

Station 1

Der Zellkern (=Nucleus)

Der Zellkern ist mit einem durchschnittlichen Durchmesser von etwa 5 µm das auffälligste Organell in einer Eukaryontenzelle. Der Zellkern ist von einer Kernhülle umschlossen, die seinen Inhalt, das Karyoplasma, vom Cytoplasma trennt.

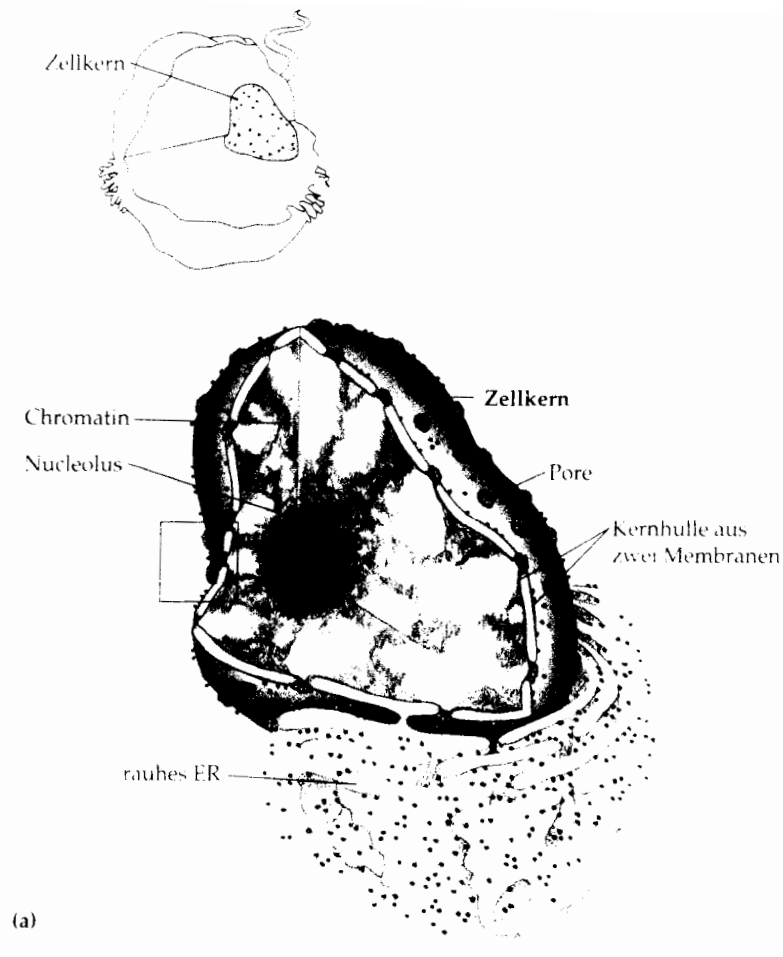
Diese Kernhülle ist eine Doppelmembran, deren Einzelmembranen etwa 20 – 40 nm voneinander entfernt sind. Außerdem weist diese Doppelmembran große, wohlregulierte Poren auf (=Kernporen), durch die Stoffe aus dem Kern kontrolliert hinaus bzw. hineintransportiert werden können. Die Innenseite der Kernhülle ist von der Kernlamina bedeckt, einem Netzwerk von Proteinfasern (=Eiweißfasern), welche dem Kern seine stabile Form verleiht.

Der Zellkern erfüllt zwei wesentliche Aufgaben. Zum einen steuert er das gesamte Zellgeschehen und zum anderen wird im Zellkern das gesamte Erbgut der Zelle verwahrt. Die Regulation des Stoffwechselfgeschehens erfolgt durch die Herstellung bestimmter, spezifischer Proteine, die als Biokatalysatoren (=Enzyme) wirken und so bestimmte biochemische Reaktionen ablaufen lassen können. Im Zellkern befindet sich die Information zur Herstellung dieser Enzyme.

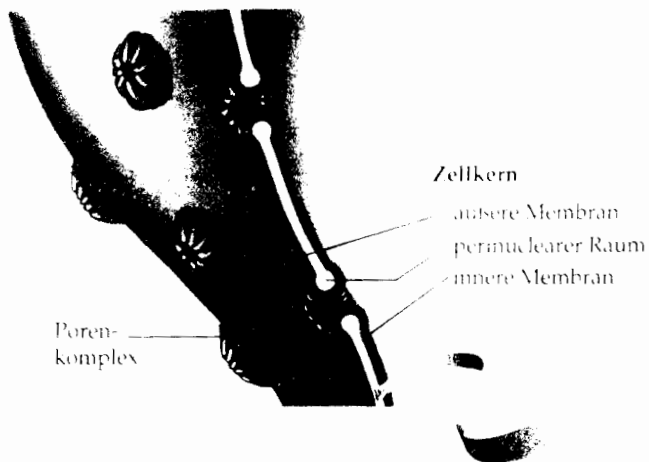
Stoffliche Grundlage des Erbguts ist eine Substanz, die als Desoxyribonukleinsäure (Abkürzung: DNA) bezeichnet wird. Selbst im Elektronenmikroskop lässt sich normalerweise die DNA nur als formlose Masse (=Chromatin) ohne besondere Struktur erkennen. Es gibt jedoch einige Abschnitte während der Zellteilung, in denen die DNA in eine Transportform verpackt wird. In dieser verpackten Form lassen sich sogar bereits im Lichtmikroskop sogenannte Chromosomen (Gebilde aus DNA und Proteinen) erkennen. Jede Eukaryontenart hat eine für sie charakteristische Chromosomenanzahl in jeder Zelle (Mensch: 46).

Die auffälligste Struktur im Zellkern ist das Kernkörperchen (=Nucleolus). Hier werden die Ribosomen gebildet.

Aufgabe: Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben des Zellkerns.



