

Wesentliche, daß ein Jahrtausende alter Mythos auf einem Deckglas mit zwei Serومتropfen endete. Das tiefste Wesen dessen, was wir heute als biologische Gesetzmäßigkeit erkennen, ist Rätsel genug. Aber es geschah ein Einblick in das Geäst des Lebens, der nur befreiend und befruchtend empfunden werden kann. Die praktische Medizin hat sich ihr Teil genommen, soweit die B.T. in Frage kommen. Und selbst da müssen wir zugeben, daß wir noch vor kaum geahnten Möglichkeiten stehen. Andere Disziplinen haben noch viele Wege offen. Geistiger Arbeit nach jeder Richtung wurde ein neues Feld gewonnen. Dessen wollen wir uns freudig bewußt sein und denen danken, die uns dieses Feld erschlossen haben.

Diese große Versammlung führt Naturforscher und Ärzte zusammen. Es ist nicht nur Wage und Gewicht und der Maßzirkel und die Dezimalzahl,

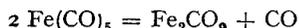
die uns geistige Befreiung bringen. Es kann auch die Hingabe an eine neue erregende Idee sein, die uns befruchtet, wenn wir auch heute noch wenig Festes in Händen haben.

Die Legende von der kleinen Ottegebe und dem armen Heinrich — eine Blutlegende im schönsten Sinne — ist eine deutsche Legende. Es ist deutsche Art geblieben, für einen Gedanken Mühe und Arbeit, Kühnheit und Wagnis einzusetzen. Auch der Flug neuer Pläne zu neuen Enttäuschungen kann ein Opfer sein. Niemand wird daran zweifeln, daß deutsche Arbeitskraft, Gewissenhaftigkeit und und nüchterne Gründlichkeit die Phantasterei zur segnenden Phantasie umbrechen wird. Das Ziel ist alles. Und das kann auch hier nur eines sein: Einem großen und herrlichen Volk in Treue zu dienen. Und damit Diener zu sein an der Menschheit.

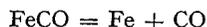
Photochemie der Eisencarbonylverbindungen und das absolute Absorptionsspektrum des Atmungsferments¹.

Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem.

Die einfachste Eisencarbonylverbindung, die wir kennen, ist das von MOND und QUINCKE im Jahre 1891 entdeckte² Eisenpentacarbonyl, $\text{Fe}(\text{CO})_5$. In demselben Jahre fanden MOND und LANGER, daß Eisenpentacarbonyl bei Belichtung dissoziiert. DEWAR und JONES untersuchten die photochemische Dissoziation des Eisenpentacarbonyls näher und stellten fest, daß im Licht zwei Moleküle Eisenpentacarbonyl unter Abspaltung von einem Molekül Kohlenoxyd nach der Gleichung reagieren



Wenige Jahre nach MOND und LANGER, 1897, fanden HALDANE und SMITH einen zweiten Fall von photochemischer Dissoziation der Eisencarbonylgruppe. HALDANE und SMITH versuchten, Kohlenoxydhämoglobin colorimetrisch zu bestimmen und beobachteten dabei, daß die Färbung der Lösungen von der Lichtintensität abhing, bei der sie colorimetrierten. Eine Verfolgung dieser Beobachtung ergab, daß Kohlenoxyd-Hämoglobin bei Belichtung in Kohlenoxyd und Hämoglobin dissoziiert, die Eisencarbonylgruppe des Kohlenoxyd-Hämoglobins also im Licht nach der Gleichung



zerfällt.

Dies sind die Tatsachen über die Photochemie der Eisencarbonylverbindungen, die wir vorfanden. Sie wurden wenig beachtet und galten mehr als Curiosa.

¹ Über die Bestimmung des relativen Absorptionsspektrums des Atmungsferments ist in dieser Wochenschrift 1928, S. 345, berichtet worden.

² Eisenpentacarbonyl wird heute nach einem Verfahren von A. MITTASCH in Ludwigshafen in großem Maßstab dargestellt. Vgl. darüber A. MITTASCH Z. angew. Chem. 30, 1928, wo man auch Näheres über die Eigenschaften dieser interessanten Substanz findet.

Spaltung und Rückreaktion.

Bestrahlt man eine Eisencarbonylverbindung, so setzt mit der photochemischen Spaltung die Rückreaktion der Spaltungsprodukte ein, und die Spaltungsprodukte häufen sich nur solange an, bis Spaltung und Rückreaktion einander gleich geworden sind. Mißt man die Lichtabsorption und Rückreaktion im stationären Zustand, so kann man berechnen, wieviel Kohlenoxyd durch die Einheit der absorbierten Strahlung abgespalten wird.

