

**Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:** 45 Minuten

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90 Minuten

## **Thema: Die Vermehrung von Mitochondrien**

Alle eukaryotischen Zellen besitzen Mitochondrien. Die Übereinstimmung von Strukturen bei Mitochondrien und Bakterien führte zur Entwicklung der Endosymbiontentheorie.

### **Aufgabenstellung:**

- 1. Beschreiben** Sie den Aufbau eines Mitochondriums. (2 BE)
- 2. Fassen** Sie Abbildungen 1 und 2 **zusammen** und **erläutern** Sie die Bedeutung von Mitochondrien für die wachsende Zelle (M 1). (6 BE)
- 3. Prüfen** Sie, welche der beiden Hypothesen durch die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse gestützt wird (M 2). (8 BE)
- 4. Stellen** Sie die Endosymbiontentheorie **dar. Beurteilen** Sie, inwiefern das Ergebnis des in M 2 dargestellten Experiments die Theorie stützt (M 2). (4 BE)

## M 1 Zellwachstum und Mitochondrienanzahl

Nach der Zellteilung beginnt für die Zellen eine Phase des Zellwachstums. Um den Zusammenhang zwischen Zellwachstum und Zunahme der Mitochondrienanzahl zu untersuchen, wurden Wachstumsversuche mit *Neurospora* durchgeführt, einem Zellfäden bildenden Pilz. Der Zuwachs an Zellmasse der Pilzfäden wurde über die Zunahme des Trockengewichts bestimmt (Abbildung 1). Zusätzlich ermittelte man als Maß für die Zahl der Mitochondrien in den Zellen die Aktivität der Cytochrom-C-Oxidase, einem Enzym, das sich nur in den Mitochondrien befindet (Abbildung 2).

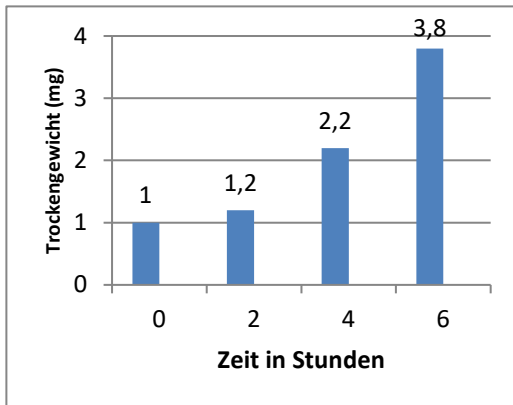


Abbildung 1 Zuwachs an Zellmasse einer *Neurospora*-Pilzkultur

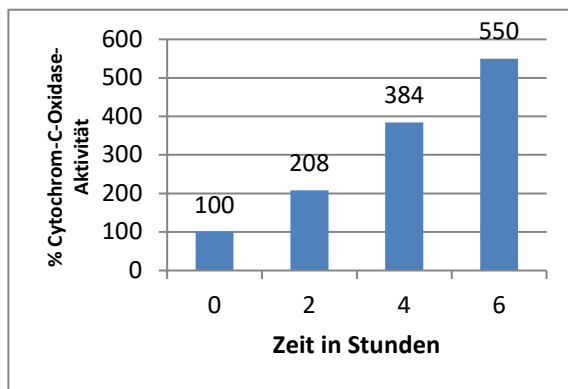


Abbildung 2 Cytochrom-C-Oxidase-Aktivität

## M 2 Die Vermehrung von Mitochondrien

Lange Zeit galt es als offen, ob sich Mitochondrien bei wachsenden Zellen a) nur durch Teilung vermehren oder b) vollständig neu von der Zelle gebildet werden. Zur Klärung dieser beiden Hypothesen arbeitete man mit einer bestimmten *Neurospora*-Mutante. Diese muss Cholin, einen wichtigen Bestandteil der inneren Mitochondrienmembran, aus der Nährlüssigkeit aufnehmen. Der *Neurospora*-Wildtyp kann Cholin selber synthetisieren.

Die *Neurospora*-Mutante wurde 14 Stunden lang in der Nährlösung mit radioaktiv markiertem Cholin herangezogen. Dann wurde die Zellkultur in eine Nährlüssigkeit mit nicht markiertem Cholin überführt. Es wurden zu mehreren Zeitpunkten Proben aus der Kultur entnommen und deren Mitochondrien isoliert. Die Mitochondrien wurden auf einem Objektträger aufgebracht und mit einer

Emulsion behandelt, die die radioaktiven Markierungen als helle Körner auf den Mitochondrien sichtbar macht. Mit einem Phasenkontrast-Mikroskop wurde dann die Zahl der Körner pro markiertem Mitochondrium ausgezählt und ein Mittelwert berechnet (Tabelle 1).

