

BERICHTE

Die Rolle der Mitochondrien bei Oxydations- und Phosphorylierungsprozessen

Von ALBERT L. LEHNINGER, Universität Chicago

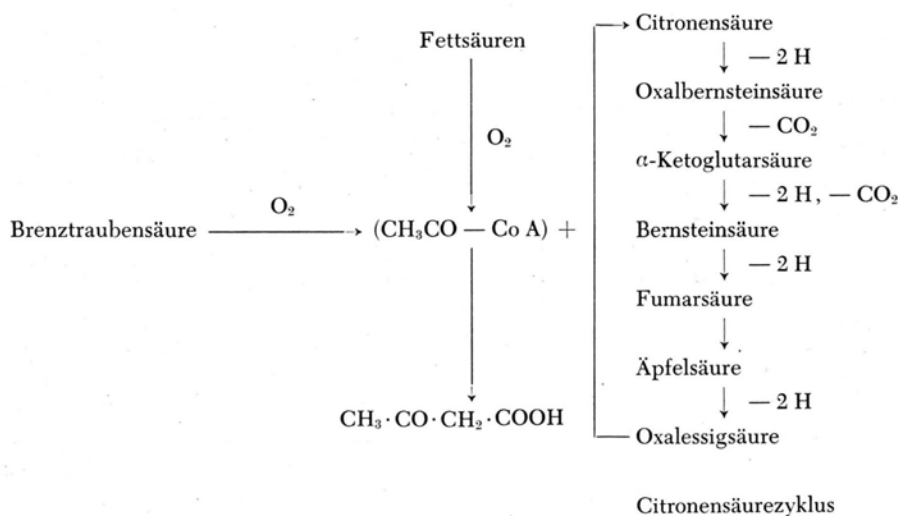
z. Zt. Institut für vegetative Physiologie der Universität Frankfurt a. M.

(Z. Naturforschg. 7 b, 256—260 [1952]; eingegangen am 14. Dezember 1951)

Im Jahre 1913 beobachtete Warburg¹, daß diejenigen Bestandteile der Zelle, die nötig sind, um molekularen Sauerstoff zu verwerten, fast vollständig an die unlösbaren körnigen Elemente eines Gewebsbreies gebunden sind. Seitdem haben viele beobachtet, daß nicht nur das Atmungsferment von Warburg — die Cytochromoxydase —, sondern auch die sehr komplexen Enzymsysteme, die den Citronensäurezyklus und die Oxydation der Fettsäuren katalysieren, an die körnigen, leicht zentrifugierbaren Elemente von Gewebsextrakten gebunden sind.

kennt, da die Schwierigkeiten der Trennung dieser Enzyme von unlöslichen Zellkomponenten noch nicht vollständig überwunden sind.

Seit sechs Jahren studieren wir in unserem Laboratorium das komplexe Enzymsystem der Leber, das die Fettsäuren oxydiert^{2, 3, 4}. Der unlösliche, leicht zentrifugierbare Teil eines Leberhomogenates in isotonischer Kochsalzlösung, der mehrmals mit kalter isotonischer Kochsalzlösung gewaschen wurde, katalysiert die Oxydation der Fettsäuren in Anwesenheit von Adenosintriphosphat (ATP), Mg⁺⁺, anorganischem Phosphat und Sauerstoff,



Oxydationswege für Fettsäuren und Brenztraubensäure in gewaschenem Leberhomogenat (bzw. Mitochondrien).

Im Gegensatz dazu können die Fermente der Glykolyse aus verschiedenen Zelltypen leicht in löslicher Form extrahiert werden. Dadurch war es möglich, die Fermente der Glykolyse in sehr reinem Zustand zu gewinnen und die intermediären Reaktionen der Glykolyse kennenzulernen. Dagegen sind diejenigen Enzyme und chemischen Zwischenstufen, die an der Atmung und an der begleitenden Phosphorylierung teilnehmen, nicht so gut be-

unter Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Acetessigsäure. Solche einfachen Präparate von Leberpartikeln katalysieren auch den zyklischen, oxydativen Abbau von Brenztraubensäure, d. h. den Citronensäurezyklus, der mit dem Abbau der Fettsäuren³ in Verbindung steht.

Die Fettsäuren werden über eine Zwischenstufe von Essigsäureresten abgebaut. Solche Essigsäurereste (wahrscheinlich Komplexe mit dem Coenzym A⁵) können entweder miteinander, unter Bildung von Acetessigsäure, oder mit Oxalessigsäure unter Bildung von Citronensäure

¹ O. Warburg, Pflügers Arch. ges. Physiol. **154**, 599 [1913].

² A. L. Lehninger, J. biol. Chemistry **161**, 437 [1945].

³ A. L. Lehninger, J. biol. Chemistry **164**, 291 [1946].

⁴ A. L. Lehninger u. E. P. Kennedy, J. biol. Chemistry **173**, 753 [1948].

⁵ F. Lynen u. E. Reichert, Angew. Chem. **63**, 47 [1951].

reagieren. Dadurch können sie in den Citronensäurezyklus eintreten und unter Bildung von Kohlendioxyd und Wasser vollständig abgebaut werden³ (vgl. Schema S. 256).

Der Citronensäurezyklus ist also ein allgemeiner Weg für die Oxydation von Essigsäureresten, die nicht nur aus Fettsäuren und Brenztraubensäure, sondern auch aus dem Abbau von Aminosäuren stammen. Dieser Zyklus kann daher als der allgemeine Hauptprozeß der biologischen Oxydationen — wenigstens in einigen tierischen Organen — betrachtet werden.

Dieses Bild ist aber nur ein Teil des ganzen Prozesses. Nachdem von diesen verschiedenen Substraten die Wasserstoffatome durch Dehydrasen enzymatisch entfernt worden sind, müssen sie oder ihre entsprechenden Elektronen eine lange Stufenleiter von Elektronentransportenzymen durchlaufen, bis die Elektronen schließlich unter Mitwirkung des Atmungsfermentes Sauerstoff reduzieren. Während dieses Prozesses wird eine große Energiemenge frei. Von Kalckar⁶, Belitser⁷ und vielen anderen Forschern^{8, 9, 10} ist gezeigt worden, daß ein großer Teil dieser freigewordenen Energie wieder als die Energie der Phosphatbindungen von Adenosintriphosphat zurückgewonnen wird. Denn mit dem Elektronentransport ist ein enzymatischer Phosphorylierungsprozeß gekoppelt, bei dem anorganisches Phosphat mit Adenylsäure oder Adenosindiphosphat verbunden wird. Die enzymatischen Einzelheiten dieser oxydativen Phosphorylierung sind noch nicht bekannt, jedoch weiß man heute, daß mindestens 60% der Energielieferung aus dem Elektronentransport als ATP-Energie wiedergewonnen wird. Die oben beschriebenen unlöslichen Leberpartikelchen, die die Fähigkeit haben, Brenztraubensäure und Fettsäuren zu oxydieren, katalysieren auch die oxydativen Phosphorylierungsprozesse, und zwar mit maximalem Wirkungsgrad. Diese Leberpartikel enthalten also komplizierte Enzymssysteme, die vielleicht aus Hunderten einzelner Enzyme bestehen, die harmonisch zusammenwirken.

