

**Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:** **75 Minuten**

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 135–180 Minuten

## **Thema: Herbizideinsatz in der Landwirtschaft**

In der konventionellen Landwirtschaft sind Wildkräuter auf den Ackerflächen unerwünscht. Daher werden Herbizide eingesetzt. Einige Herbizide beeinträchtigen die Fotosyntheseleistung.

### **Aufgabenstellung:**

1. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen der Primär- und Sekundärreaktion der Fotosynthese dar. *(3 BE)*
2. Fassen Sie die in Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie diese (M 1). *(8 BE)*
3. Beschreiben Sie die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse. Analysieren Sie diese Ergebnisse im Hinblick auf den Wirkort des Herbizids DCMU mithilfe von Abbildung 2 (M 2). *(10 BE)*
4. Skizzieren Sie in Abbildung 4 die Veränderungen der Konzentrationen von Phosphoglycerinsäure und Ribulose-1,5-bisphosphat bei Zugabe des Herbizids DCMU und begründen Sie Ihre Skizze (M 1 bis M 3). *(5 BE)*
5. Beurteilen Sie die Eignung von DCMU als Herbizid in der konventionellen Landwirtschaft (M 1 bis M 3). *(4 BE)*

### M 1 Die Sekundärreaktion der Fotosynthese

Eine Kultur von Grünalgen wurde über zehn Minuten bei einer Kohlenstoffdioxidkonzentration von 1 % belichtet. Danach entfernte man das Kohlenstoffdioxid nahezu gänzlich und belichtete die Kultur für eine weitere Minute. Über die gesamte Versuchsdauer wurden die relativen Konzentrationen an Ribulose-1,5-bisphosphat (RuBP) und Phosphoglycerinsäure (PGA) ermittelt (Abbildung 1).

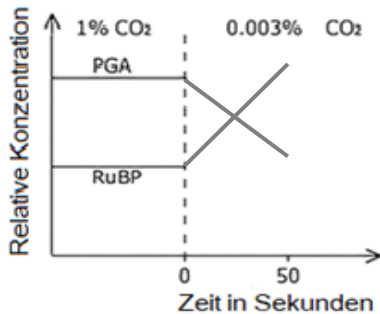


Abbildung 1 Relative Konzentrationen von RuBP und PGA bei unterschiedlichen Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen in einer belichteten Grünalgenkultur

### M 2 Das Herbizid DCMU

In der konventionellen Landwirtschaft werden Herbizide wie 3-(3,4 Dichlorophenyl)-1,1-dimethylharnstoff (DCMU) eingesetzt, die die Primärreaktion der Fotosynthese beeinträchtigen. Abbildung 2 zeigt ein vereinfachtes Schema des Aufbaus der Thylakoidmembran.

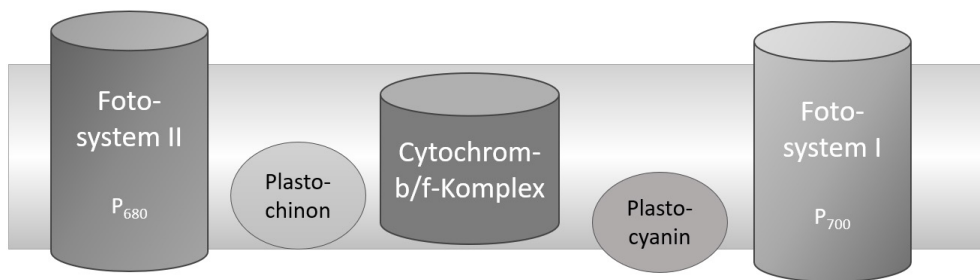


Abbildung 2 Vereinfachter schematischer Aufbau der Thylakoidmembran

In einer Untersuchung an Blaualgen wurde zunächst der maximale Anteil des durch Fotosynthese reduzierten Plastochinons am Gesamtgehalt des Plastochinons der Zellen ermittelt. Dazu wurden Zellen mit Starklicht bestrahlt. In weiteren Untersuchungen ermittelte man dann den Anteil des reduzierten Plastochinons bei normalem Wachstumslicht ohne Zugabe und nach Zugabe des Herbizids DCMU (Abbildung 3).

