



Holm / Herbst

Botanik und Drogenkunde für PTA

Bearbeitet von Barbara Eigner

11. Auflage



Deutscher
Apotheker Verlag

Holm / Herbst

Botanik und Drogenkunde für PTA

Begründet von
Vera Herbst und Gabriele Holm

Bearbeitet von
Barbara Eigner

11. aktualisierte und erweiterte Auflage

mit 116 Abbildungen und 6 Tabellen



Deutscher
Apotheker Verlag

Zuschriften an

lektorat@dav-medien.de

Anschrift der Autorin

Barbara Eigner
Therese-Malten-Straße 13
01259 Dresden

Alle Angaben in diesem Werk wurden sorgfältig geprüft. Dennoch können die Autorin und der Verlag keine Gewähr für deren Richtigkeit übernehmen.

Ein Markenzeichen kann markenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdrucke, Mikroverfilmungen oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

11. Auflage

ISBN 978-3-7692-7340-3

ISBN 978-3-7692-7461-5 (E-Book, PDF)

© 2019 Deutscher Apotheker Verlag
Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart
www.deutscher-apotheker-verlag.de

Printed in Germany

Satz: primustype Hurler GmbH, Notzingen
Druck und Bindung: Aumüller Druck GmbH & Co.KG, Regensburg
Umschlaggestaltung: deblik, Berlin
Umschlagabbildung: fascinadora/stock.adobe.com
Indexer: Ines Reinhardt, Jockgrim

Vorwort

Die 11. Auflage hat eine komplette Runderneuerung bekommen. Inhalte, die deutlich über den PTA-Lehrplan hinausgehen wurden gestrafft und zugunsten von mehr Bildern und Lernübersichten ersetzt. Auch die Übungsaufgaben zu jedem Kapitel sind neu und unterstützen das Lernen. Merkkästen und andere Elemente sollen den Stoff zusammenzufassen und strukturieren.

Speziell im Teil **Botanik** hat sich dadurch der Inhalt auf Zytologie, Histologie, Pflanzenanatomie und Systematik reduziert. Kurze Exkurse zu Zellteilung, Fotosynthese oder Wasserhaushalt der Pflanze sind als Teilkapitel an passender Stelle integriert. Jedes Kapitel endet mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte und wird durch Übungsfragen ergänzt.

Im Teil **Drogenkunde** wurden alle Drogen auf den Stand der momentan gültigen Arzneibücher aktualisiert. Auch hier finden sich nun Übungsfragen, die das Gelernte noch vertiefen sollen. Der Hauptfokus dieses Lehrbuchs liegt nach wie vor bei Anwendung und Wirkung der Arzneidrogen. Daher befinden sich am Ende jedes Kapitels Drogenübersichten als Zusammenfassung. Diese sollen einen schnelleren Überblick geben, aber auch einzelne Drogen schneller auffindbar machen. Die Tabellen im Anhang sollen diese Übersichtlichkeit ergänzen. Der Teil **Phytotherapie bei Kindern und Schwangeren** stellt einen Praxisbezug her und gibt mehr Sicherheit im Umgang mit besonders sensiblen Patientengruppen.

Alles in allem ist es hoffentlich wieder gelungen, den angehenden PTAs ein übersichtliches Lehrbuch zu gestalten, das den Einstieg in die Pharmazeutische Biologie erleichtert und Kompetenz für die Beratung vermittelt.

Dresden, im Sommer 2019

Barbara Eigner

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	V
Was genau ist in diesem Lehrbuch zu finden?	XII
Abkürzungsverzeichnis	XIII
1 Zytologie	1
1.1 Definition und Funktion der Zelle	2
1.2 Aufbau einer Zelle	3
1.2.1 Zellwand	4
1.2.2 Protoplasma.....	5
1.3 Zellteilung	10
1.3.1 Mitose	10
1.3.2 Meiose	12
1.3.3 Die chemische Natur der Gene	12
1.3.4 Variabilität und Mutation	14
1.4 Der Stoffwechsel	15
1.4.1 Wasserhaushalt	15
1.4.2 Fotosynthese.....	18
2 Histologie	22
2.1 Gewebebildung	23
2.2 Bildungsgewebe (Meristeme)	24
2.3 Dauergewebe	25
2.3.1 Grundgewebe (Parenchym).....	25
2.3.3 Leitgewebe	29
2.3.4 Festigungsgewebe.....	32
2.3.5 Exkretionsgewebe	33
3 Morphologie und Anatomie	36
3.1 Morphologische Organisationsstufen	37
3.2 Wachstum und Entwicklung	37
3.3 Bewegungen	40

3.4	Aufbau höherer Pflanzen (Kormophyten)	41
3.4.1	Wuchsformen der höheren Pflanzen	42
3.4.2	Die Wurzel	44
3.4.3	Die Sprossachse	46
3.4.4	Das Blatt	50
3.4.5	Die Blüte	55
4	Systematik	67
4.1	Systematik der Samenpflanzen	70
4.1.1	Magnoliopsida	71
4.1.2	Liliopsida – Monocotyledonae	71
4.1.3	Rosopsida	71
5	Allgemeines zur Drogenkunde	78
5.1	Phytotherapie als Erfahrungsheilkunde	79
5.2	Was genau ist eine Droge?	80
5.3	Drogen im Arzneibuch	82
5.4	Phytopharmaka	84
5.5	Fertigtee	84
5.6	Wirkpotenz pflanzlicher Arzneimittel	86
6	Drogen mit Kohlenhydraten	88
6.1	Kohlenhydrate	89
6.2	Stärke	89
6.3	Cellulose	93
6.4	Schleime und Gummien	94
6.4.2	Schleimdrogen bei Erkältungskrankheiten	96
6.4.3	Schleimdrogen als Laxans	100
6.4.4	Drogen als galenische Hilfsstoffe	103
6.5	Lektindrogen	104

7	Drogen mit Fetten und fetten Ölen	107
7.1	Aufbau und Kennzahlen	108
7.2	Fette Öle	109
7.2.1	Pharmazeutische verwendete Öle	109
7.3	Fette	110
7.3.1	Pharmazeutisch verwendete Fette	110
8	Drogen mit Isoprenoiden	112
8.1	Terpene	113
8.2	Steroidglykoside	114
8.2.1	Aufbau	114
8.2.2	Anwendung	115
8.2.3	Drogen mit herzwirksamen Glykosiden	115
8.2.4	Weitere Steroidglykosiddrogen	116
8.3	Saponine	117
8.3.1	Aufbau	117
8.3.2	Anwendung	117
8.3.4	Saponindrogen mit anderen Indikationen	122
8.4	Weitere Isoprenoiddrogen	125
9	Drogen mit ätherischen Ölen und Alliinen	129
9.1	Ätherische Öle	130
9.1.1	Eigenschaften und Analytik	131
9.1.2	Anwendung	131
9.1.3	Ätherischödrogen als haut- und schleimhautreizende Stoffe	132
9.1.5	Ätherischödrogen als Stomachika – Aetherolea	141
9.1.6	Ätherischödrogen als Stomachika – Amara aetherolea	153
9.1.9	Ätherische Öle als Geschmackskorrigenzien	162
9.2	Alliindrogen	163