Nachdem wir diese Beobachtungen über die enzymatischen Fähigkeiten solcher Leberpartikel gemacht hatten, versuchten wir, einzelne Fermente des Fettsäureoxydasekomplexes von diesen Partikeln zu trennen. Wir interessierten uns für die chemische Natur der Zwischenstufen des Fettsäureabbaus und fanden bei dem Versuch, solche Zwischenstufen zu fassen, daß das ganze System sehr unbeständig ist. Die Fähigkeit dieser Partikel, Fettsäuren zu oxydieren und die oxydative Phosphorylierung zu katalysieren, verschwindet nach einer Inkubationsperiode von 15 Min. bei Körpertemperatur in Abwesenheit von Sauerstoff und Substrat. Merkwürdig ist auch, daß alle Enzyme fest an diese Partikel gebunden sind. Man kann sie viele Male mit kalter isotonischer Kochsalzlösung waschen, ohne daß sie ihre Aktivität verlieren. Am bedeutungsvollsten und interessantesten aber war die Be-

obachtung, daß die Aktivität der Leberpartikel streng vom osmotischen Druck abhängig ist^{4, 11}. Wenn man solche Partikel aus Homogenaten in destilliertem Wasser präparierte, so zeigten sie keinerlei Aktivität. Wurden einem frischen isotonischen Präparat Lösungen von verschiedenen osmotischen Drucken zugesetzt, dann war die Aktivität im isotonischen Medium am höchsten, im stark hypo- oder hypertonen Medium dagegen nur gering. Wir hielten es daher für sehr wahrscheinlich, daß dieses komplexe hochorganisierte Enzymssystem an osmotisch empfindliche Zellstrukturen gebunden ist, d. h. entweder an den Zellkern, an die Mitochondrien (die sogenannten „large granules“ des Cytoplasmas) oder die Mikrosomen (die sog. submikroskopischen Partikel des Zytoplasmas).

Von zytologischer Seite wurde schon im Jahre 1895 von Altmann¹² angenommen, daß die verschiedenen Atmungs- und Stoffwechselforgänge in den zytoplasmatischen Partikeln der Zelle stattfinden. Die experimentelle Identifizierung solcher Zellstrukturen als Orte von Stoffwechselforgängen begann erst 1934 mit den Arbeiten von Bensley in Chicago¹³. Durch Differentialzentrifugieren von Leberhomogenaten in Wasser konnte Bensley Strukturen isolieren, die er als Zellkerne und Mitochondrien identifizierte, obwohl sie sicher nicht ganz intakt waren. Sein Verfahren wurde von Claude¹⁴ und von Schneider¹⁵ verbessert, indem sie isotonische Kochsalzlösung als Homogenisierungsmedium verwandten. Die auf diese Weise gewonnenen Mitochondrien unterscheiden sich von den Mitochondrien in intakten Zellen durch ihre Größe und Gestalt und geben nicht die charakteristische Vitalfärbung mit Janusgrün. Schneider und nach ihm andere Autoren fanden nun, daß solche beschädigten Mitochondrien trotzdem fast die gesamte Bernsteinsäure- und Cytochromoxydase-Aktivität der Zelle besitzen, während die Kerne nur Spuren davon zeigen. Dieser Befund führte zu der Vermutung, daß die komplizierten Prozesse des Citronensäurezyklus, der Fettsäureoxydation und der oxydativen Phosphorylierung in den Mitochondrien stattfinden, da diese Prozesse nur über die Cytochromoxydase ablaufen können.

Im Jahre 1948 gelang es Hogeboom, Schneider und Pallade, mit einem wesentlich verbesserten Verfahren unbeschädigte Mitochondrien aus Leberzellen zu isolieren¹⁶. Frische Rattenleber wird in 10 Vol. eiskalter isotonischer oder hypertonen Rohrzuckerlösung homogenisiert. Die Kerne werden bei 600 g abzentrifugiert. Aus der überstehenden Flüssigkeit setzen sich die Mitochondrien bei 20 000 g zu Boden. Die submikroskopischen Partikel werden erst bei 40 000 bis 50 000 g abgeschieden. Jede Fraktion wird mit Rohrzuckerlösung gewaschen, um Spuren der vorhergehenden Fraktion zu beseitigen. Die auf diese Weise gewonnenen Mitochondrien sind stabförmig und haben die Fähigkeit, mit Janusgrün zu

⁶ H. Kalckar, *Enzymologia* **2**, 47 [1937].

⁷ V. A. Belitser u. E. T. Tsibakova, *Bio-khimiya* **4**, 516 [1939].

⁸ S. Ochoa, *J. biol. Chemistry* **151**, 993 [1943].

⁹ F. Lipmann u. D. E. Green, „*Currents in Biochemistry Research*“, New York 1946, S. 137.

¹⁰ A. L. Lehninger u. S. W. Smith, *J. biol. Chemistry* **181**, 415 [1949].

¹¹ V. R. Potter, *J. biol. Chemistry* **163**, 437 [1946].

¹² R. Altmann, „*Elementarorganismen*“, Leipzig 1890.

¹³ R. R. Bensley u. N. L. Hoerr, *Anatom. Rec.* **60**, 251 [1934].

¹⁴ A. Claude, *J. exp. Med.* **84**, 51, 61 [1946].

¹⁵ W. C. Schneider, *J. biol. Chemistry* **165**, 585 [1946].

¹⁶ G. H. Hogeboom, W. C. Schneider u. G. E. Pallade, *J. biol. Chemistry* **172**, 619 [1948].

Fraktion	Länge oder Durchmesser	Zentrifugieren		N in % des Gesamt-N	Ribonucleinsäure in % der Gesamt-RNS	Bernsteinsäure- oxydase in % der Gesamt-BSO
		Feld g	Zeit Min.			
Kerne	50—100 μ	600	10	15	10	10
Mitochondrien	1—3 μ	20000	20	30	25	90
Mikrosomen	0,06—0,15 μ	40000	120	15	40	0
Löslicher Teil	—	—	—	40	25	0

reagieren. Daher werden sie als intakte native Mitochondrien angesehen. Sie besitzen ebenfalls fast die gesamte Bernsteinsäureoxydase- und Cytochromoxydaseaktivität der Zelle. Eigenschaften und Verteilung von enzymatischer Aktivität, Gesamtstickstoff und Nucleinsäuren in den verschiedenen Fraktionen sind in der vorstehenden Tabelle angegeben.

Die verschiedenen Fraktionen, die man mittels dieses Rohrzuckerverfahrens und auch mit dem früheren Verfahren von Claude und Schneider gewinnt, haben wir auf ihre Aktivität geprüft — nicht nur hinsichtlich der Cytochromoxydase und Bernsteinsäureoxydase, sondern auch auf ihre Fähigkeit, Fettsäuren abzubauen, den gesamten Citronensäurezyklus zu katalysieren und die oxydative Phosphorylierung zu bewirken. Obwohl die mit Hilfe des früheren Verfahrens von Claude und Schneider gewonnenen Mitochondrien fast alle Bernsteinsäure- und Cytochromoxydase enthielten, zeigten sie keinerlei Wirksamkeit hinsichtlich der Oxydation von Fettsäuren und der Phosphorylierung. Die mit dem Rohrzuckerverfahren isolierten Mitochondrien konnten dagegen nicht nur den Citronensäurezyklus, sondern auch die Oxydation von Fettsäuren und die oxydative Phosphorylierung katalysieren. Die isolierten Zellkerne und Mikrosomen hatten im Gegensatz dazu keine Wirksamkeit, diese Prozesse zu katalysieren¹¹. In den beiden folgenden Tabellen sind die Daten von zwei typischen Versuchen wiedergegeben.

