

Botanische Anfängerübungen

Beginn: 11. April 2018

Alle Termine finden Sie im Kursprogramm unter:

<http://www.ruhr-uni-bochum.de/allgbotanik/lehre/basisstudium.htm>

Mi. I : 13.30 - 16.30 Uhr

Mi. II: 17.00 - 20.00 Uhr

Organisation:

Frau PD Dr. M. Nowrousian

LS Allgemeine u. Molekulare Botanik, ND 6/165

Sprechstunde: nach Vereinbarung

E-Mail: Minou.Nowrousian@rub.de

Beachten Sie folgende Verantwortlichkeit!!!

Botanische Bestimmungsübungen und Exkursionen:

LS Evolution und Biodiversität der Pflanzen

- Prof. Stützel ND/05; Dr. Mundry Tel. 32-24972



Kurstermine Anfängerübungen in Botanik:

1. Kurs

Mittwoch

11.04.

2. Kurs

Mittwoch

18.04.

3. Kurs

Mittwoch

25.04.

4. Kurs

Mittwoch

02.05.

etc.

Alle Termine finden Sie im Kursprogramm unter:

<http://www.ruhr-uni-bochum.de/allgbotanik/lehre/basisstudium.htm>



Empfohlene Lehrbücher der Botanik

Botanisches Grundpraktikum; Ulrich Kück, Gabriele Wolff
3. Auflage, Springer Verlag 2014

ISBN 978-3-642-45448-6 **€ 32,99**

Allgemeine und molekulare Botanik; E. Weiler, L. Nover
Thieme Verlag 2008

ISBN 978-3-13-147661-6 **€ 69,99**

Schimmelpilze - Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung
Kück, U., Nowrousian, M., Hoff, B., Engh, I.
Springer Verlag, 3. neu bearbeitete Auflage 2009

eBook: ISBN 978-3-540-88717-1 **€ 36,99**

Softcover: ISBN 978-3-540-88716-4 **€ 54,99**

Kryptogamen 1: Cyanobakterien Algen Pilze Flechten, Praktikum und Lehrbuch

Karl Esser, 3. neubearbeitete Auflage (2000), Springer Verlag

eBook: ISBN 978-3-642-57139-8 **€ 74,99**

Softcover: ISBN 978-3-642-63056-9 **€ 74,99**



<http://www.ruhr-uni-bochum.de/allgbotanik/lehre/basisstudium.htm>

AKTUELLES

PROFIL

LEHRE

► Basisstudium

► Module

FORSCHUNG

ORGANISATION

LINKS

► CD Forschungsgesellschaft

BASISSTUDIUM

VORLESUNGEN

Biologie II: Grundlagen der Botanik und Biodiversität (190 000), SS 1. Hälfte

Die im Rahmen des zweiten Semesters stattfindende Vorlesung vermittelt das Grundwissen in der Botanik. Es umfasst die Cytologie, die sich mit dem Feinbau der Zellen beschäftigt und die Histologie, welche die Struktur pflanzlicher Gewebe vermittelt. Beide zusammen betreffen den inneren Bau der Pflanze und überlagern mit der Pflanzenphysiologie, der Molekularbiologie und der Biochemie. Der äußere Bau der Pflanze wird in der Morphologie, der Anatomie und der Lehre von Metamorphosen vermittelt. Mit der Betrachtung der Anpassungserscheinungen überschneidet sich die Morphologie mit der morphologischen Pflanzenökologie.

Ort: HNC10

Zeit: SS, 1. Hälfte, Beginn 9.4.2018, Mo. - Do. 10.15 - 11.00 Uhr

[weiterlesen](#) FOLIEN ZUR BIO II VORLESUNGBOTANISCHE ANFÄNGERÜBUNGEN

Übungen Zellbiologie, Bau und Funktion der Pflanzen und Pilze (Anfängerübungen in Botanik) (190 002), SS

Das weitgehende Verständnis von zellulären, physiologischen und molekularen Vorgängen setzt die genaue Kenntnis der betreffenden morphologischen Strukturen voraus. Daher sollen die Übungen, die begleitend zur Vorlesung Biologie II stattfinden, diese Kenntnisse durch das Präparieren, Mikroskopieren und Zeichnen pflanzlicher Objekte vermitteln. Das Praktikum gibt einen Überblick über die Vielfalt der strukturellen Differenzierungen der pflanzlichen Zellen und Organe.

Ort: NDEF 06/398

Zeit: SS, Beginn 11.04.2018,
Mi. I: 13.30-16.30 Uhr, Mi. II: 17.00-20.00 Uhr

Programm Anfängerübungen in Botanik 2018

[weiterlesen](#) PRAKTIKUM

Biologisches Grundlagenpraktikum für Biochemiker (190 904), SS n.V.

Im Rahmen des Studienganges Biochemie werden im Kursteil "Genetik niederer Eukaryoten" beispielhaft einfache Modellorganismen wie einzellige Grünalgen und Pilze vorgestellt, die als Modellorganismen der Molekularbiologie dienen. Arbeiten mit diesen Organismen setzt das Verständnis morphologischer Strukturen voraus, daher werden in diesem Kurs entsprechende Kenntnisse durch das Präparieren, Mikroskopieren und Zeichnen botanischer Objekte vermittelt. Der Praktikumsteil wird von einer Vorlesung begleitet, die theoretische Hintergründe erläutert.

Vorbesprechung
Mo 13.15-14.45 ND 2/99


Dozenten: n. n.


SOMMERSEMESTER 2018


<http://www.ruhr-uni-bochum.de/allgbotanik/>

BIOLOGIE II VORLESUNG

Biologie II: Grundlagen der Botanik und Biodiversität
(190 000)
Ort : HNC10
Beginn: 9.04.2018
Zeit : Mo. - Do. 10.15 - 11.00 Uhr

[Gliederung zur Vorlesung](#) 

[Textfolien zur Vorlesung](#) 

[Änderung der Vorlesungszeiten](#) 

S-BLOCK: MOLEKULARGENETIK PFLANZLICHER MIKROORGANISMEN: REGULATION DER GENEXPRESSION UND SIGNALTRANSDUKTIONSWEGE

190 157 (Blockpraktikum), 190 158 (Seminar)


Vorbesprechung: nach Vereinbarung

Beginn und Ende: nach Vereinbarung

[Modulbeschreibung](#) 

BOTANISCHE ANFÄNGERÜBUNGEN

Übungen Zellbiologie, Bau und Funktion der Pflanzen und Pilze
(Anfängerübungen in Botanik) (190 002)
Ort: NDEF 06/398
Beginn: 11.04.2018
Mi. I: 13.30-16.30 Uhr
Mi. II: 17.00-20.00 Uhr
Fr : 13.30-16.30 Uhr
(der Freitags-Kurs findet nur bei ausreichender Teilnehmerzahl statt)


[Programm Übungen 2018](#) 

S-BLOCK: MOLEKULARGENETIK BIOTECHNOLOGISCH RELEVANTER PILZE

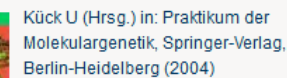
190 171 (Blockpraktikum), 190 172 (Seminar)

Vorbesprechung: nach Vereinbarung

Beginn und Ende: nach Vereinbarung

[Modulbeschreibung](#) 





Auflösung von Licht- & Elektronenmikroskopen

1. Auflösung	LM	EM
$d = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin \alpha}$		$\lambda = h/m \cdot v$
λ Wellenlänge n Brechungsindex $\sin \alpha$ (1/2 Öffnungswinkel)	0,3 μm 1,5 1 (90°)	0,04 Å (10^{-10}m) 1 0,001 (<0,1°)
theoretisch praktisch 2. Kontrast	$d = 0,1 \mu\text{m}$ $d = 0,2 \mu\text{m}$ Spez. Färbungen Dichte → Kontrast	$d = 0,0001 \mu\text{m}$ $d = 0,0002 \mu\text{m}$ Einlagerung von Schwermetallen



AUFLÖSUNGSVERMÖGEN

Lichtmikroskopie ist durch Beugung (Diffraktion) begrenzt.

Neuere methodische Entwicklungen erlauben eine Auflösung deutlich jenseits dieser Grenze, → „**Superresolution Microscopy**“ (dt. *hochauflösende Mikroskopie*)

- **Licht:** $\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ → Lichtmikroskop → Strukturen bis max. **250 nm** können aufgelöst werden.

(Je kleiner die Wellenlänge, umso besser das Auflösungsvermögen)

- **Größenordnung von mikroskopischen Objekten:**

- **Atomhülle:** $10^{-10} \text{ m} - 5 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} - 0,5 \text{ nm}$

(nicht mit Lichtmikroskop zu beobachten)

- **Größte Eiweißmoleküle:** 20 nm

- **Viren:** 20 - 200 nm (250 nm)

- **Kleinste Bakterien:** 200 nm

(Lichtmikroskop → Bakterien sind sichtbar, Viren sind nicht sichtbar)



Fluoreszenzmikroskopie

Eine Form der Lichtmikroskopie beruht auf dem physikalischen Effekt der Fluoreszenz. Dabei werden Fluoreszenzfarbstoffe (Fluorochrome) mit Licht einer Wellenlänge angeregt und strahlen wenige Nanosekunden später Licht einer anderen Wellenlänge ab. Durch spezielle Filter wird sichergestellt, dass nur das abgestrahlte Licht beobachtet wird.