10	Drogen mit Phenylpropanderivaten	166
10.1	Phenylpropanderivate	167
10.2	Cumarine	167
10.3	Lignane, Lignine	168
10.4	Drogen mit Phenylpropanderivaten	169
10.4.1	Pharmazeutisch verwendete Drogen	169
11	Drogen mit Polyketiden	173
11.1	Polyketide	174
11.2	Flavonoide	174
11.2.1	Anwendung	175
11.2.2	Drogen mit Flavonoiden	175
11.3	Anthracene	187
11.3.1	Chemie	187
11.3.2	Anthradrogen als Laxanzien	188
11.3.3	Anthradrogen mit anderer Wirkung	193
11.4	Gerbstoffe	194
11.4.1	Chemie	194
11.4.2	Anwendung	195
11.4.3	Drogen mit Gerbstoffen	196
11.5	Weitere Polyketiddrogen	199
11.5.1	Drogen mit Cannabinoiden	199
11.5.2	Drogen mit Phloroglucinderivaten	200
12	Bitterstoffdrogen	202
12.1	Bitterstoffe	203
12.2	Bitterstoffdrogen als Stomachika	203
12.2.1	Wirkung und Anwendung	203
12.3	Bitterstoffdrogen mit anderer Wirkung	205
13	Alkaloiddrogen	207
13.1	Alkaloide	208
13.2	Alkaloiddrogen	208
13.2.1	Drogen mit Isochinolinalkaloide	209

13.2.2	Drogen mit Phenylalkylaminalkaloiden	211
13.2.3	Drogen mit Tropanalkaloiden	213
13.2.4	Purinalkaloidhaltige Drogen	216
13.2.5	Weitere Alkaloiddrogen	217
14	Teemischungen	220
14.1	Zusammensetzung	221
14.2	Zubereitung	222
14.3	Teerezepturen für spezielle Indikationen	222
14.3.1	Haustee	222
14.3.2	Magentee	223
14.3.3	Abführtee	223
14.3.4	Karminativtee	224
14.3.5	Nerven- und Schlaftee	224
14.3.6	Hustentee	224
14.3.7	Blasen- und Nierentee	225
15	Phytotherapie bei Kindern und Schwangeren	227
15.1	Pflanzliche Arzneimittel bei Kindern und Säuglingen	228
15.2	Arzneimittel in der Schwangerschaft	230
15.3	Arzneimittel in der Stillzeit	231
16	Anhang	233
16.1	Drogenübersicht nach Kapitel	234
16.2	Drogenübersicht nach Indikationsgruppen	237
16.3	Drogenübersicht nach Inhaltsstoffgruppen	240
16.4	Übersicht der Farbreaktionen	244
16.5	Antworten zu den Fragen	245
	Bildnachweis	255
	Sachregister	257
	Die Autorin	273

Was genau ist in diesem Lehrbuch zu finden?

Pflanzliche Arzneimittel und Teedrogen werden in der Selbstmedikation immer wichtiger, da viele Apothekenkunden gerne auf natürliche Alternativen zurückgreifen.

Als Pharmazeuten beraten wir Patienten zur richtigen Auswahl der Arzneimittel, aber wir analysieren auch Teedrogen und überprüfen deren Qualität.

Im ersten Teil des Lehrbuchs dreht sich alles um die Botanik. Dieses Teilgebiet der Biologie befasst sich mit Aufbau und Leben der Pflanzen.

Ohne Führerschein fährt man nicht einfach so Auto und ohne Grundkenntnisse in der Botanik ist man orientierungslos in der Biologie. Pharmazeuten müssen typische Strukturen unter dem Mikroskop und auch Arzneipflanzen in der Natur erkennen können.

Der erste Teil des Buches schafft gewissermaßen Ihre Grundlagen als zukünftige PTA für den „Botanik-Führerschein“.

Der zweite Teil umfasst die Drogenkunde oder auch „Teekunde“. Drogen im botanischen Sinne sind getrocknete Pflanzenteile. Es geht also um Arzneipflanzen und deren Wirkung.

Woran erkenne ich eine Arzneipflanze in der Natur? Wie erkenne ich diese in Form einer Teedroge? Welche Inhaltsstoffe sind für die Wirkung verantwortlich? In welchen Fällen nutzt oder schadet die Arzneipflanze? All diese Fragen werden im zweiten Teil geklärt und ebnen den Weg zum „Beratungs-Führerschein“ für Arzneipflanzen.

Abkürzungsverzeichnis

BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
BGA	Bundesgesundheitsamt
BPH	Benigne Prostatahyperplasie
DAB	Deutsches Arzneibuch
DAC/NRF	Deutscher Arzneimittel-Codex/Neues Rezeptur-Formularium
DC	Dünnschichtchromatographie
DNA	Desoxyribonukleinsäure (desoxyribonucleic acid)
ER	endoplasmatisches Retikulum
HAB	Homöopathisches Arzneibuch
Ph. Eur.	Europäisches Arzneibuch
RNA	Ribonukleinsäure (ribonucleic acid)



Zytologie 1

Eine Mauer besteht aus einzelnen Bausteinen.

Form und Funktion des einzelnen Steins sind für die Stabilität und das Gesamtbild wichtig.

Wer sich mit Pflanzen beschäftigt, muss sich mit den Zellen als deren Bausteine auskennen. Daher beginnt dieses Buch mit dem Teilbereich der Zytologie. Dieser beschäftigt sich mit Aufbau und Funktion einer Pflanzenzelle.

In diesem Kapitel finden Sie den Grundaufbau einer Pflanzenzelle und Unterschiede zum Aufbau einer tierischen Zelle. Sie lernen die Funktion wichtiger Zellbestandteile kennen und erhalten einen Überblick über die Vorgänge der Zellteilung und des Zellstoffwechsels.

1.1 Definition und Funktion der Zelle



DEFINITION

Die Zelle ist die kleinste noch selbstständig lebensfähige Einheit eines Organismus.

