

Werk

Label: Rezension

Ort: Braunschweig

Jahr: 1896

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0011 | LOG_0183

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Jacques Loeb: Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen des Sauerstoffmangels. (Pflügers Archiv für Physiologie. 1895, Bd. LXII, S. 249.)

Während die Wirkung des Sauerstoffmangels auf die chemischen Vorgänge des Stoffwechsels in den lebenden Organismen von einer Reihe von Physiologen erforscht worden, hat man sich mit den biologischen Wirkungen der Sauerstoffentziehung noch wenig beschäftigt, und unsere Kenntniss von denselben beschränkt sich auf die Thatsache, dass alle thierischen Lebenserscheinungen ohne Sauerstoff früher oder später aufhören, bei höheren Thieren nach den Erscheinungen der Dyspnoe, und dass das Protoplasma unter Vacuolenbildung und Trübung zerfällt. Bei der Wichtigkeit des Sauerstoffs für alle Lebenserscheinungen war eine genauere Untersuchung einzelner Vorgänge unter dem Einfluss des Sauerstoffmangels um so mehr erwünscht, als sie am ehesten qualitative und quantitative Ergebnisse in Aussicht stellte. Im nachstehenden sollen nun einige Beobachtungen mitgetheilt werden, welche in dieser Beziehung von Herrn Loeb mitgetheilt worden sind.

Die Versuche wurden an Eiern von Fischen (*Ctenolabrus*, *Fundulus*) und von Seeigeln (*Arbacia*), sowie an Embryonen derselben ausgeführt. In einer kleinen (Engelmannschen) Glaskammer wurden sie unter dem Mikroskope oder mit blossem Auge beobachtet, während die Luft durch einen Wasserstoffstrom aus dem Apparate vertrieben war und ein beliebig lange fortgesetzter Wasserstoffstrom auch allen absorbirten Sauerstoff aus dem Versuchsobjecte verdrängte. Um die Wirkung der Sauerstoffentziehung auf bestimmte Lebensvorgänge sicherer zu constatiren, wurden letztere zeitweise dadurch unterbrochen, dass man die Kammer auf Eis legte, und erst, nachdem der Wasserstoffstrom lange Zeit eingewirkt hatte, wurde die Kammer wieder auf Zimmertemperatur gebracht und das Phänomen beobachtet.

Zuerst ist die Furchung von künstlich befruchteten *Ctenolabrus*-Eiern untersucht worden. Wurden frisch befruchtete Eier in der Kammer einem kräftigen H-Strome ausgesetzt, so traten gewöhnlich noch zwei bis drei Furchungen auf, und dann zeigte sich keine weitere Theilung mehr; hatte man aber die Kammern auf Eis gebracht, so dass durch die Abkühlung die erste Furchung verhindert war, und leitete nun längere Zeit H durch, so trat, wenn die Kammer dann auf Zimmertemperatur erwärmt wurde, keine Furchung auf, ein Beweis, dass die ersten Theilungen im H-Strome von dem im Ei noch vorhandenen Sauerstoff herrührten. Brachte man die Eier, welche im Wasserstoffstrome keine Furchung mehr zeigten, an die Luft, so furchten sie sich in einer halben Stunde sämmtlich; die Eier waren also im H-Strome nicht abgestorben, sondern der Mangel an Sauerstoff hatte das Eintreten der Theilung verhindert. Versuche mit verschieden langer Abkühlung im stetigen H-Strome lehrten, dass, so lange überhaupt soviel Sauerstoff anwesend ist, als zur Furchung erforderlich ist,

diese auch eintritt, während ihr zeitlicher Verlauf von der Temperatur abhängt; ist jedoch aller auspumpbare Sauerstoff aus dem *Ctenolabrus*-Ei entfernt, so kommt eine vollständige Zelltheilung nicht mehr zustande. Der Grund für dieses Ausbleiben der Furchung ist nicht in einem Mangel an Energie zu suchen, sondern in structurellen Veränderungen des Eies, welche durch Sauerstoffmangel hervorgerufen werden und an gefurchten *Ctenolabrus*-Eiern sehr schön zu beobachten sind. Werden diese einem längeren H-Strome ausgesetzt, so sieht man, dass die Scheidewände sich auflösen, stark lichtbrechende Tröpfchen auftreten und schliesslich die Zellen zusammenfliessen. Die vollständige Auflösung eines im 8-Zellenstadium befindlichen Blastoderms dauerte nur 35 Minuten von dem Moment, wo die Furchung zum Stillstand gekommen war. Wenn man dann ein Blastoderm, dessen Scheidewände und Contouren im Wasserstoffstrome verschwunden waren, bevor es ganz abgestorben, wieder in Luft brachte, so begann die Furchung von neuem.