(a)

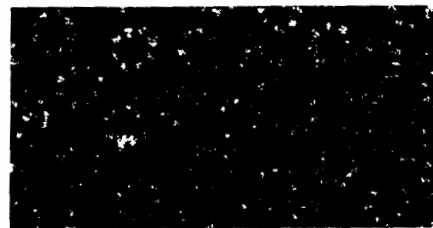


(c)



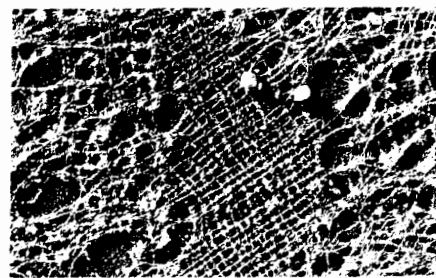
(b)

1 μm



(d)

0,25 μm



(e)

1 μm

7.9 Der Zellkern und seine Hülle. a) Im Zellkern befindet sich das Chromatin, das aus DNA und Proteinen (den Histonen) besteht. Wenn eine Zelle sich auf die Teilung vorbereitet, kondensiert das Chromatin, wodurch die einzelnen Chromosomen sichtbar werden. Der Nucleolus ist eine Ribosomentabrik. Die Kernhülle, die aus zwei von einem engeren „perinuclearen“ Zwischenraum getrennten Membranen besteht, ist von Poren durchbrochen. b) In dieser elektronenmikroskopischen Auf-

nahme (TEM) erkennt man zahlreiche Kernporen (NPI). Der Zellkern wurde mit der sogenannten Gefrierätztechnik präpariert. c) Die Kernhülle. d) Die elektronenmikroskopische Aufnahme (TEM) der Außenseite der Kernhülle zeigt, dass jede Pore von einem Ring aus Proteinstrukturen umgeben ist. e) Die netzartige Kernlamina kleidet die Innenseite der Kernhülle aus und stabilisiert die Form des Zellkerns. (TEM)

Station 2

Das Endoplasmatische Retikulum (=ER)

Das Endoplasmatische Retikulum ist ein umfangreiches Membranabgrenztes System in Eukaryontenzellen über die Hälfte der gesamten Membranoberfläche aus (Endoplasmatisch bedeutet „im Cytoplasma“ und *reticulum* ist das lateinische Wort für „Netz“).

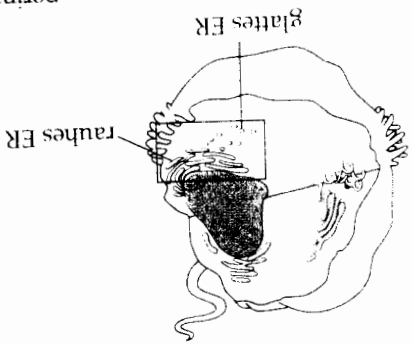
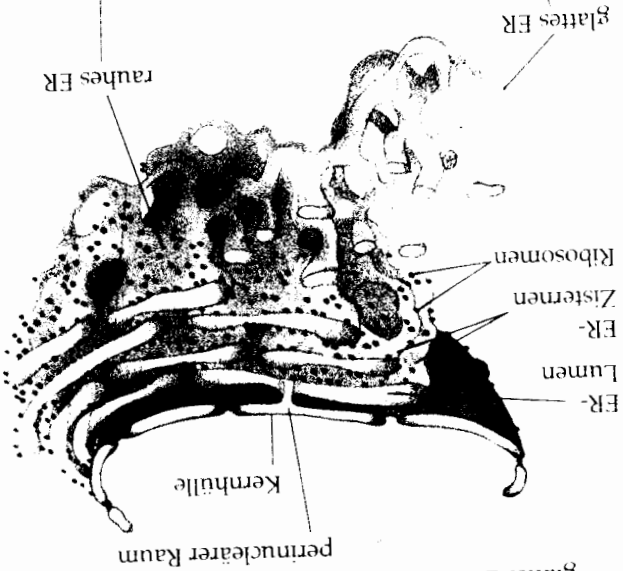
Das ER besteht aus einem Geflecht von Membranröhren

und -säcken, die sich zu sogenannten Zisternen erweitern (vom lateinischen *cisterna* für „Kasten“ oder „Hohlraum“). Ihr Inneres, das ER-Lumen, ist durch die ER-Membran vom Cytoplasma getrennt. Die ER-Membran geht aus der Kernhülle hervor. Der Zwischenraum der Zellkernhülle (=perinuclearer Raum) steht daher mit dem ER-Lumen in Verbindung. Diese Vielfalt an membran-

geschlossenen Bereichen in der Zelle ermöglicht es der Zelle, gleichzeitig verschiedenste chemische Reaktionen ablaufen zu lassen, ohne dass diese sich wechselseitig beeinflussen. Die Unterteilung der Zelle in viele abgeschlossene Reaktionsräume (=Kompartimente) wird als Kompartimentierung der Zelle bezeichnet.

Zum ER gehören zwei Bereiche mit unterschiedlicher Funktion, die aber miteinander verbunden sind: das glatte und das raue ER. Das raue ER trägt seinen Namen, da es im Elektronenmikroskop rau aussieht, da auf seiner dem Cytoplasma zugewandten Membranseite große Mengen an Ribosomen sitzen. Beim glatten ER finden sich keine Ribosomen. Das glatte ER wirkt bei vielen verschiedenen Stoffwechselschritten mit. Es stellt einen abgeschlossenen Reaktionsraum dar, indem z. B. Gifte oder Arzneimittel beseitigt werden oder es spielt eine Rolle bei der Hormonproduktion. Im rauhen ER werden neu gebildete Proteine, die z. B. aus der Zelle heraus transportiert werden sollen, gesammelt und z. T. noch fertiggestellt. Diese sekretorischen Proteine verlassen das ER in Form kleiner Membranbläschen, die sich von der ER-Membran abschnüren. Solche Bläschen werden als Transportvesikel bezeichnet. Aufgabe:

1. Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben des ERS.
2. Was versteht man unter dem Begriff „Kompartimentierung“?



7.11 Das endoplasmatische Retikulum (ER). Das ER, ein System zusammenhängender Membransäckchen und -röhren, steht auch mit der Kernhülle in Verbindung. Die ER-Membran umschließt ein Kompartiment, das man als ER-Lumen bezeichnet. In der elektronenmikroskopischen Aufnahme (TEM) sind raues, auf der Cytoplasma-seite mit Ribosomen besetztes ER und glattes ER zu erkennen.