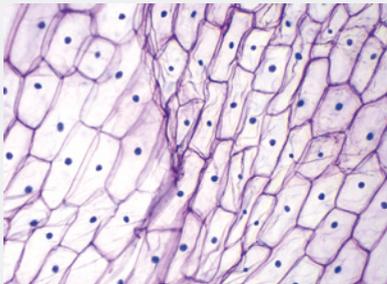
Zellen sind Bausteine, die jedem Organismus – Tier oder Pflanze – zugrunde liegen.

Größe und Gestalt der Zelle sind sehr variabel. Die durchschnittliche Größe wird mit 10–100 µm angegeben. Als Extrembeispiel sind Bakterienzellen mit einer Größe von 0,2 µm oder Faserzellen einer Brennnessel von 55 cm Länge bekannt.

Die Kugelform ist die einfachste Gestalt einer Zelle. Sie stellt eine Idealform dar und kommt nur selten in der Natur vor. Wesentlich häufiger sind Zellen mit **isodiametrischer** Form vertreten. Sie besitzen einen etwa gleichen Durchmesser in alle Richtungen, können aber zu einer Seite gestreckt sein. Daneben gibt es **prosenchymatische** Zellen. Sie sind lang gestreckt und an den Enden häufig zugespitzt.

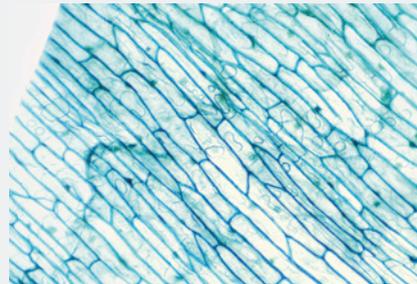


AUF EINEN BLICK



Isodiametrische Zellen

Gleicher Durchmesser in alle Richtungen



Prosenchymatische Zellen

Lang gestreckt, zugespitzte Enden

In einer pflanzlichen Zelle laufen unterschiedliche biochemische Prozesse ab, die für den Organismus einer Pflanze in verschiedener Weise wichtig sind. Eine jugendliche (embryonale) Zelle hat zunächst die Anlage, alle Funktionen ausüben zu können, sie ist **omnipotent**. Spezialisiert sich eine Zelle auf eine bestimmte Aufgabe, bezeichnet man dies als **Differenzierung**. Die Zellen übernehmen dann nur bestimmte, immer gleich bleibende Funktionen. Dies führt zu einer Art „Arbeitsteilung“ innerhalb des pflanzlichen Organismus. Ein Zellverband mit mehreren Zellen identischer Funktion wird als **Gewebe** bezeichnet. In Kapitel 2 werden verschiedene Gewebearten behandelt, wie z. B. Festigungsgewebe, Leitgewebe oder Grundgewebe.

MERKE

Embryonale Zellen sind omnipotent („Alleskönner“). Erst durch Differenzierung spezialisieren sie sich auf bestimmte Funktionen innerhalb eines Organismus.



1

1.2 Aufbau einer Zelle

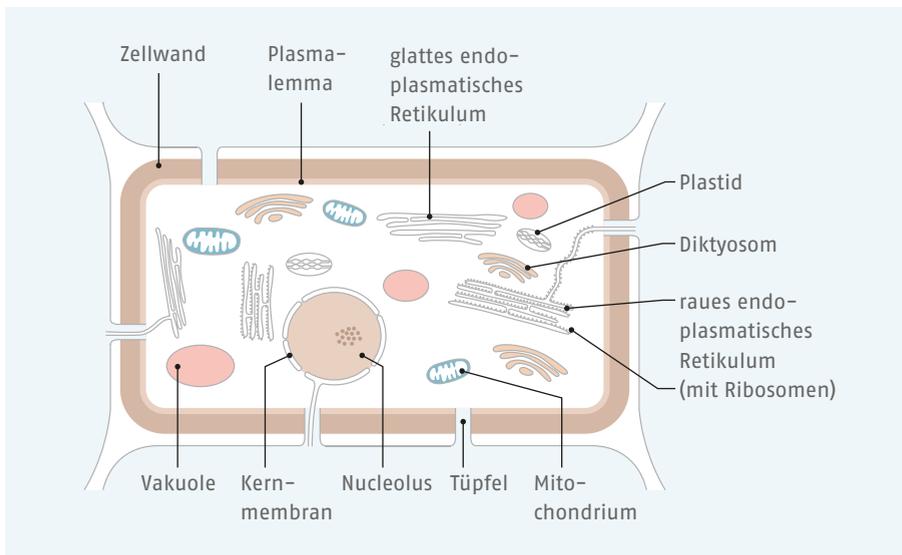
Bei Pflanzenzellen besteht die äußere Begrenzung aus einer **Zellwand** und das Zellinnere wird als **Protoplasma** zusammengefasst. Zum Protoplasma zählen die flüssige Zellsubstanz, das **Zytoplasma** und die darin befindlichen **Zellorganellen**. Diese übernehmen spezielle Funktionen für die Zelle (• Abb. 1.1).

Charakteristisch für die meisten Zellen ist das Vorhandensein eines **Zellkerns**, welcher Träger der Erbinformation ist. Nur in Bakterien- und Blaualgenzellen ist kein echter Zellkern vorhanden, sie besitzen sogenannte **kernäquivalente Bereiche**. Die Erbinformation liegt hier ohne Kernhülle frei im Protoplasma vor (► Kap. 1.2.2).

DEFINITION

Lebewesen, deren Zellen einen echten Zellkern besitzen, werden als Eukaryoten bezeichnet.

Zelluläre Organismen mit kernäquivalenten Bereichen werden als Prokaryoten bezeichnet.



• **Abb. 1.1** Schematischer Aufbau einer Pflanzenzelle

1.2.1 Zellwand

Alle pflanzlichen Zellen sind von einer Zellwand umgeben. Die pflanzliche Zellwand gibt der Zelle ihre Gestalt und bietet Schutz und Festigung für das Protoplasma. Im Gegensatz dazu sind tierische Zellen nur durch eine flexible Zellmembran begrenzt.



MERKE

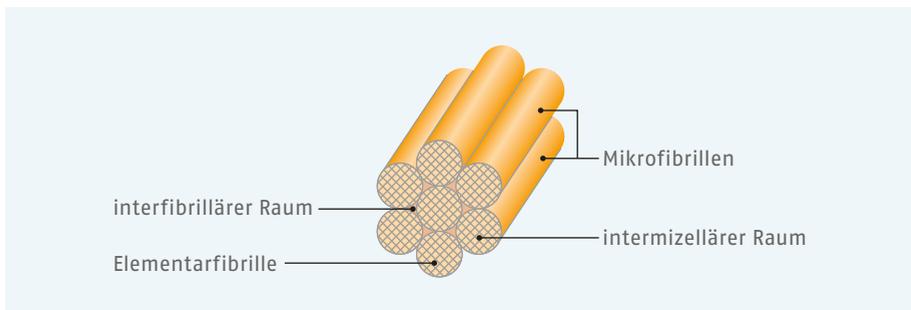
Pflanzliche Zellen verfügen über eine Zellwand, tierische Zellen besitzen keine.

