

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Biologie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	C ₃ -Pflanzen und Diversität bei C ₄ -Pflanzen
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Leben und Energie ♦ Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen ♦ Stofftransport zwischen Kompartimenten ♦ Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-/ADP-System ♦ Aufbauender Stoffwechsel ♦ Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum ♦ Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren ♦ Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration ♦ C₄-Pflanzen
Materialien	♦ M 1 C₃- und C₄-Pflanzen im Vergleich ♦ M 2 Zwei Typen der C₄-Fotosynthese ♦ M 3 Die Wirkung von DCDP als Herbizid
Quellenangaben	♦ M 1 Young, S. N. R. & Lundgren, M. R. (2023). C₄ photosynthesis in <i>Paulownia</i>? A case of inaccurate citations. <i>Plants, People, Planet</i>, 5(2), 292–303. https://doi.org/10.1002/ppp3.10343 ♦ M 2 Wang, L. et al. (2011). Regulatory mechanisms underlying C₄ photosynthesis. <i>New Phytologist</i>, 190(1), 9–20. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03649.x ♦ M 3 Jenkins, C. L. D. (1989). Effects of the Phosphoenolpyruvate Carboxylase Inhibitor 3,3-Dichloro-2-(Dihydroxyphosphinoylmethyl)propenoate on Photosynthesis. <i>Plant Physiology</i>, 89(4), 1231–1237. https://doi.org/10.1104/pp.89.4.1231
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat¹
fachpraktischer Anteil	♦ nein

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

C₃-Pflanzen und Diversität bei C₄-Pflanzen

Der Gruppe der C₃-Pflanzen wird häufig die Gruppe der C₄-Pflanzen gegenübergestellt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen C₃- und C₄-Pflanzen zeigt sich in der Wirkung von Herbiziden. Darüber hinaus können auch innerhalb der Gruppe der C₄-Pflanzen verschiedene C₄-Typen unterschieden werden.

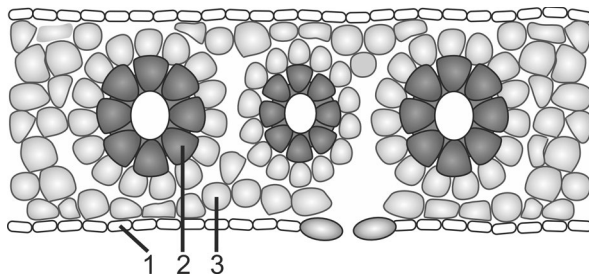
	BE
1 Benennen Sie die Bestandteile 1 bis 6 der Blattquerschnitte von Pflanze A und Pflanze B in Abbildung 1 (M 1). Ordnen Sie Pflanze A und Pflanze B anhand von Abbildung 2 begründet einer C₃- und C₄-Pflanze zu (M 1).	5
2 Erläutern Sie die anatomischen und stoffwechselphysiologischen Anpasstheiten von C₄-Pflanzen an ihre Standorte (M 1). Leiten Sie die Auswirkungen von hohen Temperaturen und Trockenheit auf das Wachstum von C₃-Pflanzen ab (M 1).	9
3 Stellen Sie tabellarisch die Unterschiede der beiden C₄-Stoffwechseltypen hinsichtlich des Stofftransports und der Stoffumwandlung dar (M 2).	8
4 Fassen Sie die in den Abbildungen 4 und 5 dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen (M 3). Leiten Sie anhand dieser Untersuchungsergebnisse die Wirkung der Substanz DCDP auf das Enzym PEPC und den Einfluss auf den C₄-Stoffwechsel ab (M 1, M 3).	10
5 Beurteilen Sie aus ökologischer Sicht den Einsatz von DCDP zur Bekämpfung von C₄-Beikräutern auf einem Feld mit C₃-Pflanzen (M 3).	8

2 Material

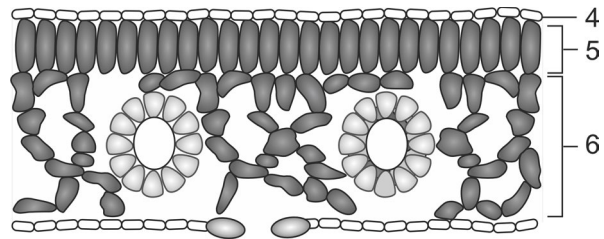
Material 1: C₃- und C₄-Pflanzen im Vergleich

