

den konnte. Durch Umsetzung mit Dimethylamin in Äther bei  $0-10^{\circ}$  wird 5-Dimethylaminomethyl-2-methyl-2.3-dihydrofuranon-(3) (7) ( $R_1=H$ ,  $R_2=CH_3$ ) erhalten. Ausbeute ca. 30%; Sdp.<sub>0,3-1</sub>:  $65-73^{\circ}$ ; die Verbindung gibt, in wenig Petroläther gelöst, mit

Methyljodid das von EUGSTER beschriebene Methojodid vom Schmp.  $136-139^{\circ}$  (Zers.) und zeigt im IR-Spektrum die für das 5-Dimethylaminomethyl-2-methyl-2.3-dihydrofuranon-(3) charakteristischen Banden bei  $1710\text{ cm}^{-1}$  (CO-Bande) und  $1605\text{ cm}^{-1}$  (Doppelbindung)<sup>7</sup>.

## Die Wirkung von O<sub>2</sub>-Entzug auf die Induktionsphase der photosynthetischen CO<sub>2</sub>-Aufnahme

VON KARL EGLE UND GÜNTER DÖHLER

Botanisches Institut der Universität Frankfurt am Main

(Z. Naturforschg. 19 b, 773—774 [1964]; eingegangen am 26. März 1964)

Die zahlreichen Beobachtungen über den Einfluß des O<sub>2</sub>-Entzuges auf die Photosynthese führten noch zu keiner endgültigen Klärung der Rolle des Sauerstoffes im Photosyntheseprozess<sup>1</sup>. Da die bisherigen Untersuchungen vornehmlich an Algen-Suspensionen durchgeführt wurden, erschien es uns aufschlußreich, die Wirkung des O<sub>2</sub>-Entzuges bei Algen-Sedimenten zu verfolgen, nachdem es sich gezeigt hat, daß Sedimente einzelliger Grünalgen auf geeigneten Membranfiltern die Messung geringer und schnell erfolgender Änderungen des CO<sub>2</sub>-Gaswechsels gestatten<sup>2-5</sup>. Als Versuchsobjekt diente *Chlorella vulgaris* Beyerink (Stamm 211-11 f der Algensammlung im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Göttingen); die Messung des CO<sub>2</sub>-Gaswechsels erfolgte mit Hilfe eines IR-Absorptionsschreibers in einem Gasgemisch aus Reinststickstoff und 0,03 Vol.-% CO<sub>2</sub>. Die geringen Beimengungen von Sauerstoff im Reinststickstoff (ca. 0,004 Vol.-%) konnten mit Hilfe einer Chrom(II)-chlorid-Lösung und des BTS-Katalysators (BASF, Ludwigshafen) bis auf geringste Reste von 0,0002 Vol.-% entfernt werden (gemessen mit dem Sauerstoff-Spuren-Analysator Elcoflux der Firma Dr. Thiedig & Co. KG., Berlin)\*.

Die in Abb. 1 wiedergegebenen Registrierkurven veranschaulichen die Wirkung des O<sub>2</sub>-Entzuges auf die Induktionsphase der Photosynthese und der Dunkelatmung. Kurve 1 zeigt die unter normalen aeroben Bedingungen (20 Vol.-% O<sub>2</sub>, 0,03 Vol.-% CO<sub>2</sub>) bekannten Induktionsphänomene, die durch ein nach einer Belichtungszeit von 10 sec erreichtes, scharf ausgeprägtes Zwischenmaximum der CO<sub>2</sub>-Aufnahme charakterisiert sind. Wird das gleiche Sediment mit einem Gasgemisch aus Reinststickstoff + 0,03 Vol.-% CO<sub>2</sub> durchströmt (Kurve 2), so wird die Dunkelatmung bereits nach wenigen min auf 30% ihres normalen Wertes verringert. Bei Belichtung des Sediments nach einem O<sub>2</sub>-Entzug von 10 min Dauer ist eine deutliche Beeinflussung der Induktionsphase der Photosynthese zu beobachten: das Zwischenmaximum der CO<sub>2</sub>-Aufnahme ist auf die

Hälfte erniedrigt und ist nur noch sehr flach ausgeprägt. Nach dem Ende der Beleuchtungsperiode von 10 min zeigt die Dunkelatmung zunächst einen erhöhten Wert und klingt über die früher bereits beschriebenen drei Phasen<sup>4</sup> auf den stationären Wert ab, der jedoch nur ca. 25% des unter normalen aeroben Bedingungen gemessenen Atmungswertes entspricht (vgl.