Bei Pflanzen besteht die Zellwand aus Cellulose und Pektin. **Cellulose** ist ein Polysaccharid, das aus linear miteinander verknüpften Glucosemolekülen besteht. Diese bildet sehr stabile Cellulosefasern, welche für die Festigkeit von Pflanzengeweben ausschlaggebend sind. **Pektine** bestehen zum größten Teil aus Galacturonsäure als Baustein. Sie haben eine festigende, aber auch eine wasserregulierende Funktion für die Pflanze.

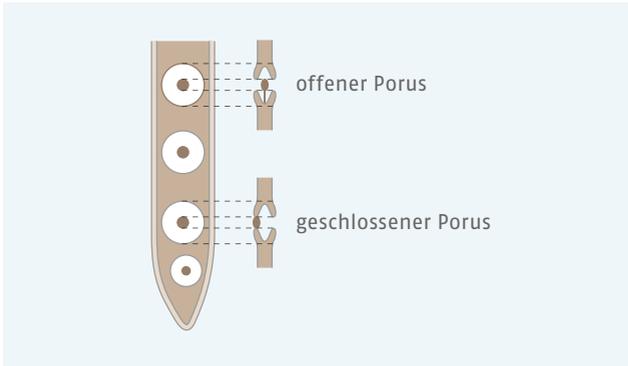
Die einzelnen Cellulose-Moleküle lagern sich zu Bündeln zusammen, die dann als Mizellarstränge oder **Elementarfibrillen** bezeichnet werden. Mehrere Elementarfibrillen sind zu **Mikrofibrillen** zusammengefasst. Mehrere Mikrofibrillen ergeben eine **Makrofibrille** (• Abb. 1.2).

Zwischen den Mikrofibrillen sind kleine Räume ausgespart, die interfibrillären Räume. In der Regel sind sie mit Wasser gefüllt. Es können aber auch andere Substanzen eingelagert sein, z. B. Lignine (Holzstoffe) in den verholzten Pflanzenteilen oder Kieselsäure in den Schachtelhalmen und Gräsern.

Die Zellwand besteht in der Regel aus mehreren Schichten. Die äußerste Schicht ist die **Mittellamelle**. Sie trennt die Wände benachbarter Zellen von einander und besitzt eine gelartige Struktur. Sie besteht v. a. aus Pektin. Der Mittellamelle werden Cellulosefasern aufgelagert. Diese bilden zum Zellinneren hin die nächste Schicht, die **Primärwand**. Die Fasern der Primärwand sind flexibel und ermöglichen so ein Zellwachstum. Ist das Zellwachstum abgeschlossen, wird die **Sekundärwand** der Primärwand aufgelagert. Diese ist starr und schließt die Zellwand zum Zellinneren hin ab.



• Abb. 1.2 Bündel aus mehreren Mikrofibrillen



• **Abb. 1.3** Hoftüpfel einer Tracheide (rechts im Querschnitt)

MERKE

Die Zellwand einer noch wachsenden Zelle besteht aus Mittellamelle und flexibler Primärwand. Ist das Zellwachstum abgeschlossen, wird der Primärwand eine starre Sekundärwand aufgelagert.



Die Zellwand schließt eine Zelle nach außen hin ab. Für den Stoffaustausch zwischen benachbarten Zellen sind jedoch Verbindungswege vorhanden, die als **Tüpfel** bezeichnet werden. Tüpfel sind kleine Poren, die bei der Auflagerung der Primär- und Sekundärwände ausgespart bleiben. Diese Poren werden bei starker Zellwandverdickung zu Tüpfelkanälen verlängert. Die Tüpfel benachbarter Zellen stoßen aneinander und sind nur durch die Mittellamelle getrennt. Diese ist siebartig von feinen Plasmasträngen, den **Plasmodesmen**, durchbrochen, die einen Stofftransport von Zelle zu Zelle ermöglichen.

MERKE

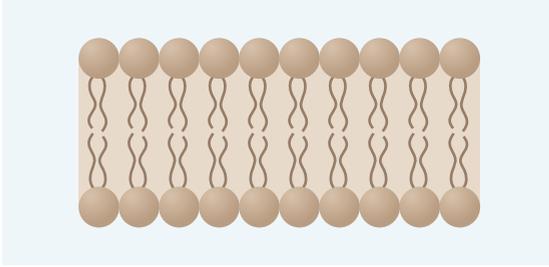
Tüpfel ermöglichen den Stofftransport zwischen benachbarten Zellen.



Eine besondere Art stellen die **Hoftüpfel** dar. Sie sind charakteristisch für Zellen der Wasserleitungsbahnen und funktionieren ähnlich einem Ventil. Um die zentrale Öffnung, den Porus, wölbt sich eine Wandpartie hervor, die von der Mittellamelle abgehoben ist. Die Mittellamelle selbst ist im Porus etwas verdickt. Bei Druck kann der Porus verschlossen werden (•Abb. 1.3).

1.2.2 Protoplasma

Mit dem Begriff **Protoplasma** wird das Innere der Pflanzenzelle zusammengefasst. Dies untergliedert sich weiter in das **Zytoplasma** und die darin enthaltenen **Zellorganellen**. Das Zytoplasma besteht zu 60–90 % aus Wasser, außerdem sind Eiweiße (Proteine), Kohlenhydrate und Fette (Lipide) enthalten. Im Wasser gelöst liegen geringe Mengen Salze, Enzyme und Spurenelemente vor. Salze und Spurenelemente dienen der Regulation des Wasserhaushalts in der Zelle; Enzyme katalysieren und regulieren den Stoffwechsel.



● **Abb. 1.4** Schematischer Aufbau einer Biomembran

Biomembranen

Das Zytoplasma ist zur Zellwand hin durch eine dünne flexible Schicht abgegrenzt, die als Biomembran bezeichnet wird (● Abb. 1.4). Im Wesentlichen besteht diese aus Phospholipiden, welche einen hydrophilen Molekül-Kopf und einen lipophilen Molekül-Schwanz besitzen. Diese richten sich als Doppelschicht mit den lipophilen Molekülteilen nach innen aus, so entsteht eine Doppelschicht mit hydrophilem Anteil nach außen und lipophilem Anteil im Inneren der Membranstruktur.