Station 3

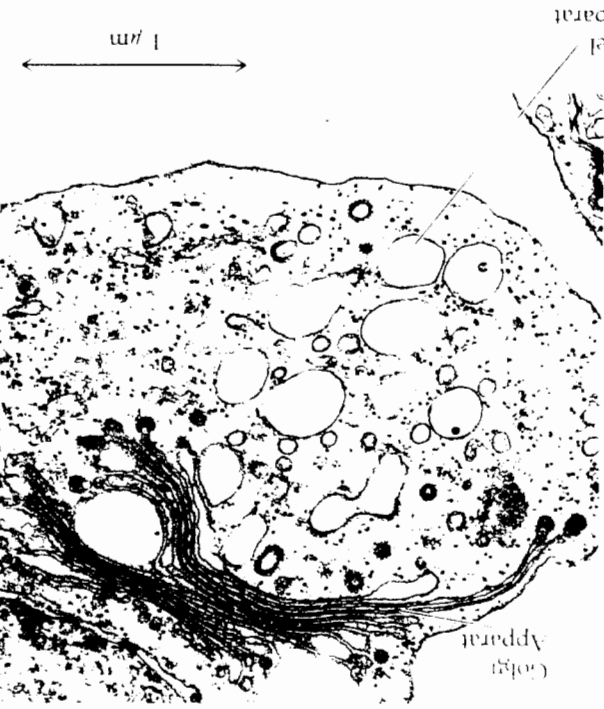
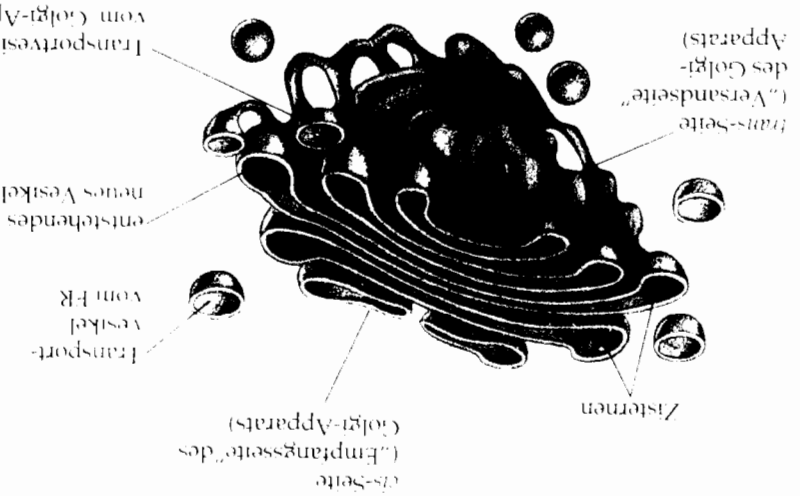
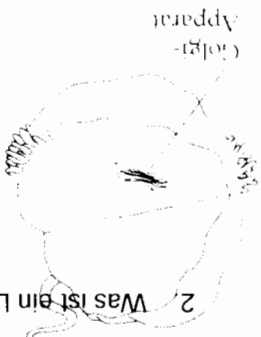
Der Golgi – Apparat

Der Golgi – Apparat wurde nach seinem Entdecker, dem italienischen Histologen (=Gewebedoktor) Camillo Golgi (1844 – 1926) benannt. Der Golgi – Apparat besteht aus Stapeln abgeflachter, von einer Membran umgebener Hohlräume, die nicht mit dem Zellkern in einer kontinuierlichen Verbindung stehen. (Im Elektronenmikroskop erinnert es an einen Stapel aus vielen Fladenbrot). Ein einzelner dieser Stapel wird auch als Dictyosom bezeichnet. Es kann sein, dass in einer Zelle kann nur ein Dictyosom vorkommt, es können aber auch über 100 sein. Der Golgi – Apparat stellt also die Gesamtheit aller Dictyosomen einer Zelle dar. Der Golgi – Apparat ist der Hauptschlagplatz der Zelle. Er funktioniert wie eine Fertigungs-, Lager-, Sortier- und Versandzentrale. Der Golgi-Apparat erhält über die vom ER stammenden Transportvesikel insbesondere Proteine, die dort chemisch modifiziert und dann im Anschluss erneut in Transportbläschen verpackt und ihrem endgültigen Bestimmungsort (in oder außerhalb der Zelle) zugeführt werden.

Durch Abschnürung vom Golgi – Apparat werden ebenfalls die mit einem besonderen Satz an Enzymen versehenen Lysosomen gebildet. In diesen Membranvesikeln können gefahrlos große Makromoleküle verdaut werden, ohne dass die Zelle Gefahr liefe, ihre eigenen Strukturen dabei zu zerstören. Aufgaben:

1. Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben des Golgi - Apparates.

2. Was ist ein Lysosom?



7.12 Der Golgi-Apparat. Der Golgi-Apparat besteht aus Stapeln abgeflachter Membransäckchen (hier querschnittlich dargestellt). Der Golgi-Apparat ist ein Umschlagplatz und empfangt und versendet Transportvesikel beziehungsweise deren Inhalt. Substanzen, aus dem ER werden im Golgi-Apparat chemisch abgewandelt, gespeichert und weitergeleitet. Wie sie senen, bilden sich an den Rändern des Stapels neue Vesikel. Der Stapel hat in Struktur und Funktion eine Orientierung. Die Vesikel kommen auf der cis-Seite an, und an der trans-Seite sammeln sich neue Vesikel ab (rechts, TEM).