C₄-Pflanzen sind im Vergleich zu C₃-Pflanzen in ihrem anatomischen Bau des Pflanzenkörpers und ihren stoffwechselphysiologischen Besonderheiten an Standorte mit hohen Temperaturen und Trockenheit angepasst. Abbildung 1 zeigt schematische lichtmikroskopische Querschnitte durch je ein Laubblatt einer C₃- und einer C₄-Pflanze. Abbildung 2 stellt vergrößerte Ausschnitte der Blattquerschnitte mit der Lokalisierung ausgewählter Prozesse der Fotosynthese bei C₃- und C₄-Pflanzen in den beteiligten Zelltypen dar.

Blattquerschnitt Pflanze A



Blattquerschnitt Pflanze B



Hinweis: Die Graustufen der dargestellten Zelltypen veranschaulichen die Menge der vorhandenen Chloroplasten und symbolisieren unterschiedliche Zelltypen bei den Pflanzen A und B.

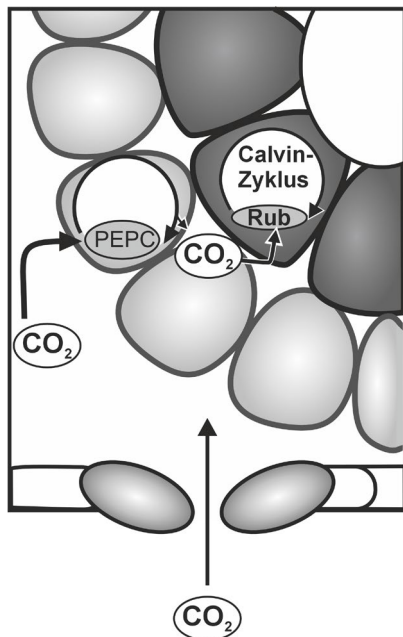
Dunkelgrau gefärbte Zellen: hohe Anzahl an Chloroplasten

Hellgrau gefärbte Zellen: geringe Anzahl an Chloroplasten

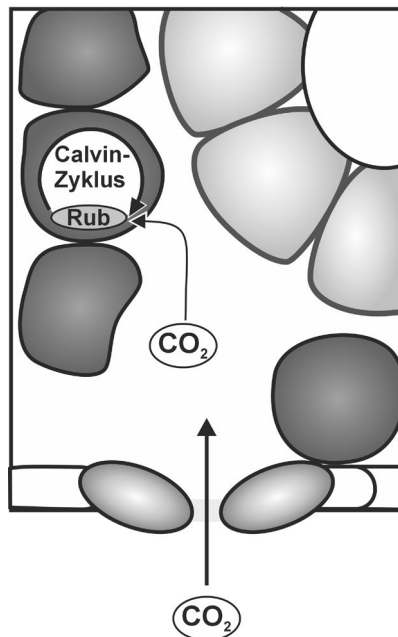
Abb. 1: Blattquerschnitte von zwei verschiedenen Pflanzen A und B

(Quelle: In Anlehnung an Young & Lundgren., 2023, S. 296 Abb. 2)