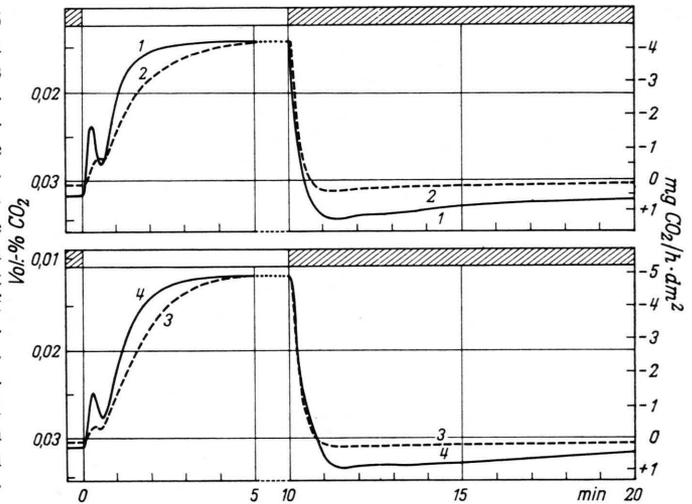


Abb. 1. Registrierung der Aufnahme und Abgabe von Kohlendioxid des gleichen Sedimentes von *Chlorella vulgaris* (Trockensubstanz 29,4 mg) unter aeroben und anaeroben Versuchsbedingungen. Kurve 1: unter normalen aeroben Bedingungen (atmosphärische Luft mit 0,03 Vol.-% CO<sub>2</sub>); Kurve 2: nach 10 min O<sub>2</sub>-Entzug; Kurve 3: nach 5-stdg. Einwirkung anaerober Bedingungen; Kurve 4: im Anschluß daran 5 min unter aeroben Bedingungen. Die Licht- und Dunkelperioden sind hell bzw. dunkel eingezeichnet. Auf der linken Ordinate ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration am Ausgang der Assimilationskammer, auf der rechten Ordinate die von den Algen aufgenommene bzw. abgegebene CO<sub>2</sub>-Menge angegeben.

Kurve 1). Nach 5-stdg. Einwirken der anaeroben Bedingungen (Kurve 3) wird die Induktionsphase der primären CO<sub>2</sub>-Aufnahme noch weiter erniedrigt; der stationäre Photosynthesewert wird zwar langsamer, aber in der gleichen Höhe erreicht. Die Dunkelatmung zeigt unter diesen — wie auch unter länger anhaltenden anaeroben Bedingungen — zwar eine gegenüber dem

<sup>1</sup> E. KESSLER, Handbuch Pflanzenphysiol. V/1, 935 [1960].

<sup>2</sup> G. DÖHLER, Planta 60, 158 [1963].

<sup>3</sup> G. DÖHLER u. K. EGLE, Beitr. Biol. Pflanzen 39, 123 [1963].

<sup>4</sup> K. EGLE u. G. DÖHLER, Beitr. Biol. Pflanzen 39, 295 [1963].

<sup>5</sup> G. DÖHLER u. K. EGLE, Z. Naturforschg. 19 b, 137 [1964].

\* Wir danken der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M. für die Überlassung des Gerätes.

<sup>6</sup> O. WARBURG, G. KRIPPAHL, KL. JETSCHMANN u. A. LEMMANN, Z. Naturforschg. 18 b, 837 [1963].

stationären Wert zunächst noch auf den doppelten Betrag erhöhte Atmung, der Abfall der Atmungsinduktion über 3 Phasen ist jedoch nicht mehr zu beobachten. Wird über das gleiche Algensediment nach dieser langen Verweilzeit unter anaeroben Bedingungen wieder normale atmosphärische Luft geleitet, so treten bereits nach 5 min die üblichen, unter aeroben Bedingungen zu beobachtenden Induktionsphänomene der Photosynthese und der Dunkelatmung wieder in Erscheinung.

Eine weit stärkere Wirkung des  $O_2$ -Entzuges auf die Induktionsphase der Photosynthese kann nach einer Einwirkung der anaeroben Bedingungen von 14 Std. beobachtet werden (Abb. 2, Kurve 1). Mit Lichtbeginn zeigt sich eine erheblich verzögerte und nur allmählich

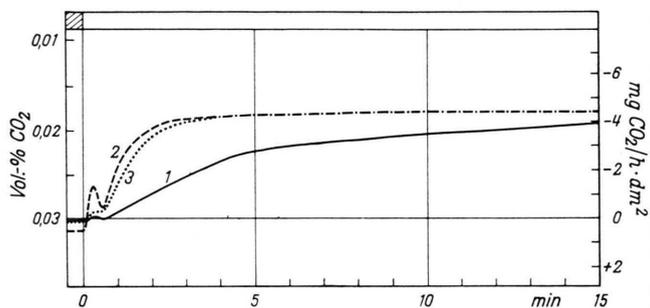


Abb. 2. Registrierkurven der photosynthetischen  $CO_2$ -Aufnahme des gleichen Sedimentes von *Chlorella vulgaris* (Trockensubstanz 30,5 mg). Kurve 1: nach 14-stdg. Einwirkung anaerober Bedingungen; Kurve 2: im Anschluß daran 10 min unter aeroben Bedingungen (atm. Luft); Kurve 3: nach 5 min erneutem  $O_2$ -Entzug. Weitere Angaben wie bei Abb. 1.