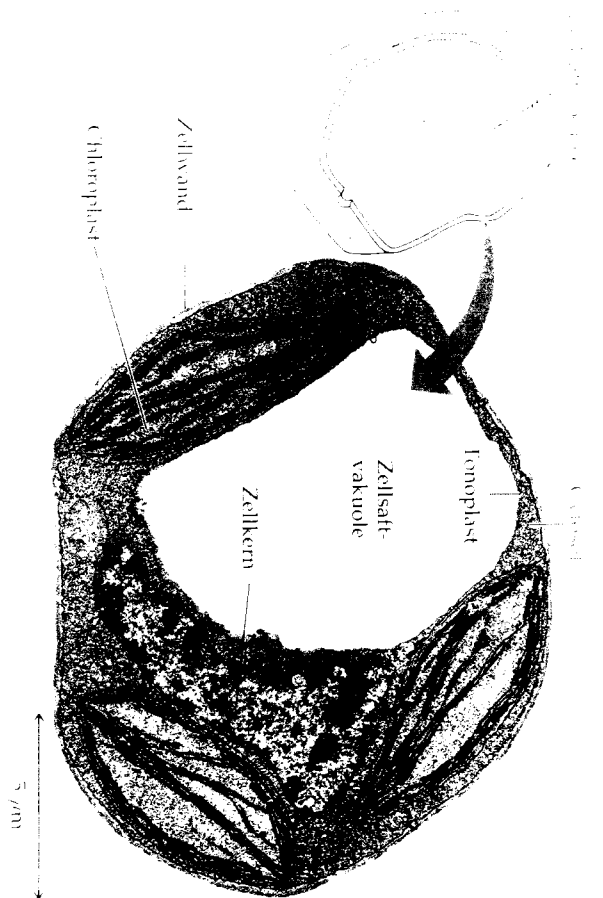
Station 4

Die Vakuole

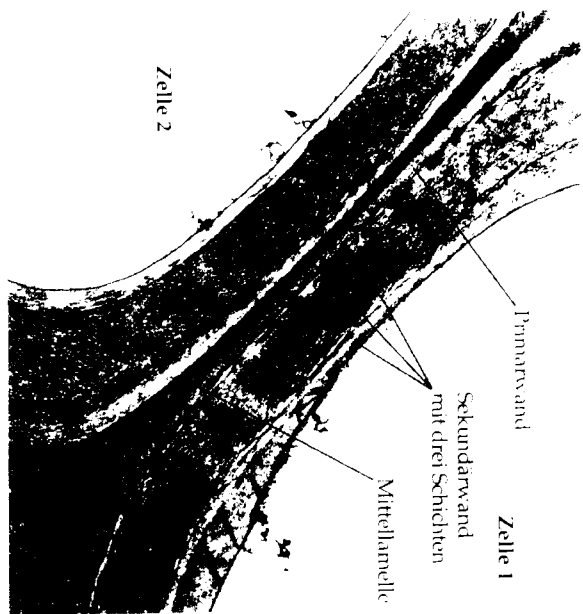
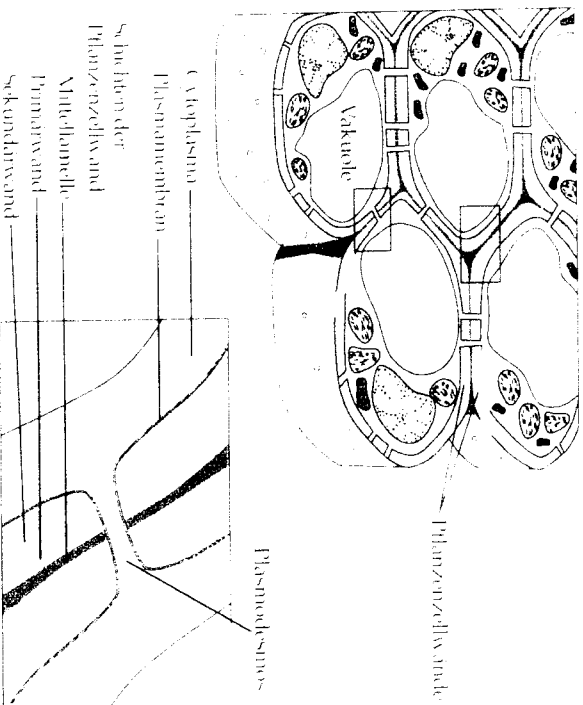
Die Vakuole ist im Prinzip lediglich ein großer von einer Membran, dem sogenannten Tonoplasten, umschlossener Bereich in einer Zelle. Ab einer bestimmten Größe werden solche Organellen nicht mehr als Vesikel sondern als Vakuolen bezeichnet. Vakuolen erfüllen vielfältige Aufgaben. Zellen können z.B. in ihnen aufgenommene Nahrungspartikel verdauen. Ausgewachsene Pflanzenzellen verfügen in aller Regel über eine große Zentralvakuole (=Zellsaftraum), welche über 90% des Zellvolumens ausmachen kann. In dieser Zentralvakuole werden sowohl von der Pflanze benötigte Substanzen (wie z.B. Farbstoffe) gespeichert aber auch Stoffwechselendprodukte deponiert (Diese werden dann z.B. mit dem herbstlichen Blattabwurf zusammen mit dem ganzen Blatt entsorgt). Bei den krautigen Pflanzen erzeugt die Vakuole durch starke Wasseraufnahme einen starken Binnendruck. Gegenspieler dieses Binnendrucks ist die Zellwand. Dieses Zusammenspiel von Vakuole und Zellwand erzeugt ein straffes pflanzliches Gewebe. Fehlt es an Wasser oder liegen Schädigungen an der Zellwand oder der Vakuole vor, welkt die Pflanze. Die große Zellsaftvakuole der Pflanzen entsteht durch die Fusion kleinerer Vakuolen, die ihrerseits aus endoplasmatischem Reticulum und dem Golgi – Apparat hervorgehen

Aufgabe:

1. Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben der Vakuole.



7.15 Die Zellsaftvakuole . Pflanzenzellen. *Die Abbildung zeigt die Zellsaftvakuole einer Pflanzenzelle. Die Zellsaftvakuole ist eine große, zentrale Vakuole, die den Großteil des Zellraums einnimmt. Sie ist von einem Tonoplast umgeben, der die Zellsaftvakuole vom Cytoplasma abgrenzt. Die Zellsaftvakuole enthält Zellsaft, der aus Wasser, Ionen und organischen Verbindungen besteht. Die Zellsaftvakuole ist für die Osmoregulation und die Speicherung von Nährstoffen wichtig. Die Abbildung zeigt auch Chloroplasten, die für die Photosynthese verantwortlich sind, und einen Zellkern, der das Erbgut enthält. Die Zellwand ist die äußere Schicht der Zelle, die sie vor mechanischer Beschädigung schützt. Die Abbildung ist eine elektronenmikroskopische Aufnahme, die die detaillierte Struktur der Zellsaftvakuole zeigt. (Quelle: [unbekannt])*