Pflanze A



Pflanze B



PEPC = Phosphoenolpyruvat-Carboxylase

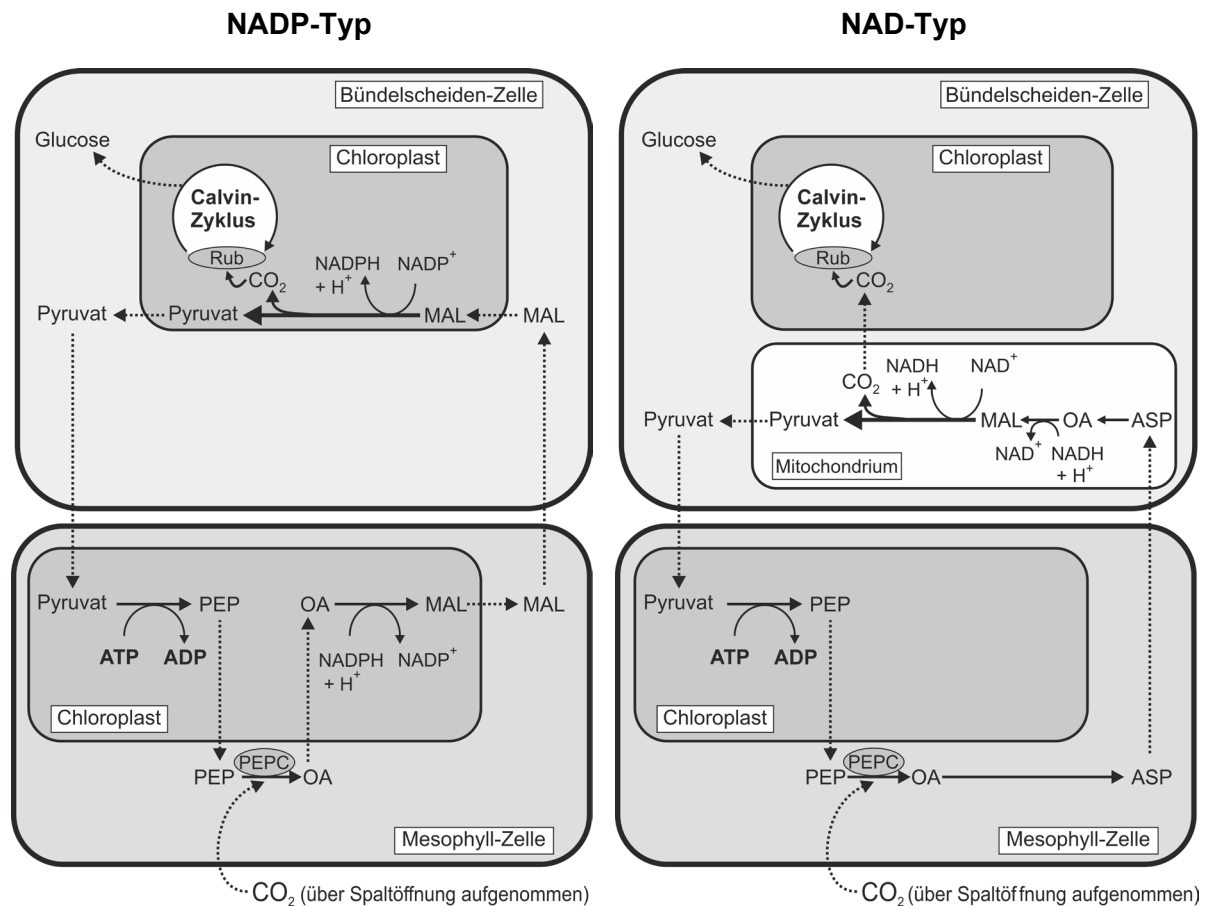
Rub = Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase (Rubisco)

Abb. 2: Vergrößerter Ausschnitt eines Blattquerschnitts einer C₃- und einer C₄-Pflanze mit Lokalisierung ausgewählter Prozesse der Fotosynthese

(Quelle: In Anlehnung an Young & Lundgren, 2023, S. 296 Abb. 2)

Material 2: Zwei Typen der C₄-Fotosynthese

Bei der Fotosynthese nutzen C₄-Pflanzen unterschiedliche Stoffwechselwege, um das zuvor fixierte Kohlenstoffdioxid wieder freizusetzen und in den Calvin-Zyklus einzuspeisen. In diesem Zusammenhang werden verschiedene Typen der C₄-Fotosynthese unterschieden, von denen zwei in Abbildung 3 dargestellt sind.