Wenn man die Luft nicht, wie bisher, durch Wasserstoff, sondern durch einen Strom reiner Kohlensäure verdrängte, so zeigten sich neben den Wirkungen des O-Mangels auch noch die der CO₂. Frisch befruchtete Eier furchten sich im CO₂-Strome überhaupt nicht (niemals wurden die ersten Theilungen gesehen, die man im H-Strome beobachtet), und sie starben früh ab; Eier, welche in der Luft das 2- und 4-Zellenstadium erreicht hatten, zeigten in einem CO₂-Strome in etwa 10 bis 15 Minuten amöbenartige Formänderungen an der Oberfläche der Zellen. Eier in weiter vorgeschrittenen Furchungsstadien zeigten in CO₂ eine Auflösung der Furchungskugeln, wie im H.

Eier von *Fundulus*, welche wegen ihres grösseren specifischen Gewichtes im Meerwasser untersinken und sich am Boden entwickeln, während die specifisch leichteren *Ctenolabrus*-Eier an der Oberfläche schwimmen und hier sich entwickeln, boten im Wasserstoffstrome ein anderes Verhalten dar. Die Furchung trat bei diesen im H-Strome ebenso ein, wie in der Luft, und ging 12 bis 15 Stunden stetig weiter; auch nach 24 Stunden hatten sie sich nicht aufgelöst, und selbst nach 4 tägigem Verweilen ohne Sauerstoff hatten sie ihre Entwicklungsfähigkeit nicht verloren. Dagegen erwies sich das *Fundulus*-Ei sehr empfindlich gegen Kohlensäure, in welcher frisch befruchtete Eier sich gar nicht furchten und nach 4 Stunden ihre Entwicklungsfähigkeit für immer verloren.

Die Untersuchung von Seeigel-Eiern im Sauerstoffmangel gab ähnliche Resultate wie die der *Ctenolabrus*-Eier. Im ganzen lehrten somit die Versuche über den Einfluss des Sauerstoffmangels auf die Furchung, dass beim *Fundulus*-Ei, wo keine Auflösung der Zellwände der Furchungszellen bei Sauerstoffmangel stattfindet, die Furchung mehr als zehn Stunden ohne Sauerstoff weiter gehen kann, während beim *Ctenolabrus*- und Seeigel-Ei, die ohne Sauerstoff sich nicht furchen können, eine Auflösung der Oberflächenschicht der Furchungszellen und ein Zu-

sammenfliessen der Zellen stattfindet. Dieser letztere Umstand spricht dafür, dass bei diesen Eiern die Furchung deshalb ausbleibt, weil ohne Sauerstoff tiefgehende, moleculare Aenderungen stattfinden, die unter anderem anscheinend verhindern, dass eine Membran oder spezifische Oberflächenschicht sich bildet.

Weiter hat Herr Loeb den Einfluss des Sauerstoffmangels auf die Herzthätigkeit von Fisch-Embryonen untersucht. Bereits 48 Stunden nach der Befruchtung findet man bei den Embryonen von *Ctenolabrus* ein pulsirendes Herz und einen Blutkreislauf. Bringt man solche Embryonen in eine Gaskammer und leitet einen H-Ström durch dieselbe, so steht das Herz meist schon in 3 bis 10 Minuten still, und zwar tritt der Herzstillstand plötzlich auf. Bringt man diese Embryonen wieder in sauerstoffhaltiges Wasser, so tritt Wiederbelebung ein und zwar um so früher, je weniger lange sie im Wasserstoffström gewesen waren; nach 1 bis 1½ Stunden waren sie ganz trübe geworden und sanken zu Boden. Das plötzliche Eintreten des Herzstillstandes im O-freien Raume spricht für die Vermuthung, dass es sich hier nicht um eine Erschöpfung des Energievorrathes handelt; hingegen schien diese sehr ausgesprochen bei den *Fundulus*-Embryonen, die dem gleichen Versuche unterzogen wurden. Die *Fundulus*-Embryonen, welche im Alter von 4 bis 10 Tagen untersucht wurden [leider wird durch diese Altersverschiedenheit die strenge Vergleichbarkeit mit den *Ctenolabrus*-Embryonen beeinträchtigt. Ref.] zeigten während der ersten 10 bis 20 Minuten der H-Durchleitung keine Abnahme der Zahl der Herzschläge, dann folgte eine stetige Abnahme, die etwa 1½ Stunden währte; die Pulszahl sank von etwa 100 auf 20 Schläge; dieses Minimum hielt etwa 8 bis 10 Stunden an, und dann trat Stillstand ein. — Gegen Kohlensäure war das *Fundulus*-Herz ebenso stark empfindlich, wie das *Fundulus*-Ei; wurde die Luft, statt durch H, durch CO₂ verdrängt, so hörte die Herzkammer schon nach 12 Minuten auf zu schlagen, und der Vorhof nach 1 bis 1½ Stunden. Das Herz war jedoch nicht abgestorben und fing selbst 1 Stunde nach Eintritt des Stillstandes zu schlagen an, wenn die Kohlensäure durch Luft ersetzt wurde. Wenn man die CO₂, welche 1 Stunde lang durch die Kammer geleitet war, durch H verdrängte, so nahm die Kammer nach 40 Minuten ihre Pulsationen wieder auf, und zwar in der geringen Frequenz (24), die oben beobachtet worden, und behielt sie bis zum Tode.