7.28 Die Zellwand der Pflanzen. *Die Abbildung zeigt die Zellwandstruktur einer Pflanzenzelle. Die Zellwand besteht aus mehreren Schichten, die die Zelle vor mechanischer Beschädigung schützen. Die Schichten sind: 1. Mittellamelle: Die äußere Schicht, die die Zellen miteinander verbindet. 2. Primärwand: Die erste Schicht der Zellwand, die aus Cellulose, Hemicellulose und Pektin besteht. 3. Sekundärwand: Die innere Schicht der Zellwand, die aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin besteht. Die Abbildung zeigt auch Plasmodesmen, die die Zellen miteinander verbinden. Die Abbildung ist eine elektronenmikroskopische Aufnahme, die die detaillierte Struktur der Zellwand zeigt. (Quelle: [unbekannt])*

7.29 Die Wandstruktur der Pflanzenzelle. *Die Abbildung zeigt die Wandstruktur einer Pflanzenzelle. Die Wandstruktur besteht aus mehreren Schichten, die die Zelle vor mechanischer Beschädigung schützen. Die Schichten sind: 1. Mittellamelle: Die äußere Schicht, die die Zellen miteinander verbindet. 2. Primärwand: Die erste Schicht der Zellwand, die aus Cellulose, Hemicellulose und Pektin besteht. 3. Sekundärwand: Die innere Schicht der Zellwand, die aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin besteht. Die Abbildung zeigt auch Plasmodesmen, die die Zellen miteinander verbinden. Die Abbildung ist eine elektronenmikroskopische Aufnahme, die die detaillierte Struktur der Zellwand zeigt. (Quelle: [unbekannt])*

Station 5

Die Chloroplasten

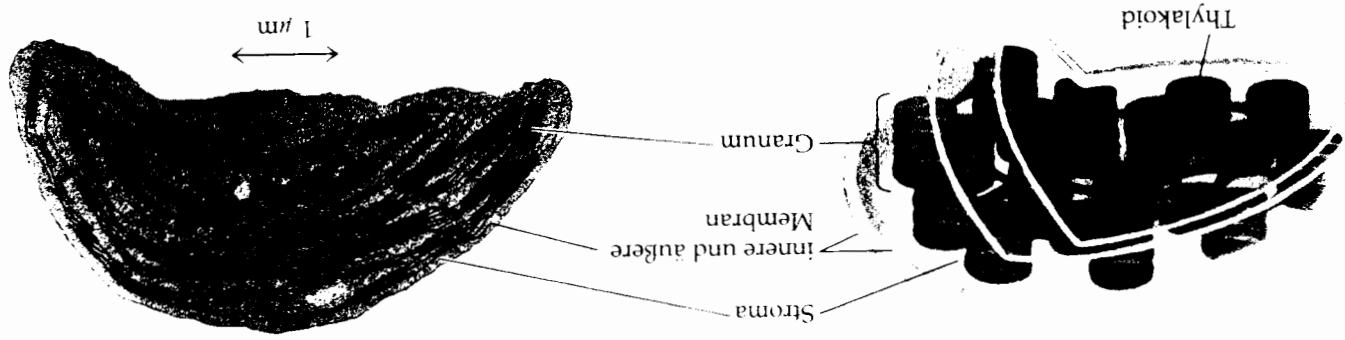
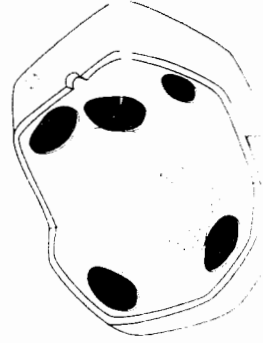
Chloroplasten sind spezialisierte Mitglieder einer Familie eng verwandter Pflanzenorganellen, die man Plastiden nennt. Neben den Chloroplasten gibt es z.B. noch die Amyloplasten (farblose Stärkespeicherorganellen, die sich u.a. in der Kartoffel finden lassen) oder die Chromoplasten (Farbstoff-haltige Organellen, die Blüten oder Früchten die orange-gelbe Farbe verleihen).

Chloroplasten enthalten in ihren inneren Membranen den grünen Farbstoff Chlorophyll und sind damit Ursache der grünen Farbe unserer Pflanzen. In den Chloroplasten findet mit der Fotosynthese ein Stoffwechselweg statt, welcher unter Nutzung des Sonnenlichts als Energiequelle, anorganische Substanzen wie das atmosphärische Kohlenstoffdioxid in von der Pflanze nutzbare Zucker umzuwandeln vermag. Chloroplasten sind häufig bei einer Größe von 1 – 5 µm von linsenförmiger Gestalt. Chloroplasten sind von 2 Membranen umschlossen. Im Grundplasma der Chloroplasten

(=Stroma) befindet sich ein weiteres Membransystem. Es besteht aus scheibenförmigen, abgeflachten Membranvesikeln, die z.T. gestapelt vorliegen. Diese Vesikel werden als Thylakoide bezeichnet. In dieser Thylakoidmembran sind die Enzyme der Fotosynthese lokalisiert. In Chloroplasten lassen sich eigene Ribosomen vorfinden sowie geringen Mengen an DNA, der Speichersubstanz des Erbguts.

Chloroplasten werden daher, wie auch die Mitochondrien, als halbautonome Organellen bezeichnet. Chloroplasten entstehen immer nur durch Zweiteilung von bereits vorhandenen Chloroplasten. Aufgabe: Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben der Chloroplasten.

7.19 Der Chloroplast: Ort der Photosynthese. Chloroplasten sind wie Mitochondrien von zwei Membranen umhüllt, zwischen denen ein schmaler Innenmembranraum liegt. Die Innenmembran umhüllt ein als Stroma bezeichnetes Kompartiment; dieses umgibt ein drittes Kompartiment, das von einer eigenen Hülle, der Thylakoidmembran, begrenzt wird. Als Thylakoide bezeichnete Membransäckchen sind überall im Chloroplasten zu sogenannten Grana gestapelt. Die einzelnen Thylakoide eines Granums stehen über Fortsätze, die sich durch das Stroma ziehen, mit anderen Grana in Verbindung (TEM).