PEP	Phosphoenolpyruvat
PEPC	PEP-Carboxylase
OA	Oxalacetat
MAL	Malat
ASP	Aspartat
Rub	Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase (Rubisco)
.....→	Stofftransport

Abb. 3: C₄-Stoffwechsel des NADP- und NAD-Typs (vereinfachte Darstellung)

(Quelle: In Anlehnung an Wang et al, 2011, S. 3, Abb. 1)

Material 3: Die Wirkung von DCDP als Herbizid

Vor allem Beikräuter, die C_4 -Fotosynthese betreiben, vermindern den Ertrag von C_3 -Pflanzen, wie beispielsweise Weizen, Reis und Gerste. Herbizide sind Substanzen, die Beikräuter abtöten sollen. In einer Versuchsreihe wurde die Wirkung der Substanz DCDP auf die Aktivität der Phosphoenolpyruvat-Carboxylase (PEPC) einer Pflanze, die C_4 -Fotosynthese betreibt, untersucht (Abb. 4). Das Enzym PEPC kommt auch in zahlreichen anderen Lebewesen wie Bakterien vor und ist an Stoffwechselvorgängen wie z. B. der Stickstofffixierung durch Knöllchenbakterien, die in Symbiose mit C_3 -Pflanzen leben, beteiligt. Die genaue Wirkungsweise von DCDP auf C_3 -Pflanzen wurde bisher noch nicht untersucht.

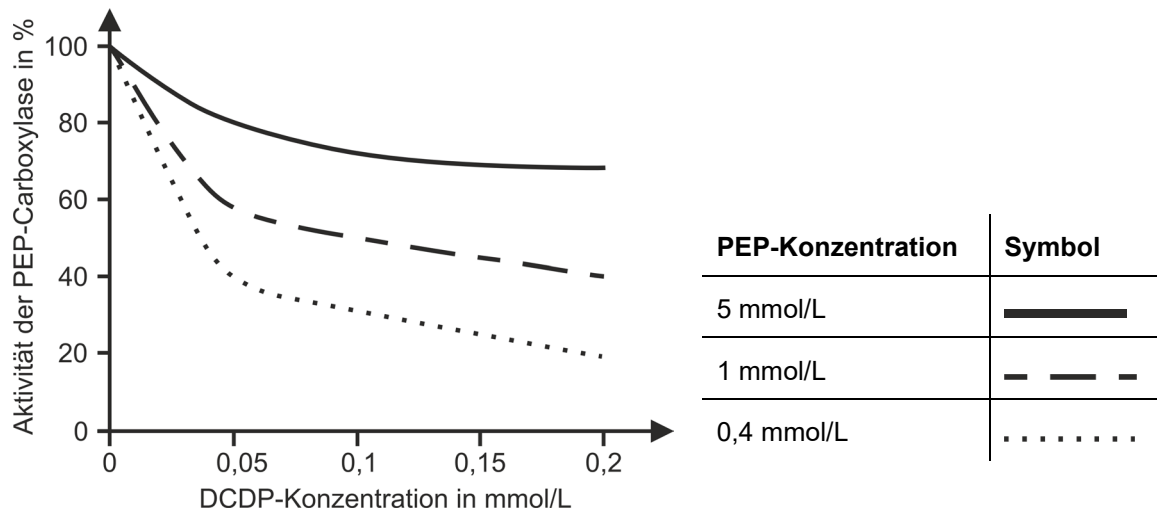


Abb. 4: Die Wirkung unterschiedlicher DCDP-Konzentrationen auf die Aktivität der PEP-Carboxylase bei verschiedenen PEP-Konzentrationen

(Quelle: In Anlehnung an Jenkins, 1989, S. 1233, Abb. 1)

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Wirkung von DCDP auf C_3 - und C_4 -Modellpflanzen untersucht. Dabei wurde eine DCDP-Lösung mit der Konzentration 1 mmol/L nach 8 Minuten sowohl zu Weizen als auch zu Rispenhirse hinzugefügt und die Fotosyntheserate der jeweiligen Pflanzen gemessen (Abb. 5).