Der experimentelle Effekt der Bestrahlung ist also hier die Bilanz zwischen photochemischer Spaltung und Rückreaktion. Während die Spaltung nur von der Lichtabsorption abhängt, hängt die Rückreaktion von dem Kohlenoxyddruck, der Temperatur und einer individuellen Konstante ab, die man als die Geschwindigkeitskonstante der Rückreaktion bezeichnen kann. Bei hohem Kohlenoxyddruck ist die Geschwindigkeit der Rückreaktion groß, der experimentelle Effekt klein. Da ferner die Geschwindigkeitskonstanten der Rückreaktion von Substanz zu Substanz erheblich variieren, so ist der experimentelle Effekt unter gleichen äußeren Bedingungen und bei gleicher Lichtabsorption von Substanz zu Substanz verschieden.

Kohlenoxyd-Hämoglobin ist, weil die Geschwindigkeitskonstante der Rückreaktion groß ist, sehr unempfindlich gegen Bestrahlung und eignet sich nicht für quantitative photochemische Versuche. Um Kohlenoxyd-Hämoglobin merklich photochemisch zu dissoziieren, sind Lichtintensitäten von der Größenordnung der Sonnenlichtintensität notwendig.

Lichtempfindlicher sind gewisse Verwandte des Kohlenoxyd-Hämoglobins, die wie das Hämoglobin den Hämkern enthalten, an Stelle des Globins aber einfachere Basen. Solche Basen sind nach Versuchen von Dr. KREBS Pyridin und

Nicotin. Bei niedriger Temperatur und niedrigem Kohlenoxyddruck dissoziiert Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin¹ schon bei Lichtintensitäten von $\frac{1}{10000}$ Sonnenlichtintensität und ist deshalb für quantitative photochemische Versuche geeignet.

Eine zweite Eisencarbonylverbindung, mit der wir gearbeitet haben, ist das kürzlich von W. CREMER in Dahlem entdeckte Kohlenoxyd-Ferrocystein. Cystein bildet mit Eisen komplexe Salze. Das komplexe Ferrosalz des Cysteins reagiert mit Kohlenoxyd und die entstehende Eisencarbonylverbindung dissoziiert bei Belichtung in die Komponenten. Auch diese Eisencarbonylverbindung ist wegen ihrer großen Lichtempfindlichkeit für quantitative photochemische Versuche geeignet.

Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin und Kohlenoxyd-Ferrocystein sind ihrer chemischen Konstitution nach ganz verschieden. In dem Pyridin-Hämin ist das Eisen an den Stickstoff des Tetrapyrrolkerns gebunden, die Eisencarbonylgruppe hat die Zusammensetzung FeCO . In dem Ferrocystein ist das Eisen an das Schwefelatom einer Aminosäure gebunden, die Eisencarbonylgruppe hat die Zusammensetzung $\text{Fe}(\text{CO})_2$.

Eisencarbonylverbindung des Atmungsferments.

Die dritte Eisencarbonylverbindung, die wir untersucht haben, ist die Carbonylverbindung des Atmungsferments, in der, wie in dem Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, ein Eisenatom mit einem Molekül Kohlenoxyd verbunden ist. Bildung und Zerfall dieser Eisencarbonylverbindung können wir nicht direkt untersuchen, sondern nur auf einem Umwege. Denn die Konzentration des Atmungsferments in der lebendigen Substanz ist unendlich klein, und so wenig wie irgend ein Ferment kann man das Atmungsferment von der inaktiven Zellsubstanz trennen. Die Mengen an Fermenteisen, die wir bei unseren Versuchen in den Reaktionsgefäßen haben, sind kleiner als 10^{-10} g. So versagen hier, ähnlich wie auf dem Gebiet der unbeständigen radioaktiven Elemente, die älteren chemischen Methoden, die wir aus Gewohnheit die direkten nennen.

Die indirekte Methode ist in unserem Fall die Messung der Atmung lebender Zellen. Die Atmung ist immer proportional der Menge an Fermenteisen. Binden wir einen Teil des Eisens an Kohlenoxyd, so scheidet dieser Teil als Fermenteisen aus, die Atmung sinkt und aus dem Sinken der Atmung kann man den an Kohlenoxyd gebundenen Teil des Eisens berechnen. Das Prinzip ist also, daß man die Reaktionen eines Katalysators durch die Geschwindigkeitsänderungen der Katalyse nachweist und mißt. Wegen der großen Reaktionsfähigkeit des Katalysators erhält man hierbei, trotz unendlich kleiner Fermentkonzentration, gut meßbare Ausschläge.

¹ Da das Eisen in dieser Verbindung 2-wertig ist, so bezeichnet man sie korrekter als „Kohlenoxyd-Hämapopyridin“, oder als „Kohlenoxyd-Pyridin-Hämochromogen“.