1. Versuch: Die Oxydation von Caprylsäure (Octanol-säure) in Rattenleberfraktionen.

Die Fraktionen wurden bei gleichen Mengen Gesamt-N geprüft. Das Prüfungssystem enthielt 0,001 Mol Caprylsäure als Natriumsalz, 0,005 Mol $MgCl_2$, 0,05 Mol KCl, 0,001 Mol ATP, 0,01 Mol Phosphatpuffer vom p_H 7,4, 10^{-5} Mol Cytochrom-c und 5×10^{-4} Mol Succinat als „Zünder“. Gesamtvolumen 3,0 ml. 30° . 50 Min.

	Sauerstoff- aufnahme mm^3	Caprylsäure- aufnahme mm^3	Acet- essigsäure gebildet mm^3
Kerne	34	15	11
Mitochondrien	480	176	219
Mikrosomen	22	0	0
Löslicher Teil	4	0	0

2. Versuch: Die Aktivität des Citronensäurezyklus in Rattenleberfraktionen.

0,01 Mol Substrat, 0,005 Mol $MgCl_2$, 0,05 Mol KCl, 0,001 Mol ATP, 0,01 Mol Phosphatpuffer vom p_H 7,4, 10^{-5} Mol Cytochrom-c. Gesamtvolumen 3,0 ml. 30° . 30 Min.

Substrat	Sauerstoffaufnahme mm^3		
	Kerne	Mito- chondrien	Mikro- somen + lösl. Anteil
Citrat	11	180	8
α -Ketoglutarat	21	189	8
Pyruvat + Oxalacetat	28	199	8
Succinat	33	244	14
Malat	8	161	6
Leerversuch	8	14	6

Um die Phosphorylierungsaktivität zu bestimmen, mißt man die Zahl der anorganischen Phosphatmoleküle, die pro Atom aufgenommenem Sauerstoff verestert wird. Dieses P:O-Verhältnis bedeutet also den thermodynamischen Wirkungsgrad der oxydativen Phosphorylierung. Die verschwundene Phosphorsäure wird als ATP wiedergewonnen, wenn ADP als Phosphatacceptor dient. Mit isolierten Mitochondrien, die Apfelsäure, α -Ketoglutar-säure, Citronensäure usw. in Anwesenheit von Fluoridionen oxydieren, verschwinden etwa 3 Mol. Phosphorsäure, pro aufgenommenes Atom Sauerstoff. Das entspricht einem Wirkungsgrad von ungefähr 60%, dem höchsten, der je bei einem Enzympräparat beobachtet worden ist.

Weil die intakten Mitochondrien fast die gesamte Aktivität der Zelle an diesen komplizierten Reaktionen — nicht nur die organisierte oxydative Aktivität, sondern auch die der wichtigen Energierückgewinnungsprozesse der oxydativen Phosphorylierung — besitzen, und zwar in solchen Mengen, daß sie für die ganze Atmung der intakten Zelle leicht ausreichen, darf man schließen, daß die Mitochondrien die Kraftanlage der Zelle darstellen. Die mit den früheren Verfahren isolierten Mitochondrien, die nur einige einzelne oxydative Reaktionen, aber nicht die Phosphorylierung katalysieren können, sind wahr-

scheinlich durch die wenig schonende Behandlung geschädigt worden.

Die Aktivität der mit Hilfe des Rohrzuckerverfahrens gewonnenen Mitochondrien ist an die Anwesenheit von ATP, Mg^{++} und anorganischem Phosphat gebunden. Sie ist auch vom osmotischen Druck des Prüfungssystems abhängig, gerade wie die der früher beschriebenen Leberpräparate. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese letzteren aktiv waren, weil sie agglutinierte Mitochondrien enthielten.

Nun darf man aber nicht schließen, daß alle einzelnen Enzyme, die für den Ablauf dieser komplizierten Prozesse nötig sind, ausschließlich auf die Mitochondrien beschränkt sind. Man kann nur sagen, daß die Mitochondrien einen vollständigen Satz der einzelnen Fermente besitzen, und daß die Konzentration der einzelnen Fermente mehr als genügend ist für die bekannte Oxydationsgeschwindigkeit der ganzen Zelle. Man kann sich leicht vorstellen, daß die Zellkerne oder eine der anderen Fraktionen tatsächlich größere Mengen von einem oder mehreren einzelnen Fermenten besitzen, daß sie aber bei der Prüfung keine Aktivität zeigen können, weil ein Teil des Fermentsystems fehlt. Es kann z. B. im löslichen Anteil keine Cytochromoxydase gefunden werden; damit ist es für diese Fraktion unmöglich, molekularen Sauerstoff aufzunehmen, und die Probe für das Fettsäureoxydationssystem ist, wie zu erwarten, negativ. Leider ist es noch nicht möglich, alle verschiedenen Enzyme des Komplexes individuell zu prüfen, da die Zwischenstufen im einzelnen noch nicht gut bekannt sind. Das Wichtigste ist, daß nur die Mitochondrien ein vollständiges Enzymsystem besitzen^{18, 19}. Q_{O_2} für isolierte Mitochondrien ist ungefähr —60 bis —80, Q_{O_2} für Leberschnitte ist etwa —5 bis —10.

Bis jetzt sind Mitochondrien aus Leber, Niere, Gehirn, Herzmuskel und verschiedenen Tumoren isoliert worden, und man hat bei ihnen allen die organisierte Oxydations- und Phosphorylierungsfähigkeit gefunden.

Jetzt erhebt sich die Frage, ob die bei den Mitochondrien beobachtete Fähigkeit, die wichtigsten Stoffwechsel- und Atmungsprozesse zu katalysieren, vielleicht nur durch gewisse nicht natürliche Vorgänge während des Isolierungsverfahrens hervorgerufen worden sein könnte. Man könnte sich z. B. vorstellen, daß die Mitochondrien bestimmte Fermente und Cofermente aus dem löslichen Teil des Cytoplasmas während der Isolierung unspezifisch adsorbieren.

Nun ist es unwahrscheinlich, daß ein großer Teil der vielen Fermente, die ohne Zweifel in diesem komplexen System zusammenwirken, unspezifisch und reproduzierbar an der Oberfläche der Mitochondrien adsorbiert wird. Dazu kommt, daß die einzelnen Enzyme des Systems so fest an die Mitochondrien gebunden sind, daß man diese viele Male mit Rohrzuckerlösung extrahieren kann, ohne daß sie ihre Aktivität verlieren. Es ist aber nicht aus-

geschlossen, daß einzelne andere Proteine an den Mitochondrien adsorbiert werden könnten. Diese Frage wurde vor kurzem mit isotopisch markiertem Cytochrom-c (Femerkert) untersucht²⁰.

Die Mitochondrien spielen auch bei der Glykolyse eine Rolle. Da man heute alle glykolytischen Fermente als lösliche, weit gereinigte Proteine kennt, sollte man erwarten, daß die Fermente ausschließlich im löslichen Teil des Homogenats zu finden sind. Es sind zwar noch nicht alle auf ihre Anwesenheit in den einzelnen Zellfraktionen untersucht worden, aber die bisher überprüften fanden sich ausschließlich im löslichen Teil¹⁷. Trotzdem hat Le Page gefunden, daß die Geschwindigkeit der Glykolyse im löslichen Teil der Zelle durch Zusatz von Mitochondrien oder Mikrosomen beschleunigt wird²¹. Man kann daraus schließen, daß die Partikel Substanzen (vielleicht Cofermente) enthalten, die im löslichen Teil in so geringer Konzentration vorhanden sind, daß sie hier die Geschwindigkeit der Glykolyse begrenzen. Die Prüfung eines Enzymsystems in verschiedenen Zellfraktionen macht stets Schwierigkeiten, weil immer nur eine Komponente die Gesamtgeschwindigkeit bestimmt. Am besten wäre es, die Enzyme einzeln quantitativ zu prüfen, aber leider ist das bei komplizierten Prozessen noch nicht möglich.

