- ²⁸ H. SCHMIDT, Fortschr. Serol., Darmstadt 1955, S. 100.
²⁹ H. E. SCHULTZE, a) Biochem. Z. **4**, 495 [1942]; b) Angew. Chem. **60**, 250 [1948].
³⁰ D. SEEGAL, M. HEIDELBERGER u. E. L. JOST, J. Immunology **27**, 211 [1934].
³¹ A. M. STAUB u. C. DAVARPANA, Ann. Inst. Pasteur **91**, 338 [1956].
³² A. M. STAUB u. G. PON, Ann. Inst. Pasteur **90**, 441 [1956].
³³ B. STITZ, Zbl. Bakteriол., Parasitenkunde Infektionskrankh., Abt. I, Orig. **143**, 437 [1939].
³⁴ H. P. TREFFERS, M. HEIDELBERGER u. J. FREUND, J. exp. Medicine **86**, 95 [1947].
³⁵ H. R. WOLFE, a) Proc. exp. Biol. Med. **27**, 146 [1929]; b) Physiol. Zööl. **6**, 55 [1933]; c) J. Immunology **29**, 1 [1935].

Eigentümliche Beziehungen zwischen der Gewebsatmung und ihrer Aktivierungsenergie bei Kalt- und Warmblütern

Von A. LOCKER und RUTH-M. LOCKER

Aus der Österreichischen Studiengesellschaft für Atomenergie (Abteilung Biologie), Wien,
 dem Physiologischen Institut (Vorstand: Prof. Dr. G. SCHUBERT)
 und der I. Medizinischen Klinik (Vorstand: Prof. Dr. E. v. LAUDA) der Universität Wien
 (Z. Naturforschg. **16 b**, 196—198 [1961]; eingegangen am 30. September 1960)

An der Aktivierungsenergie (μ) der Atmung verschiedener Gewebe vom Warmblüter (Ratte) werden zwei Gruppen (um 15 000 cal und unter 10 000 cal) unterschieden, die von der Höhe des O_2 -Verbrauchs unabhängig sind. Verschiedene Kaltblütergewebe (Frosch) ergeben eine offenbar einheitliche Gruppe mit μ -Werten um 8000 cal. Nur für Einzelgewebe (Leber, Haut) nimmt mit Erhöhung des O_2 -Verbrauchs der μ -Wert zu.

Die für die Gewebsatmung in einem bestimmten Temperaturbereich berechnete Aktivierungsenergie (μ) nach Arrhenius ist von der Bezugsbasis unabhängig¹, d. h. bleibt bei Bezugnahme der Atmungsquotienten entweder auf Feuchtgewicht, Trockengewicht oder Stickstoff konstant. Dagegen besteht ein Einfluß von seiten der Höhe der Gewebsatmung; wird durch Änderung der Zusammensetzung des Inkubations-Mediums (etwa durch Verwendung einer Bicarbonat-Ringer-Lösung an Stelle einer Phosphat-Ringer-Lösung) der O_2 -Verbrauch eines Gewebes in mäßigem Umfang gefördert, so tritt eine Erhöhung von μ ein²; erfolgt eine starke Stimulation der Gewebsatmung (durch Pyruvat und Succinat), so sinkt der μ -Wert signifikant ab³. Bisher ist der Zusammenhang zwischen der Höhe der Gewebsatmung und ihrer Aktivierungsenergie noch nicht systematisch untersucht worden. Bei dem im folgenden für eine Anzahl von Geweben bei Ratte und Frosch gegebenen Vergleich ist auch die Frage von Interesse, ob sich zwischen beiden Organismen Unterschiede aufweisen lassen, die als für homiotherme und poikilotherme Tiere charakteristische angesehen werden können. Warm- und Kaltblütergewebe voneinander trennende charakteristische

Eigenschaften traten nach dem gemeinsamen Einfluß einer Temperatur-Variation und von 4.6-Dinitro-*o*-kresol auf die Gewebsatmung zutage⁴.

