweißen.

Diese Stoffe sind nun im Samen in einer Form deponiert, in der sie nicht ohne weiteres verbraucht werden können. Sie müssen deshalb erst in eine wasserlösliche Form übergeführt werden, damit sie an die Orte des stärksten Verbrauchs, d. h. an die wachsenden Pole des Embryos transportiert werden können. Die Überführung der Speicherstoffe von der wasserunlöslichen in die wasserlösliche Form wird als die Mobilisierung der Reservestoffe bezeichnet. Dieser Vorgang ist an die Einwirkung von Fermenten (Enzymen) gebunden, d. h. Katalysatoren, die eine chemische Reaktion auslösen und beschleunigen, dabei aber selbst nicht verändert werden. So werden die Kohlenhydrate durch die Fermentgruppe der Carbohydrasen, die Fette durch die Lipasen und die Eiweißstoffe durch die Proteasen in wasserlöslichen Zucker übergeführt, der jetzt vom Embryo aufgenommen (resorbiert) werden kann¹. Als Resorptionsorgane dienen bei den nährgewebshaltigen Samen die Kotyledonen, die demzufolge eine starke Vergrößerung ihrer Oberfläche erfahren. Sie übernehmen damit die

Funktion von Saugorganen (Haustorien), so daß wir auch von Kotyledonarhaustorien sprechen können. Besonders mächtig entwickelt sind diese bei Palmen, so bei der Dattel- (Abb. 22) und Kokospalme, von denen letztere als Beispiel dienen soll.

Der kleine Embryo, der sich im festen Teil des Endosperms an der Stelle des Samens findet, an welcher der Steinkern drei grubenartige Vertiefungen (Keimporen) zeigt (Abb. 10, E), ist ein kleiner keulenförmiger Körper mit abgeflachter Basis, an der sich die Kotyledonarscheide und die Wurzelanlage finden (Abb. 16, I). Bei der Keimung streckt sich die Basis des Kotyledons stark in die Länge (II), wodurch die Sproßknospe

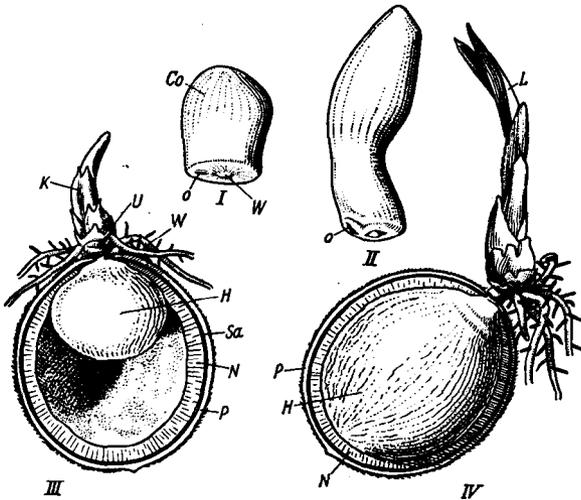


Abb. 16. Kokosnuß (*Cocos nucifera*). I—II Embryo eines ruhenden und keimenden Samens, Co Kotyledo, O Scheidenöffnung des Kotyledonarunterblattes, W Wurzelanlage; III—IV Keimpflanzen. Das Perikarp P ist längs durchgeschnitten. Sa rudimentierte Samenschale, N Nährgewebe, H Kotyledonarhaustorium, W sproßbürtige Wurzeln, K von Niederblättern eingehüllte Sproßknospe (n. Troll)

durch die inzwischen aufgelösten Keimporen nach außen geschoben wird und sich weiter entwickelt. Recht merkwürdige Veränderungen erleidet nun das im Samen verbliebene Ende des Keimblattes, dem die Aufgabe zukommt, die mobilisierten Nährstoffe zu resorbieren und dem wachsenden Embryo zu zuführen. Da das Keimblatt im Verhältnis zum außerordentlichen

¹ Über Einzelheiten dieser Vorgänge vergl. man die einschlägigen Lehrbücher.