Biomembranen sind **semipermeabel** („halbdurchlässig“). Dies bedeutet, sie sind für bestimmte Stoffe gut, für andere weniger gut durchlässig. Kleine und lipophile Moleküle wie Kohlendioxid können optimal durch die Membran gelangen. Sehr große Moleküle, aber auch hydrophile Stoffe wie Ionen, Glucose oder Wasser benötigen in die Membran eingelagerte Transportporen.

Nicht nur die Abgrenzung zwischen Protoplasma und Zellwand erfolgt durch eine Biomembran. Auch die Abgrenzung von Zellorganellen innerhalb des Protoplasmas kann so erfolgen. Die Biomembran zwischen Zytoplasma und Zellwand wird als **Plasmalemma** bezeichnet. Die Membran zwischen Zytoplasma und Vakuole nennt man **Tonoplast**.

Weitere Membranstrukturen sind das endoplasmatische Retikulum, die Kernmembran sowie die Grenzschichten der Mitochondrien und Plastiden (siehe Zellorganellen).

Vakuolen

Das Zytoplasma füllt eine embryonale Zelle komplett aus. Bei älteren Zellen bilden sich innerhalb des Plasmas kleine durch Biomembranen begrenzte Räume aus, die mit Zellsaft gefüllt sind. Sie entstehen im Verlauf des Zellwachstums. Diese Räume werden als **Vakuolen** bezeichnet und sind ausschließlich in pflanzlichen Zellen vorhanden. Mit Vorschreiten des Zellwachstums werden diese Räume größer und fließen dann zu einer großen, **zentralen Zellsaftvakuole** zusammen. Sie füllt annähernd den gesamten Innenraum der Zelle aus und drängt den Protoplasten bis auf einen dünnen Wandbelag zurück.

Die Zentralsaftvakuole dient der Aufrechterhaltung des Zellinnendrucks (**Turgor**). Außerdem kann sie zur Speicherung von Stoffen verwendet werden. Hierbei wird in **primäre** und **sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe** unterschieden. Primäre Pflanzeninhaltsstoffe wie Kohlenhydrate, Eiweiße oder Fette können dem pflanzlichen Stoffwechsel wieder zugänglich gemacht werden. Sekundäre Inhaltsstoffe, wie Salzkristalle, Farbstoffe und Alkaloide, nehmen nicht ständig am Stoffwechselgeschehen teil. In der Natur können diese beispielsweise als Gift- oder Bitterstoffe vor Tierfraß schützen oder Farbstoffe zum Anlocken von Insekten sein. Die Medizin nutzt sekundäre Pflanzenstoffe aufgrund ihrer pharmakologischen Wirkung.

MERKE

Die Vakuole ist ein typisches Organell pflanzlicher Zellen. In ihr werden häufig sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe von pharmazeutischer Bedeutung gespeichert.



1.2.3 Zellorganellen

DEFINITION

Zellorganellen sind in das Zytoplasma eingebettete Einschlüsse wie Zellkern, Mitochondrien und Plastiden.



Zellorganellen sind kleine Funktionseinheiten innerhalb der Zelle. Sie befinden sich im Zytoplasma und übernehmen verschiedene Aufgaben im Zellstoffwechsel.

Zu den Zellorganellen gehören:

- Vakuolen (► Kap. 1.2.2),
- Zellkern,
- Mitochondrien,
- Plastiden,
- endoplasmatisches Retikulum,
- Ribosomen,
- Golgi-Apparat.

Zellkern

Nur eukaryontische Zellen enthalten einen Zellkern. Der Zellkern, oder **Nukleus**, hat eine besondere Bedeutung für das Leben der Zelle. Kernlose Zellen sind auf Dauer nicht lebensfähig. Ausnahmen bilden Bakterien und Blaualgen. Sie besitzen sogenannte „kern-äquivalente Bereiche“ ohne die typischen Organisationsmerkmale des Zellkerns.

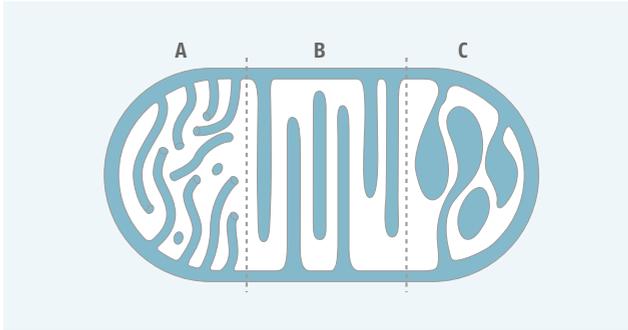
Der Zellkern ist meist kugel- oder linsenförmig. Er ist nach allen Seiten vom Zytoplasma umgeben und gegen dieses durch eine **Kernmembran** abgegrenzt. Der Kernraum ist vom Kernplasma, dem **Karyoplasma**, erfüllt. Der Zellkern enthält **Chromosomen**, die reich an Desoxyribonukleinsäure (desoxyribonucleic acid, DNA) sind.

Die Chromosomen sind die Träger der Erbinformation einer Zelle, der Gene. Diese werden bei der Zellteilung weitergegeben. Im typischen Fall liegen die Chromosomen als unregelmäßig gewundene lange Fäden im Zellkern vor (Funktionsform). Sie sind dann auf relativ kleinem Raum zusammengedrängt und vermitteln den Eindruck eines ungleich gebauten Kerngerüsts. Nur während der Kernteilung (► Kap. 1.3) nehmen sie die Gestalt von meist gekrümmten „Stäbchen“ an (Transportform).

MERKE

Die Chromosomen sind Träger der Erbanlagen, der sogenannten Gene. Genom ist der Sammelbegriff für alle Gene eines Chromosomensatzes.





● **Abb. 1.5** Schematischer Längsschnitt durch ein Mitochondrium.
A Röhren,
B Falten,
C Säckchen

Mitochondrien

Hauptaufgabe der Mitochondrien ist die **Energiegewinnung** für die Zelle durch Abbau von energiereichen Kohlenstoffverbindungen. Mitochondrien kommen in den Zellen aller Pflanzen und Tiere (ausgenommen der Prokaryonten) vor. Gegen das Zytoplasma sind sie durch eine Doppelmembran aus zwei Biomembranen abgegrenzt. Die innere Membran ist vielfach eingestülpt (● Abb. 1.5), wodurch die Oberfläche enorm vergrößert wird. Dies schafft Raum für die Enzyme der Stoffwechselforgänge, welche zur Gewinnung des wichtigen Energieträgers **ATP** führen.