Prinzipielle Verfahren um Proteine oder andere Zellkomponenten mit Fluorochromen sichtbar zu machen:

- 1. Fluorochrome erkennen spezifische Komponenten (DAPI z.B. DNA)**
- 2. Fluorochrom-gekoppelte Antikörper interagieren spezifisch mit Proteinkomponenten**
- 3. Fluoreszierende Proteine werden durch gentechnische Methoden mit Zielproteinen fusioniert**



Einige wichtige Gruppen organischer Verbindungen

Gruppe organischer Verbindungen	Funktionen	molekulare Bausteine	Atomare Zusammensetzung
Kohlenhydrate	Energiequelle Strukturmaterial Bausteine anderer Moleküle	Monosaccharide	C, H, O
Lipide (Fette)	Energiespeicherung Strukturmaterial	Fettsäuren, Glycerin	C, H, O
Proteine	Katalysatoren (Enzyme) Strukturmaterial	Aminosäuren	C, H, O, N, S
Nukleinsäuren	Muster für die Protein- biosynthese	Nucleotide (aus stickstoffhaltiger Base, Zucker und Phosphat)	C, H, O, N, P

Funktion von Proteinen

- 1. Kontraktile Proteine: intrazelluläre Bewegungen (Plasmastr.)**
- 2. Strukturproteine: Aufbau von Biomembranen**
- 3. Enzymproteine: Biokatalysatoren beim Stoffwechsel**
- 4. Transportproteine: Trans. durch Biomembranen**
- 5. Speicherproteine: Reserve für organ. Verbindungen (Samen)**



BIOLOGIE II

A. Cytologie (= Zellenlehre)

1. Einführung

2. Cytoplasma

3. Zellwand

3.1 Chemische Zusammensetzung der Zellwand

3.2. Feinbau der Zellwand

3.3 Entwicklung der Zellwand

4. Organellen

4.1 Kern

4.2 Mitochondrien

4.3 Plastiden

4.3.1 verschieden differenzierte Plastiden

4.3.2 Chloroplasten

4.3.3 Chromoplasten

4.3.4 Leukoplasten

4.4 Endosymbiontentheorie

5. Pflanzliche Vakuole

5.1 Tonoplast

5.2 Zellsaft

5.3 Funktion der Vakuole

5.4 Plasmolyse

5.5 passiver, aktiver Transport, Turgor



Merkmale der drei Domänen des Organismenreichs

Merkmal	Domäne				
	Bacteria	Archaea	Eukarya		
			Tiere	Pilze	Pflanzen
Zellkern	-	-	+	+	+
Chromosomen	-	-	+	+	+
Zellwand (Regelfall)	+	+	-	+	+
Mitochondrien	-	-	+	+	+
Plastiden	-	-	-	-	+
Ribosomen	70S	70S	80S	80S	80S
rRNA	16S, 23S, 5S	16S, 23S, 5S	18S, 28S, 8S, 5S		
DNA-Moleküle	1 bis mehrere, linear zirk.	1, zirkulär	mehrere, linear		
Introns	selten	gelegentlich	häufig		
RNA- und Proteinsynthese	Im selben Kompartiment	Im selben Kompartiment	getrennt: RNA-Synthese im Zellkern, Proteinbiosynthese im Zytoplasma		
Zellmembranen aus Lipiddoppelschichten	+	+	+		
Organellen	keine	keine	Verschiedene, z.B. Mitochondrien		



Vergleich von Tieren, Pilzen und Pflanzen

	Tiere	Pilze	Pflanzen
Zellwände	Nein	ja ^a , meistens Chitin, selten Cellulose	ja, Cellulose
Plastiden	nein	nein	ja
Lebensweise	heterotroph	heterotroph	i.d.R. autotroph
Energiegewinnung	Aufnahme Organ.Subst.	Aufnahme Organ.Subst.	Photosynthese
Reservestoff	Glykogen	Glykogen	Stärke
Vorkommen echter Gewebe	ja	nein	ja
Vakuole	nein	ja	Ja
^a Ausnahme z.B. Myxomyceten (Schleimpilze).			

Tab. 1.2 Bot. Grundpraktikum

Zusammenfassung: Die Pflanzenzelle

Hauptbestandteil	Komponenten	Charakteristika	Funktionen
Cytoplasma	Lipidtröpfchen	Amorphes Aussehen, nicht von einer Membran umgrenzt	Speicherung von Lipiden, v.a. Triglyceriden
	Endoplasmatisches Retikulum	Netzwerk aus membranumgrenzten Kanälen und Zisternen	Materialtransport innerhalb der Zelle
	Golgi-Apparat	Gesamtheit der Dictyosomen einer Zelle	Verarbeitet und verpackt Substanzen
	Endomembransystem	Sammelbegriff für ER, Golgi-Apparat, <i>Trans</i> -Golgi-Netzwerk, Plasmalemma, Kernhülle, Tonoplast, versch. Vesikel	Dynamisches Netzwerk zum Transport
	Cytoskelett	Komplexes Netzwerk aus Proteinfilamenten	Wirkt bei Teilung, Wachstum und Differenzierung der Zelle mit
	Mikrotubuli	Dynamische, hohlzylindrische Strukturen aus Tubulin	Bildung Zellplatte, Ablagerung, Ausrichtung Vesikel/Chromosomen
	Actinfilamente	Dynamische, fadenförmige Strukturen aus Actin	Bewegung Kern/Organellen, Plasmaströmung



A.Cytologie

Besonderheiten der pflanzlichen Zelle:

Tonoplast
Plasmalemma
Zellwand
Plastiden
Vakuole



- 1. Protopectin (M, P)
saure Polysaccharide**
- 2. Hemicellulose (P)
neutrale Polys. (Pentosane,
Hexosane)**
- 3. Cellulose (S)
 β -D-Glucose UE**
- 4. Protein (P)
Glycoproteine
(Hydroxyprolin)**
- 5. Chitin (Pilze)
Acetyl-Glucosamin**



Pflanzliche Zellwand

Hauptbestandteil	Komponenten	Charakteristika	Funktionen
Zellwand		Cellulosemikrofibrillen, Matrix aus Hemicellulosen, Pektinen, Glykoproteinen Lignin, Cutin, Suberin, Wachse	Zellform, Zellgröße
	Mittellamelle	Pektinreiche Schicht	kittet benachbarte Zellen
	Primärwand	fibrillenhaltige Wandschichten	Stoffwechsel-aktive Zellen
	Sekundärwand	auf Primärwand aufgelagerte, fibrillenreiche Wandschichten	starre Wand
	Plasmodesmen	Cytoplasmastränge	verbinden Protoplasten, Transportweg



Zellzyklus

→ Interphase & Mitosephase

Interphase:

G1 Phase

S-Phase (Chromosomenverdoppelung)

G2-Phase

Vier Mitosephasen:

- 1. Prophase**
- 2. Metaphase**
- 3. Anaphase**
- 4. Telophase**

Cytokinese (Cytoplasmateilung)

Entwicklung der pflanzlichen Zellwand

**Räumliche Ausrichtung der
Zellteilungsebene**

- 1. Anlage in der späten
Interphase**



Entwicklung der pflanzlichen Zellwand

Räumliche Ausrichtung der Zellteilungsebene

1. Anlage in der späten Interphase
2. Präprophaseband =
Konzentrierung von Mikrotubuli
3. Metaphase
4. reguläre Anordnung von Actin-
Mikrofilamenten
5. **Fixierung des Zellkerns durch
Mikrotubuli**
6. **Spindelbildung**



Entwicklung der pflanzlichen Zellwand

Räumliche Ausrichtung der Zellteilungsebene

1. Anlage in der späten Interphase
 2. Präprophaseband = Konzentrierung von Mikrotubuli
 3. Metaphase
 4. reguläre Anordnung von Actin-Mikrofilamenten
 5. Fixierung des Zellkerns durch Mikrotubuli
 6. Spindelbildung
 7. **Telophase: Vesikel des Golgi-Apparates bilden die Zellplatte**
- 

Besonderheiten der Interphase bei Pflanzen

- **Präprophaseband** = schmaler Gürtel von dicht beieinanderliegenden Mikrotubuli
- **Phragmosom** = besteht aus Golgivesikel, die Zellwand-Material enthalten. In der Ana- und Telophase wandern sie in die Phragmoplasten.
- **Phragmoplast** = bildet sich während der Telophase und besteht aus Mikrotubuli, Actin und Myosin und ist der Ort an dem die Zellplatte entsteht.



Zusammenfassung: Die Pflanzenzelle

Hauptbestandteile	Dazu gehören	Kurzbeschreibung	Funktionen
Zellwand		Cellulosemikrofibrillen	Zellform und Zellgröße
	Mittellamelle	Pektinreiche Schicht	
	Primärwand	Protopektin und Hemicellulose	kommt bei stoffwechselaktiven Zellen vor
	Sekundärwand	aufgelagerte Wandschichten	verleiht Stabilität
	Plasmodesmen	Cytoplasmastränge	verbinden benachbarter Zellen
Plasmalemma		Einfache Membran	Stoffaustausch



Plasmamembran

Transport von Substanzen durch Membranen Transport von Ionen und kleineren Molekülen

Transport-vorgang	Bewegung entlang/gegen Gradienten	Transport-proteine beteiligt?	Energie-quelle benötigt?	Transportierte Substanz	Bemerkungen
Passiver Transport	Entlang des Gradienten	nein	nein	Kleine unpolare Moleküle	Netto-Fluß Substanz entlang ihres Konzentrationsgradienten
Freie Diffusion					
Osmose (Spezialfall der Diffusion)	Entlang des Gradienten	nein	nein	H₂O	Diffusion von Wasser durch selektiv permeable Membran
Erleichterte Diffusion	Entlang des Gradienten	ja	nein	Polare Moleküle und Ionen	Konformationsänderungen von Carriern
Aktiver Transport	Entgegen dem Gradienten	ja	ja	Polare Moleküle und Ionen	Beteiligung von Protonenpumpen