Bei solchen Messungen zeigt sich, daß sich die Carbonylverbindung des Atmungsferments in der lebenden Zelle in allen wesentlichen Punkten verhält wie die Eisencarbonylverbindungen im Reagensglas. Die Menge an Carbonylverbindung, die sich in der Zelle bildet, hängt von dem Partialdruck des Kohlenoxyds ab. Bestrahlt man kohlenoxydhaltige Zellen, so dissoziiert die Carbonylverbindung des Atmungsferments, was durch die Zunahme der Atmung im Licht erkannt wird. Auch hier haben wir die Rückreaktion der Spaltungsprodukte, auch hier führt die Bestrahlung zu stationären Zuständen, in denen Spaltung und Rückreaktion sich die Wage halten. Auch hier hängt die Rückreaktion von der Temperatur und dem Kohlenoxyddruck ab und nimmt die Lichtempfindlichkeit mit sinkender Temperatur und sinkendem Kohlenoxyddruck zu.

Bei niedriger Temperatur und niedrigem Kohlenoxyddruck ist die Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments etwa ebenso lichtempfindlich wie Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, d. h., Intensitäten von $\frac{1}{10000}$ Sonnenlichtintensität bewirken schon erhebliche Dissoziation. Deshalb war es möglich, die photochemische Dissoziation der Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments bei monochromatischer Bestrahlung zu untersuchen.

Es ergab sich dabei, daß die Lichtwirkung sehr beträchtlich mit der Wellenlänge des Lichts variiert. Bestrahlt man kohlenoxydhaltige Zellen mit verschiedenen Wellenlängen gleicher Intensität, so steigt die Atmung in verschiedenem Maße. Beispielsweise wirkt die blaue Quecksilberlinie $436 \mu\mu$ 23mal so stark wie die blaugrüne Quecksilberlinie $492 \mu\mu$.

Die Wirkung der Strahlen des sichtbaren Lichts beweist, daß die Carbonylverbindung des Atmungsferments eine gefärbte Substanz ist. Die um das 23fache verschiedene Wirkung nahe benachbarter Wellenlängen macht es wahrscheinlich, daß die verschiedenen Wellenlängen verschieden stark absorbiert werden. Offenbar könnte man aus Atmungsmessungen in verschiedenfarbigem Licht das Absorptionsspektrum der Carbonylverbindung des Atmungsferments berechnen, wenn die spezifische Wirkung des absorbierten Lichts für die verschiedenen Wellenlängen bekannt wäre. Denn die Lichtwirkung hängt ab von der Absorption des Lichts und der spezifischen Wirkung des absorbierten Lichts.

Das Einsteinsche Äquivalentgesetz.

Was wir hier brauchen, ist die Größe, die EMIL WARBURG in seinen photochemischen Arbeiten als die spezifische photochemische Wirkung φ bezeichnet hat, das ist

Lichtwirkung/absorbierte Strahlungsenergie.

Ich habe mit ERWIN NEGELEIN für wässrige Lösungen des Kohlenoxyd-Pyridin-Hämins und des Kohlenoxyd-Ferrocysteins die Größe φ bestimmt, die Menge Carbonyleisen, die bei mono-

chromatischer Bestrahlung durch eine Calorie absorbierten Lichts gespalten wird. Die Wellenlängen waren 6 Linien der Quecksilberdampfampe, nämlich

366 $\mu\mu$ (ultraviolett)	492 $\mu\mu$ (blaugrün)
405 „ (violett)	546 „ (grün)
436 „ (blau)	578 „ (gelb)

Jede dieser 6 Wellenlängen wird von den beiden Carbonylverbindungen absorbiert, jede spaltet. Die Messung von φ ergab, daß in dem ganzen untersuchten Spektralgebiet das EINSTEINSche Äquivalenzgesetz gilt.

Das EINSTEINSche Gesetz besagt, daß die Lichtwirkung äquivalent oder proportional ist der Zahl der absorbierten Lichtquanten. Da die Zahl der Lichtquanten, die in einer Calorie Strahlung enthalten sind, nach PLANCK und EINSTEIN proportional der Wellenlänge λ des Lichts ist, so gilt $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, eine Beziehung, die zuerst von EML. WARBURG bei der Photolyse der Halogenwasserstoffsäuren gefunden worden ist.