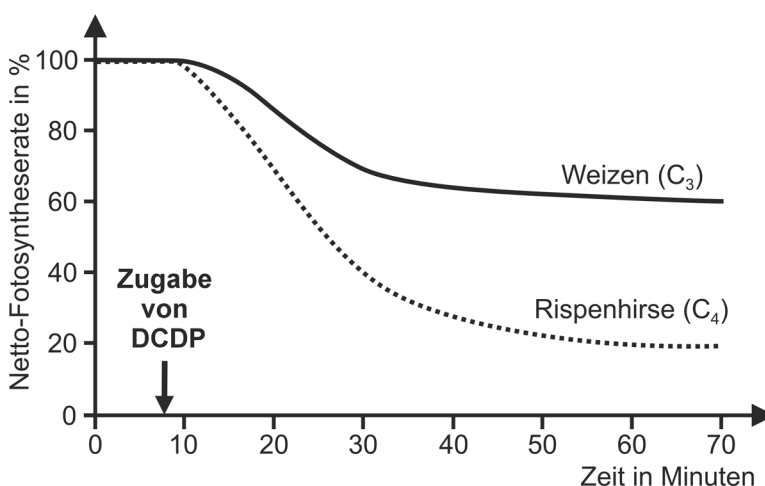


Abb. 5: Wirkung von DCDP auf Weizen und Rispenhirse

(Quelle: In Anlehnung an Jenkins, C. 1989, S. 1234, Abb. 2)

In weiterführenden Versuchen wurde nach dem Entfernen von DCDP durch Wasser eine vollständige Regeneration der Fotosyntheserate bei C_4 -Pflanzen beobachtet. Bei C_3 -Pflanzen liegen dazu keine Untersuchungsergebnisse vor.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB										
		I	II	III								
1	Benennen: ♦ 1: untere Epidermis, 2: Bündelscheiden-Zelle, 3: Mesophyll-Zelle, 4: obere Epidermis, 5: Palisadenparenchym, 6: Schwammparenchym Begründet zuordnen: ♦ Pflanze A: C₄-Pflanze, da das Enzym PEPC nur bei C₄-Pflanzen CO₂ fixiert ♦ Pflanze B: C₃-Pflanze, da PEPC nicht vorhanden	3										
		1	1									
2	Erläutern: ♦ Fotosynthese bei C₄-Pflanzen in zwei verschiedenen Zelltypen ♦ In Mesophyllzellen Fixierung von CO₂ mithilfe von PEPC ♦ PEPC aufgrund von hoher CO₂-Affinität in der Lage, pro Zeit mehr CO₂ zu fixieren und der Rubisco zur Verfügung zu stellen ♦ Calvin-Zyklus läuft in Bündelscheidenzellen ab ♦ Bei hohen Temperaturen und Trockenheit Fotosynthese trotz geringer Öffnungsweite der Spaltöffnungen möglich → reduzierter Wasserverlust durch Transpiration Ableiten: Bei hohen Temperaturen und Trockenheit geringe Öffnungsweite der Spaltöffnungen → reduzierte Verfügbarkeit von CO₂ → Fotosynthese eingeschränkt → verringertes bis fehlendes Wachstum		6									
			3									
3	Darstellen: <table><tr><th>NADP-Typ</th><th>NAD-Typ</th></tr><tr><td> ♦ OA-Transport in Chloroplast der Mesophyll-Zelle ♦ Dort <u>Umwandlung</u> OA → MAL unter Verbrauch von NADPH + H⁺ </td><td> ♦ <u>Umwandlung</u> OA → ASP in Mesophyll-Zelle </td></tr><tr><td> ♦ MAL-Transport in das Cytoplasma der Mesophyllzelle; von dort Transport in Bündelscheiden-Zelle ♦ anschließend MAL-Transport in Chloroplasten der Bündelscheidenzelle </td><td> ♦ ASP-Transport von Mesophyll-Zelle in Mitochondrium der Bündelscheiden-Zelle </td></tr><tr><td> ♦ <u>Umwandlung</u> MAL → Pyruvat, unter Verbrauch von NADP⁺, dabei CO₂-Abspaltung </td><td> ♦ <u>Umwandlung</u> ASP → OA → MAL unter Verbrauch von NADH + H⁺ </td></tr></table>	NADP-Typ	NAD-Typ	♦ OA-Transport in Chloroplast der Mesophyll-Zelle ♦ Dort <u>Umwandlung</u> OA → MAL unter Verbrauch von NADPH + H⁺	♦ <u>Umwandlung</u> OA → ASP in Mesophyll-Zelle	♦ MAL-Transport in das Cytoplasma der Mesophyllzelle; von dort Transport in Bündelscheiden-Zelle ♦ anschließend MAL-Transport in Chloroplasten der Bündelscheidenzelle	♦ ASP-Transport von Mesophyll-Zelle in Mitochondrium der Bündelscheiden-Zelle	♦ <u>Umwandlung</u> MAL → Pyruvat, unter Verbrauch von NADP⁺, dabei CO₂-Abspaltung	♦ <u>Umwandlung</u> ASP → OA → MAL unter Verbrauch von NADH + H⁺	4	4	
NADP-Typ	NAD-Typ											
♦ OA-Transport in Chloroplast der Mesophyll-Zelle ♦ Dort <u>Umwandlung</u> OA → MAL unter Verbrauch von NADPH + H⁺	♦ <u>Umwandlung</u> OA → ASP in Mesophyll-Zelle											
♦ MAL-Transport in das Cytoplasma der Mesophyllzelle; von dort Transport in Bündelscheiden-Zelle ♦ anschließend MAL-Transport in Chloroplasten der Bündelscheidenzelle	♦ ASP-Transport von Mesophyll-Zelle in Mitochondrium der Bündelscheiden-Zelle											
♦ <u>Umwandlung</u> MAL → Pyruvat, unter Verbrauch von NADP⁺, dabei CO₂-Abspaltung	♦ <u>Umwandlung</u> ASP → OA → MAL unter Verbrauch von NADH + H⁺											