Zusammenfassung: Die Pflanzenzelle

Hauptbestandteil	Dazu gehören	Kurzbeschreibung	Funktionen
Cytoplasma	Lipidtröpfchen	nicht von einer Membran umgrenzt	Lipide
	Endoplasmatisches Retikulum	Membran-umgrenzte Kanäle und Zisternen	Proteinsynthese
	Golgi-Apparat	Dictyosomen (Golgi-Körper)	Verarbeitet und verpackt Substanzen
	Endomembransystem	Sammelbegriff	Transport von Membranen und Substanzen
	Cytoskelett	Proteinfilamente	Differenzierung der Zelle
	Mikrotubuli	Tubulin	Bildung Zellplatte
	Actinfilamente	Actin	Plasmaströmung
	Grundplasma	Gering differenzierter Teil	



Zusammenfassung: Die Pflanzenzelle

(Fortsetzung → unterstrichen sind Organellen mit DNA)

Hauptbestandteile	Dazu gehören	Kurzbeschreibung	Funktion
Cytoplasma	<u>Zellkern</u>	Doppelmembran (Kernhülle)	Chromosomen-Replikation Transkription
	<u>Mitochondrien</u>	Doppelmembran	Zellatmung
	<u>Chloroplasten</u>	Doppelmembran	Photosynthese
	Vakuolen	Einfache Membran	Zellsaft
	Ribosomen	RNA und Protein	Proteinbiosynthese
	Peroxisomen	Einfache Membran	Umwandlung von Fett in Kohlenhydrate



Zusammenfassung: Die Pflanzenzelle

(unterstrichen sind Organellen mit DNA)

Hauptbestandteile	Dazu gehören	Kurzbeschreibung	Funktion
Cytoplasma	<u>Zellkern</u>	Doppelmembran (Kernhülle)	Chromosomen, Replikation, Transkription
	<u>Mitochondrien</u>	Doppelmembran	Zellatmung
	<u>Chloroplasten</u>	Doppelmembran	Photosynthese
	Vakuolen	Einfache Membran	Zellsaft
	Ribosomen	RNA und Protein	Proteinbiosynthese
	Peroxisomen	Einfache Membran	Umwandlung von Fett in Kohlenhydrate
	Cytoskelett	Proteinfilamente	Differenzierung der Zelle
	Endoplasmatisches Retikulum	Membran-umgrenzte Kanäle und Zisternen	Proteinsynthese
	Golgi-Apparat	Dictyosomen (Golgi-Körper)	Verarbeitet und verpackt Substanzen

Kernhülle & Kernporenkomplex

Kernhülle: 2 Membranen, Trennung von Transkription und Translation, zusätzliche Regulationsmöglichkeiten. An einigen Stellen geht die Kernhülle in das endoplasmatische Reticulum über

Kernporenkomplex: 50-70 nm Durchmesser, je 8 Proteinkomplexe, geregelter Transport von mRNA, rRNA, tRNA, Protein (NLS “nuclear localization signal”)

Haploide Kern-Genome von Eukaryoten

Genomgrößen (1000 bp = 1 kb; 1000 kb = 1 Mb)

Haploide Kern-Genome von Eukaryoten

Mensch	3.500 Mb
Fruchtfliege (<i>Drosophila melanogaster</i>)	120 Mb
Weizen (<i>Triticum aestivum</i>)	6.000 Mb
Ackerschmalwand (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	125 Mb
Grünalge (<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>)	121 Mb
Hefe (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	12 Mb
Hyphenpilze	30 - 125 Mb

Genome und Organellen

Tier-Mitochondrien	16 kb
Pilz-Mitochondrien	16 - 160 kb
Pflanzen-Mitochondrien	150 - 2.500 kb
Plastiden	100 - 1.200 kb

Genome von Prokaryoten

<i>E. coli</i>	4,6 Mb
----------------	--------

Viren

Bakteriophage Lambda	49 kb
----------------------	-------

Hefe - diploides Genom – $2,7 \times 10^7$ bp entspricht 10 cm – 0,03 pg



Definition: **Microbodies**

Microbodies

Größe: 100 – 1000 nm Durchmesser

Äußere Einfachmembran

Funktion: Oxidativer Abbau von Fettsäuren, Entgiftung

Photorespiration (Bei Pflanzen zusammen mit den Mitochondrien)

Leitenzym: **Katalase** (spaltet Wasserstoffperoxyd in Wasser und Sauerstoff),

Verschiedene Differenzierungen der Microbodies:

Peroxisomen (im Blatt von Pflanzen und in Pilzen)

Glyoxisomen (in pflanzlichen Fettspeichergeweben –
Umwandlung von Fett und Kohlenhydraten)

Woronin Bodies (Hyphenpilze, Verschluss der Septen)



Definition: Mitochondrien

Mitochondrien

(Das Mitochondrion)

typisches eukaryotisches Zellorganell
(kommt bei fast allen Eukaryoten vor)

Doppelmembran → Zwei Kompartimente →
Organellen Inneres (MATRIX) + Raum zwischen Membranen

ca. 5-10 μm lang, ca. 0,5-1,5 μm breit

Mitochondrien-Genom: dsDNA (meist zirkulär)
Vermehrung durch Teilung

Physiologie: **Zellatmung** +
ATP-Bildung (unter Sauerstoffverbrauch)



Definition: Plastiden

Plastide

Typisches Zellorganell bei
Blütenpflanzen, Farnen, Moosen, Algen
Unterschiedliche oft gewebeabhängige **Plastidentypen**

Doppelmembran → Zwei Kompartimente →
Organellen Inneres (STROMA) + Raum zwischen
Membranen
(Chloroplasten → 3. Membran Thylakoidmembran)
ca. 2-10 µm lang, ca. 1-5 µm breit

Plastiden-Genom: dsDNA (meist zirkulär)
Vermehrung durch Teilung

Physiologie: **Stärkespeicherung, Photosynthese**

Chloroplasten entstehen aus Proplastiden durch Lichtinduktion

**Licht induziert Synthese von Chlorophyll,
Phospholipiden und Thylakoid-Proteinen**

- 1. Thylakoid-Membran entsteht durch Abschnüren
von Vesikeln der Innenmembran in den Matrixraum**
- 2. Man unterscheidet gestapelte **Grana**-Thylakoide
und nicht-gestapelte **Stroma**-Thylakoide**



Genprodukte von Plastiden Genomen (cpDNA, ptDNA, pIDNA)

1. →Photosynthese

Polypeptidkomplexe der
Thylakoid-Membran

Photosystem II
Cytochrom b_6/f
Photosystem I
ATP-Synthase

2. →plastidäre Transkription

RNA Polymerase

3. →plastidäre Translation

ribosomale RNAs (rRNA)
transfer RNAs (tRNA)
ribosomale Proteine



Vergleich von **Mitochondrien** & **Plastiden**

Mitochondrien

Äußere Membran
Innere Membran
Entstehung durch Teilung

Matrix

mtDNA
70 S-Ribosomen
Proteinbiosynthese

Zellatmung
Citratzyklus
Fetts.oxid. Enzyme
Aminosäureabbau

Plastiden (Chloroplasten)

Äußere Membran
Innere Membran
Entstehung durch Teilung
Thylakoid Membran
Grana, Stroma

cpDNA (ptDNA)
70 S-Ribosomen
Proteinbiosynthese

Photosynthese
ATP-Bildung
Stärkebildung
Aminosäuresynthese



Photosynthesepigmente

1. Chlorophylle

= Porphyrinkern, 4 Pyrrolringe
zentrales Mg-Atom
lipophiles Phytol-Ende

2. Carotine

= KW, 4 Isopreneinheiten

3. Xanthophylle

= O-haltiges Derivat der Carotine

4. Phycobiliproteide

= Phycobilin (Farbstoffkmp.)
+ offenkettiges Tetrapyrrol

> blaues Phycocyan

> rotes Phycoerythrin

(Cyanobakterien, Rotalgen, Cryptophyceen)



Chromoplasten und Gerontoplasten

	Chromoplasten	Gerontoplasten
Vorkommen	Blüten, Früchte	Herbstlaub
Funktion	Tieranlockung	-
Entstehung aus	versch. Plastidentypen, durch Um- oder Abbau	Chloroplasten, durch Abbau
Vermehrung (Teilung)	+	-
Feinbau-Typ	globulös, tubulös, membranös, kristallös	ausschließlich globulös
Neusynthese von Carotinoiden	+	-
Zellstatus	nicht senescent, anabolisch	senescent, katabolisch



Endosymbiose

- Bei der primären Endosymbiose wird ein Prokaryot (z.B. photosynthetisches Cyanobakterium) von einem nicht photosynthetischen Organismus (z.B. Amöbe) aufgenommen.
- Die primäre Endosymbiose führt u.a. zur Entstehung von **Grün-** und **Rotalgen**, sowie **Glaucophyten**.



Endosymbiose

- Bei der **sekundären Endosymbiose** wird ein Eukaryot (z.B. Grünalge) von einem nicht photosynthetischen Organismus (z.B. Amöbe) aufgenommen.
- Sekundäre Endosymbiosen führten u.a. zur Bildung von **Braun-** und **Kieselalgen**, sowie **Dinophyten**



Ausgangsstufe	Zwischenstufe	Endstufe
Prokaryot + Eukaryot		Eukaryot
Cyanobakterien (Cyanophyta) + Amöben	Cyanellen	Rotalgen (Rhodophyta) Grünalgen (Chlorophyta)
Eukaryot + Eukaryot		Eukaryot
Algen + Amöben	Cryptomonaden (Cryptophyta) (zwei „Kerne“)	Braunalgen (Pheophyceae) Kieselalgen (Bacillariophyceae)



Sekundäre- und tertiäre Endosymbiose

Stichworte: Plastiden, Mitochondrien, Endocyanome, Cyanellen, Nukleomorph

Prozess:

1. zusätzliche Endocytose
2. zwei Mitochondrien, zwei Kerne, eine Plastide
3. Verlust eines Mitochondrions, Restkern (Nukleomorph), vier plastidäre Hüllmembranen (Chryptomonaden)
4. Nukleomorphverlust, 3 plastidäre Hüllmembranen (z.B. Braunalgen, Kieselalgen, Euglena spec.)

