

Über das Lutein des Hühnereidotter.

Von

Richard Willstätter und Heinr. H. Escher.

Mit einer Tafel.

(Aus dem chemischen Laboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.)

(Der Redaktion zugegangen am 12. November 1911.)

Über Luteine oder Lipochrome und Carotine sind viele Untersuchungen veröffentlicht worden, aber noch keine Arbeit ist bis zur Analyse eines der gelben Pigmente tierischen Ursprungs vorgedrungen. Man hat viele Namen eingeführt und öfters versucht, diese Pigmente in Gruppen einzuordnen. Man zählt chemisch indifferente Stoffe und Verbindungen mit sauren Eigenschaften zu den Luteinen. Es ist wohl berechtigt, nach W. Zopf¹⁾ die sauren Carotinine und die indifferenten Eucarotine zu unterscheiden, aber die Annahme von Zopf ist unrichtig, daß zur zweiten Gruppe nur Kohlenwasserstoffe zählen.

Unter den indifferenten gelben Pigmenten und zwar denjenigen pflanzlichen Ursprungs sind den Löslichkeitsverhältnissen nach von J. Borodin,²⁾ N. A. Monteverde,³⁾ A. Tschirch⁴⁾ und M. Tswett⁵⁾ zwei Gruppen unterschieden worden: eine in Benzin leicht, in Alkohol schwer löslicher Farbstoffe und eine zweite Gruppe, die durch die entgegengesetzte

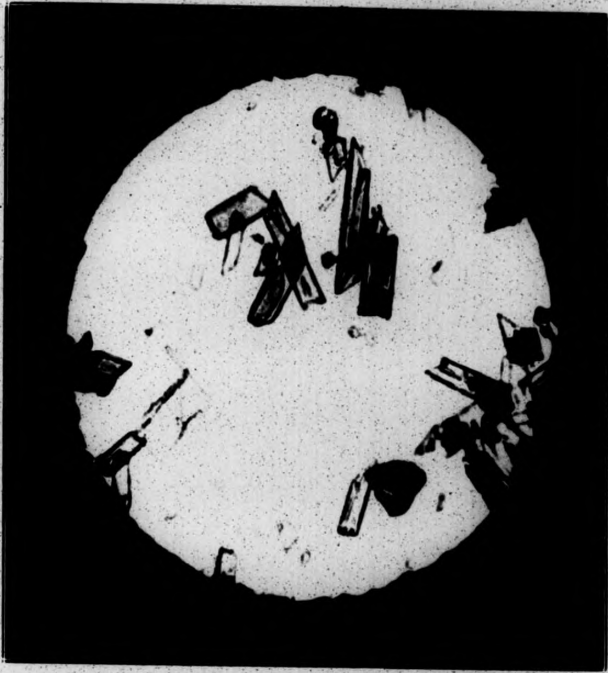
¹⁾ Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen, III. Heft, 1903.

²⁾ Mélanges biologiques tirés du Bull. de l'Acad. Impér. de St. Pétersbourg, Bd. 11, S. 512 (1883.)

³⁾ Acta horti Petropolitani, XIII, Nr. 9, S. 123, 148, (1893).

⁴⁾ Berichte der Deutschen Botan. Ges., Bd. 14, S. 76 (1896); Bd. 22, S. 414 (1904).

⁵⁾ Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 24, S. 384 (1906).



Lutein (aus Methylalkohol).

• • • • •

Löslichkeit gekennzeichnet ist. Diese Unterscheidung ist auch für die Lipochrome des Tierreiches geboten und von Nutzen.

Mit den verschiedenartigen Löslichkeitsverhältnissen geht ein chemischer Unterschied Hand in Hand.

Eine Untersuchung von Willstätter und Mieg¹⁾ über zwei gelbe Begleiter des Chlorophylls hat vor einigen Jahren gezeigt, daß der Kohlenwasserstoff Carotin von der Zusammensetzung $C_{40}H_{56}$ ein weit verbreiteter Vertreter der in Petroläther löslichen Gruppe, die Sauerstoffverbindung $C_{40}H_{56}O_2$, das Xanthophyll, ein Hauptrepräsentant der alkohollöslichen Gruppe ist. Bei der Ausdehnung der Untersuchung auf einige andere gelbe Pigmente pflanzlichen sowie tierischen Ursprungs bewährt sich die Einteilung der chemisch indifferenten Pigmente in petrolätherlösliche Kohlenwasserstoffe (Carotingruppe, $C_{40}H_{56}$) und in alkohollösliche Sauerstoffverbindungen (Xanthophyllgruppe, $C_{40}H_{56}O_2$).