MERKE

Mitochondrien sind die „Kraftwerke“ der Zelle.

Plastiden

Plastiden kommen nur in Pflanzenzellen und bei einigen Algenarten vor, welche nach neueren Erkenntnissen nicht mehr zu den Pflanzen gezählt werden.

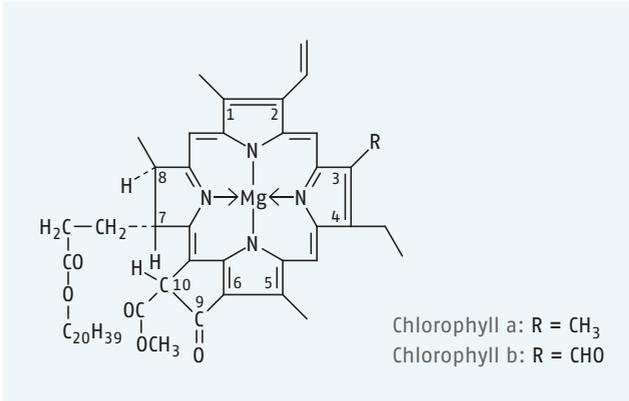
Man unterscheidet je nach Färbung:

- grüne **Chloroplasten**,
- gelbe bis rote **Chromoplasten**,
- farblose **Leukoplasten**.

Die beiden ersteren werden als **Chromatophoren** (Farbstoffträger) zusammengefasst.

Trotz der Unterschiede in Funktion und Struktur handelt es sich bei den Plastiden nur um einen einzigen Typus. Sie gehen alle aus einer gemeinsamen Vorstufe, den **Proplastiden**, hervor und sind untereinander in die verschiedenen Plastidentypen umwandelbar. Die Umwandlung von Chloroplasten in Chromoplasten lässt sich beim Reifen von Tomaten gut beobachten. Die Grünfärbung von Kartoffeln am Licht beruht auf der Umwandlung von Leukoplasten in Chloroplasten. Plastiden sind vom Zytoplasma durch eine Doppelmembran abgegrenzt.

Chloroplasten: In den Chloroplasten findet die **Fotosynthese** statt. Bei den höheren Pflanzen sind sie rundlich oder linsenförmig. Die innere Membran wird während der Chloroplastenbildung zu einem vielschichtigen System gefaltet. Diese Strukturen werden als **Thylakoide** bezeichnet. Auf diesen befinden sich die Fotosynthese-Farbstoffe: Chlorophyll und Carotinoide.



• **Abb. 1.6** Strukturformel von Chlorophyll

Das **Chlorophyll** zeigt in seinem chemischen Aufbau eine enge Verwandtschaft zum Hämoglobin, dem roten Blutfarbstoff. Im Zentrum des großen Moleküls befindet sich ein komplex gebundenes Metallatom. Im Chlorophyll handelt es sich dabei um Magnesium, im Hämoglobin um Eisen. Es wird unterschieden zwischen Chlorophyll a und b, die beide chemisch sehr ähnlich sind (• Abb. 1.6).

In den Chloroplasten sind häufig auch **Carotinoide** enthalten. Hierbei handelt es sich um Pigmente mit gelber, oranger oder roter Farbe. Bei den grünen Blättern werden sie vom Grün der Chloroplasten überdeckt. Erst während der Herbstfärbung der Blätter treten ihre Farben hervor.

Chromoplasten: Chromoplasten sind durch Carotinoide gelb, orange oder rot gefärbt. Sie enthalten kein Chlorophyll und sind daher fotosynthetisch inaktiv. Sie finden sich in Blüten (z. B. Stiefmütterchen), in Früchten (z. B. Tomaten) und in Wurzeln (z. B. Möhren). Die Chromoplasten entstehen entweder direkt aus Proplastiden oder durch Umwandlung aus Chloro- bzw. Leukoplasten.

Leukoplasten: **Leukoplasten** sind frei von Farbstoffen. Sie finden sich häufig in unterirdischen Pflanzenteilen wie Knollen oder Erdsprossen. Leukoplasten entstehen entweder direkt aus Proplastiden oder aber aus Chloroplasten, in die sie sich auch wieder zurückverwandeln können. Leukoplasten können **Stärke**, **Eiweiße** und **Fette** speichern.

Die für die Pflanze wichtigsten Leukoplasten sind die **Amyloplasten**. Sie lagern die bei der Fotosynthese entstandenen Kohlenhydrate in Form von Reservestärke ab. Dabei wird die Stärke um ein zentral oder exzentrisch gelegenes „Bildungszentrum“ geschichtet. Die Stärkekörner werden teilweise so groß, dass sie nur noch von einer sehr dünnen Plastidenhaut umgeben sind.

MERKE

Plastiden kommen nur in Pflanzenzellen vor und sind ineinander umwandelbar. In den Chloroplasten findet die Fotosynthese statt.



Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen

Das **endoplasmatische Retikulum** (ER) stellt ein System aus Hohlräumen und Kanälen dar, die miteinander verbunden, und durch Biomembranen abgegrenzt sind. Dieses System verändert ständig seine Form.

Das ER bewirkt eine starke Unterteilung (**Kompartimentierung**) des Protoplasmas. Ausläufer des ER verbinden benachbarte Zellen.

Das endoplasmatische Retikulum kann sowohl morphologisch als auch funktionell nochmals unterschieden werden. Das **raue ER** trägt auf der Membranaußenseite Ribosomen. Aufgaben des rauen ER sind in erster Linie die ständige Produktion von Biomembran und die Proteinbiosynthese an den Ribosomen.

Das **glatte ER** besitzt keine Ribosomen auf der Oberfläche. Es ist wichtig für die Entgiftung der Zelle und ist Ort vieler metabolischer Prozesse, wie z. B. der Lipidproduktion und des Kohlenhydratstoffwechsels.

Ribosomen sind die Organellen für die **Proteinbiosynthese**. Sie befinden sich entweder frei im Zytoplasma verteilt oder auf der Oberfläche des rauen ER. Sie bestehen u. a. aus ribosomaler RNA und tragen die „Baupläne“ für Proteinmoleküle.

Golgi-Apparat

Als Golgi-Apparat bezeichnet man die Gesamtheit der **Diktyosomen**. Dies sind abgeflachte, durch Biomembranen begrenzte Hohlräume, die übereinander geschichtet sind. Sie werden von der einen Seite stets neu gebildet. Auf der gegenüberliegenden Seite werden kleine Bläschen, die **Golgi-Vesikel**, abgeschnürt. Damit ist der Golgi-Apparat ein Teil des **Transportsystems** innerhalb der Zelle. Außerdem ist hier der Ort für die Synthese von Zellwandsubstanzen, Schleimen und ätherischen Ölen.