Die Wirkung des O-Mangels auf den Heliotropismus der Thiere wurde an Copepoden untersucht, welche unter bestimmten Bedingungen theils positiv heliotropisch sind und im Glastroge sich an der Fensterseite ansammeln, theils negativ heliotropisch und die Zimmerseite des Troges aufsuchen. Der Einfluss der Sauerstoffentziehung machte sich ganz regelmässig in der Umwandlung negativ heliotropischer Thiere in positiv heliotropische bemerkbar; auf den Heliotropismus der positiv heliotropischen Thiere hatte der O-Mangel keine Wirkung.

Endlich wurde noch die Wirkung des Sauerstoffmangels auf die Pigmentzellen an den *Fundulus*-Embryonen beobachtet, deren Dottersack mit schwarzen und röthlich gelben Pigmentzellen reichlich bedeckt ist. Im Wasserstoffström wurde der dunkle Dottersack allmählig ganz hell, die dunklen Pigmentkörnchen der Zellen waren nach 4stündigem Durchleiten von H verschwunden und hatten weissen Lücken Platz gemacht. Die rothen Pigmentzellen waren zwar auch etwas abgeblasst, ihre Hauptveränderung bestand jedoch in einer stetigen Verkleinerung der Zellen, indem die Spitzen der Fortsätze abbrachen und verschwanden.

Das wesentlichste Ergebniss seiner Untersuchung erblickt Herr Loeb in dem Nachweise, dass in gewissen Fällen durch den Mangel an Sauerstoff zunächst moleculare und weiter morphologische Aenderungen in den Zellen herbeigeführt werden, die ihrerseits erst die Ursache sind, dass die Lebenserscheinungen zum Stillstand kommen. Das ist nachgewiesen für die Furchungsvorgänge am *Ctenolabrus*-Ei. Die schon gebildeten Furchungszellen des *Ctenolabrus*-Eies werden bei Sauerstoffentziehung wieder aufgelöst und fliessen zusammen. Diese Vorgänge sind aber nicht ein Zeichen des Absterbens, denn sobald man ein solches zusammengeflossenes Blastoderm der Luft wieder aussetzt, furcht es sich von neuem. Dagegen sind diese molecularen Veränderungen ausreichend, um die Furchung zu verhindern. Die Furchungszellen des *Arbacia*-Eies erleiden bei Sauerstoffmangel ähnliche, wenn auch weniger ausgesprochene Veränderungen. Wir finden, dass auch hier ohne Sauerstoff die Furchung unmöglich ist. Dagegen bringt O-Mangel keine derartigen molecularen Aenderungen beim *Fundulus*-Ei hervor, und dementsprechend geht die Furchung ohne Sauerstoff hier viele Stunden lang weiter. Es ist aber auch möglich, dass derartige, durch Sauerstoffmangel bedingte, moleculare Aenderungen in der Zelle ebenso die Ursache für das Stillstehen anderer Lebenserscheinungen sind, z. B. der Herzthätigkeit. So finden wir, dass das Herz des *Ctenolabrus*-Embryo, dessen Furchungszellen so tiefe Structuränderungen bei Sauerstoffmangel erleiden, auch sehr rasch und plötzlich bei O-Entziehung stillsteht, ehe eine nennenswerthe Abnahme der Frequenz der Herzschläge stattgefunden hat, während das Herz des *Fundulus*-Embryo, dessen Zellen keine derartigen Structuränderungen bei O-Mangel erfahren, auch viele Stunden ohne Sauerstoff weiterschlägt. Da die in den Zellen frei werdende chemische Energie sich z. Th. erst in moleculare Energie umsetzen muss, um die physiologische Endleistung hervorzubringen, so ist ja a priori klar, dass nicht nur ein Versiegen der chemischen Energiequelle, sondern auch jede Structuränderung, welche die Umsetzung der chemischen Energie in die zur Endleistung nöthige, moleculare Energie unmöglich macht, zum Stillstand der betreffenden Lebenserscheinung führen muss. Wir finden nun, dass in der That beide Möglichkeiten erfüllt sind. Vielleicht wird eine spätere Untersuchung fest-