Jetzt ist es Zeit, etwas über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mitochondrien auszusagen. Diese Körper haben Stab- oder filamentöse Form, die vom Zelltypus abhängig ist; Lebermitochondrien sind etwa 2—3 μ lang und ein halbes μ breit. Diese asymmetrische Form kann auch aus der scharf hervortretenden Strömungs-Doppelbrechung von Mitochondrien in Aufschwemmungen ersehen werden. Wahrscheinlich gibt es mehrere Sorten von Mitochondrien, die verschiedene Größe, Form und vielleicht auch Funktion besitzen.

Werden Mitochondrien in einer isotonischen Kochsalzlösung aufgeschwemmt, so agglutinieren sie und sind dann leicht zu zentrifugieren. Diese agglutinierten Mitochondrien sind in bezug auf die verschiedenen Oxydationen und Phosphorylierungen vollständig aktiv, aber es besteht die Ansicht, daß Mitochondrien in Salzlösung etwas beschädigt sind und daß ihre Permeabilität sich verändert²². Es ist möglich, daß die Agglutination zum Teil von freien Ca^{++} -Ionen verursacht wird; Ca^{++} ist als Agglutinierungsmittel sehr wirksam. Es wurde gefunden, daß verschiedene Substanzen, die Ca^{++} in nicht ionisierter Form binden, auch das Agglutinieren hemmen. Es ist heute bekannt, daß ein großer Teil der Mitochondrien eines Homogenats in isotonischer Kochsalzlösung zusammen mit der Zellkernfraktion sedimentiert (Schneider-Verfahren), weil die Mitochondrien agglutiniert waren.

Daß die Mitochondrien eine Membran besitzen, ist heute aus elektronenmikroskopischen Beobachtungen und aus Beobachtungen von selektiver Permeabilität^{19, 22} höchst wahrscheinlich. Daraus soll man aber nicht schließen, daß die Mitochondrien aus einem Sack bestehen, der

¹⁷ E. P. Kennedy u. A. L. Lehninger, *J. biol. Chemistry* **179**, 957 [1949].

¹⁸ A. L. Lehninger, in „Enzymes and Enzyme Systems“ ed. J. T. Edsall, Cambridge 1951.

¹⁹ W. C. Schneider u. G. H. Hogeboom, *Cancer Res.* **11**, 1 [1951].

²⁰ H. Beinert, *J. biol. Chemistry* **190**, 287 [1951].

²¹ G. A. Le Page u. W. C. Schneider, *J. biol. Chemistry* **176**, 1021 [1949].

²² Ch. de Duve, T. Berthelet, L. Berthelet u. F. Appelmans, *Nature* [London] **167**, 389 [1951].

nur mit einer Lösung von Enzymen gefüllt ist. Es ist wahrscheinlicher, daß sie wirklich als organisierte Strukturen mit einer unlöslichen Matrize existieren, weil die Proteine nicht leicht in echte Lösung gehen.

Die Mitochondrien enthalten neben viel Eiweiß größere Mengen von Phospholipoiden, Ribonucleinsäure und „Phosphoprotein“. Diese letztgenannten säureunlöslichen Phosphatverbindungen der Mitochondrien stehen in Beziehung zur oxydativen Phosphorylierung. Bei der Veresterung von anorganischem mit ^{32}P markiertem Phosphat während der oxydativen Phosphorylierung beobachteten wir, daß ^{32}P nicht nur in die ATP, sondern auch in diese säureunlösliche Verbindung eintritt, und zwar mit solcher Geschwindigkeit, daß die Mitochondrien leicht für den gesamten Umsatz der Phosphatgruppen dieser Verbindungen in der intakten Leber *in vivo* verantwortlich gemacht werden können²³.

Die Eiweißkörper der Mitochondrien sind von Interesse, weil sie viele Katalysatoren enthalten. Die Verteilung der Aminosäuren in den Mitochondrien gleicht der in der ge-

²³ M. Friedkin u. A. L. Lehninger, J. biol. Chemistry **177**, 795 [1949].

²⁴ B. S. Schweigert et al., Proc. Soc. exp. Biol. Med. **72**, 495 [1949].

²⁶ R. K. Morton, Nature [London] **166**, 1092 [1950].

samen Leber²⁴. Die Eiweißkörper sind nur sehr schwer in Lösung zu bringen. Die Mitochondrien selbst sind nur zu lösen, indem man sie durch Ultraschall zerstört²⁵ oder Butanol-Wasser-Systeme anwendet, die die Fähigkeit haben, Lipoproteide zu spalten²⁶. Bei diesen Verfahren geht die Phosphorylierungsfähigkeit wahrscheinlich verloren, dagegen bleiben verschiedene Oxydasen unbeschädigt^{25, 26}.

Schneider und Hogeboom haben einen wichtigen Überblick über die intrazelluläre Verteilung von weiteren Enzymen und verschiedenen anderen Bestandteilen der Zelle gegeben²⁵.

Schließlich soll noch erwähnt werden, daß ähnliche Körperchen, die Granula der Chloroplasten, in chlorophyllhaltigen pflanzlichen Zellen vorkommen, und daß diese Granula die Fähigkeit besitzen, Sauerstoff zu bilden, wenn sie in Anwesenheit von Wasserstoffakzeptoren belichtet werden²⁷.

Es ist zu hoffen, daß weitere Untersuchungen die Beziehungen zwischen der Struktur und den enzymatischen Eigenschaften der Mitochondrien aufklären werden.

²⁵ G. H. Hogeboom u. W. C. Schneider, Nature [London] **166**, 302 [1950].

²⁷ O. Warburg u. W. Lüttgens, Naturwiss. **32**, 161, 301 [1944].

BESPRECHUNGEN

Substances Naturelles de Synthèse. Préparations et Méthodes de Laboratoire. Collection Publiée sous la Direction de Léon Velluz, Verlag Masson et Cie., Paris 1951. Vol. I: 136 S. mit 2 Abb.; Preis f.fr. 1200.—. Vol. II: 138 S. mit 4 Abb.; Preis f.fr. 1250.—. Vol. III: 156 S. mit 3 Abb.; Preis f.fr. 1500.—.

Zur Darstellung organischer Präparate existieren zahlreiche bewährte Vorschriftensammlungen, mit Naturstoffen befassen sich dagegen lediglich die Biochemical Preparations, deren Vorschriften aber mehr die Isolierung aus natürlichen Materialien als die Synthesen behandeln. Es besteht also ein entschiedenes Bedürfnis nach einer Zusammenstellung von Synthesen natürlicher und physiologisch interessanter Substanzen, so daß die neue, von Léon Velluz herausgegebene Reihe Substances Naturelles de Synthèse von vornherein auf großes Interesse bei Chemikern und Biochemikern stoßen wird. Velluz versteht dabei unter Synthesen im Falle der Steroidhormone auch deren Partialsynthesen. Nach dem bewährten Prinzip der Organic Syntheses stellt sein Werk keine reine Kompilation dar, vielmehr sind alle beschriebenen Methoden in den Laboratorien des Herausgebers nachgearbeitet worden. Wenn auch auf diese Art manche Synthese (z. B. bei Tryptophan) nicht gebracht worden ist, so hat man doch die beruhigende Gewißheit, nur bewährte Vorschriften zu finden. In der Disposition dagegen unterscheidet sich die neue Buchreihe in charakteristischer Weise von ähnlichen Sammelwerken: Jeder Band ist in drei Abschnitte unterteilt: Präparate, Methoden und praktische Winke. Im ersten Abschnitt werden detaillierte Vorschrif-

ten gegeben, ergänzt durch theoretische Betrachtungen (Beispiel: Erläuterung der Threo-Erythro-Isomerie im Falle des Chloramphenicols), der zweite Abschnitt bringt im Anschluß an die Präparate des ersten Abschnitts allgemeine chemische Methoden, und der dritte Abschnitt bringt allerhand Winke für die Laboratoriums Praxis.