Station 6

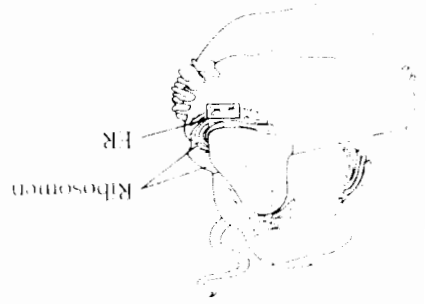
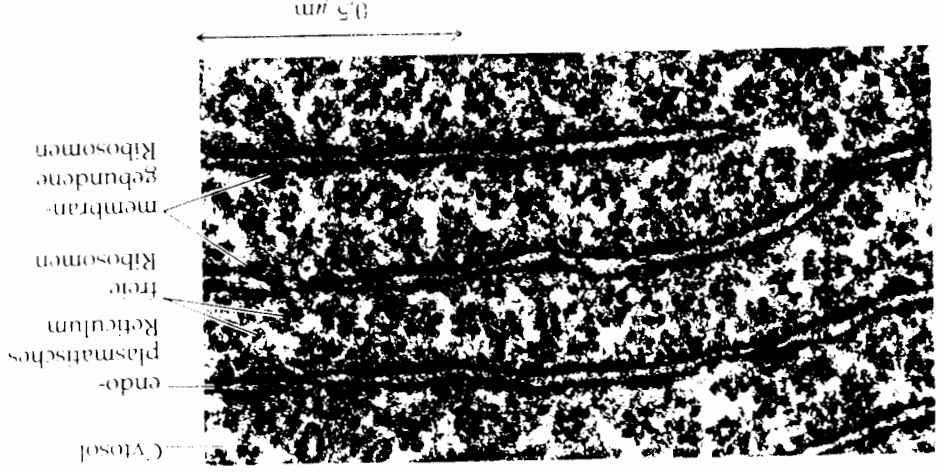
Die Ribosomen

Ribosomen wurden zuerst (1955) nach elektronenmikroskopischen Untersuchungen als auffällige Partikel aus Eukaryonten beschrieben. Bald wurde ihre allgemeine Verbreitung aber auch in Prokaryonten (z. B. Bakterien) nachgewiesen. Ribosomen sind sehr kleine Zellorganellen, die bei einer etwa kugelförmigen Gestalt einen Durchmesser von 20 – 30 nm aufweisen. Ribosomen sind nicht von einer Membran umschlossen. Es handelt sich bei ihnen um hochkomplizierte Gebilde aus Proteinen und RNA (=Ribonukleinsäure, einer der DNA (Erbgutspeicherstanz) chemisch ähnliche Nukleinsäure). In einer Leberzelle befinden sich beispielsweise etwa 4.000.000 Ribosomen. Pro Sekunde werden dort 10 – 100 Ribosomen neu gebildet.

Wesentliche Aufgabe der Ribosomen in der Zelle ist der Aufbau von Proteinen. Aus dem Zellkern gelangen Kopien der Baueinheiten für die verschiedensten Proteine (die dann z. B. als Enzyme diverse Stoffwechselfreaktionen durch ihre Katalyse ermöglichen) zu den Ribosomen. Dort werden dann die Proteine neu gebildet. Manche Ribosomen kommen frei im Cytoplasma vor, während andere an der Membran des rauen ERS anzureifen sind. Diese letztgenannten Ribosomen geben ihr soeben erzeugtes Protein direkt in die Membranstapel des ERS.

Aufgabe: Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben der Ribosomen.

7.10 Ribosomen: In dieser elektronenmikroskopischen Aufnahme (TEM) einer *Escherichia coli*-Zelle erkennt man eine fülle freier und membranangebundener Ribosomen. Das Fraktionationspräparat ist auf die Sekretion von Proteinen spezialisiert. Es sezerniert Proteine, darunter das Insulin, ins Blut und Verdauungsenzyme in den Verdauungstrakt. Seine sekretorischen Proteine entstehen an den membranangebundenen Ribosomen, die an das endoplasmatische Retikulum (ER) gebettet sind. An freien Ribosomen bilden sich Proteine, die im Cytosol gelöst bleiben. Gebundene und freie Ribosomen sind strukturell identisch und können zwischen den beiden Funktionen hin- und herwechseln. Häufig formieren sich Ribosomen an demselben mRNA-Molekül periständig zu kurzen Ketten, die dann als *Polyosomen* bezeichnet werden.