Wir finden für die Spaltung des Kohlenoxyd-Pyridin-Hämins:

$$\frac{\varphi_{546}}{\varphi_{436}} = 1,32, \text{ während } \frac{546}{436} \text{ gleich } 1,25 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi_{436}}{\varphi_{366}} = 1,17, \text{ während } \frac{436}{366} \text{ gleich } 1,19 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi_{546}}{\varphi_{366}} = 1,54, \text{ während } \frac{546}{366} \text{ gleich } 1,49 \text{ ist.}$$

Wir finden für die Spaltung des Kohlenoxyd-Ferrocysteins

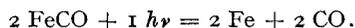
$$\frac{\varphi_{492}}{\varphi_{366}} = 1,40, \text{ während } \frac{492}{366} \text{ gleich } 1,34 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi_{436}}{\varphi_{366}} = 1,20, \text{ während } \frac{436}{366} \text{ gleich } 1,19 \text{ ist,}$$

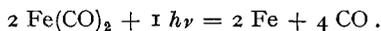
$$\frac{\varphi_{405}}{\varphi_{366}} = 1,06, \text{ während } \frac{405}{366} \text{ gleich } 1,10 \text{ ist,}$$

also in beiden Fällen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Theorie. In beiden Fällen ist die Lichtwirkung bestimmt durch die Zahl der absorbierten Lichtquanten.

Was die absoluten Werte von φ anbetrifft, so finden wir für Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, daß ein absorbiertes Lichtquantum nahezu zwei Moleküle Kohlenoxyd abspaltet und schreiben deshalb die photochemische Bilanzgleichung



Für Kohlenoxyd-Ferrocystein finden wir, daß ein absorbiertes Lichtquantum vier Moleküle Kohlenoxyd abspaltet und schreiben deshalb die photochemische Bilanzgleichung



In der Hämilverbindung ist ein Atom Eisen mit einem Molekül Kohlenoxyd verbunden, in der Cysteinverbindung ist ein Atom Eisen mit zwei Molekülen Kohlenoxyd verbunden. Es werden

also in beiden Fällen zwei Atome Carbonyleisen durch ein Lichtquantum gespalten, in beiden Fällen ist die EINSTEINSche Äquivalenzbeziehung

$1 h\nu$ äquivalent 2 Atomen Carbonyleisen.

Warum hier die Zahl 2 auftritt und nicht, wie man wohl erwartet hätte, die Zahl 1, ist eine Frage, die man ohne Theorie über den Mechanismus der photochemischen Reaktion nicht beantworten kann. Glücklicherweise ist diese Frage für uns gleichgültig.

Das relative Absorptionsspektrum des Atmungsferments.

Von unseren beiden Ergebnissen

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

und

$1 h\nu$ äquivalent 2 Atomen Carbonyleisen,

wenden wir das erste an, um das relative Absorptionsspektrum zu bestimmen, das zweite zur Bestimmung des absoluten Absorptionsspektrums.

Aus $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ ergibt sich eine einfache Beziehung zwischen den Lichtabsorptionskoeffizienten β und den eingestrahnten Lichtintensitäten i . Ist die bestrahlte Schicht sehr dünn und stimmt man die Intensitäten der verschiedenen Wellenlängen so ab, daß gleiche Wirkungen entstehen, so verhalten sich die Lichtabsorptionskoeffizienten umgekehrt wie die eingestrahnten Quantenintensitäten:

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{i_2}{i_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1)$$

wo i_1 und i_2 Intensitäten gleicher Wirkung bedeuten.

Man erhält nach dieser Gleichung das relative Absorptionsspektrum derjenigen Substanz, deren photochemische Spaltung man mißt, gleichgültig, ob sie in reinem Zustand vorliegt, oder vermischt mit beliebig vielen andern lichtabsorbierenden Substanzen (wenn nur die Gesamtabsorption des Lichts immer klein bleibt). Dank dieser Eigenschaft können wir die Gleichung ohne Einschränkung auf die lebendige Substanz anwenden. Ist die photochemische Wirkung, in bezug auf die wir die Intensitäten i ausgleichen, die Zersetzung der Carbonylverbindung des Atmungsferments, so ist das Spektrum, das die Gleichung liefert, das Spektrum dieser Carbonylverbindung. Jede direkte Aufnahme des Absorptionsspektrums lebender Zellen dagegen liefert nicht das Spektrum des Ferments, sondern das Spektrum anderer gefärbter Zellbestandteile, die im Gegensatz zu dem Ferment in endlicher Konzentration in den Zellen vorkommen.

Wir haben die Intensitäten gleicher Wirkung für die photochemische Dissoziation der Kohlenoxydverbindung des Ferments in 8 verschiedenen Spektralbezirken gemessen, und daraus nach Gleichung (1) das relative Spektrum berechnet. Es

ergab sich, daß das Spektrum der Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments das Spektrum eines Kohlenoxyd-Hämins ist, um 20 $\mu\mu$ nach rot verschoben.