In Abb. 1 wird der Zusammenhang der Atmung einer Anzahl von Geweben der Ratte mit ihrer Aktivierungsenergie dargestellt. Mit Ausnahme der Werte für Leber und Milz, die von uns im direkten Verfahren nach Warburg (in bicarbonatarmer Ringer-Lösung, in einem Temperaturbereich von 17,5 bis 37,5 °C mit Intervallen von 5°) bestimmt wurden, handelt es sich hierbei um Werte der Literatur. Es werden zwei Gruppen erkennbar, deren μ -Werte hoch signifikant voneinander unterscheidbar sind. Der μ -Wert der einen Gruppe liegt um 15 000 cal (genau 14 081 cal), derjenigen der 2. Gruppe unter 10 000 cal und beträgt 8744 Kalorien. Zur 1. Gruppe gehören Gehirn und Nervengewebe, Niere, Leber, Milz und Haut, zur 2. Gruppe Skelett-Muskel, Herz, Lunge und Darmschleimhaut. Auffällig ist, daß sogar Rattengewebe mit sehr niedrigem Q_{O_2} , wie z. B. Haut oder peripherer Nerv, einen sehr hohen μ -Wert aufweisen. Andererseits gehört der mitochondrienreiche und höchst stoffwechselaktive Herzmuskel der niederen Gruppe an. Aus der Abb. 1 ist auch ersichtlich, daß der μ -Wert der Rattenleber

¹ A. LOCKER u. D. DONEFF, Z. vergleich. Physiol. **41**, 242 [1958].

² A. LOCKER, Z. vergleich. Physiol. **41**, 249 [1958]; Pflügers Arch. ges. Physiol. Menschen Tiere **267**, 358 [1958].

³ A. LOCKER, Experientia [Basel] **14**, 407 [1958].

⁴ A. LOCKER, Z. Naturforschg. **13 b**, 548 [1958].

Abb. 1. Die Werte der Aktivierungsenergie (μ) von Rattengewebe in Beziehung zur Gewebsatmung (Q_{O_2}). Gehirn: μ nach C. KAYSER, C. R. Séances Soc. Biol. Filiales **150**, 1252 [1956]; F. A. FUHRMAN u. Mitarb., J. Neurophysiology **7**, 117 [1944], Q_{O_2} nach L. LAGGER, Med. Diss., Bern 1958. L. v. BERTALANFFY u. W. J. PIROZYNSKI, Biol. Bull. **105**, 240 [1953]. Sympath. Ganglion und peripherer Nerv: μ und Q_{O_2} berechnet aus M. G. LARRABEE, J. Neurochem. **2**, 81 [1958]; P. CRANFIELD u. Mitarb., **1**, 245 [1957]. Haut: μ und Q_{O_2} nach F. A. FUHRMAN, J. appl. Physiol. **10**, 219 [1957]; O. HEROUX, Can. J. Biochem. Physiol. **37**, 1247 [1959]. Niere: Werte nach F. A. FUHRMAN u. J. FIELD, J. Pharmacol. exp. Therapeut. **75**, 58 [1942]; LAGGER I. C., v. BERTALANFFY I. C., KAYSER I. C. Leber (endogen und Substrat): eigene Werte, ferner von LAGGER I. C., v. BERTALANFFY I. C., FUHRMAN I. C. Milz: eigene Werte. Darmschleimhaut: F. DICKENS u. H. WEIL-MALHERBE, Biochem. J. **35**, 7 [1941]; W. RUMMEL u. Mitarb., Arch. exp. Pathologie **231**, 246 [1957]. Herz: Werte nach KAYSER I. C., v. BERTALANFFY I. C. Diaphragma: Werte nach F. A. FUHRMAN u. Mitarb., J. cellular comparat. Physiol. **33**, 223 [1949]; v. BERTALANFFY I. C. Lunge: Werte nach KAYSER I. C., v. BERTALANFFY I. C.

nach starker Steigerung der Atmung (durch Zugabe von Pyruvat und Succinat) von der 1. Gruppe in die 2. Gruppe gerät. Die Regressionsgeraden sind nahezu parallel (Regressions-Koeffizient für die 1. Gruppe: $-73,87$, für die 2. Gruppe: $-46,22$). Der Regressions-Koeffizient der höheren Gruppe weicht mit $t=2,64$ ($N=12$) schwach signifikant von Null ab, derjenige der niederen Gruppe ist nicht signifikant.