“Exoten”

- Oomyceten (Pilze), die ursprünglich Algen waren (Plastidenverlust)
- Malariaerreger (Plasmodien) mit Plastiden (ohne Photosyntheseaktivität)



5.3 Zellsaft

Wichtige Zellsaftinhaltsstoffe

A. Anorganische Substanzen Ionen

B. Organische Substanzen

1. Stoffwechselzwischenprodukte (Metabolite) → Organische Säuren, Aminosäuren
2. Speicherstoffe → Mono-, Di- u. Oligosaccharide
3. Stoffwechselendprodukte → Exkrete
4. Sekundärmetabolite → Schutzstoffe u. wasserlösliche Farbstoffe (Funktion: Anlockung, Schutz)



4. Sekundärmetaboliten

Sehr zahlreich und variabel bei Pflanzen, Pilzen und Bakterien
(Organismen der Botanik)

Definition: Primär- und Sekundärmetaboliten

Primärmetabolite

Essentielle, aus dem Primärstoffwechsel stammende organische Stoffe (Nukleinsäuren, Proteine, Kohlenhydrate, Lipide), die bei allen Organismen vorkommen und lebensnotwendig sind.

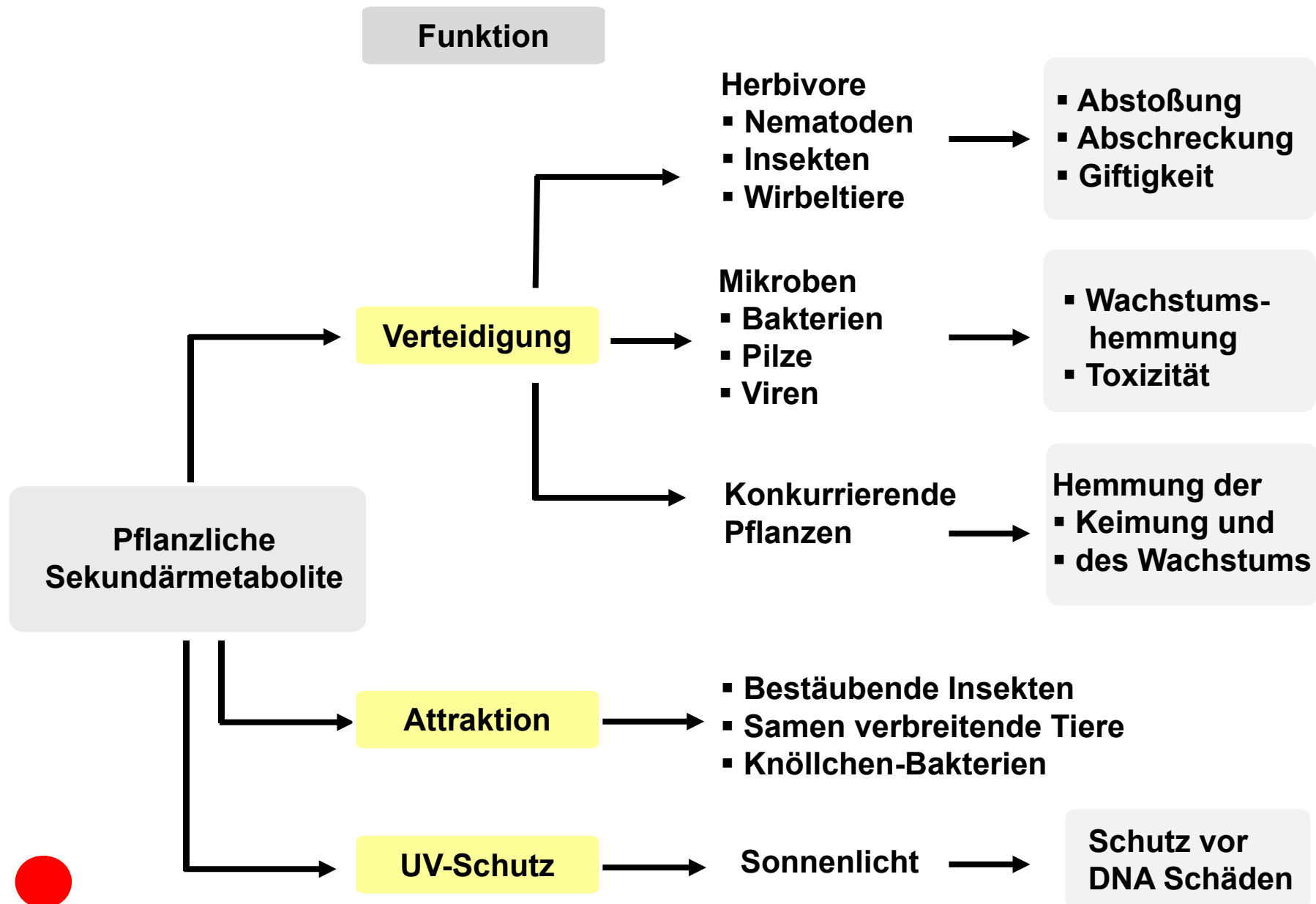
Sekundärmetaboliten

- Keine direkte (essentielle) Funktion bei Wachstum und Entwicklung
 - In bestimmten taxonomischen Gruppen vorhanden
(nicht ubiquitär wie primäre Metaboliten)
- Oft Funktion bei Fraßschutz, Pathogenabwehr oder chemischer Kommunikation (Insekten, Tiere, etc.)

100 - 200 Primärmetabolite, aber > 150.000 Sekundärmetabolite



Funktionen sekundärer Pflanzenstoffe



Hauptgruppen der Sekundärmetabolite

- a. Glycoside – Zucker und organische Verbindung**
- b. Terpene – Isoprene**
- c. Alkaloide – alkal. N-haltige organische Verbindungen**
- d. Polyketide - Acetyl-CoA, Malonyl-CoA**
- e. Peptide - Aminosäuren**



d. Polyketide - Acetyl-CoA, Malonyl-CoA

Enzym: Polyketidsynthasen

Flavonoide Pflanzenfarbstoffe wie Quercetin

Mykotoxine Zearalenon, Alternariol oder Aflatoxine

Makrolidantibiotikum Erythromycin

Polyen-Antimykotikum Amphotericin B



e. Peptide – Aminosäuren

Enzym: Nicht-ribosomale Peptid-Synthetasen

Funktion von NRP

Antibiotikum,

Pigmente (Indigoidin),

Siderophore (Enterobactin, Myxochelin A, Pyoverdine)

Toxine (Microcystin, Nodularin, Cyanotoxin,

HC-toxin, AM-toxin, Victorin

Einige NRP sind Virulenzfaktoren



Anthocyane

- **Anthocyane** → chymochrome (im Zellsaft gelöste) Farbstoffe
- **Struktur:** Sauerstoff-haltiger Heterocyclus (Pyran) mit ankondensiertem Benzol-Ring
- **Vorkommen:** nahezu in allen Höheren Pflanzen, → Blüten und Früchten (nicht in Niederen Pflanzen und Wasserpflanzen)
- **Beispiele:** Glykoside von Cyanidin, Delphinidin, Malvidin, Pelargonidin, Peonidin und Petunidin
- **Funktion:** Schutz vor starkem UV-Licht → Absorption bestimmte Wellenlängen.
(verhindert Schädigung der Proteine und der DNA. Anlockung von Insekten und Tieren. Bindung freier Radikale, die bei oxidativem Stress entstehen.)



Plasmolyse

Definition „Plasmolyse“: Vakuole schrumpft;
Plasmalemma trennt sich von der Zellwand.

Plasmolytikum: hochkonzentrierte Lösung (Salze
od. Zucker)

Biomembranen → für Wasser gut durchlässig,
weniger gut werden gelöste Stoffe transportiert.

Konzentrationsausgleich → aufgrund von
Brownschen Molekularbewegungen

Osmose: Diffusion von Wasser durch
semipermeable Membran

Hypertonische Lösung: hohe Konzentration
gelöster Stoffe

Hypotonische Lösung: wenig gelöste Stoffe



Definition

Zellfusionen, bzw. Verwachsungen: Postgenital oder congenital

Postgenitale Zellfusionen:

Unabhängig entwickelte Zellen verwachsen nachträglich nach der Zellbildung zusammen. Hinweise für Zell-Zell Kommunikation!

→ **Pseudoparenchyme & Plectenchyme** (= Scheingewebe)

Congenitale Zellfusionen:

Alle neugebildeten Zellen bleiben miteinander verbunden. Die Zellen entstehen aus einem ursprünglichen meristematischen Gewebe.

→ **‘Echte’ Gewebe**



Interzellularen können auf drei verschiedenen Wegen entstehen

- schizogen: durch Auftrennung benachbarter Zellwände infolge einer örtlichen Auflösung der Mittellamelle an Ecken und Kanten von Zellen
- lysigen: durch Auflösung ganzer Zellwände zwischen Zellen, die dann zugrunde gehen
- rhexigen: durch Zerreißen von Zellwänden infolge von Wachstumsvorgängen



Funktionelle Differenzierung von Parenchymen (= Grundgewebe)

→ Meistens isodiametrische Zelle

- **Assimilationsparenchyme (= Chlorenchyme)**
→ z.B. chloroplastenreiches Blattgewebe
- **Speicherparenchyme (organ. Reservestoffe)**
→ z.B. in Rüben, Knollen, Zwiebeln
- **Aerenchyme (= Durchlüftungsparenchyme)**
→ z.B. Sumpf - und Wasserpflanzen
- **Schwammparenchyme (Fkt. Chlor - & Aerenchyme)**
→ z.B. in Blättern
- **Hydrenchyme (Wasser in Vakuolen)**
→ z.B. bei sukkulenten Pflanzen



Definition: Spaltöffnungsapparat

Schließzellen + Spalt = Spaltöffnungen = **Stomata**

Öffnung = Zentralspalte = **Porus**

Stomata + Nebenzellen = **Spaltöffnungsapparat**



Die Funktion der Schließzellen

1.) Transpiration: Ermöglicht den für die Photosynthese notwendigen Gasaustausch

(Als Transpiration bezeichnet man die Verdunstung von Wasser über Spaltöffnungen)

Durch den Transpirationsprozess wird der Wasserhaushalt geregelt.