Das absolute Absorptionsspektrum des Atmungsferments.

Wenn bisher von der photochemischen Dissoziation der Eisencarbonylverbindungen die Rede war, so waren immer nur die stationären Zustände gemeint, die sich bei der Bestrahlung, sei es in einfachen Lösungen, sei es in der lebenden Zelle, einstellen. Betrachten wir nunmehr die Geschwindigkeiten, mit denen diese stationären Zustände erreicht werden, so hat man bei Bestrahlung vorher verdunkelter Zellen einen allmählichen Anstieg der Lichtwirkung — bis durch Anhäufung der Spaltungsprodukte die Rückreaktion gleich der Spaltung geworden ist — und man hat bei Verdunkelung vorher bestrahlter Zellen eine Nachwirkung des Lichts — bis die photochemischen Spaltungsprodukte durch die Rückreaktion verschwunden sind. Diese Ge-

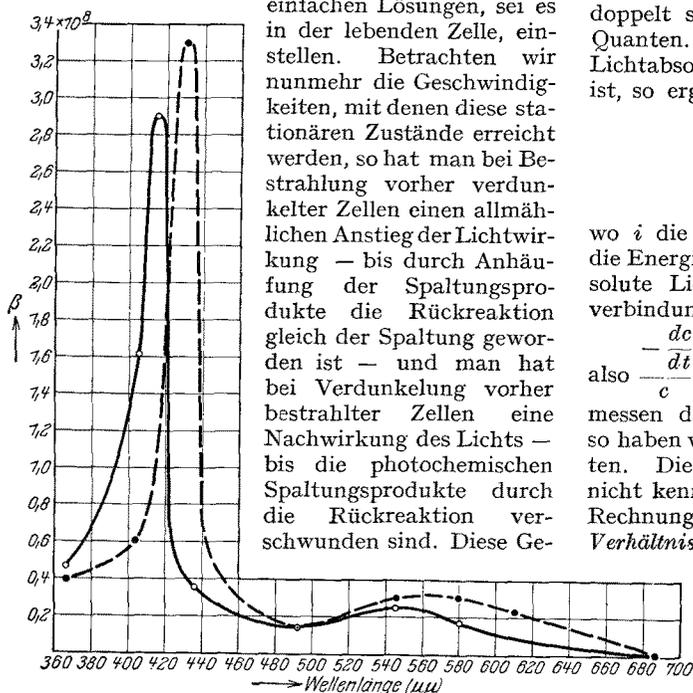


Fig. 1. Absolute Absorptionsspektren der Kohlenoxydverbindungen des Atmungsferments und des Hämins. Gestrichelte Linie Atmungsferment, ausgezogene Linie Hämın.

schwindigkeiten des Anstiegs und Abklingens der Lichtwirkung sind es, die wir zur Berechnung der absoluten Absorptionskoeffizienten brauchen.

Aus methodischen Gründen, weil die Geschwindigkeiten groß sind, kann man sie nicht durch einen einzelnen Lichtwechsel bestimmen, sondern muß viele Lichtwechsel in kurzen Abständen aufeinander folgen lassen, d. h. intermittierend bestrahlen. Bestrahlt man kohlenoxydhaltige Zellen intermittierend, mit gleichlangen Hell- und Dunkelperioden, so ist bei hinreichend großer Wechselzahl die Lichtwirkung größer, als bei kontinuierlicher Bestrahlung mit der halben Intensität. Aus diesem Effekt des Lichtwechsels und der Wechselzahl erhält man die Geschwindigkeiten des Anstiegs und des Abklingens der Lichtwirkung und daraus die photochemische Zerfallskonstante der

Eisencarbonylgruppe $-\frac{dc}{dt} = \text{Zahl der in der Zeit}$

und Volumeneinheit zerfallenden Moleküle/Zahl der in der Volumeinheit vorhandenen Moleküle.

Die Zahl der zerfallenden Moleküle ist aber nach dem EINSTEINSCHEN Gesetz verknüpft mit der Zahl der absorbierenden Moleküle oder mit der Zahl der absorbierten Lichtquanten. In unserm Fall, wo

$$1 \text{ } h\nu \text{ äquivalent } 2 \text{ Atomen Carbonyleisen}$$

ist die Zahl der zerfallenden Eisencarbonylgruppen doppelt so groß, wie die Zahl der absorbierten Quanten. Führen wir wieder die Bedingung kleiner Lichtabsorption ein, die immer leicht zu erfüllen ist, so ergibt eine einfache Rechnung