anlaufende photosynthetische  $CO_2$ -Aufnahme, die eine kaum mehr ausgeprägte Induktionsphase aufweist. Die Photosynthese kommt erst mit Hilfe des bei Belichtung gebildeten Sauerstoffs stärker in Gang und erreicht nur allmählich einen etwas niedriger liegenden stationären Wert. Nach dem Umschalten auf aerobe Bedingungen (atmosphärische Luft) kann nach 10 min bereits wieder der normale Induktionseffekt der Photosynthese in vollem Umfang beobachtet werden (Kurve 2). Erneuter  $O_2$ -Entzug setzt die primäre  $CO_2$ -Aufnahme bei Lichtbeginn wiederum erheblich herab (Kurve 3). Damit ist erwiesen, daß die Auswirkung des  $O_2$ -Entzuges auf die Induktionseffekte der Photosynthese vollständig reversibel ist.

Die an den Algensedimenten von *Chlorella vulgaris* erzielten Ergebnisse demonstrieren deutlich, daß der  $O_2$ -Entzug praktisch nur die Induktionsperiode der photosynthetischen  $CO_2$ -Aufnahme und weniger die Höhe des stationären Wertes beeinflusst. Nach den vorliegenden Beobachtungen kann man annehmen, daß der  $O_2$ -Entzug ein an der primären  $CO_2$ -Bindung beteiligtes System hemmt und daß durch das während der Belichtung gebildete  $O_2$  diese Hemmung allmählich aufgehoben wird. Weitere Untersuchungen müßten zeigen, ob bei den beobachteten Wirkungen des  $O_2$ -Entzuges auf die Induktionsphase der Photosynthese eine unmittelbare Beeinflussung des postulierten primären  $CO_2$ -Acceptors vorliegt oder ob die hier beschriebenen Effekte nach den Vorstellungen von WARBURG<sup>6</sup> durch die Hemmung oder fast vollständige Blockierung der Rückreaktion gedeutet werden können.

Wir danken unserer techn. Assistentin Frau H. MESCHDE für ihre fleißige und zuverlässige Mitarbeit.

## Tubuläre Strukturen in Zellkernen toxischgeschädigter Leukozyten

Von H. RUSKA und C. RUSKA

Institut für Biophysik und Elektronenmikroskopie  
der Medizinischen Akademie Düsseldorf

(Z. Naturforsch. 19 b, 774—775 [1964]; eingegangen am 27. Mai 1964)

Zahlreiche bakterielle Toxine verursachen Gewebnekrosen. Es hat sich gezeigt, daß sie z. T. sehr spezifische enzymatische Eigenschaften besitzen, die sie zum Abbau von Kollagen und anderen Proteinen, von Nucleinsäuren und von Lipoiden befähigen. Bei der Suche nach lytischen Wirkungen auf Komponenten der Kernstruktur fanden wir ein Staphylokokkenhämolyysin<sup>1</sup> zum partiellen Kernabbau geeignet. Seine Einwirkung auf Leukozyten im subkutanen Gewebe von Kaninchen hinterläßt in den oft stark veränderten Kernen und Kernfragmenten einheitliche tubuläre Strukturen von etwa 50 nm Durchmesser, 5 nm Wandstärke und vermutlich mehreren  $\mu m$  Länge (Abb. 1\*). Wie weit das Toxin allein die Freilegung von Tubuli hervorbringt wie

weit der Toxinwirkung folgende, autolytische Vorgänge eine Rolle spielen, ist noch ungeklärt. Außer in den Leukozyten zeigten sich, wenn auch weniger deutlich, nach der Einwirkung von intracutan gespritztem Staphylokokkentoxin ( $10^3$  hämolytische Einheiten, DMH<sub>50</sub>) tubuläre Strukturen in den interphasischen Kernen der basalen Zellen des Stratum germinativum und nach Toxinresorption durch den Darm, in Arbeitskernen von Epithelzellen.

Beziehungen der Tubuli zu den in Prophasekernen beobachteten Axialstrukturen der Chromosomen<sup>2,3</sup> sind sehr unwahrscheinlich. Ihr Durchmesser ist geringer als der Abstand der lateralen Elemente im axialen Komplex. Er ist andererseits wesentlich größer als der von Chromatinfäden. Die Verteilung tubulärer Strukturen über den ganzen Leukozytenkern ist gleichmäßiger als sie in Spermatozyten von *Drosophila* während der Gametogenese beschrieben wurde<sup>4</sup>. Der Tubulusdurchmesser in den Leukozytenkernen ist nur wenig größer als der von Kerntubuli in Spermatozyten, aber die Tubuli der Leukozyten erschienen in der Längsrichtung nicht in Kammern unterteilt, sondern durchgängig. Möglicherweise<sup>5</sup> entsprechen die Tubuli den Kleinschrauben von kondensierten Chromosomen wie sie in *Amphidinium*

\* Abb. 1 s. Tafel S. 678 d.