Im einzelnen bringt der I. Band Vorschriften für die Darstellung von Ascorbinsäure, Adenin, ^{15}N -markiertem Adenin, Adenosin, Chloramphenicol (Chloromycetin), Äsculosid, *d,l*-Histidin und *l*-Tryptophan. Es folgen allgemeine Betrachtungen über Ringschlußreaktionen, die zu den Gerüsten des Cumarins und Pyrimidins führen, während sich der dritte Abschnitt mit Reinigung und Entwässerung der gebräuchlichsten Lösungsmittel und mit der Wasserbestimmung nach K. Fischer befaßt.

Der II. Band bringt die Darstellung von Adenylsäure, *d,l*-Asparaginsäure, Desoxycorticosteron, *d,l*-Lysin, *d,l*-Methionin, Progesteron, *l*-Threonin und *l*-Thyroxin. Unter „Methoden“ werden die Oxydation nach Oppenauer und Abscheidungsverfahren für Carbonylderivate abgehandelt. Im Schlußabschnitt werden die Darstellungen der gebräuchlichsten Carbonylreagenzien zusammengefaßt und die Isolierungsmöglichkeiten von Ketonen (Methoden von Girard, Anchel u. Schönheimer, Velluz u. a.) besprochen.

Der III. Band bringt als Präparate *d,l*-Glutaminsäure, *d,l*-Dioxyphenylalanin, Equilenin, Östradiol, Östron, *d,l*-Ornithin, Thiamin (Aneurin) und Oxythiamin. Der Abschnitt „Methoden“ umfaßt allgemein Ringschlußreaktionen zum Thiazolgerüst und Synthesen von α -Amino-

säuren, die „Praktischen Winke“ erläutern die verschiedenen Möglichkeiten zur Schmelzpunktsbestimmung.

Wie bereits dieser Überblick über die ersten Bände erkennen läßt, wird nach Abschluß der, vorerst auf 9 Bände berechneten, Reihe eine wertvolle und vielseitige Vorchriftenammlung vorliegen, die in keinem biochemischen Labor fehlen sollte.

A. Heusner, Tübingen.

Ergebnisse der Enzymforschung. Band 12 mit Sachregister zu Band 7—12. Herausgeg. von R. Weidenhagen. Akad. Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.G., Leipzig 1951. 336 S. mit 55 Abb.; Preis geb. DM 24.—.

Der schnell nach dem 10. und 11. erschienene 12. Band der „Ergebnisse“ bietet wie seine Vorgänger durchweg Beiträge aus erster Hand. Deren erster („Stärke und Glykogen. Enzymatische Synthese und Hydrolyse“ von Myrbäck und Neumüller) behandelt nach einer Darstellung der gegenwärtigen Anschauungen über die Struktur der Stärke, des Glykogens und ihrer Abbauprodukte die „handfeste“ Enzymologie der Phosphorylasen und Amylasen; einer besonderen Empfehlung bedarf dieser Artikel nicht. Die Vorzüge des Beitrages von W. Franke über die enzymatische und nichtenzymatische Oxydation der ungesättigten Fettsäuren liegen in der Vollständigkeit der bearbeiteten und zitierten Literatur, die freilich mit einer nicht immer leichten Lesbarkeit erkaufte wird. Die breite Darstellung der nichtenzymatischen Autoxydationen in diesem Zusammenhang hat ihre Berechtigung durch die offenbare Gleichartigkeit des Reaktionsmechanismus mit dem der enzymatischen Oxydation und ihre Bedeutung für technische Prozesse. Im Hinblick auf gewisse derzeitige Diskrepanzen zwischen den Ansichten des Autors und denen anderer Forscher interessiert der knappe und klare Beitrag von Moeuwus über die Sexualstoffe von *Chlamydomonas eugametos* natürlich besonders, und es wäre nur zu hoffen, daß er zu seinem Teil zu einer Klärung der umstrittenen Fragen beitragen möge. Unter dem Titel „Biokatalytische Wirkung der Viren“ hat schließlich G. Schramm alles zusammengefaßt, was z. Zt. über den Bestand an Enzymen in den verschiedenen Viren bekannt ist und deren vermutliche Rolle bei dem Vorgang der Selbstreproduktion. Der Artikel ist klar und verständlich geschrieben; er wird auch dem Nichtspezialisten eine Vorstellung von dem aktuellen Stand der Forschung auf diesem hochinteressanten Gebiet ermöglichen, auf welchem freilich, wie auch aus dem Artikel hervorgeht, die deskriptive Biochemie z. Zt. das Feld noch durchaus beherrscht und der enzymologischen Forschung sich zwar eine große Aufgabe, aber erst wenig Ansatzmöglichkeiten bieten.

Carl Martius, Tübingen.

Papierchromatographie. (Monographien zu „Angewandte Chemie“ und „Chemie-Ingenieur-Technik“, Nr. 64.) Von Friedrich Cramer. Verlag Chemie, GmbH, Weinheim (Bergstraße) 1952. 81 S. mit 47 Abb.; Preis kart. DM 9.80.

Die Papierchromatographie ist die eleganteste und bequemste unter den modernen Methoden für Trennung und Nachweis kleinster Stoffmengen. Für ein gegebenes

Stoffgemisch muß man jedoch die in Frage kommenden Lösungsmittelgemische und für die Komponenten die geeigneten Identifizierungsmöglichkeiten kennen. Zur Orientierung hierüber sind knappe zusammenfassende Darstellungen des weitverstreuten Materials, wie die vorliegende, sehr wertvoll. Im allgemeinen Teil werden theoretische Grundlagen, Anwendungsbereich, Arbeitsmethodik, quantitative Auswertung, präparative Papierchromatographie und Papierelektrophorese besprochen, im speziellen Teil folgt eine praktische Anleitung für die Papierchromatographie aller bisher auf diesem Wege nachgewiesenen Stoffe. Die klar geschriebene und zweckmäßig abgefaßte Monographie wird mit ihren nahezu 300 Literaturhinweisen ein großer Helfer im Laboratorium sein. In einem Punkte geht der Referent nicht mit dem Autor konform: Aus dem unter I. 9 Gesagten muß man den Eindruck gewinnen, daß die „Aufsteigende Methode“ weniger leistungsfähig und nur für Orientierungsversuche geeignet sei; da diese Methode aber bequemer ist und deshalb mehr angewendet wird als die absteigende, muß darauf hingewiesen werden, daß sie ebenso zuverlässige Werte liefert, wenn der Innenraum der benutzten Kammer nicht zu groß ist, d. h. bei Verwendung von Anordnungen, wie z. B. in Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem. 288, 95 [1951] beschrieben.

Heinrich Hellmann, Tübingen.