2.) Wie reagieren die Schließzellen auf die Verfügbarkeit von Wasser?

- Trockenheit – Schließzellen schließen
- Wasserüberschuss – Schließzellen öffnen

3.) Faktoren, die das Öffnen des Spaltöffnungsapparat beeinflussen

- Licht
- Temperatur
- CO₂
- Wasser Angebot
- Pflanzen-Hormone



Definition

Haare = Trichome

Ein- oder mehrzellige Anhänge der Epidermis, die aus einer epidermalen Meristemoidzelle entstehen

→ meistens prosenchymatische Zellen



Funktion der Trichome

**Dichte wollige Haare kontrollieren die Transpiration
Haare reduzieren die Hitzeeinwirkung durch Sonnenlicht
Haare bieten einen Schutz gegen äußere Einflüsse**

**Wurzelhaare sind tubuläre Auswüchse, welche durch
Oberflächenvergrößerung die Absorption von Wasser und
Mineralien erhöhen.**



Definition

Emergenzen

Haarähnliche Auswüchse, an deren Bildung neben der Epidermis auch subepidermale Gewebeschichten beteiligt sind.



Definition

Sekundäres Abschlussgewebe

Das sekundäre Abschlussgewebe der Sprossachse wird als Periderm oder Kork bezeichnet. Es entsteht aufgrund der Aktivität des Phellogens, des Korkkambiums.

Inneres Abschlussgewebe – Endodermis

→ primäres inneres Abschlussgewebe

Vorkommen → innerste Schicht der Rinde, lückenlos aneinander schließende, lebende Zellen

Aufgabe → kontrolliert den Wasser- und Nährsalzdurchtritt zwischen Zentralzylinder und Rinde

→ verschiedene Entwicklungszustände der Endodermis



3.3 Absorptionsgewebe

Absorptionsgewebe

Ein primäres Abschlussgewebe mit Wasseraufnahmefunktion

Beispiele:

Rhizodermis - junge Wurzeln

Ligula - Moosfarne, Brachsenkräuter

Absorptionshaare - tropische Epiphyten

Hydropoten - Wasserpflanzen

Velamen radicum - tropische Orchideen



Phloem

Das **Phloem** ist Teil des Leitbündels.

Das **Phloem** besteht aus unterschiedlichen Zelltypen.

Aufgabe → Assimilattransport (gelöste Zucker) von den Blättern zu den restlichen Pflanzenteilen.

Das **Phloem** entsteht aus dem Cambium (→ primärer oder sekundärer Ursprung)



Siebröhren und Siebzellen

- **Enthalten Plasmalemma und proteinhaltigen Zellsaft**
- **Assimilattransport**
- **Kern, Tonoplast, Dictyosomen, Ribosomen fehlen**
- **Bei Angiospermen → Siebröhren durch Geleitzellen physiologisch verbunden**
- **Geleitzellen → versorgen Siebröhren mit den zu transportierenden Substanzen und Proteinen**
- **Lebende Zellen**

Xylem

Das **Xylem** ist Teil des Leitbündels

Das **Xylem** besteht aus unterschiedlichen Zelltypen

Aufgabe → Wasser- und Nährsalzleitung von den Wurzeln zur Sprossachse und den Blättern

Das **Xylem** entsteht aus dem Cambium → primärer oder sekundärer Ursprung



Definition

Leitbündel

**Bildung der Leitbündel → aus dem Restmeristem
zwischen Urrinde und Urmark.**

Aufgabe → Stoffleitung.

**Anordnung von Phloem und Xylem → verschiedene
Leitbündeltypen**



Festigungsgewebe

**Aufgabe →
Widerstand von Druck- und Zugbelastungen**

**Lebende Kollenchyme & meist abgestorbene
Sklerenchyme.**



Kollenchyme besitzen eine ungleichmäßig verdickte Primärwand und kommen meist in jungen Pflanzenteilen vor.



Sklerenchyme besitzen
gleichmäßig verdickte
Sekundärwände und sind
vornehmlich in
ausdifferenzierten
Pflanzenteilen anzutreffen.



3.6 Ausscheidungsgewebe (Exkretionsgewebe)

Sekrete (oft nützlich) = Stoffe werden nach außen abgegeben oder ausgeschieden.

Exkrete (oft schädlich) = Ballast- od. Stoffwechselschlacken, die abgesondert und oft in Zellen gelagert werden.

Funktionen: Pflanzenschutz, Tieranlockung, Exkretion, Stoffweitertransport

Stoffe bleiben im Inneren des Zelllumen
→ Absonderungs-, Exkretionsgewebe

Stoffe werden nach außen abgegeben
→ Drüsenzellen, bzw. Drüsengewebe



Ungegliederte Milchröhren

→ Absonderungszellen

**Lange mehrkernige Zellen mit
verzweigter Struktur**

(im embryonalen Zustand vielkernig (Polyenergie))

(→ Coenoblasten)

Bsp.:

Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae)

Gummibaum (*Ficus*)

Oleander (*Nerium oleander*)



Gegliederte Milchröhren

**Entstehen durch Zellfusionen, ähnlich wie
Siebröhren und Gefäße**

**Verschmelzung von einkernigen Zellen
→ Syncytien = mehrkernige Gebilde**

**Ausbildung von Anastomosen in Querrichtung
→ Netzwerk von gegliederten Milchröhren**

Bsp.:

Kautschukbaum (*Hevea brasiliensis*)

Schlafmohn (*Papaver somniferum*)

Löwenzahn (*Taraxacum officinale*)

Schöllkraut (*Chelidonium majus*)



Sprossachse: Verzweigungstypen

Monopodium: Eine durchgehende Hauptachse ist vorhanden, deren Seitenachsen relativ schwach bleiben.

Ein **Sympodium** hingegen ist aus Seitenachsen verschiedener Generationen zusammengesetzt.

Ursache: Apikalmeristem eines jeden Sympodialglieds stirbt ab oder differenziert sich zu einer Blüte, einem Dorn oder einer Ranke.

Pleiochasium: An einem Sympodialglied treiben mehrere Knospen aus.

Monochasium: nur eine einzige Seitenachse übernimmt das weitere Wachstum.

Dichasium: Zwei etwa gleich starke Seitenachsen übernehmen Wachstum.

Sprossachse: Basitoner & akrotoner Wuchs

Strauchartiger Wuchs entsteht grundsätzlich bei **basitoner** Förderung der Seitenknospen, durch Schösslinge an der Basis letztjähriger Triebe.

Bei **acrotoner** Förderung ergibt sich ein aufrechter Wuchs. Dies ist der Fall bei der Hasel (*Corylus avellana*), der Linde (*Tilia* sp.) oder der Ulme (*Ulmus* sp.)



Sekundäres Dickenwachstum

→ typischerweise bei dikotylen Pflanzen

Das *fasciculäre Cambium* (prim.) der Leitbündel differenziert zusammen mit dem *interfasciculären Cambium* (sek.) → geschlossener Cambiumring.

Beispiele: In dikotylen Pflanzen bei mehrjährigen Pflanzen (z.B. einige krautige Pflanzen, Lianen, Sträucher, Laubbäume).



Sprossachse: Gymnospermen Holz

Gymnospermen Holz

Merkmale:

1. **Tracheiden**
hauptsächlich in
radialer Richtung
ausgedehnt
2. **Tracheiden**
Festigungs- +
Leitungsfunktion
3. nur radiale Wände
besitzen **Tüpfel**
4. **Jahresringe**
weite Lumina im
Frühjahr



Sprossachse: **Dikotyledonen-Holz**

Elemente & Funktionen:

1. Tracheiden

- Festigungsfunktion + Hydrosystem

2. Tracheen (= Gefäße)

- Leitungselement (Hydrosystem)
kürzer + weitleumiger als Tracheiden,

3. Holzfasern, wie Tracheiden, aber ohne Hoftüpfel

4. Holzparenchym (lebend)

- Stärkespeicherung, Öle, Transport
org. Stoffe

5. Ersatzfasern (lebend)

Unterscheidung von:

Ringporige Hölzer (= cyclospores H.)
&
Zerstreutporige Hölzer



Thyllen

Nach dem Kollabieren der
Tracheen wachsen
Holzparenchymzellen in
die abgestorbenen Zellen
und füllen sie vollständig
aus. Es werden dadurch
blasenförmige Thyllen
gebildet



Sprossachse: Bast - Elemente

1) Siebzellen + Siebröhren

(ein Jahr funktionsfähig)

Funktion: Fernleitung von
Assimilaten und organischen
Reservesubstanzen

2) Rinden-, Bastparenchym

(extrem lange Zellen)

Funktion: Verbindung mit
Holzspeichergewebe

3) Sklerenchymplatten, Korkschichten

Funktion: Stütz- und Schutzfunktion

Weichbast →

Siebröhren, Geleitzellen,
Parenchyme

Hartbast →

Bastfasern,
Sklerenchymfasern



Blatt

Das Blatt ist eines der Grundorgane des Kormus und Seitenorgan der Sprossachse

Das Laubblatt ist die am weitesten entwickelte Blattform. Seine Funktionen sind Photosynthese und Transpiration



Blatt: Blattstellung

4.4 Blattstellung

→ wirtelig (mehrere Blätter/Knoten)

- decussiert (= kreuzgegenständig) Bsp. Johanniskraut
- dreizählig wirtelig Bsp. Wacholder
- vielzählig wirtelig Bsp. Tannenwedel

→ wechselständig (ein Blatt/Knoten)

- distich Bsp. Glockenblume
- dispers (= schraubig) Bsp. Wegerich



Blatt: **Anisophyllie & Heterophyllie**

Anisophyllie,

Blätter desselben Knotens oder benachbarte Blätter sind verschieden groß.