1.3 Zellteilung

1.3.1 Mitose

Jede Zelle entsteht durch Teilung einer anderen Zelle. Die hierbei vollzogene Teilung des Zellkerns wird als Mitose bezeichnet. Es entstehen zwei identische Tochterkerne. Diese Teilungsfähigkeit ist auf junge, meristematische Zellen beschränkt, wie sie z. B. an den Vegetationspunkten von Spross und Wurzel vorhanden sind.



MERKE

Bei einer Mitose entstehen genetisch identische Tochterzellen. Diese besitzen einen diploiden (doppelten) Chromosomensatz.

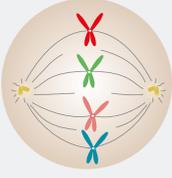
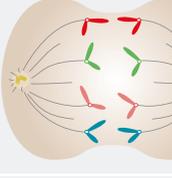
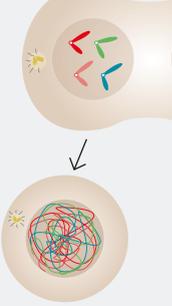
Den Ablauf der Mitose, die insgesamt etwa zwei Stunden dauert, unterteilt man relativ willkürlich in mehrere Phasen, obwohl es sich im Grunde um einen kontinuierlich ablaufenden Prozess handelt.

Der Beginn einer Zellteilung wird **Prophase** genannt. Der Zellkern, der zunächst auch als **Ruh Kern** bezeichnet wird, besitzt eine netzartig erscheinende Gerüstsubstanz. Diese wird am Anfang der Teilung aufgerollt und entwirrt, sodass stäbchen- und schleifenförmige **Chromosomen** sichtbar werden. Diese sind in zwei identische Spalthälften (**Chromatiden**) aufteilbar, die sich sowohl im Gengehalt als auch in der Gestalt gleichen.

AUF EINEN BLICK



1

Ruhephase	Der Zellkern in Ruhe besitzt eine netzartige, diffuse Struktur im Kerninneren.	
Prophase	Chromosomen mit Chromatiden werden sichtbar. Auflösung von Kernmembran und Kernkörper.	
Metaphase	Äquatoriale Anordnung der Chromosomen.	
Anaphase	Chromatiden werden zu den Zellpolen gezogen.	
Telophase	Zusammenknäulen der Tochterchromosomen, Ausbildung neuer Kernmembranen und einer Mittellamelle für den Zellaufbau.	

In der Folge lösen sich Kernmembran und Kernkörper auf. Von den Zellpolen ausgehend erfolgt die Bildung feiner Fäden, der sogenannten **Spindelfasern**.

In der **Metaphase**, der Zwischenphase, ordnen sich die Chromosomen in der Mitte der Zelle zwischen den beiden Zellpolen in der sogenannten **Äquatorialplatte** an. Die Spindelfasern sind nun fertig gestellt.

Während der **Anaphase**, der Überphase, werden die Chromatiden an den Spindelfasern entlang zu den Polen gezogen.

In der **Telophase**, der Endphase oder Zielphase, knäueln sich die Tochterchromosomen wieder zusammen und die Kernspindeln verschwinden. Aus Teilen des endoplasmatischen Retikulums wird die neue Kernmembran gebildet; die Nukleoli der neuen Tochterkerne entstehen.

Nach der Teilung des Kerns spaltet sich nun auch das Zellplasma mittels einer einfachen Durchschnürung. Die Zellwand zwischen den beiden Tochterprotoplasten entsteht zunächst aus einer Pektinlamelle, der weitere Wandschichten aufgelagert werden.

1.3.2 Meiose

aha

GUT ZU WISSEN

Bei einer Meiose (Reduktionsteilung) entstehen aus einer diploiden Zelle vier neue Zellen mit jeweils einem haploiden (einfachen) Chromosomensatz. Dies geschieht bei Verschmelzung von Sperma und Eizelle.

Kennzeichen einer sexuellen oder geschlechtlichen Fortpflanzung ist die Verschmelzung (Befruchtung) zweier geschlechtsverschiedener Zellen (Gameten) zu einer Zygote. Bei diesem Prozess bilden die beiden haploiden (einfachen) Chromosomensätze der Geschlechtszellen einen diploiden Satz. Eine Befruchtung mit diploiden Zellen würde die Anzahl der Chromosomen immer weiter ansteigen lassen. Dies wird durch die **Reduktionsteilung** oder **Meiose** verhindert.

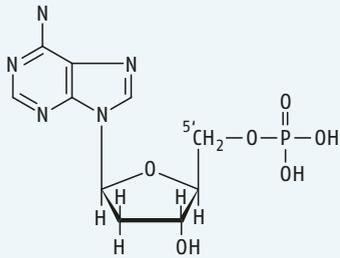
Die Meiose findet im Verlauf der Bildung von Eizelle und Spermazellen statt. Es entstehen hierbei aus diploiden Körperzellen haploide Geschlechtszellen. Die Meiose besteht aus zwei miteinander gekoppelten Teilungsschritten, die als erste und zweite Reifungsteilung bezeichnet werden. Bei der ersten Reifungsteilung werden komplette Chromosomen auf die Tochterzellen verteilt, die zweite gleicht einer Mitose. Bei der Meiose wird die Anzahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert. Im Gegensatz hierzu bleibt bei der Mitose die Anzahl der Chromosomen in den beiden Tochterzellen konstant. Während der Meiose kommt es zur **Neukombination des genetischen Materials**.

Die **erste Reifungsteilung** beginnt ähnlich der Mitose, indem die Chromosomen sichtbar werden und sich ordnen. Hierbei kommen jeweils zwei homologe Chromosomen parallel zueinander zu liegen, sodass einzelne Chromosomenabschnitte mitsamt den darauf liegenden Genen wechselseitig ausgetauscht werden können. Dieser Austausch wird als „Crossing over“ bezeichnet. Damit kommt es zu einer Neukombination des Erbguts. Die homologen Chromosomen werden dann wieder getrennt und wandern zu den entgegengesetzten Polen. Es entstehen zwei Tochterkerne mit haploidem Chromosomensatz.

Danach beginnt die **zweite Reifungsteilung**, die wie eine Mitose abläuft. Hierbei werden die Spalthälften der Chromosomen voneinander getrennt, und es entstehen vier Tochterkerne mit je einem haploiden Chromosomensatz.