Photosynthesis and Related Processes, Vol. II, Part. 1. Von Eugene I. Rabinowitch. Interscience Publishers Inc., New York 1951, S. 603—1208 mit zahlreichen Abb.; Preis geb. \$ 15.—.

Der lang erwartete 2. Band des umfassend geplanten Werkes über Photosynthese, auf dessen Einzelkapitel bereits im ersten Band mehrfach Bezug genommen wurde, ist nun mit 6-jähriger Verspätung erschienen, und zwar seinerseits zunächst nur in einem ersten Teil. Jedem Kenner der rapiden Ausweitung der Photosyntheseforschung leuchtet ein, welche große Mühe es dem Verf. gemacht haben muß, das laufend anwachsende Tatsachenmaterial und dessen Auswertung dem festgelegten Rahmen einzupassen. Um so bemerkenswerter ist es, daß eine nahezu geschlossene Darstellung erreicht und nur eine kleinere Zahl der neuesten Arbeiten einem später folgenden Nachtrag zugewiesen worden ist. — Im vorliegenden Teilband werden als Abschnitt III des Gesamtwerkes die optischen Verhältnisse des Pigmentapparats dargestellt (Absorption und Fluoreszenz), ein Gebiet also, dessen Behandlung von der Empirie bestimmt wird und daher dem Leser an sich gut zugänglich ist. Schwieriger liegen die Verhältnisse bei Abschnitt IV, der Kinetik der Photosynthese. Auch hier wird zwar die Fülle des einschlägigen Experimentalmaterials in vorbildlicher Vollständigkeit geboten; die reaktionskinetische Auswertung führt jedoch gelegentlich in die Tiefe theoretischer Erörterungen, deren Verfolgung und Beurteilung in erster Linie dem Physikochemiker vorbehalten bleibt. Gegenüber weitgehenden Deduktionen solcher Art sind viele Photosyntheseforscher, insbesondere die im Umgang mit lebenden Zellen erfahrenen Biologen, wohl nicht zu Unrecht zurückhaltend geblieben; der Experimentalangriff des

Biochemikern auf das Photosyntheseproblem hat einen stärkeren Eindruck hervorgerufen. Verfasser hebt zwar die Bedeutung einer differentiellen reaktionskinetischen Analyse hervor, bemerkt jedoch bezeichnenderweise selbst, diese sei dem Anbohren der Stahlwände eines Tresors vergleichbar, dessen Schlüssel man mittlerweile gefunden habe. Daß an diesem Schlüssel noch viel zu feilen ist, steht andererseits außer Zweifel. — Abschnitt IV bringt zunächst unter „Konzentrationsfaktoren“ den Einfluß des CO_2 , von Reduktoren (bei der Bakterienphotosynthese) und von Hemmstoffen. Danach folgen im Kapitel „Lichtfaktoren“ alle Fragen der Beziehung von Photosynthese zu Lichtquantität und -qualität, einschließlich der Rolle der „accessory pigments“, deren „Zusätzlichkeit“ heute nicht mehr generell gesichert erscheint. Auch die photochemische Ausbeute wird eingehend behandelt mit unverkennbarer Betonung der Experimente, welche Ausbeuten um $\varphi = 0,1$ ergeben haben. Die neuesten Experimente von O. Warburg und Mitarb. (Ein-Quanten-Mechanismus) sind noch nicht erwähnt; sie dürften für das Kapitel über intermittierende Belichtung zurückgestellt worden sein, das neben den restlichen Teilen der Reaktionskinetik (Temperatur und Chlorophyllfaktor, Induktionsphänomene) für den letzten Teilband angekündigt ist.

Besonders begrüßt werden sicherlich wieder die sehr übersichtlichen Kapitelbibliographien, die in chronologischer Anordnung für jedes Einzelgebiet allein schon eine knappe historische Übersicht liefern. Überhaupt hebt sich die bibliographische Sorgfalt (lediglich zahlreiche Druckfehler in Pflanzennamen fallen ungünstig auf) von einer oft allzu mechanisierten Methode des Zitierens in manchen modernen Reviews vorteilhaft ab. Eine sehr reichhaltige Ausstattung mit Diagrammen mag die Ursache für den hohen Preis des Bandes sein.

A. Pirson, Marburg.

Principles of Plant Physiology. Von James Bonner und Arthur W. Galston. Verlag W. H. Freeman and Company, San Francisco 1952. X, 499 S. mit zahlreichen Abb.; Preis geb. \$ 5.50.

Ein in Darstellung und Stoffauswahl fesselndes Lehrbuch für den Anfänger, welchen es zu einem bemerkenswert tiefen Verständnis der Pflanzenphysiologie zu führen vermag. Eine Einleitung (Kap. 1) öffnet ihm zunächst die Augen für die ganze Weite der Probleme, vor die sich die Forschung gestellt sieht, wobei u. a. die fundamentale Bedeutung ihrer Ergebnisse in praktischer Hinsicht eindrucksvoll herausgestellt wird, so für die mit steigender Bevölkerungszunahme immer kritischer werdende menschliche Ernährungslage. — Die Einteilung des Stoffes weicht von der üblichen ab: Teil I, Ernährung (Photosynthese, mineralische Versorgung, Nährstoffaufnahme, Stofftransport im Pflanzenkörper). Teil II: Enzyme, Kohlenhydrate, Atmung, Stickstoff, Fette, Haupt- und Nebenwege des Stoffwechsels. Teil III behandelt Wachstum und Entwicklung in 7 Kapiteln, unter denen man die Bewegungen (Reizphysiologie) vermißt, deren Weglassung sich durch den Zweck und die ganze Anlage des Buches rechtfertigen dürfte, zumal so mehr Raum für die stofflichen Vorgänge, besonders deren Chemismus im engeren Sinne, zur Ver-

fügung blieb. Letzterer wird eingehender als sonst in Anfängerbüchern nach dem neuesten Stand der Erkenntnis dargestellt und durch zahlreiche, überaus einprägsame Diagramme veranschaulicht. Das Buch verdiente eine deutsche Übersetzung.

W. Ruhland, Erlangen.

Trace Elements in Plant Physiology. A Symposium organized by the International Union of Biological Sciences at the Rothamsted Experimental Station with a Report of the Proceedings by T. Wallace and a Foreword by M. J. Sirks (Lotsya, Vol. 3 — I.U.B.S. Colloquia, Ser. B, No. 1). The Chronica Botanica Co., Waltham, Mass.; Buch- und Zeitschriften-Union mbH., Hamburg 13. 144 S. mit zahlr. Abb.; Preis \$ 4.50.