$$-\frac{dc}{dt} = 2 \cdot \frac{i \cdot \beta}{N_0 h\nu} \quad (2)$$

wo i die eingestrahelte Lichtintensität ist, $N_0 h\nu$ die Energie von einem Mol Quanten und β der absolute Lichtabsorptionskoeffizient der Carbonylverbindung des Atmungsferments. Bestimmen wir

also $-\frac{dc}{dt}$ durch den Effekt des Lichtwechsels und messen dabei die eingestrahelte Lichtintensität i , so haben wir den absoluten Absorptionskoeffizienten. Die Konzentration des Ferments, die wir nicht kennen, fällt bei diesen Betrachtungen und Rechnungen heraus, da es immer nur auf das Verhältnis der zerfallenden Moleküle zu den im gleichen Volumen vorhandenen Molekülen ankommt.

Ich habe mit ERWIN NEGELEIN die absoluten Absorptionskoeffizienten des Atmungsferments durch Atmungsmessungen in intermittierendem Licht bestimmt, wobei wir die Lichtwechselzahl von einem bis 6000 Wechsels pro Minute variierten. Wir fanden den Absorptionskoeffizienten im sichtbaren Spektrum von der Größenordnung 10^8 qcm/Grammatome Eisen.

In Fig. 1 sind die absoluten Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Atmungsferments als Funktion der Wellenlänge λ eingetragen und durch die gestrichelte Linie verbunden. Die ausgezogene Linie in der gleichen Figur ist das absolute Absorptionsspektrum des Kohlenoxyd-Hämins. Wie man sieht, stimmen beide Spektren hinsichtlich der Form und der Größe der Absorptionskoeffizienten weitgehend überein. Eine Verschiebung des Kohlenoxyd-Hämın-Spektrums um 20 $\mu\mu$ nach rot würde beide Spektren nahezu zur Deckung bringen.

Einige Zahlen mögen zeigen, wie weit die Übereinstimmung geht. Gleiche Absorption ist wegen der Verschiebung nur an solchen Stellen des Spektrums zu erwarten, wo sich die Absorption mit der Wellenlänge nur wenig ändert. Eine solche Stelle ist die Gegend der blaugrünen Quecksilber-

linie $492 \mu\mu$. Hier finden wir den Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Atmungsferments $= 0,13 \cdot 10^8$, den Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Hämins $= 0,14 \cdot 10^8$.

Vergleichen wir noch die Maxima, die bei $436 \mu\mu$ (Ferment) und bei $414 \mu\mu$ (Hämin) liegen, so finden wir β_{\max} der Carbonylverbindung des Atmungsferments $3,3 \cdot 10^8$ und β_{\max} der Carbonylverbindung des Hämins $2,9 \cdot 10^8$, also Übereinstimmung auf etwa 10%.

Absorptionsspektrum anderer Eisencarbonylverbindungen.

In den Fig. 2 und 3 sind die absoluten Absorptionsspektren von 2 andern Eisencarbonylverbindungen.

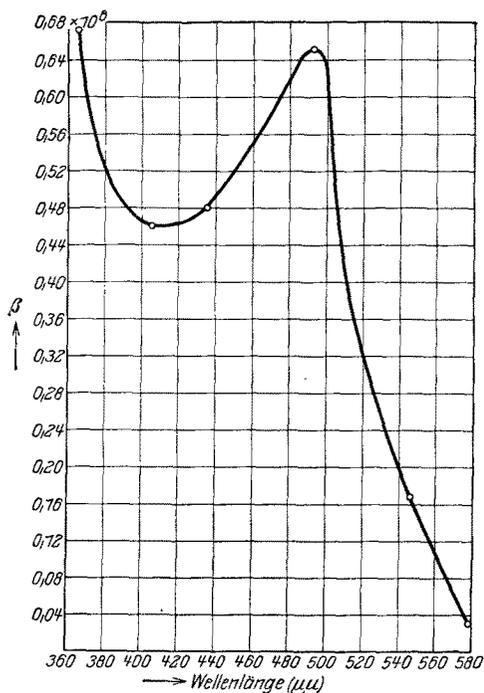


Fig. 2. Absolutes Absorptionsspektrum des Kohlenoxyd-Ferrocysteins. Der Maßstab der Ordinaten ist 500mal größer, als in Fig. 1.

dungen dargestellt, das Spektrum des Kohlenoxyd-Ferrocysteins und das Spektrum des Eisenpentacarbonyls, letzteres nach Messungen von J. DRECHSLER aus dem Institut von Plotnikow. In Fig. 2 ist der Maßstab der Ordinaten 500mal so groß, wie in Fig. 1, in Fig. 3 ist der Maßstab der Ordinaten 20000mal so groß, wie in Fig. 1. Beide Carbonylverbindungen unterscheiden sich also von dem Carbonylhämin durch die Größenordnung der Absorption, die für Kohlenoxyd-Ferrocystein rund 2 Zehnerpotenzen, für Eisencarbonyl rund 4 Zehnerpotenzen kleiner ist, als für Kohlenoxyd-Hämin.