Abb. 2 zeigt die Zusammenstellung der von uns bei $37,5^\circ\text{C}$ ermittelten Atmungswerte von Frosch-

Abb. 2. Die Aktivierungsenergie (μ) von Geweben des Wasserfrosches in Beziehung zum Q_{O_2} (bei $37,5^\circ\text{C}$).

gewebe mit den für den Bereich von $12,5 - 37,5^\circ\text{C}$ berechneten μ -Werten der Gewebsatmung. Die Atmungswerte wurden in bicarbonatarmer Ringer-Lösung nach dem direkten Verfahren von Warburg bestimmt (Substrat: Glucose, Beatmung mit O_2). Diese Atmungsquotienten sind wesentlich, nämlich bis zu 5-mal, höher als die in Luft (und Phosphat-Puffer) bestimmten⁵. Auch in diesem Fall ist die Beziehung zwischen den μ -Werten und den Q_{O_2} -Werten nicht signifikant von Null unterschieden. Außerdem ist der Durchschnitt aller μ -Werte (7813 cal) vom Mittelwert des μ der niederen Gruppe der Säugergewebe (Abb. 1) nicht signifikant zu trennen. Die Höhe der Aktivierungsenergie der Hautatmung unter Substratzusatz – wie die Substrat-atmung der Rattenleber (s. o.) einer früheren Untersuchung³ entnommen – ist wohl gegenüber dem μ -Wert der endogenen Hautatmung statistisch unterscheidbar, paßt offenbar jedoch größenordnungsmäßig in die allgemeine Relation hinein; sie wurde aber zur Berechnung der Regressionsgeraden nicht verwendet. Da beim Frosch insgesamt nur 5 Gewebe untersucht wurden, besteht die Möglichkeit, daß Leber und Haut Repräsentanten einer höheren Gruppe von μ -Werten und die übrigen Gewebe, insbesondere die Muskulatur, Vertreter einer niederen Gruppe sind. Wahrscheinlich gehören aber alle untersuchten Froschgewebe zusammen und repräsentieren einen einzigen Typus des μ -Wertes. Ein Hinweis auf dieses Verhalten dürfte aus dem Vergleich der μ -Werte mit den für 25°C bestimmten Atmungswerten von Froschgeweben zu gewinnen sein. Für diesen Vergleich sind auch die Werte des O_2 -Verbrauchs von Muskel und Niere aus der Untersuchung von MORALES⁶ geeignet, die mit eigenen Werten für Leber und Haut (in glucose-freier Phosphat-Ringer-Lösung) verbunden werden können, so daß sich ein N (Anzahl der Einzelwerte) von 9 ergibt. Auch dann läßt sich eine Unterteilung in zwei Gruppen mit Sicherheit nicht durchführen.

Da Säugergewebe also z. T. mit Froschgeweben in der Höhe übereinstimmende μ -Werte des O_2 -Verbrauchs zeigen, läßt sich die Bestimmung der Aktivierungsenergie allein zur jeweiligen Kennzeichnung eines Gewebes als das eines Kalt- oder Warmblüters nicht heranziehen, eine Schlußfolgerung, zu der wir auch auf Grund anderer Überlegungen gelangt sind⁷.

Die Beziehung zwischen Aktivierungsenergie und

⁵ A. LOCKER, Z. vergleich. Physiol. **41**, 249 [1958].

⁶ M. F. MORALES, J. gen. Physiol. **26**, 381 [1943].

Abb. 3. Der Zusammenhang der μ -Werte mit dem O_2 -Verbrauch der Leber des Frosches (in verschiedenen Körpergewichtsklassen). Q_{O_2} bei $25^\circ C$ angegeben.