Nach der in Form eines historischen Rückblickes auf die Entwicklung der Spurenelementeforschung gegebenen Einleitung durch B. Němec befaßte sich T. Wallace mit der Anwendung der visuellen Diagnose von Mangelerscheinungen. Diese vermag zwar wertvolle Aufschlüsse zu vermitteln, jedoch dürfen die ihr gesteckten Grenzen nicht übersehen werden. Methodik und Technik für Sandkulturen mit Spurenelementen wurden von E. J. Hewitt beschrieben, wobei die an der Versuchsstation Long Ashton entwickelten Einrichtungen für eine sorgfältige Reinigung des Sandes und Wassers für Molybdänversuche allgemeine Beachtung verdienen. Die schwierigen Voraussetzungen einer einwandfreien Versuchsanstellung bei der Feststellung der Unentbehrlichkeit eines Elementes werden (am Beispiel des Molybdäns) von D. J. Arnon dargelegt und als Kriterium hierfür drei Grundforderungen aufgestellt: 1. Der Lebenszyklus der Pflanze kann beim Fehlen dieses Elementes nicht abgeschlossen werden. 2. Die Wirkung auf die Pflanze muß spezifisch sein. 3. Die Wirkung auf die Pflanze muß eine direkte sein. Hinsichtlich der Nomenklatur wurde vorgeschlagen, die mannigfaltigen und oft auch nicht zutreffenden Benennungen durch die einheitlich anzuwendende Bezeichnung „Mikro-Nährelemente“ zu ersetzen. Mit der Wirkung verschiedener Spurenelemente im Stoffwechsel der Pflanze befaßten sich vier weitere Vorträge. E. G. Mulder berichtete über seine Untersuchungen über die Rolle des Molybdäns bei der Reduktion der Nitrate sowie bei der Fixierung des Luftstickstoffs durch *Azotobacter*. *Aspergillus niger* ist nicht nur zur Bestimmung der Verfügbarkeit von Cu und Zn, sondern auch von Mo im Boden geeignet. J. Lavollay bediente sich des gleichen Mikroorganismus bei seinen Bestimmungen des Wirkungskoeffizienten von Nährstoffen und Untersuchungen über gleichheitliche Wirkungen von Kalium und Rubidium. Die Befunde von J. Erkama weisen gebieterisch auf ein vermehrtes Studium der Wechselwirkungen einzelner Mikronährstoffe untereinander hin, wobei solche Beziehungen zwischen Eisen, Mangan und Kupfer im Vordergrund stehen. Die Untersuchungen von H. Burström über den Einfluß von NO_3^- und Mn auf das Wurzelwachstum (Zelllänge) erbrachten spezifische Wirkungsweisen für jedes dieser Elemente, den günstigsten Erfolg jedoch im Zusammenwirken beider. Über den Mangel an Spurenelementen in europäischen Ländern berichteten fünf Vorträge. Die in der Schweiz besonders während des Krieges auftretenden Bor- und Mangan-

mangelschäden führt L. Gisiger in der Mehrzahl der Fälle als Folgeerscheinungen einer Überkalkung an. Bormangel ist nicht auf eine Festlegung durch Ca zurückzuführen, sondern auf ein ungünstiges Verhältnis von Ca:B und die hydratisierende Wirkung des OH⁻-Ions auf die Wurzel, die bei Anwesenheit ausreichender B-Mengen nicht eintritt. Im Falle des Mangans bewirkt das OH⁻-Ion einen Rückgang von dessen Verfügbarkeit.

Über die dänischen Verhältnisse unter besonderer Berücksichtigung des Kupfers berichtete F. Steenbjerg, wobei die Beziehungen zwischen der Trockensubstanz-erzeugung der Pflanze und deren Gesamt-Cu-Gehalt (Verlauf in Form der bekannten S-Kurve) eingehend erörtert wurden. Die nachteiligen Auswirkungen eines Überschusses von Mangan auf verschiedene Pflanzen auf sauren Böden wurden von M. Löhnis in ausgedehnten Versuchen unter gleichzeitiger Variation der Kalkdüngung und der N-Form untersucht. Im Gegensatz zu Hafer, Kartoffel und Erdbeere ist die hohe Empfindlichkeit der Buschbohne gegen Mn-Überschuß auf das größere Aneignungsvermögen dieser Pflanze für Mn zurückzuführen. Aus dem Berichte von D. Mulder geht hervor, daß Zinkmangel in Holland, Ungarn, Dänemark, Schweiz und auch England an Obstbäumen, besonders Äpfeln, anzutreffen ist. Nach E. E. Jamalainen ist die Spurenelementefrage in Finnland sehr akut. Bormangel tritt auch auf sauren Böden auf. Während sich die Fälle von Cu-Mangel häufen, ist der Mn-Mangel infolge der Häufigkeit des Vorkommens saurer Böden lokal begrenzt. Die Frage der Spurenelemente in der Tierernährung behandelte L. Seekles und betonte die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit zwischen Pflanzen- und Tierphysiologie zur Lösung dieser z. Tl. sehr verwickelten und schwierigen Fragen. Hervorzuheben sind die sehr aufschlußreiche Übersicht über die Rolle einzelner Spurenelemente in Enzymsystemen und die Ergebnisse von Cu-Bilanzversuchen am Tier.

Wilhelm Schropp, Weißenstephan.

Entwicklungsgeschichte des Pflanzenreiches. Von H. Heil. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. 2. Aufl. 138 S., 94 Abb.; DM 2.40.

Auch die neue Auflage dieses Bändchens besitzt die Vorzüge der ersten: Ein Überblick mit sehr viel Tatsachen zur pflanzlichen Stammesgeschichte in gedrängter Form.

W. Zimmermann, Tübingen.

Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Von J. Braun-Blanquet. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Springer-Verlag, Wien 1951. 631 S. mit 350 Abb.; Preis DM 63.—, Ganzleinen DM 67.20.

Braun-Blanquets Buch, das lange auf dem Büchermarkt fehlte, bedarf bei den soziologisch orientierten Botanikern keiner besonderen Empfehlung: kaum einer der heute lebenden Botaniker hat in breiten Kreisen einen solchen Widerhall und soviel begeisterte Anhängerschaft gefunden. Offensichtlich ist ein Teil dieses Erfolges darin begründet, daß seine Forschungsrichtung auch jenem ein dankbares Betätigungsfeld bietet, der über kein wohl-

ausgerüstetes Laboratorium, sondern nur über gediegene Pflanzenkenntnisse und Liebe zur Sache verfügt. Ein anderer Grund für den Erfolg der Pflanzensoziologie ist ihre unbestrittene und vielfach erhärtete Bedeutung als Wegweiser für einen naturgemäßen Pflanzenbau, — gerade über diese Seite hätte man im vorliegenden Buche wohl noch weitere unmittelbare Aufklärung dankbar begrüßt. Das letzte Geheimnis für den Erfolg des Buches und seines Autors liegt aber wohl darin, daß aus jeder Zeile ein Mann spricht, der, führend an der Entwicklung seines Fachgebietes beteiligt, ihm mit letzter Hingabe dient. — Daß die Pflanzensoziologie ihre wesentliche Aufgabe nicht, wie es dem Fernerstehenden erscheinen möchte, in der immer weiter getriebenen Aufteilung der Pflanzendecke in kleine und kleinste Gesellschaftseinheiten sehen darf, weiß niemand besser als der Verfasser. So widmet er denn auch über die Hälfte seines Buches einer vorzüglichen Besprechung der Haushaltslehre der Pflanzengesellschaften, wie denn überhaupt die ökologische Erforschung der Pflanzengesellschaften dazu berufen erscheint, im Speziellen das Allgemeine, im Trennenden das Gemeinsame herauszuarbeiten und damit der Gefahr einer „Atomisierung“ der Pflanzendecke zu begegnen. — Eine andere Forderung an die Pflanzensoziologie, die Berücksichtigung der Arealgeographie (Gradmann, Meusel, Gams) hat dagegen vorläufig nur schüchternen Eingang gefunden, und doch liegt die Zukunft in der Verschmelzung der Trias Soziologie, Ökologie und Arealkunde zur Einheit! Braun-Blanquets Buch aber läßt uns über dem Erreichten das zu Erreichende fast vergessen, denn es vereinigt das erstere zu einem ungewöhnlich eindrucksvollen Gesamtbild.