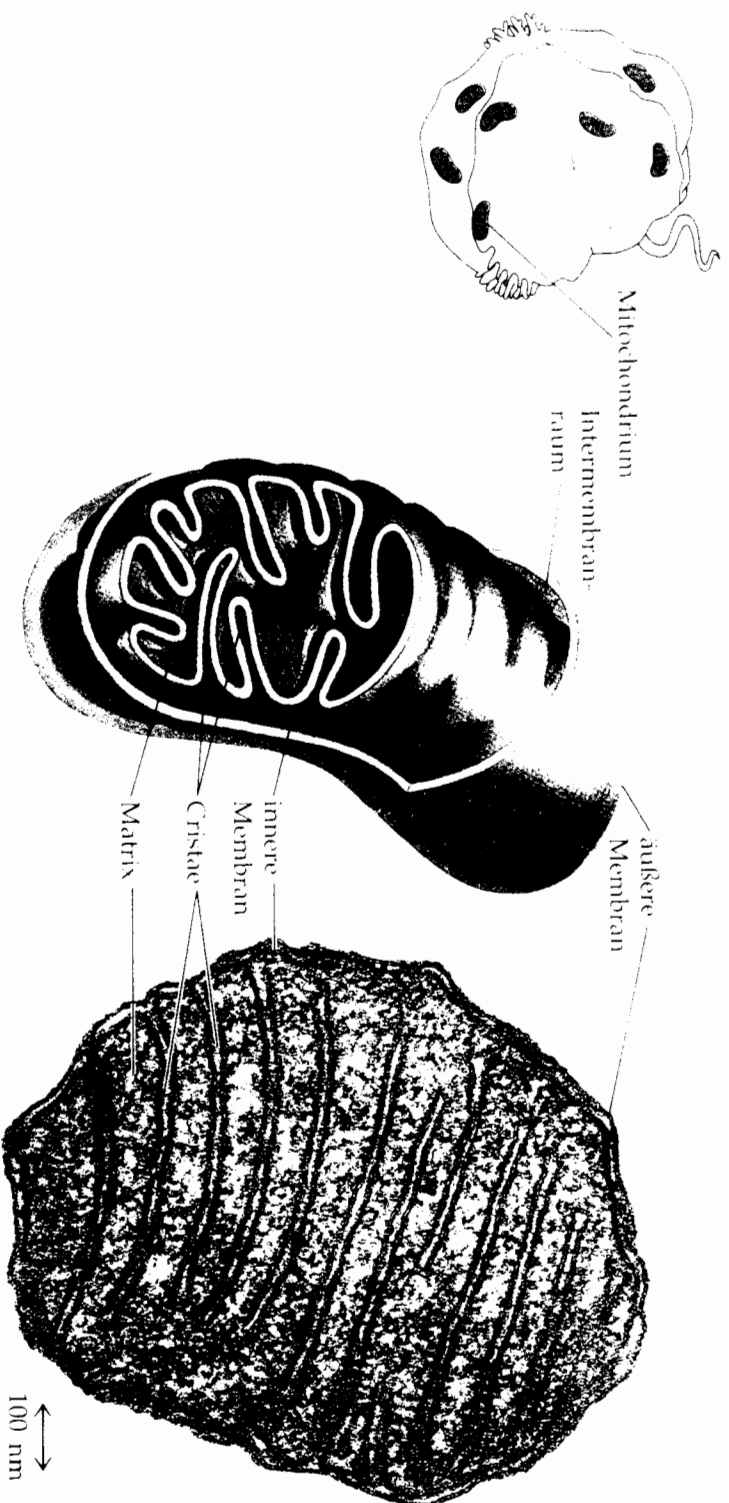
Station 7

Die Mitochondrien

Mitochondrien (Singular: Mitochondrium) findet man in allen Eukaryontenzellen. Es gibt Zellen, die weisen nur ein Mitochondrium auf, während in anderen Zellen über 1000 dieser 1 bis 10 µm langen Organellen anzutreffen sind. Mitochondrien entstehen durch Zweiteilung von bereits vorhandenen Mitochondrien. Jedes Mitochondrium ist von zwei Membranen umschlossen, wobei die innere Membran zahlreiche Einfaltungen, die sogenannten *Christsae* aufweist. Der von der inneren Mitochondrienmembran umschlossene Bereich wird als Matrix bezeichnet. In dieser Matrix finden sich zum einen diverse Enzyme unterschiedlicher Stoffwechselwege und zum anderen auch Ribosomen und sogar eine geringe Menge an DNA, der Speichersubstanz des Erbguts. Außer den Mitochondrien weisen neben dem Zellkern nur noch die Chloroplasten DNA auf. Mitochondrien und Chloroplasten werden, da sie anteilig die genetische Information für ihren eigenen Stoffwechsel besitzen, als halbautonome Organellen bezeichnet. Die wesentliche Aufgabe der Mitochondrien im Zellstoffwechsel ist es durch Atmungsprozesse, energiereiche Substanzen zu erzeugen, die als Brennstoffe dienen und das Stoffwechselfgeschehen energetisch ermöglichen. Mitochondrien werden daher auch als 'Kraftwerke der Zelle' bezeichnet.

Aufgabe:

1. Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben der Mitochondrien.
2. Erkläre die im elektronenmikroskopischen Bild erkennbaren Strukturen.



7.18 Das Mitochondrium: Ort der Zellatmung. Sowohl in der Zeichnung als auch in der elektronenmikroskopischen Aufnahme (TEM) erkennt man die Doppelmembran des Mitochondriums. Die Cristae sind Einstülpungen der Innenmembran zur Oberflächenvergrößerung.

Die Schnittzeichnung verdeutlicht die Beziehung zwischen den Membranen und den von ihnen abgegrenzten Kompartimenten, dem Intermembranraum und der Matrix.

Station 8

Das Cytoskelett

In der Frühzeit der Elektronenmikroskopie sah es so aus, als bestünde eine Zelle aus verschiedenen Organellen, die in einem strukturlosen, gelartigen Cytoplasma liegen bzw. umherschweben. Mit verbesserten Methoden erkannte man jedoch, dass das Cytoplasma in Wirklichkeit von mehreren Filamentnetzwerken durchzogen ist, deren Gesamtheit als Cytoskelett bezeichnet wird. Das Cytoskelett besteht überwiegend aus Proteinbausteinen. Das Cytoskelett hat u.a. die Aufgabe, der Zelle eine mechanische Stütze zu bieten und zur Aufrechterhaltung ihrer Form beizutragen. Dies ist insbesondere bei Tierzellen wichtig, da diese keine starre Zellwand besitzen. Durch die Verankerung an das Cytoskelett werden Organellen und auch manche Enzyme an ihrem Platz gehalten. Da das Cytoskelett relativ flexibel ist und leicht an einem Teil der Zelle auseinandergenommen und in einem anderen Zellbereich wieder zusammen gesetzt werden kann, sind Formveränderungen der Zelle leicht möglich. Darüberhinaus dient das Cytoskelett in engem Zusammenwirken mit bestimmten Proteinen auch den Bewegungen der Zelle. Komponenten des Cytoskeletts bewirken z.B. die Schlagbewegung bei Cilien und Geißeln, sowie die Kontraktion bei Muskelzellen. Ebenso wandern manche Organellen (z.B. die Chloroplasten der Pflanzen) entlang von Cytoskelettfilamenten.

Aufgabe: Notiere stichwortartig die wichtigsten Eigenschaften und Aufgaben des Cytoskeletts.