Daß auch die Form der Spektren von dem Spektrum des Kohlenoxyd-Hämins ganz verschieden ist, lehrt ein Blick auf die Figuren.

Das Spektrum der Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments ist also nicht etwa das Spektrum der Eisencarbonylgruppe schlechthin, sondern das Spektrum einer Eisencarbonylgruppe die an ein bestimmtes organisches Trägermolekül gebunden ist, dasselbe, das in dem Kohlenoxyd-Hämin vorliegt.

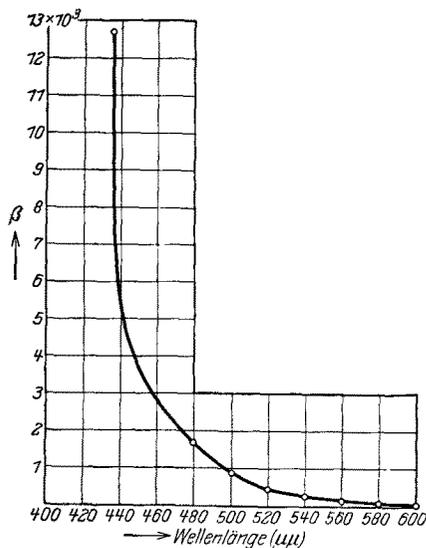


Fig. 3. Absolutes Absorptionsspektrum des Eisenpentacarbonyls. Der Maßstab der Ordinaten ist 20000mal größer, als in Fig. 1.

Chemische Konstitution des Atmungsferments.

Das organische Molekül, das in dem Kohlenoxyd-Hämin die Eisencarbonylgruppe trägt, ist der Tetrapyrrolkern, dessen Stickstoff mit Schwermetallen komplexe Salze, mit Eisen die Hämine bildet. Eine derartige komplexe Eisenverbindung ist, wie aus seinem Spektrum hervorgeht, auch das Atmungsferment. Die chemische Konstitution des Atmungsferments ist damit im wesentlichen erkannt. Einzelheiten, wie die Verschiebung des Spektrums nach rot, bleiben noch aufzuklären. Es gibt, wie HANS FISCHER gezeigt hat, viele ähnlich gebaute Hämine und es gibt für die Hämine viele Bindungsmöglichkeiten in der Zelle.

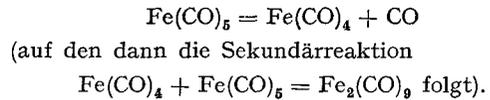
Nachtrag.

Ich habe inzwischen mit E. NEGELEIN die photochemische Spaltung des Eisenpentacarbonyls quantitativ untersucht. Eisenpentacarbonyl der Badischen Anilinfabrik wurde im Vakuum destilliert und in Argon-Atmosphäre bei 18° belichtet. Die Schichtdicken (0,2 cm) waren so groß, daß das eingestrahelte Licht vollständig absorbiert wurde. Der Fall ist insofern einfach, als eine Rückreaktion der photochemischen Spaltungsprodukte unter un-

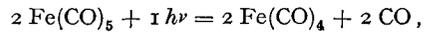
sern Versuchsbedingungen nicht nachweisbar war.
Wir fanden:

Wellenlänge $\mu\mu$	mm CO/cal. abs. Lichtenergie	Mole CO/Mole Quanten
254	440	2.19
300	505	2.13
366	562	1.94
436	616	1.78

Nach DEWAR und JONES ist der Primärvorgang bei der photochemischen Spaltung des $\text{Fe}(\text{CO})_5$



Legt man die DEWARsche Gleichung zugrunde, so ist im Ultraviolett nach unsern Messungen



das heißt, es treten wieder bei der Absorption von *einem* Lichtquantum *zwei* Atome Carbonyl-eisen in Reaktion.

Über die Bekämpfung der Tierseuchen.

Von R. v. OSTERTAG, Stuttgart.