P. Filzer, Tübingen.

Die Lebermoose Europas (Musci hepatici). Von Karl Müller. 3. Aufl., 1., 2. und 3. Lieferung. „L. Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz“, Bd. VI. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG., Leipzig 1951. 480 S. mit 129 Abb.; Preis DM 63.80.

Zahlreiche Interessenten des in der ganzen Welt hochgeschätzten Werkes warten schon lange auf das Erscheinen der 3. Auflage, von der bis jetzt 3 Lieferungen vorliegen. In der neuen Fassung bietet der 1., allgemeine Teil, eine wesentliche Bereicherung, indem z. B. gänzlich neue Abschnitte, wie die Karyologie, hineingearbeitet sind und in ihrer Bedeutung für die Taxonomie diskutiert werden. Auch das Kapitel „Chemie der Lebermoose“ wird nach dem letzten Stand unserer Kenntnis erweitert geboten und hier besonders auf die noch ungeklärte Bedeutung der Ölkörper und ihre systematisch wichtige Rolle hingewiesen. Ganz kurz wird über die wenigen bekannten Symbiosen und den einzigen bekannten Fall von Saprophytismus gesprochen. Eine ausführliche Darstellung der Wachstumsbedingungen an Hand von Kulturversuchen und eigenen Feldbeobachtungen, wobei das p_H des Bodens seine gebührende Beachtung findet und Schlüsse auf den Wert der Moose als „Bodenzeiger“ gezogen werden, beschließt die erste Lieferung.

Den größten Teil der 2. Lieferung nimmt das Kapitel „Geographische und ökologische Verbreitung der Leber-

moose“ ein, das für den Bryogeographen reizvollste Thema. Die in dem Unterabschnitt „Genetische Geographie“ formulierte Stellungnahme des Verfassers, der sich — wie auch der Referent — zur Wegenerschen Kontinentverschiebungshypothese bekennt, fordert zu einer fruchtbaren Diskussion heraus, bei der namentlich die Persistenz der verschiedenen Erdräume eine entscheidende Rolle spielen dürfte. Der reiche Inhalt an geographischen und ökologischen Tatsachen kann hier nicht einmal angedeutet werden. Diesem Hauptteil gehen noch einige kleinere Kapitel voraus, u. a. Betrachtungen über systematische Einheiten, die Lebermoossysteme — hier das Lebermoosystem in neuester Fassung, das gegenüber der vorhergehenden eine beträchtlich reichere Gliederung erfährt und dementsprechend eine viel größere Zahl von nunmehr kleineren, aber dafür besser charakterisierten Familien enthält. Von praktischer Bedeutung sind die „Bemerkungen für den Sammler“, ferner die Mitteilungen über die Aufbewahrungsorte wichtiger Sammlungen von verstorbenen Autoren und eine Aufzählung der Exsikkatenwerte. Für den Lebermoospezialisten bedeuten diese Hinweise, nachdem durch Kriegseinwirkung so viele kostbare Sammlungen verlorengegangen, eine große Hilfe. Mit Seite 287 beginnt der „Spezielle Teil“, der die Beschreibung der im Gebiet vorkommenden Lebermoosarten, beginnend mit den *Anthocerotales*, enthält.

In der 3. Lieferung, die im wesentlichen die *Marchantiales* behandelt, zeichnen sich zum erstenmal die großen Wandlungen ab, die sich in der Auffassung von einem natürlichen System der Lebermoose vollzogen haben. Im Anschluß an *Goebel* waren schon die *Sphaerocarpaceae* aus dem Kreis der *Jungermaniales Anacrogynae* zu den *Marchantiales* versetzt worden. Nun zeigt sich eine weitere Änderung in der Aneinanderreihung der *Marchantiineae* und *Ricciineae*, welche letztere in der früheren Fassung als die vermutlich primitiveren Formen den *Marchantiineae* vorangingen, jetzt aber (wie *Goebel* nachgewiesen haben dürfte) als abgeleitete Formen hinter den *Marchantiineae* rangieren. Nicht ganz logisch erscheint mir danach die Anordnung der *Marchantiineae*-Familien, die statt in ebenfalls absteigender hier in aufsteigender Reihe gebracht werden (die *Compositae* mit *Marchantia* als höchstentwickelte Formen am Schluß). Nur die letzte Familie, *Corsiniaceae*, deutet die Verbindungsstufe zu den *Ricciineae* an. Eine Anzahl neuer Arten sowohl bei den *Marchantiineae* wie bei den *Ricciineae*, die hauptsächlich den Chromosomenstudien von *G. Lorbeer* zu verdanken sind, werden beschrieben und in der bekannt sorgfältigen Weise abgebildet. Eine beträchtliche Zahl neuer Figuren und Verbreitungskärtchen bereichern diese Lieferung.

Th. Herzog, Jena.

Geschlecht und Geschlechtsbestimmung im Tier- und Pflanzenreich. Von *Max Hartmann*. Zweite, verbesserte Auflage. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. 116 S. mit 61 Abb.; Preis DM 2.40.

Die vier Hauptkapitel des Bändchens stellen die allgemeine bipolare Zweigeschlechtlichkeit, die vier Typen der Geschlechtsverteilung und Geschlechtsbestimmung, die Geschlechtshormone und ihre entwicklungsphysiologische Wirkung und schließlich die allgemeine Theorie der Sexualität dar. Die völlig überarbeitete 2. Auflage berücksichtigt die neueren Ergebnisse, wie beispielsweise die nun chemisch bekannten Geschlechtsstoffe von *Chlamydomonas*. Durch ein Literaturverzeichnis würde diese meisterhafte Darstellung für den Studierenden an Wert gewinnen.

F. Kaudewitz, Tübingen

Fortpflanzung im Tier- und Pflanzenreich. Von *J. Hämerling*. Zweite, ergänzte Auflage. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. 135 S. mit 101 Abb.; Preis DM 2.40.

Eine vertiefte Einführung in die Morphologie und Physiologie der Fortpflanzung bei Tier und Pflanze. Der Inhalt ist auf neuesten Stand gebracht. So sind beispielsweise die zum Thema gehörenden, an Bakteriophagen und Bakterien gewonnenen Einblicke, die genaueren Kenntnisse der Gamone von *Chlamydomonas* und die der Paarungstypen von *Paramecium* im Text berücksichtigt. Auch dieses wertvolle Bändchen könnte durch Einfügen eines Literaturverzeichnisses noch eine wichtige Ergänzung erfahren.

F. Kaudewitz, Tübingen.

NACHRICHTEN

Zweite Tagung der Nobelpreisträger

vom 23. bis 27. Juni 1952 in Lindau (Bodensee)
für Preisträger der Chemie

Vorträge haben angekündigt:

G. v. Hevesy, Stockholm, *A. Virtanen*, Helsinki, *H. v. Euler-Chelpin*, Stockholm, *O. Hahn*, Göttingen, *K. Alder*, Köln, *F. Soddy*, Brighton (England), *A. Butenandt*, Tübingen, *G. Domagk*, Wuppertal, *R. Kuhn*, Heidelberg.

Briefanschrift: Arbeitsausschuß für die Tagungen der Nobelpreisträger, Lindau (Bodensee), Fischergasse 37.

Internationale See-Algen-Konferenz 1952

In Edinburgh findet vom 14. bis 17. Juli 1952 eine internationale Meeresalgen-Konferenz statt.

Nähere Auskünfte sind vom Sekretär des Organisations-Ausschusses, *Mr. T. W. Summers*, Meeresalgen-Institut Midlothian, Schottland, zu erhalten.