Heterophyllie

Unterschiedlich gestaltete Laubblätter werden an einer Pflanze gebildet.

Die Ursachen können **physiologisch** oder **genetisch** bedingt sein.



Blatt: Blattmetamorphosen

Blattmetamorphosen

→ Reduktion des hochentwickelten Laubblattes.

Die ursprüngliche Funktion des Laubblattes, Photosynthese und Transpiration, wird durch andere Funktionen ersetzt.

Blattfiederranken,

Bsp.: Erbse

Zwiebeln,

Bsp.: Hyazinthen

Phyllodien,

Bsp.: Acacia

Blattdornen,

Bsp.: Berberitze

Nebenblattdornen,

Bsp.: Robinie



Wurzel: Symbiosen - Mykorrhiza

Ektomykorrhiza	Endomykorrhiza
Hyphen dringen in die Interzellularen ein, nicht in die Wurzelzellen	Hyphen dringen in die Wurzelzellen ein
hohe Wirtsspezifität	geringe Wirtsspezifität
Saprotrophe Lebensweise des Pilzes möglich	Pilze sind obligatorisch biotroph
Keine Appressorienbildung	Appressorienbildung bei dem ersten Kontakt zwischen Hyphen und Wurzeln
Hartigches Netz → Stoffaustausch	Bild. Von Arbuskeln → Stoffaustausch



Wurzelmetamorphosen

1. Haftwurzeln, Bsp.: Efeu
2. Stelz- und Atemwurzeln, Bsp.: Mangroven
3. Rüben, Bsp.: Möhre
4. Wurzelknollen, Bsp.: Dahlie
5. Wurzeldornen, Bsp.: Palmen
6. Luftwurzeln, Bsp.: Epiphyten
7. Wurzelsukkulenz, Bsp.: Oxalis



E. Pflanzliche Entwicklungsbiologie - Genetische Grundlagen

1. Methodische Grundlagen

1.1 Grundlagen der molekularen Genetik

1.2 Herstellung transgener (botanischer) Organismen

2. Embryonalentwicklung

2.1 Polarisierung der Fucus-Zygote

2.2 Unterschiedliche Zellgrößen bei Volvox

2.3 Musterbildung im Embryo von Blütenpflanzen

3. Meristeme

3.1 Sprossmeristeme

3.2 Wurzelmeristeme

4. Blütenbildung

4.1 Arabidopsis-Blüte

4.2 Homöotische Gene

4.3 Das ABC Modell

4.4 Die Antirrhinum-Blüte



Beispiele für sequenzierte Genome:

Größe und Kodierungskapazität

Genomgrößen (1000 bp = 1 kb; 1000 kb = 1 Mb)

Haploide Kern-Genome von Eukaryoten

Mensch	3.500 Mb
Fruchtfliege (<i>Drosophila melanogaster</i>)	120 Mb
Weizen (<i>Triticum aestivum</i>)	6.000 Mb
Ackerschmalwand (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	125 Mb
Grünalge (<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>)	121 Mb
Hefe (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	12 Mb
Hyphenpilze	30 - 125 Mb

Organellen-Genome

Mitochondrien	16 - 2.400 kb
Plastiden	100 - 200 kb

Genome von Prokaryoten

<i>E. coli</i>	4,6 Mb
----------------	--------

Viren

Bakteriophage Lambda	49 kb
----------------------	-------



Stichworte:

DNA-Ebene:

Gen, intergenische Region, Promoter,
Transkriptions- und
Translationsstartpunkt,
Exon und Intron, Enhancer, Silencer,
Matrizenstrang, Kodierender Strang.

RNA-Ebene:

Transkription
Prä-mRNA Prozessierung, z.Bsp.
Spleißen,

Protein-Ebene:

Translation
Proteinfaltung und –prozessierung,
Posttranslationale Modifikation



Neukombination des Erbmaterials (DNA) eines Organismus

→ **in vivo** = im Organismus

in vivo Rekombination

(Konventionelle od. klassische Genetik)

Rekombination im Verlauf der Meiose (sexuelle Vermehrung) bei allen Eukaryoten od. bei Bakterien im Verlauf der „sexuellen“ Vermehrung

→ **in vitro** = im Reagenzglas

in vitro Rekombination:

DNA Rekombination im Reagenzglas (unter Verwendung von DNA Modifikationsenzymen), gefolgt von der DNA-vermittelten Transformation



Wichtige Enzyme bei der Umsetzung der *In vitro* Rekombination

Modifikationsenzyme → Enzyme die DNA oder RNA *in vitro* verändern können

Restriktionsendonukleasen → DNA Nuklease, die DNA sequenzspezifisch spaltet

Ligase → verknüpft zwei DNA-Enden durch kovalente Bindungen

PCR Technologie → Vervielfachung von DNA Fragmenten

Rekombinasen → Enzyme, die aufgrund von kurzen homologen DNA Sequenzabschnitten eine (in vitro) Rekombination von DNA Molekülen ermöglichen



1.2 Herstellung transgener (botanischer) Organismen

Verschiedene Methoden

- **Klonierung** → identische Vermehrung eines kompletten Organismus bzw. einer DNA (eines Gens)
- **Vektor** → Plasmid (zirkuläre doppelsträngige DNA) die zum gerichteten Transfer von DNA genutzt wird
- **Selektionsmarke** = selektionierbarer Marker –
 - Gen für Antibiotika-Resistenz z.B. gegen Tetracyclin od. Ampicillin
 - Gen für Aufhebung eines Wachsmangels, z.B. Aminosäure (z.B. Leucin) – Auxotrophie
- **Replikationsursprung** → Abschnitt auf einem DNA/RNA Molekül, von dem aus die Replikation –Verdopplung des Moleküls stimuliert wird.
- **Schaukelvektor** = ‚Shuttle Vector‘ → Plasmid mit mind. zwei Replikationsursprüngen. → Vermehrung in mind. zwei verschiedenen Organismen möglich, z.B. in *E. coli* und Hefe *Sacharomyces cerevisiae*

Stichpunkte

- **Embryonalentwicklung: Die befruchtete pflanzliche Eizelle teilt sich inäqual → Apikal- und Basalzelle**
- **Das postembryonale Wachstum erfolgt in lokal begrenzten Bereichen → Meristeme**
- **Adulte Zellen können determinierten Zustand verlassen und embryonal werden → Totipotenz der pflanzlichen Zelle**



Entstehung der Zellpolarität

Bsp.: Braunalge *Fucus spec.*

1. Lichtrezeptor (Retinal-haltiges Rezeptorprotein)
2. Ungleichverteilung von Ca^{2+} -Importkanälen und Exportsysteme für Auxin
3. Umordnung von Actinfilamenten/Anreicherung von Transportkanälen
4. Vesiceltransport, Voraussetzung für Wachstum von Zellwand und Zellmembran
5. Rhizoidspitze: Ca^{2+} - Kanäle, Auxin-Translokatoren, Membran-assoziierte GTP-bindende Proteine
6. Entstehung von großer Thalluszelle und kleiner Rhizoidzelle



“Forward and reverse genetic approaches”

Genetische Ansätze zur Isolation von Genen und zur Analyse von Proteinfunktionen

Forward →

Mutante → Genisolation → Struktur- und Funktionsanalyse von Proteinen

← Reverse

Herstellung z.B.

1. durch UV-Mutagenese
2. Transposon-Mutagenese
3. gezielten knock-out (Deletion des Gens) durch homologe Rekombination

z.B.

1. Komplementations-Transformation
2. Genomsequenzierung

z.B.

1. Proteindarstellung durch heterologe Genexpression
2. Veränderte Proteine durch *in vitro* Mutagenese des Gens
3. Röntgenstrukturanalyse des Proteins



Modellorganismus: ***Arabidopsis thaliana* = Ackerschmalwand**
(**Brassicaceae = Kohlgewächse**)

Pflanzlicher Modellorganismus

Experimentelle Vorteile und Werkzeuge:

1. Lebenszyklus von 6 Wochen
2. geringer Platzbedarf (10.000 Pflanzen/Quadratmeter)
3. genetisch leicht kreuzbar
4. vollständig sequenzierte Genome (nk: 125 Mb; mt: 154,5 kb; cp: 366,7 kb)
5. DNA Transformation gut etabliert
6. Mutanten-Kollektionen (z.B. Insertionsmutanten) vorhanden
7. Zellbiologische Anwendungen einfach möglich
8. Biochemische Analysen (bedingt) etabliert



Radialdifferenzierung und Musterbildung

- Durch **Gene** und Ihre **Produkte** gesteuert
- Die Analyse von **Entwicklungsmutanten** (u.a. von *A. thaliana*) hat zur Identifizierung und funktionellen Analyse von Genen geführt, die ursächlich an der (Embryo-) Entwicklung beteiligt sind
- Die **kooperative Wirkung von Transkriptionsfaktoren** ist für Zellspezialisierung und Musterbildung verantwortlich

Einzelne somatische Zellen können in Kultur reembryonalisiert werden und vollständige Pflanze ausbilden → **Totipotenz der Pflanzenzelle**
(Unterschied zur tierischen Zelle !!)