**Tabelle 1** Zahl der radioaktiv markierten Körner pro markiertem Mitochondrium

<b>Zeitpunkt der Entnahme nach Überführung in nicht markiertes Cholin</b>	<b>Zahl der Körner pro markiertem Mitochondrium der Zellkultur (Mittelwert)</b>
0	2,0
2 h	1,1
4 h	0,5

**Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:**

**45 Minuten**

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90 Minuten

<b>Thema: Die Vermehrung von Mitochondrien</b> <i>Lösungsvorschlag</i>	<b>BE (AFB)</b>	<b>Erreichte BE</b>
<b>1</b>		
<b>Beschreiben</b> Mitochondrien besitzen eine innere und eine äußere Membran. Die innere Membran weist Einfaltungen auf, die Cristae, und umschließt den Innenraum, die Matrix. In der Matrix liegen DNA und Ribosomen des Mitochondriums. Der Raum zwischen innerer und äußerer Membran ist der Intermembranraum.	2 (I)	
<b>2</b>		
<b>Zusammenfassen</b> In Abbildung 1 ist dargestellt, dass die Zellmasse der Pilzfäden insgesamt zunächst langsam zunimmt, sich dann aber nach vier und sechs Stunden fast verdoppelt. Die Cytochrom-C-Oxidase-Aktivität verdoppelt sich alle zwei Stunden bis zur vierten Stunde, dann verlangsamt sich die Zunahme etwas. Mit Zunahme der Zellmasse der Pilzfäden nimmt auch die Zahl der Mitochondrien zu. Die Cytochrom-C-Oxidase-Aktivität steigt weniger stark an als das Trockengewicht im Zeitraum von 4 bis 6 Stunden.	2 (I)  2 (II)	
<b>Erläutern</b> Nach der Zellteilung verfügen die Zellen zunächst über wenige Mitochondrien aus der Mutterzelle. Wachsende Zellen bauen Stoffe auf. Dafür wird Energie benötigt, die die Mitochondrien bereitstellen. Eine größere Anzahl von Mitochondrien ermöglicht eine erhöhte Bereitstellung von nutzbarer Energie in der Zelle.	2 (II)	
<b>3</b>		
<b>Prüfen</b> Zum Zeitpunkt der Überführung in das nicht markierte Medium enthalten alle Mitochondrien das radioaktiv markierte Cholin. Jedes Mitochondrium besitzt durchschnittlich etwa zwei Körner. Nach etwa zwei bzw. vier Stunden halbiert sich jeweils die Zahl der Körner in den markierten Mitochondrien. Dies entspricht dem Ergebnis, das bei einer Teilung der Mitochondrien zu erwarten wäre. Die Ergebnisse sprechen folglich für Hypothese a). Bei einer Neusynthese von Mitochondrien stünde nach dem Wechsel nur noch nicht markiertes Cholin zur Verfügung, sodass die neuen Mitochondrien nicht markiert wären. Die markierten Mitochondrien müssten immer noch die gleiche Anzahl an Körnern wie zum Zeitpunkt der Überführung in das andere Medium besitzen.	5 (II)  3 (III)	
<b>4</b>		
<b>Darstellen</b> Laut Endosymbiontentheorie sind erste eukaryotische Zellen mit Mitochondrien und Chloroplasten aus Ur-Eukaryoten entstanden, die Bakterien durch eine Endocytose aufgenommen haben. Belege für diese Theorie sind das Vorhandensein einer Doppelmembran. Die äußere Membran entstammt dem Ur-Eukaryoten, die innere Membran der bakteriellen Membran. Ein weiteres Merkmal ist das Vorhandensein von ringförmiger DNA, wie man sie auch bei Bakterien findet.	3 (I)	
<b>Beurteilen</b> Bakterien vermehren sich durch Zweiteilung. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass Mitochondrien sich ebenfalls durch Zweiteilung vermehren. Insofern stützt das Ergebnis dieses Versuches die Theorie.	1 (III)	
	<b>20</b>	

**KLP-Bezüge**

Inhaltliche Schwerpunkte und Aspekte	Aufbau der Zelle prokaryotische Zelle eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie
Konkretisierte Kompetenzerwartung	vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10) vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9), erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10)
Übergeordnete Kompetenzerwartung	S1 beschreiben zellbiologische Sachverhalte und ihre Anwendungen der sachgerecht S2 strukturieren und erschließen elementare zellbiologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu zellbiologischen Sachverhalten E9 finden in Daten Strukturen, Beziehung und Trends, erkläre diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen E11 überprüfen die Hypothese K2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen Darstellungsformen K9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander B1 analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz

**Literatur**

David Luck, Formation of Mitochondria in *Neurospora Crassa*, *Cell Biol* (1963) 16 (3): 483–499  
<https://rupress.org/jcb/article-pdf/16/3/483/1319290/483.pdf>

Abbildung 1 verändert nach Figure 1  
 Abbildung 2 verändert nach Figure 6  
 Tabelle 1 S. 490