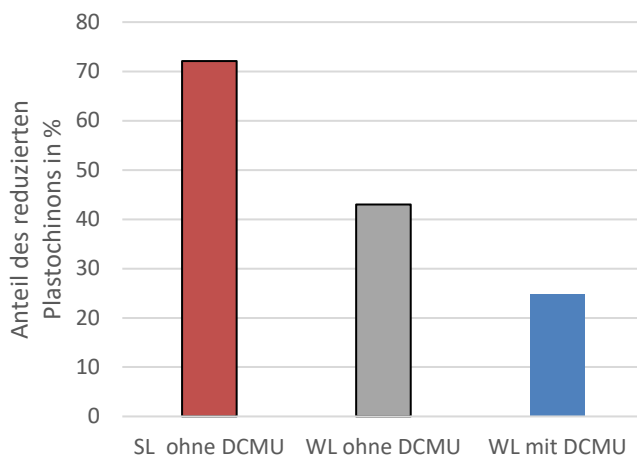


Abbildung 3 Anteil des reduzierten Plastochinons am Gesamtgehalt des Plastochinons unter verschiedenen Bedingungen (SL = Starklicht, WL = Wachstumslicht)

### M 3 Auswirkungen von DCMU auf die Sekundärreaktion der Fotosynthese

Eine Kultur von Grünalgen wurde über zehn Minuten lang belichtet. Dann fügte man der Kultur DCMU zu. Die Kultur wurde bei gleichbleibendem Kohlenstoffdioxidgehalt weiter für eine Minute belichtet. Über die gesamte Versuchsdauer wurde der Gehalt an Ribulose-1,5-bisphosphat (RuBP) und Phosphoglycerinsäure (PGA) ermittelt (Abbildung 4).

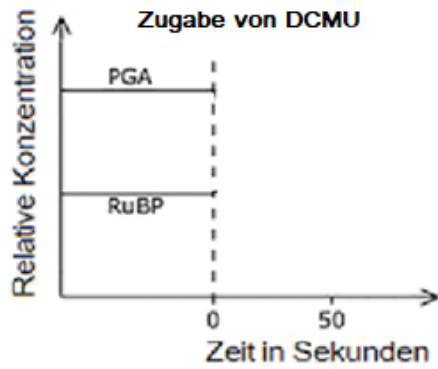
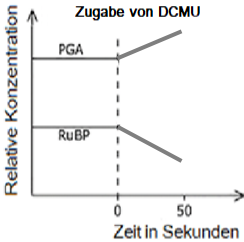


Abbildung 4 Relative Konzentrationen von RuBP und PGA bei einer belichteten Grünalgenkultur vor Zugabe von DCMU

Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:

75 Minuten

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 135–180 Minuten

Thema: <b>Herbizideinsatz in der Landwirtschaft</b> <i>Lösungsvorschlag</i>	BE (AFB)	Erreichte BE
<b>1</b>		
<b>Darstellen</b> Die Fotosynthese wird in Primär- und Sekundärreaktion unterteilt. In der Primärreaktion werden mithilfe von Licht in Chloroplasten durch Fotolyse des Wassers und einer Elektronentransportkette die Endprodukte Sauerstoff, NADPH + H <sup>+</sup> und ATP gebildet. In der Sekundärreaktion, die bei Licht und Dunkelheit abläuft, werden ATP und NADPH + H <sup>+</sup> genutzt, um im Calvin-Zyklus Kohlenstoffdioxid zu reduzieren und Glucose zu bilden.	3 (I)	
<b>2</b>		
<b>Zusammenfassen</b> Bei Belichtung und hoher Kohlenstoffdioxidkonzentration ist der Gehalt an RuBP und PGA konstant. Der Anteil an PGA ist dabei höher als der an RuBP. Nach Entfernung des Kohlenstoffdioxids fällt der Anteil an PGA, während der Anteil an RuBP gegenläufig zunimmt.	3 (I)	
<b>Erläutern</b> Zunächst ist viel Kohlenstoffdioxid vorhanden. Kohlenstoffdioxid wird durch das Enzym Rubisco an den C <sub>5</sub> -Körper RuBP gebunden. Der entstehende C <sub>6</sub> -Körper zerfällt in zwei Moleküle PGA (C <sub>3</sub> -Körper). Im weiteren Verlauf werden PGA-Moleküle zu Triosephosphaten reduziert und ein Teil der Triosephosphate wird zur Glucosebildung benutzt. Unter Energieverbrauch wird dann RuBP aus den Triosephosphaten regeneriert. Die Kultur wird nach Entfernen des Kohlenstoffdioxids weiter belichtet, sodass ATP und NADPH + H <sup>+</sup> aus der Primärreaktion zur Verfügung stehen. Die Regeneration des RuBP läuft daher weiter. Ohne Kohlenstoffdioxid werden keine PGA-Moleküle mehr gebildet. Die Konzentration von PGA sinkt, da das Enzym Rubisco bei der geringen Konzentration an Kohlenstoffdioxid nicht mehr aktiv ist.	5 (II)	
<b>3</b>		
<b>Beschreiben</b> Bei Starklicht beträgt der maximale Anteil des reduzierten Plastochinons etwa 72 % am Gesamtgehalt des Plastochinons, bei normalem Wachstumslicht beträgt er knapp 45 %. Bei Zugabe von DCMU liegt der Anteil des reduzierten Plastochinons etwa bei 25 %.	3 (I)	
<b>Analysieren</b> Bei Starklicht werden Elektronen des Chlorophylls im Fotosystem II angeregt. Oxidiertes Plastochinon nimmt diese Elektronen auf. In weiteren Redoxreaktionen werden die Elektronen über einen Cytochromkomplex sowie Plastocyanin auf das Fotosystem I übertragen. Bei Starklicht werden ständig Elektronen auf Plastochinon übertragen, sodass der reduzierte Anteil des Plastochinons hoch ist. Es gibt immer auch einen gewissen Anteil des Plastochinons, der in der oxidierten Form vorliegt. Da bei Einsatz von DCMU nur ein geringer Anteil von Plastochinon reduziert vorliegt, könnte der Elektronentransfer von Fotosystem II auf Plastochinon durch das Herbizid gestört werden. DCMU verhindert vermutlich diesen Elektronentransfer. Folglich wird die Elektronentransportkette unterbrochen und ein Großteil des Plastochinons bleibt oxidiert.	5 (II)  2 (II)	
<b>4</b>		
<b>Skizzieren</b> Skizze korrekt mit gegenläufigem Verlauf (Abbildung 4)	2 (II) 3 (III)	
 <p>DCMU unterbricht die Elektronentransportkette, der Protonentransport wird gestört, daher wird NADP nicht reduziert und es wird nicht mehr ausreichend ATP hergestellt. Die Regeneration von RuBP findet im Calvin-Zyklus unter ATP-Verbrauch statt. Bei ATP-Mangel kann folglich kein RuBP regeneriert werden. Die Umsetzung von RuBP und Kohlenstoffdioxid zu PGA benötigt kein ATP, sodass diese</p>		

<b>Thema: Herbizideinsatz in der Landwirtschaft</b> <i>Lösungsvorschlag</i>	<b>BE (AFB)</b>	<b>Erreichte BE</b>
Reaktion noch ablaufen kann. Daher sinkt die Konzentration von RuBP, während die PGA-Konzentration steigt.		
<b>5</b>		
<b>Beurteilen</b> DCMU führt dazu, dass die Primärreaktion unterbrochen wird und die Fotosynthese zum Erliegen kommt. Letztlich sterben die Pflanzen ab. DCMU ist daher als Herbizid geeignet.  DCMU wirkt aber nicht selektiv, da es den Elektronentransport in der Primärreaktion der Fotosynthese bei allen Pflanzen hemmt. Somit werden sowohl Wildkräuter als auch Nutzpflanzen in ihrem Wachstum beeinträchtigt. Deshalb ist der Einsatz von DCMU in der konventionellen Landwirtschaft nur beschränkt möglich, z. B. vor der Aussaat oder nach der Ernte.	2 (II)  2 (III)	
	<b>30</b>	

#### KLP-Bezüge

Inhaltliche Schwerpunkte und Aspekte	Redoxreaktionen Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen
Konkretisierte Kompetenzerwartung	erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren
Übergeordnete Kompetenzerwartung	S1 beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht S2 strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten S7 erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten E9 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen E14 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her K9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander B1 analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz

#### Literatur

Abbildung 1 und Abbildung 4 verändert nach, Calvin M., The Path of Carbon in Photosynthesis, Science, March 1962, Volume 135, 3507, S. 885 Fig. 16, Fig. 17

Abbildung 2: stark verändert nach Zellbiologie und Stoffwechsel, Grüne Reihe, Westermann 2015, S.177 Abbildung 177.1

Abbildung 3 verändert nach: Khorobrykh, S., Tsurumaki, T., Tanaka, K., Tyystjärvi, T. and Tyystjärvi, E. (2020), Measurement of the redox state of the plastoquinone pool in cyanobacteria. FEBS Lett, 594: 367-375.

<https://doi.org/10.1002/1873-3468.13605> Figure 3