Stichworte: Klonanalysen, Meriklinalchimären, Periklinalchimären

Chimären → Individuen , die aus genetisch unterschiedlichen Zellen oder Geweben bestehen. Vermehrung kann nur vegetativ erfolgen

Klonanalysen → Zellen werden markiert (z.B. durch Transposon) und besitzen z.B. Pigmentdefekt. Daraus entstehende Pflanzen besitzen zusammenhängenden Bereich markierter Zellen → **Meriklinalchimären**

Periklinalchimären → Defekte Kernteilung, aber Chromosomenteilung ist intakt → gewonnene Erkenntnisse: Entwicklungsschicksal von (markierten) Zellen



Meristembereich

Zell-/Zell-Kommunikation durch Austausch von Transkriptionsfaktoren
→ **Nicht-zellautonome Wirkung von TF**

Sprossapikalmeristems (SAM)

→ **WUS** = Wuschel = Homeobox-Transkriptionsfaktor

→ Wird im Kontrollzentrum des SAM gebildet u. fördert die Teilung in den angrenzenden Stammzellen

Wurzelapikalmeristem

→ **Zwei kooperierende Transkriptionsfaktoren**

Transkriptionsfaktor **SHR** (“short root”)

Transkriptionsfaktor **SCR** (“scarecrow”)

SHR in Zellen des Perikambium ist verantwortlich für Bildung von **SCR** in den angrenzenden Zellen des Ruhezentrum und der Endodermis



Regulatorische Wechselwirkungen zwischen Stammzellen (Stz) und Kontrollzentrum (Kz) im Bereich des SAMs

WUS = Wuschel = Homeobox-Transkriptionsfaktor
CLV1/2 = Rezeptorkinase-Komplex
CLV3 = Clavata3 = Peptidhormon

Homeobox-Transkriptionsfaktoren werden von Homöotischen Genen kodiert und sind verantwortlich für die spezifische Identität von Organen/Zellen

Peptidhormone sind lipidunlösliche kurze Hormone aus wenigen Aminosäuren, die Botenfunktionen besitzen und Entwicklungsprozesse beeinflussen.

Ein **Rezeptor** ist ein Proteinkomplex, der aus der Oberfläche einer Biomembran herausragt und äußere Signale in die Zelle zur Auslösung biochemischer Signalprozesse weiterleitet. Voraussetzung hierfür ist die spezifische Wechselwirkung des Rezeptors mit einem (äußeren) Liganden, z.B. einem Peptidhormon

Rezeptorkinasen = besitzen neben anderen Serin-/Threonin-Kinase-Aktivitäten zur Phosphorylierung ausgewählter Rezeptoren.

Folge: Konformationsänderung des Rezeptors → Abschwächung des Rezeptorsignals



Zusammenfassung

Wurzelapikalmeristem (RAM) enthält 4-7 Stammzellen im Ruhezentrum.

Aus **Stammzellen** → Vorläuferzellen → Zellschichten der Wurzel

Morphogenetisches Feld der Wurzel durch regulatorische Transkriptionsfaktoren bestimmt



Zusammenfassung Meristeme

Meristeme = Wachstumspunkte der Pflanze

Apikalmeristeme bilden sämtliche Pflanzenorgane

**Schicksal von Spross- u. Wurzelmeristemzellen →
positionsabhängig (nicht Herkunft) und bedingt
durch Netzwerk von Transkriptionsfaktoren, miRNAs
und Hormonen**

**Zelluläres Entwicklungsschicksal →
interzelluläre Wechselwirkungen**



Definition: Homöotische Mutationen & Homöotische Gene

Homöotische Mutationen =
Mutationen, die die Bildung
falscher Organe am falschen
Platz zur Folge haben

(gefüllte Blüten seit langem
im Gartenbau bekannt, z.B.
Gartenrose).

Homöotische Gene =
verantwortlich für die
spezifische Identität von
Organen



Das ABC Modell

Die genetische Analyse von Mutanten mit defekten Blüten führt zur Identifikation von drei überlappenden Regionen (ABC) des Blütenmeristems

Evidenz durch zwei wesentliche Experimentaldaten:

- 1. Blütenmorphologie von Mutanten**
- 2. In-situ Hybridisierungen**



Das ABC Modell

Die genetische Analyse von Mutanten mit defekten Blüten führt zur Identifikation von drei überlappenden Regionen (ABC) des Blütenmeristems

Das ABC Modell beschreibt die kombinatorische Interaktion von homöotischen Genen, die an der Blütenbildung beteiligt sind

Homöotische Gene kodieren für Transkriptionsfaktoren, von denen die meisten den sogenannten MADS-Box Faktoren zuzurechnen sind.

Die MADS-Box Transkriptionsfaktoren binden als Homo- oder Heterodimer Promotoren von Zielgenen. Sie sind Teil eines hochmolekularen Komplexes.

Die Expression der MADS-Box Transkriptionsfaktoren erfolgt auf der Ebene der Transkription und der posttranskriptionellen Ebene.



Anlagenplan der Wurzelregionen im Herzstadium des *Arabidopsis*-Embryos

Wurzelmeristem geht auf Initialzellen zurück,
senkrechte Zellreihen gehen aus spezifische Initialzellen
des Meristems hervor.
Jede Initialzelle zeigt gleichförmiges Zellteilungsmuster



F. Systematik (Cyanobakterien, Algen, Pilze, Flechten)

1. Fortpflanzung

1.1 Vegetative Fortpflanzung

1.2 Sexuelle Fortpflanzung

1.2.1 Entwicklungszyklen

1.2.2 Befruchtungsmodi

1.2.3 Fortpflanzungssysteme

1.3 Parasexuelle Fortpflanzung

2. Systematische Übersicht

2.1 Cyanobakterien

2.2 Algen

2.3 Pilze

2.4 Flechten



1.2 Sexuelle Fortpflanzung

- Abfolge von **Karyogamie** und **Meiose**
- **Mitosen** nach Karyogamie und/oder nach Meiose:
diploider und/oder haploider Vegetationskörper
- → **Generationenabfolge** → **Entwicklungszyklen**



1.2 Sexuelle Fortpflanzung

Schlüssel zum Verständnis der Organismenvielfalt: Phylogenie
(Stammesgeschichte)

Schlüssel zum Verständnis einzelner Organismen: Ontogenie
(Entwicklungsgang)

Ontogenie = Entwicklungsgang eines Lebewesens

Generation = Teilabschnitt der Ontogenie

- Generationswechsel:
 - Aufeinanderfolge verschiedener Generationen, die sich innerhalb eines Entwicklungszyklus auf verschiedene Weise fortpflanzen
 - meist verbunden mit Kernphasenwechsel (z.B. haploid → diploid); Generationswechsel von einer haploiden Generation mit einer diploiden Generation)



1.2 Sexuelle Fortpflanzung

Ontogenie eines Organismus charakterisiert durch:

- **Entwicklungszyklus** (Generationenabfolge)
- **Fortpflanzungssystem**
- **Befruchtungsmodus** (Verschmelzung von Gameten, Gametangien etc.)



1.2.1 Entwicklungszyklus

Definitionen

Haplont = Vegetationskörper ist haploid, diploid ist nur die Zygote

Diplont = Vegetationskörper ist diploid, zwischen Karyogamie und Meiose erfolgen mitotische Teilungen

Haplo-Diplont = zwischen Karyogamie und Meiose, bzw. zwischen Meiose und Karyogamie erfolgen viele mitotische Teilungen. Karyogamie und Meiose sind nicht zwei aufeinander folgende zelluläre Prozesse

a. Haplont

b. Diplont

c. Haplo-Diplont (isomorph, heteromorph)

d. Haplo-Dikaryont

e. Dikaryont



Sexuelle Fortpflanzung

Fortpflanzungssysteme:

- **Monözie:**

Individuum kann als Kern-Donor (männlich) und als Kern-Akzeptor (weiblich) fungieren

- **Diözie:**

Individuum besitzt nur eine Potenz, ist entweder Kern-Donor oder Kern-Akzeptor

- **morphologische Diözie:** Kern-Donor und Kern-Akzeptor morphologisch verschieden

- **physiologische Diözie:** Kern-Donor und Kern-Akzeptor morphologisch gleich



Begriffe: Gametophyt und Sporophyt

Gameten (Plano-, Aplano-) =

→ haploide Fortpflanzungszellen

Gametangien (Plano-, Aplano-) =

→ Fortpflanzungszellenbehälter

Gametophyt = gametenbildende Generation

Meiosporen (Plano-, Aplano-) =

→ haploide Produkte der Meiose

(Mitosporen)

Sporangium = Fortpflanzungszellenbehälter

Sporophyt = sporenbildende Generation

Sporophyll = mit Sporangien bes. Blatt

→ Progression: Fortschreitende Reduktion

haploider Gametophyt → diploider Sporophyt



1.2.2. Befruchtungsmodus

(Verschmelzung von Gameten, Gametangien etc.)

Gametogamie, Iso-, Aniso-, Oogamie-

= Fusion einzelliger Gameten

Gametangiogamie, Iso-, Aniso-, Oogamie-

= Fusion von (verschieden gestalteten)
Gametangien

Gameto-Gametangiogamie

= Fusion von Gameten & Gametangien

Somatogamie

= Fusion von vegetativen Zellen



Der Stammbaum der Eukaryoten

Ziel von Systematik/Phylogenie-Analysen:

Gruppierung/Einordnung der Organismenvielfalt nach
Verwandschaftsverhältnissen

Methoden der Phylogenie (Stammesgeschichte) und Systematik:

Vergleich der Morphologie rezenter Arten

Vergleich mit Morphologie von Fossilien

Ultrastrukturanalysen

Physiologie/Biochemie (Enzyme, Metaboliten)

Sequenzierung (DNA, Protein) und Bioinformatik:

- Sequenzierung einzelner Gene
- Phylogenieanalysen mit Sequenzdaten
- Sequenzierung von Genomen
- Phylogenieanalysen mit Genomdaten
- Metagenomics zur Identifizierung neuer Arten
- Phylogenieanalysen mit Metagenomics-Daten



Biologie von Cyanobakterien und Algen

In der Vorlesung wird auf folgende bedeutende Punkte hingewiesen:

- Entwicklung von Einzellern zu komplexen Flecht- und Gewebethalli
- Ökologisches Gleichgewicht von Gewässern
- Gefahren durch Algentoxine für Menschen und Tiere
- Entwicklung der sexuellen und vegetativen Vermehrung bei Eukaryoten
- Nahrungsquellen der menschlichen und tierischen Ernährung
- Evolution der eukaryotischen Zelle



Was haben Cyanobakterien und Algen gemeinsam ?