	♦ <u>Umwandlung MAL</u> → Pyruvat unter Verbrauch von NAD⁺, dabei CO₂-Abspaltung ♦ CO₂-Transport in Chloroplast der Bündelscheiden-Zelle			
	♦ Pyruvat-Transport aus dem Chloroplasten in das Cytoplasma der Bündelscheiden-Zelle ♦ Pyruvat-Transport von Mitochondrium ins Cytoplasma der Bündelscheiden-Zelle			
4	Zusammenfassen: M 3, Abb. 4: ♦ Die Aktivität der PEP-Carboxylase nimmt mit zunehmender DCDP-Konzentration ab. ♦ Bei höheren PEP-Konzentrationen nimmt die Aktivität der PEP-Carboxylase weniger stark ab als bei niedrigeren PEP-Konzentrationen. M 3, Abb. 5: ♦ Die Netto-Fotosyntheserate der C₄-Pflanze Rispenhirse nimmt nach Zugabe von DCDP deutlich ab. ♦ Der Einfluss auf die C₃-Pflanze Weizen ist hingegen geringer. Ableiten: Die Wirkung von DCDP besteht in der kompetitiven Hemmung des Enzyms PEP-Carboxylase, die zu einer Reduktion der CO₂-Fixierung durch Rubisco führt. Die Glucose-Bildung wird infolgedessen stark reduziert.	2	1	
		2	1	4
5	Beurteilen: Sachurteil: Der Einsatz von DCDP zur Reduktion des Wuchses unerwünschter C₄-Beikräuter ist grundsätzlich möglich, jedoch in der Praxis aufwendig und aus ökologischer Sicht bedenklich. Für den Einsatz spricht: ♦ DCDP verringert die Fotosyntheseaktivität von C₄-Pflanzen erheblich → Wachstum verringert; Wirkung auf C₃-Pflanzen ist hingegen wesentlich geringer Gegen den Einsatz spricht: ♦ Entfernen des Herbizids durch Wasser hat bei C₄-Pflanzen Regeneration und Erreichen der ursprünglichen Fotosyntheserate zur Folge → häufiges Ausbringen, z. B. nach Regen, wäre notwendig ♦ Folgen für Bakterien nicht untersucht → langfristige Konsequenzen nur unzureichend abschätzbar, negative Auswirkungen auf Stickstofffixierung nicht auszuschließen → verringerte Wachstumsrate von C₃-Pflanzen, die Symbiose mit Knöllchenbakterien eingehen		4	4
	Summe²	12	20	8

² Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug³

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1	1		
2	2	9	3	
3	1, 2	9	2, 3, 5	
4	7	1, 9	2, 3, 14	
5	6	3	2, 3, 14	2

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster⁴ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

³ Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife angegeben, die zur Bearbeitung der Teilaufgabe erforderlich sind.

⁴ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.