Das elektronenmikroskopische Bild der Zelle

Basalkörper einer Geißel
(Stabilisiert durch Filamente
des Cytoskeletts)

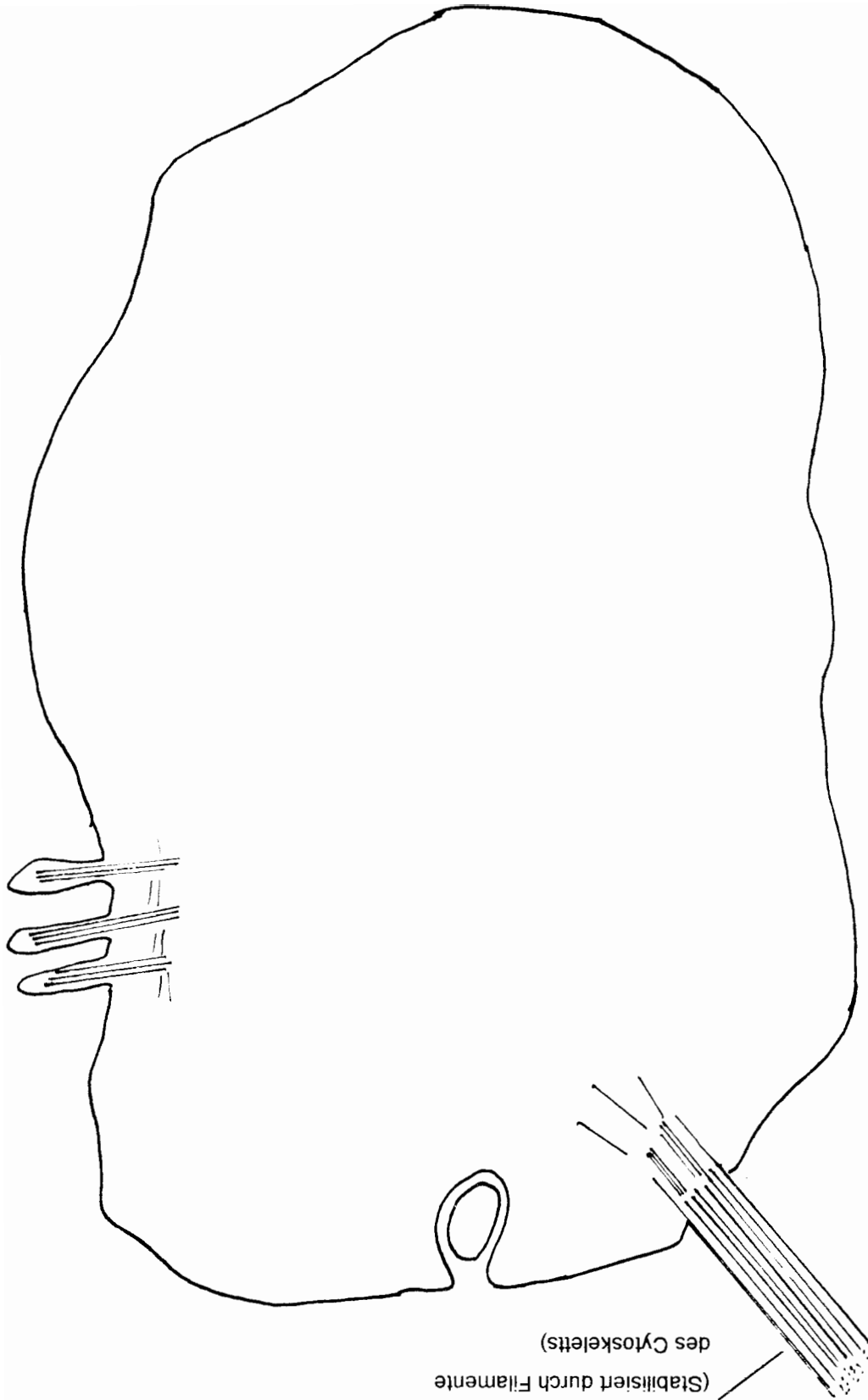




Abb. +14. Längsschnitt durch Mikrovilli und den äußeren Bereich zweier Dünndarmepithelzellen einer Katze. In den Mikrovilli sind Actinfilamente zu erkennen, die an der Spitze in einem elektroneutralen Bereich inserieren und ein Stück in die Zelle hineinreichen. Dieser weitgehend Organell-freie obere Bereich wird als Terminalgeleckt bezeichnet. Darunter sind Lysosomen, ER und ein Mitochondrion im Anschnitt zu sehen. Die Plasmamembranen der beiden Zellen bilden im oberen Bereich eine *Tight Junction*. (EM-Aufnahme L. Orci, A. Perrelet [1975] Freize Fich Histology, mit Genehmigung des Springer-Verlags, Heidelberg)

Ein zellbiologisches Silbenrätsel

Die folgenden 25 Fragen lassen sich jeweils mit einem Wort beantworten. Wenn die jeweils geforderten Buchstaben dieser Lösungswörter in das Schema auf der nächsten Seite eingetragen werden, so ergibt sich als Lösungssatz wie der Dichter Christian Morgenstern das Wunder der Natur empfand.

1. Lichtmikroskopisch sichtbare Transportformen des Erbguts?

2. Nachname eines italienischen Zellforschers ?

3. Eine der Aufgaben der Vakuole ?

4. Was kleidet die Kernhülle auf der Innenseite aus ?

5. Fachbegriff für Verdauungsvesikel, die vom Golgi –

Apparat abgeschnürt werden ?

6. Deutsches Wort für Chloroplasten?

7. Fachbegriff für Membranvesikel in den Chloroplasten?

8. Aus Proteinen bestehende Biokatalysatoren ?

9. Fachbegriff für Einstülpungen der inneren

Mitochondrienmembran ?

10. Fachbegriff für die Zellwand durchziehende Kanäle ?

11. Fachbegriff für die ‚Proteinfabriken‘ der Zelle ?

12. Gelbe z. B. Blütenfarbstoffe beinhaltende Organellen ?

13. Fädige, vom Cytoskelett gestützte Struktur, die zur

Fortbewegung der Zelle dient ?

14. Zu den Prokaryoten zählende Organismen ?

15. Lateinisch: Netz ?

16. ‚Kraftwerke‘ der Zelle ?

17. Fachbegriff für mehrere Stapel von Thylakoiden ?

18. Äußere Abschlussstruktur von Pflanzenzellen ?

19. Fachbegriff für zelluläre Reaktionsräume ?

20. Fotosyntheseorganell ?

21. Wovon ist ein Mitochondrium umgeben ?

22. Fachbegriff für das Kernkörperchen ?

23. Wichtige Aufgabe des Zellkerns ?

24. Deutscher Begriff für Zentralvakuole ?

25. Stoffliche Grundlage des Erbguts ?