1.3.3 Die chemische Natur der Gene

Chromosomen bestehen aus **Desoxyribonukleinsäure** kurz DNS beziehungsweise DNA (englische Abkürzung für desoxyribonucleic acid). Es handelt sich um kettenförmige Moleküle. DNA und RNA bestehen aus drei Komponenten: stickstoffhaltige Basen, Zucker und Phosphorsäure.



Desoxyadenosin-5'-monophosphat

• **Abb. 1.7** Beispiel eines Nucleotids mit Adenin als Base

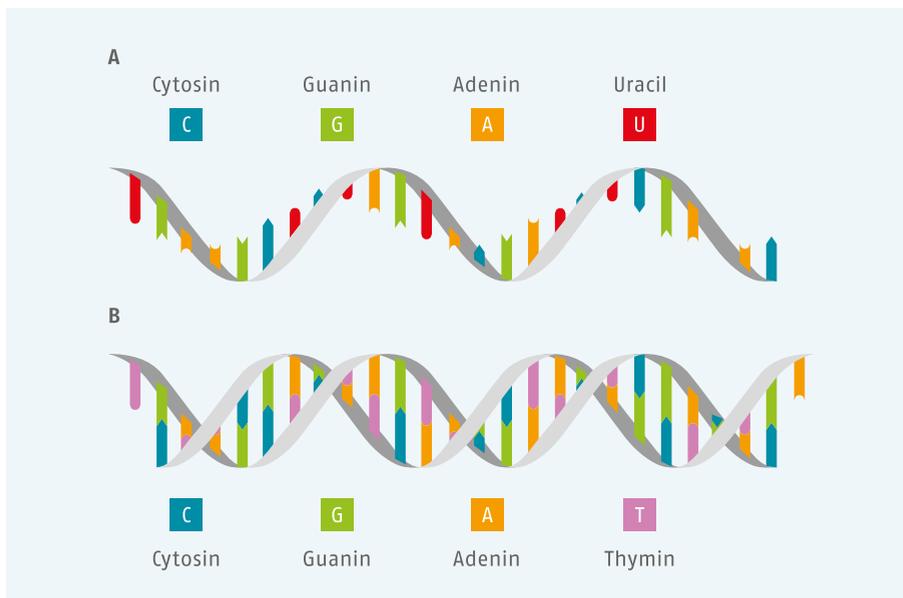
N-haltige Basen sind die Purinderivate **Adenin (A)** und **Guanin (G)** sowie die Pyrimidin-derivate **Cytosin (C)**, **Thymin (T)** und **Uracil (U)**.

Eine DNA enthält die Basen A, G, T und C. Diese sind jeweils mit dem Zucker Desoxyribose verknüpft. Diese Verbindungen werden als **Nucleoside** bezeichnet.

Die Nucleoside sind über die Desoxyribose mit Phosphorsäure verestert und werden dadurch zu **Nucleotiden** (• Abb. 1.7).

Einzelne Nucleotide sind noch untereinander zu Polynucleotiden verknüpft. Dadurch entstehen Molekülketten aus Zucker und Phosphorsäure mit den Basen in der Seitenkette.

DNA besteht aus zwei parallelen Molekülketten (• Abb. 1.8). Diese laufen in Form einer rechtsgewundenen Schraube um eine gemeinsame Achse. Sie werden deshalb als Doppelschraube oder **Doppelhelix** bezeichnet. Dabei sind die Basen nach innen gerichtet. Es liegen sich immer die gleichen Basen gegenüber, nämlich Thymin und Adenin sowie Guanin und Cytosin. Man bezeichnet dies als **komplementäre Basenpaare**.



• **Abb. 1.8** Struktur einer A RNA (Ribonucleinsäure) und B DNA (Desoxyribonucleinsäure)

Die Reihenfolge der Basen codiert die enthaltene Erbinformation. Durch unterschiedliche Anordnung der Basen ergibt sich eine extrem große Vielfalt an codierter Information. Bestimmte Abschnitte einer DNA werden als **Gene** bezeichnet. In ihnen steckt der Bauplan für Aufbau und Organisation eines Organismus. DNA besitzt die Fähigkeit zur Selbstverdoppelung. Dadurch wird die Weitergabe von genetischen Informationen ermöglicht.

aha

GUT ZU WISSEN

In RNA-Molekülen kommt als Base Uracil statt Thymin vor, außerdem ist als Zuckerkomponente Ribose statt Desoxyribose enthalten. Auch in der räumlichen Struktur gibt es Unterschiede. Während DNA als Doppelhelix vorliegt, ist RNA meist nur ein Einzelstrang.

In DNA-Molekülen ist die Information für die Herstellung von RNA-Molekülen enthalten. RNA wiederum codiert die Information zur Herstellung von Proteinen wie Enzyme und Hormone, die den Stoffwechsel steuern.

1.3.4 Variabilität und Mutation

Pflanzenarten können zum Teil in voneinander abweichenden Formen auftreten. Ein Beispiel hierfür sind die zahlreichen Rosen- und Tulpensorten, die sich durch Blütenfarbe, aber auch durch Form der Blütenblätter und anderen Merkmale voneinander unterscheiden. Auch bei den Arzneipflanzen werden unterschiedliche Varietäten kultiviert (u. a. bei Baldrian, Königskerze, Pfefferminze, Kamille). Werden die abweichenden Merkmale durch Genvariation hervorgerufen, handelt es sich um eine **Mutation**. Sie sind somit weiter vererbbar. Kommt eine Variante durch den Einfluss äußerer Bedingungen zustande, sprechen wir von **Modifikation**.



MERKE

Mutation ist eine Veränderung im Erbgut der Pflanze, Modifikation entsteht durch Einflüsse von außen.

Mögliche Veränderungen am Erbgut:

- **Genommutationen:** Die Anzahl eines Chromosomensatzes wird geändert. Der Gehalt der einzelnen Chromosomen bleibt jedoch unverändert. Diese polyploiden Organismen werden häufig künstlich erzeugt. Von unseren Kulturpflanzen sind z. B. Weizen, Hafer und Kartoffeln polyploid. Diese polyploiden Formen sind oftmals widerstandsfähiger und ertragreicher und damit als landwirtschaftliche Nutzpflanzen besonders geeignet.
- **Chromosomenmutation:** Änderungen der Genanordnung im Chromosom. Hierbei kommt es zu Chromosomenbrüchen und zur Neuzusammensetzung der entstandenen Bruchstücke.
- **Genmutation:** Einzelne Basen der DNA-Doppelhelix werden chemisch oder in ihrer Reihenfolge verändert.