

Lichtunabhängige Reaktionen der Fotosynthese (Sekundärreaktion/Dunkelreaktion)

Die in den lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese gebildeten Energieträger ATP und NADPH + H⁺ werden auf der Stromaseite der Thylakoidmembran produziert. Im Stroma finden auch die lichtunabhängigen Reaktionen, die Produktion von Glucose aus dem über die Stomata aufgenommenen Kohlenstoffdioxid, statt (→ S. 170). Deren komplexer chemischer Ablauf kann in drei Phasen gegliedert werden: Die Fixierung von Kohlenstoffdioxid an ein Akzeptormolekül, die Reduktion der Kohlenstoffe und die Regeneration des Kohlenstoffdioxid-Akzeptormoleküls (Abb. 179.1). Es handelt sich also um einen Stoffkreislauf, der zu Ehren seines Entdeckers auch als CALVIN-Zyklus bezeichnet wird.

In der ersten Phase wird ein Kohlenstoffdioxidmolekül an eine Pentose, den C5-Zucker Ribulose-1,5-bisphosphat angelagert ①. Diese Reaktion wird katalysiert durch Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase. Dieses Enzym ist das häufigste Protein in den Chloroplasten und wahrscheinlich das häufigste Protein auf der Erde. Das Produkt dieser CO₂-Fixierung ist ein C6-Molekül, das so instabil ist, dass es unter Reaktion mit Wasser sofort in zwei Moleküle 3-Phosphoglycerat ② zerfällt.

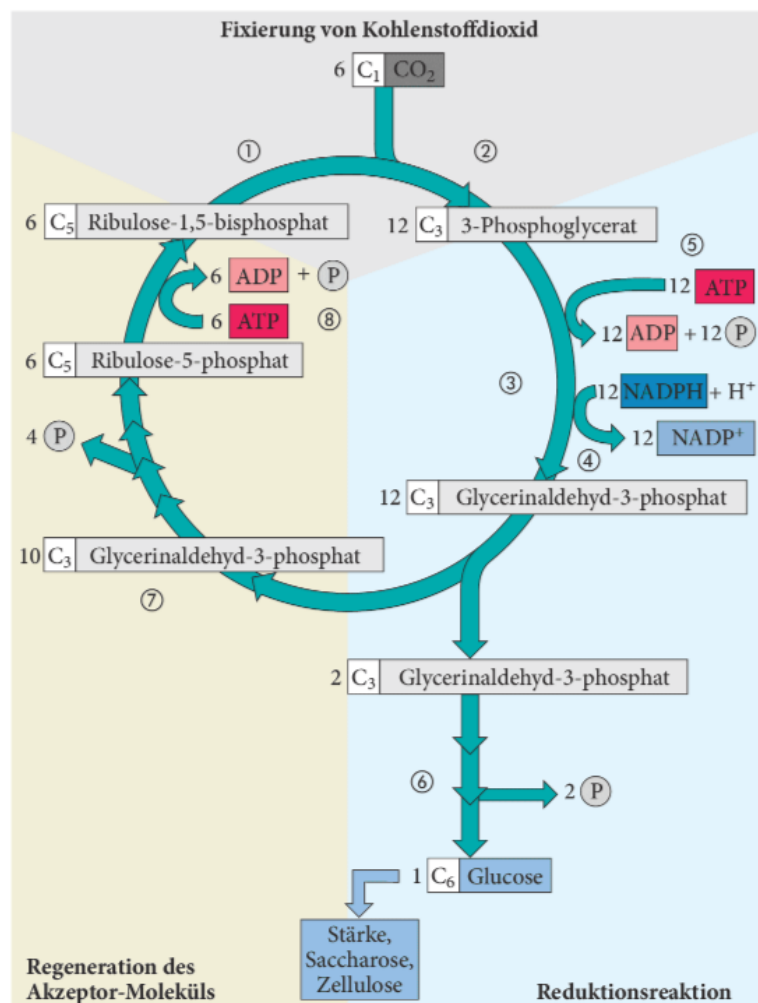
In der zweiten Phase wird das 3-Phosphoglycerat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat ③ reduziert. Für diese Reduktion werden die Produkte der lichtabhängigen Reaktionen benötigt: NADPH + H⁺ ④ liefert die dazu notwendigen Elektronen und ATP ⑤ zusätzlich Energie. Trotzdem werden die Reaktionen des Calvin-Zyklus als lichtunabhängig bezeichnet, da Lichtabsorption nicht direkt beteiligt ist. Glycerinaldehyd-3-phosphat ist eine Triose, ein Zuckermolekül mit drei Kohlenstoffatomen. Aus zwei dieser Triosen kann die Pflanze die Hexose Glucose ⑥ herstellen. Diese kann in andere Biomoleküle wie etwa Saccharose, Stärke oder Zellulose eingebaut werden. Für die Synthese eines Moleküls Glucose muss der Zyklus sechsmal durchlaufen werden, jedes mal unter Fixierung eines weiteren CO₂-Moleküls an ein

Ribulose-1,5-bisphosphat. Es liegen nach der Reduktionsreaktion 36 C-Atome in Form von 12 Molekülen Glycerinaldehyd-3-phosphat vor.

Wenn jedoch ausschließlich die Bildung von Glucose erfolgen würde, dann wäre in kurzer Zeit das Ribulose-1,5-bisphosphat verbraucht. Um einen kontinuierlichen Ablauf des CALVIN-Zyklus zu gewährleisten, ist es nötig, dass stets genügend Ribulose-1,5-bisphosphat zur Fixierung von Kohlenstoffdioxid zur Verfügung steht. Daher verwenden Pflanzenzellen nur zwei Moleküle des gebildeten Glycerinaldehyd-3-phosphats zur Glucosesynthese.

Die anderen 10 Moleküle ⑦ werden eingesetzt um sechs Akzeptormoleküle ⑧ wieder zu regenerieren. Auch bei der Regeneration des Akzeptors, der dritten Phase des CALVIN-Zyklus wird ATP ⑩ verbraucht.

1 Beschreiben Sie die drei Phasen des CALVIN-Zyklus anhand von Abbildung 179.1.



179.1 CALVIN-Zyklus