- Photoautotrophie: lebensnotwendige Energie wird durch Umwandlung von Licht- in chemische Energie gewonnen → Photosynthese (Thyllakoidmembran!) (Einige Algen haben diese Eigenschaft sekundär verloren)
- Organisationsform: Protophyten und Thallophyten
- größtenteils auf das Leben im Wasser angewiesen



Charakteristika einiger Algenabteilungen

	bekannte Artenzahl (ca.)	Photosynthese- pigmente	Zellwand- Bestandteile	Vorkommen
Grünalgen (Chlorophyta)	7.000	Chl a, Chl b, Carotine	Cellulose	meist Süßwasser, einige marin
Rotalgen (Rhodophyta)	4.000	Chl a, Phycobiline, Carotine	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	meist marin, einige im Süßwasser, viele tropische Arten
Diatomeen (Bacillariophyta, Kieselalgen)	10.000	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	Kieselgel in organischer Matrix	Süßwasser oder marin
Dinoflagellaten (Dinophyta)	1.100	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	submembraner Cellulosepanzer	Süßwasser oder marin
Euglenophyta (<i>Euglena</i> und Verwandte)	800	Chl a, Chl b, Carotine, Xantophylle	keine Zellwand, submembrane Proteine (Pellicula)	meist Süßwasser
Braunalgen (Phaeophyta)	1.500	Chl a, Chl c, Carotine, Xanthophylle	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	fast alle marin, besonders in kalten Meeren



Sexuelle Fortpflanzung ausgewählter Algen

	Entwicklungs- zyklus	Befruchtungs- modus	Fortpflanzungs- system
Xanthophyceae <i>Vaucheria sessilis</i>	Haplont	Oogametogamie	Monözie
Phaeophyceae <i>Fucus serratus</i>	Diplont	Oogametogamie	Monözie
Chlorophyta <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Haplont	Isogametogamie	physiol. Diözie
Chlorophyta Cladophora glomerata	Haplo-Diplont	Isogametogamie	physiol. Diözie



Biologie ausgewählter Algengruppen

	bekannte Artenzahl (ca.)	Photosynthese- pigmente	Zellwand- Bestandteile	Vorkommen
Grünalgen (Chlorophyta)	7.000	Chl a, Chl b, Carotine	Cellulose	meist Süßwasser, einige marin
Rotalgen (Rhodophyta)	4.000	Chl a, Phycobiline, Carotine	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	meist marin, einige im Süßwasser, viele tropische Arten
Diatomeen (Bacillariophyta, Kieselalgen)	10.000	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	Kieselgel in organischer Matrix	Süßwasser oder marin
Dinoflagellaten (Dinophyta)	1.100	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	submembraner Cellulosepanzer	Süßwasser oder marin
Braunalgen (Phaeophyta)	1.500	Chl a, Chl c, Carotine, Xanthophylle	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	fast alle marin, besonders in kalten Meeren



Biologie ausgewählter Algengruppen

	bekannte Artenzahl (ca.)	Photosynthese- pigmente	Zellwand- Bestandteile	Vorkommen
Grünalgen (Chlorophyta)	7.000	Chl a, Chl b, Carotine	Cellulose	meist Süßwasser, einige marin
Rotalgen (Rhodophyta)	4.000	Chl a, Phycobiline, Carotine	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	meist marin, einige im Süßwasser, viele tropische Arten
Diatomeen (Bacillariophyta, Kieselalgen)	10.000	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	Kieselgel in organischer Matrix	Süßwasser oder marin
Dinoflagellaten (Dinophyta)	1.100	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	submembraner Cellulosepanzer	Süßwasser oder marin
Braunalgen (Phaeophyta)	1.500	Chl a, Chl c, Carotine, Xanthophylle	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	fast alle marin, besonders in kalten Meeren



Biologie ausgewählter Algengruppen

	bekannte Artenzahl (ca.)	Photosynthese- pigmente	Zellwand- Bestandteile	Vorkommen
Grünalgen (Chlorophyta)	7.000	Chl a, Chl b, Carotine	Cellulose	meist Süßwasser, einige marin
Rotalgen (Rhodophyta)	4.000	Chl a, Phycobiline, Carotine	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	meist marin, einige im Süßwasser, viele tropische Arten
Diatomeen (Bacillariophyta, Kieselalgen)	10.000	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	Kieselgel in organischer Matrix	Süßwasser oder marin
Dinoflagellaten (Dinophyta)	1.100	Chl a, Chl c, Carotine, Xantophylle	submembraner Cellulosepanzer	Süßwasser oder marin
Braunalgen (Phaeophyta)	1.500	Chl a, Chl c, Carotine, Xanthophylle	Cellulosematrix mit weiteren Polysacchariden	fast alle marin, besonders in kalten Meeren



Pilze (Begriffsdefinitionen)

Eukaryoten: mit Zellkern, ohne Plastiden
oft vielkernige Zellen, = polyenergид

Saprophyten: heterotroph lebende Organismen, die durch Ab- oder Umbau organischer Verbindungen die lebensnotwendige Energie gewinnen

Vegetationskörper

Plasmodium: Zellwandloser, amöboider Thallus (Myxomyceten)

Hyphen: fädige verzweigte Vegetationsorgane
unseptiert (Phycomycetes)
septiert (Ascomycetes, Basidiomycetes)

Mycel: Gesamtheit der Hyphen
Heterokaryon: Mycel mit genetisch verschiedenen Kernen
Homokaryon: Mycel mit genetisch gleichen Kernen
Plektenchym: unechte Gewebe (Filz-, Flechtgewebe)



Bedeutung von Pilzen

in der Grundlagenforschung

Modellorganismen für höhere Eukaryoten

Verständnis von Zell-Zell-Interaktionen

Verständnis von Pathogenitätsprozessen

Verständnis von symbiotischen Lebensgemeinschaften

in der Anwendung:

Medizin

Agrarwissenschaften

Lebensmittelwissenschaften

Biotechnologie

Pharmazeutische Industrie



Sporen der asexuellen und sexuellen Vermehrung

Planosporen Zoosporen

Aplanosporen endogen in Sporangien, exogene Konidiosporen

Sporangien der Sexuellen Vermehrung

Oogonium: mit Oosporen (Phycomyceten)

Ascus: mit Ascosporen (Ascomyceten)

Basidie: mit Basidiosporen (Basidiomyceten)



Fruchtkörper

Fruchtkörper sind “Organe” der Pilze, in denen die Sporangien der sexuellen Fortpflanzung gebildet werden.

→ Funktion: Schutz und Verbreitung der sexuellen Sporen.



Bedeutung von Pilzen

Lebensmittel

Zuchtchampignon	→	<i>Agaricus bisporus</i>
Tempeh(→ Sojabohnen)	→	<i>Rizopus microsporus</i>
Bier- od. Bäckerhefe	→	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Mycotoxine

Aflatoxine	→	<i>Aspergillus flavus</i>
Patulin	→	<i>Penicillium expansum</i>

Biotechnologie

Zitronensäure	→	<i>Aspergillus niger</i>
Cephalosporin C	→	<i>Acremonium chrysogenum</i>
Steroidtransformation	→	<i>Rhizopus nigricans</i>
Albumin (Mensch)	→	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Tier-/Pflanzenparasiten

Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel

	→	<i>Phytophthora infestans</i>
Mehltaupilze	→	<i>Spaerotheca pannosa</i>
Mykosen	→	<i>Candida spec.</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i>

Symbionten

Flechten, Mycorrhiza	→	verschiedene Ascomyceten, Basidiomyceten
----------------------	---	---



Sexuelle Fortpflanzung ausgewählter Pilze

	Entwicklungs- zyklus ↓	Befruchtungs- modus ↓	Fortpflanzungs- system ↓
Oomycetes <i>Phytophthora infestans</i>	Diplont	Oogametangiogamie	Monözie + Inkompatibilität
Ascomycetes <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Diplont	Somatogamie	physiologische Diözie
Ascomycetes <i>Neurospora crassa</i>	Haplo-Dikaryont	Gameto-Gametangio- gamie	Monözie + Inkompatibilität
Basidiomycetes <i>Coprinus cinereus</i>	Dikaryont	Somatogamie	Monözie + Inkompatibilität



Bedeutung von Pilzen

Lebensmittel

Zuchtchampignon	→	<i>Agaricus bisporus</i>
Tempeh(→ Sojabohnen)	→	<i>Rizopus microsporus</i>
Bier- od. Bäckerhefe	→	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Mycotoxine

Aflatoxine	→	<i>Aspergillus flavus</i>
Patulin	→	<i>Penicillium expansum</i>

Biotechnologie

Zitronensäure	→	<i>Aspergillus niger</i>
Cephalosporin C	→	<i>Acremonium chrysogenum</i>
Steroidtransformation	→	<i>Rhizopus nigricans</i>
Albumin (Mensch)	→	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>



Tier-/Pflanzenparasiten

Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel	→	<i>Phytophthora infestans</i>
Mehltaupilze	→	<i>Spaerotheca pannosa</i>
Mykosen	→	<i>Candida spec.</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i>

Symbionten

Flechten, Mycorrhiza	→	verschiedene Ascomyceten, Basidiomyceten
----------------------	---	---