Von den übertragbaren Krankheiten der Haustiere unterliegen zwei Gruppen der staatlichen Bekämpfung. Die erste Gruppe umfaßt diejenigen Tierseuchen, die großen wirtschaftlichen Nachteil bringen, wie die Rinderpest, die Lungenseuche, die Maul- und Klauenseuche, die Schweinepest, die Tuberkulose usw., die zweite die auf Menschen übertragbaren Krankheiten, die Zoonosen, deren wichtigste bekanntlich der Milzbrand, die Tollwut, der Rotz und die bereits genannte Maul- und Klauenseuche sowie die Tuberkulose sind, soweit es sich um Infektionskrankheiten handelt. Als nicht auf den Menschen übertragbar ist gegenüber anders lautenden Meinungen die Schweinepest anzusehen, trotz gelegentlicher Erkrankung des Menschen mit Befunden des Bacillus suipestifer als Erreger. Gegen die Übertragbarkeit der Schweinepest auf den Menschen streitet die epidemiologische Erfahrung. Denn ganz abgesehen davon, daß der Bacillus suipestifer gar nicht der Erreger der Schweinepest, sondern nur eine Begleitbakterie ist, hantieren seit Jahrzehnten jährlich Tausende von Menschen mit den Tierkörpern und den kranken Organen pestkranker Schweine, ohne daß auch nur einmal eine Erkrankung einer der Personen beobachtet worden wäre; die an Suipestiferinfektionen erkrankten Personen hatten auch der Regel nach mit Schweinen nichts zu tun. Man kann also nur sagen, daß beim Menschen Erkrankungen durch einen Bacillus vorkommen, der sich mit den heutigen Hilfsmitteln vom Bacillus suipestifer nicht unterscheiden läßt.

Die Tierseuchenbekämpfung ist gesetzlich geregelt durch das *Rinderpestgesetz* vom 7. April 1869, das zuerst für das Gebiet des Norddeutschen Bundes erlassen wurde und seit dem 1. Januar 1872 im ganzen Reichsgebiet gilt, ferner durch das *allgemeine Viehseuchengesetz* vom 26. Juni 1909, das eine neue Fassung des Gesetzes, betreffend die Abwehr und Unterdrückung von Viehseuchen, vom 23. Juni 1880 ist und sich mit der Bekämpfung folgender Seuchen befaßt: Milzbrand, Rauschbrand, Wild- und Rinderseuche, Tollwut, Rotz, Maul- und Klauenseuche, Lungenseuche der Rinder, Pockenseuche der Schafe, Beschälseuche der Pferde, Bläschenausschlag der Pferde und der Rinder,

Räude der Einhufer und der Schafe, Schweineseuche und Schweinepest, Rotlauf der Schweine, Geflügelcholera und Hühnerpest sowie die offene Tuberkulose der Rinder.

Außerdem ist der Reichskanzler befugt, die Anzeigepflicht auch für andere Seuchen einzuführen. Auf Grund dieser Bestimmung ist in Württemberg z. B. die Bekämpfung der ansteckenden Gehirn-Rückenmarksentzündung sowie der ansteckenden Blutarmut der Pferde und der sonstigen Einhufer, in Preußen und in Oldenburg für einzelne Landesteile die Anzeigepflicht für die Rinderräude eingeführt worden.

Beide Tierseuchengesetze haben sich dank ihrer ausgezeichneten Konstruktion sehr gut bewährt. Die Bestimmungen der Gesetze stützen sich auf die Kenntnis der Epidemiologie der zu bekämpfenden Tierseuchen und der Biologie ihrer Erreger, deren Bedeutung für die Seuchenbekämpfung gestern von Herrn Prof. GOTTSCHLICH in seinem ausgezeichneten Vortrag betont worden ist. Dem Rinderpestgesetz ist zu danken, daß seit dem Jahr 1881 das Reich von dieser verheerenden Seuche verschont geblieben ist, dem allgemeinen Viehseuchengesetz, daß die Schafpocken, die Lungenseuche, die Beschälseuche, die Geflügelcholera und Hühnerpest und nach dem Tierseuchenausweis vom 15. August 1928 auch der Rotz aus dem Reichsgebiet verschwunden sind und daß die übrigen Seuchen zum größten Teil eine ganz erhebliche Eindämmung erfahren haben. Der Erfolg der Tierseuchenbekämpfung im Deutschen Reiche trat schon frühzeitig in Erscheinung. So erklärt es sich, daß der Altmeister der Pathologie, RUDOLF VIRCHOW, der dauernd das größte Interesse für vergleichende Pathologie und auch für die Tierseuchenbekämpfung gehabt hat, schon im Jahr 1890 bei der Hundertjahrfeier der Tierärztlichen Hochschule zu Berlin erklären konnte, die Tierseuchengesetzgebung hat so ausgezeichnet gewirkt, daß ich es bedaure, daß wir nicht über ein ähnliches Menschenseuchengesetz verfügen. Gesetze zur Bekämpfung der Tierseuchen mit den schweren Eingriffen in die Bewegungs- und Verfügungsfreiheit waren leichter zu schaffen als ein Menschenseuchengesetz. Denn das Tier ist eine volkswirt-