Höhe der Gewebsatmung ist jedoch von anderer Art, wenn jeweils nur ein einziges Gewebe betrachtet wird, wie es z. B. in Abb. 3 für die Leber des Frosches geschieht. Mit Erhöhung des O_2 -Verbrauchs kommt es hier auch zu einer Erhöhung des μ -Wertes, die im angeführten Beispiel mit $t = 3,75$ und $P < 0,01$ signifikant ist. Der gleiche Befund läßt sich

auch an der Hautatmung des Frosches erheben. Dieser Zusammenhang ist jedoch nur ein präziserer Ausdruck für die schon bekannte Tatsache, daß der μ -Wert der Gewebsatmung mit Zunahme der Körpergröße abnimmt⁸, in bezug auf welchen Parameter sich auch der O_2 -Verbrauch der Gewebe (im intraspezifischen Vergleich) vermindert. Weil nun der O_2 -Verbrauch der Kaltblütorgewebe im allgemeinen niedriger ist als der der homologen Warmblütorgewebe, könnte eine gleichartige, sich über Kalt- und Warmblütorgewebe gemeinsam erstreckende Beziehung zwischen μ -Wert und Höhe der Gewebsatmung erwartet werden. Die für die verschiedenen Gewebe von Ratte und Frosch vorgelegten Befunde zeigen demgegenüber, daß die Beziehung zwischen μ -Wert und O_2 -Verbrauch nicht einfach unter dem Gesichtspunkt einer positiven Regression verstanden werden kann.

Die Untersuchung wurde durch Verleihung des Förderungspreises der Theodor-Körner-Stiftung an den einen von uns (A. L.) unterstützt.

⁷ A. LOCKER, Biol. Zbl. **78**, 383 [1959].

⁸ A. LOCKER, Experientia [Basel] **14**, 326 [1958].

Die indirekte Wirkung von Röntgenstrahlen auf Lysin

VON GERNOT PETER*, THEODOR WIELAND UND BORIS RAJEWSKY

Aus dem Organischen Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
und dem Max-Planck-Institut für Biophysik Frankfurt am Main

(Z. Naturforsch. **16b**, 198–206 [1961]; eingegangen am 4. Oktober 1960)

Es wird versucht, Beweise für die indirekte Strahlenwirkung zu erbringen und die einzelnen Reaktionsschritte, die bei Röntgenstrahlen-Wirkung auf wäßrige Lysinlösungen ablaufen, zu erkennen. Zur Untersuchung der durch HO_2 oder OH-Radikale ausgelösten Wirkungen wurden 2 Versuchsreihen durchgeführt:

1. Bestrahlung bei Anwesenheit von Sauerstoff,
2. Bestrahlung bei Sauerstoffmangel.

Außerdem wurde der Einfluß der Dosis, Dosisleistung, Temperatur und verschiedener Substratkonzentrationen untersucht.

Schließlich wurde versucht, die experimentell gewonnenen Ergebnisse mit Hilfe von Radikalwirkungen, die sich auf

- a) Decarboxylierungen,
 - b) Desaminierungen,
 - c) und Veränderungen des Kohlenstoff-Gerüsts
- erstrecken, zu deuten.

Über die Einwirkung von Röntgenstrahlen auf Aminosäuren liegen bereits mehrere Untersuchungen vor^{1–7}, die jedoch nicht zu einem vollen Ver-

ständnis des äußerst komplexen Geschehens geführt haben. Wir versuchen mit der vorliegenden Abhandlung einen weiteren Beitrag zu liefern, der in einer

* Dissertation, Universität Frankfurt a. M. 1960, D 30.

¹ N. E. SHARPLESS, A. E. BLAIR u. C. R. MAXWELL, Rad. Res. **2**, 135 [1955].

² E. S. G. BARRON, J. AMBROSE u. P. JOHNSON, Rad. Res. **2**, 145 [1955].

³ N. E. SHARPLESS, D. C. PETERSON u. C. R. MAXWELL, Rad. Res. **1**, 530 [1954].

⁴ A. BABICKY, J. LIEBSTER u. J. KOLOUSEK, Nature [London] **179**, 521 [1957].

⁵ R. A. JOHNSON, G. SCHOLES u. J. WEISS, Science [Washington] **114**, 412 [1951].

⁶ G. STEIN u. J. WEISS, J. chem. Soc. [London] **1949**, 3256.

⁷ W. M. DALE u. V. DAVIES, Biochem. J. **48**, 129 [1951].