Den Tomatenfarbstoff, das Lycopin, haben wir²⁾ vor kurzem als ein zweites Glied der Carotingruppe beschrieben. In dem indifferenten Pigment des Hühnereidotter finden wir nun ein Isomeres des Xanthophylls, das dem schon bekannten Xanthophyll äußerst nahe steht. Der Farbstoff des Corpus luteum, worüber der eine von uns (Dr. Heinr. Escher) im hiesigen Laboratorium eine Untersuchung begonnen hat, die er weiter fortsetzen wird, erweist sich als ein Vertreter der Kohlenwasserstoffgruppe.

Das Lutein des Hühnereidotter hat nach einigen älteren Vorversuchen von Chevreul und von Gobley im Jahre 1867 G. Städeler³⁾ im Laboratorium des Züricher Polytechnikums darzustellen versucht. Die Isolierung mißlang, aber Städeler erreichte das Ziel, die Verschiedenheit des Dotterfarbstoffes vom Bilirubin festzustellen.

Kurz nachher faßte J. L. W. Thudichum⁴⁾ in seiner oft

¹⁾ Annalen d. Chemie, Bd. 355, S. 1 (1907).

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 64, S. 47 (1909).

³⁾ Journ. pr. Chem., Bd. 100, S. 148 (1867).

⁴⁾ Proc. Roy. Soc., Bd. 17, S. 253 (1869); Chem. Zentralbl. 1869,

zitierten kleinen Arbeit die Pigmente des Eidotters, der Ovarien, des Blutserums und der serösen Ergüsse, des Milchfettes, der gelben Rüben, der Beeren und Blüten von Pflanzen usw. mit dem Namen «Luteine» zusammen.

Eine experimentelle Untersuchung über Dotterpigmente hat im Jahre 1881 R. Maly¹⁾ veröffentlicht. Sein Material waren die Eier der Seespinne (Maja Squinado). Er trennte den Farbstoff in eine indifferente gelbe (Vitellolutein) und eine mit Alkalien und Erdalkalien salzbildende rote Komponente (Vitellorubin). Keine von den beiden ist krystallisiert oder rein erhalten und analysiert worden. Da es ungewiß ist, ob der Hühnereifarbstoff mit dem Vitellolutein identisch ist, wollen wir die von Maly gebrauchte Bezeichnung nicht übernehmen.

In seinen berühmten Beiträgen zur Optochemie hat W. Kühne²⁾ sich auch eingehend mit dem Farbstoff des Hühnereidotters beschäftigt, den er Ontochrin oder Lecitochrin nennt. Stickstofffrei hatte er ihn nicht zu isolieren vermocht, aber es gelang ihm, Krystalle zu beobachten. Kühne unterscheidet das Pigment sorgfältig von demjenigen des Corpus luteum, welches er als außerordentlich ähnlich dem Carotin erkennt, und charakterisiert beide durch die Absorptionsspektren in Alkohol, Äther und namentlich in Schwefelkohlenstoff.

Von neueren spektralanalytischen Untersuchungen ist noch die schöne spektrographische Arbeit von C. A. Schunck³⁾ zu erwähnen, der den Farbstoff des Eidotters mit einem der Blütenxanthophylle übereinstimmend findet.

Unsere Untersuchung bezweckt die Isolierung des Hühnereidotterfarbstoffs in reinem Zustand und seine Analyse. Wir beschreiben die Trennung von den farblosen Stoffen des Eidotters, namentlich von den Phosphatiden, den Fetten und dem Cholesterin so, daß es künftig leicht sein wird, die Darstellung des Präparates zu wiederholen. Für den Farbstoff, der das erste rein erhaltene Individuum der Luteine tierischer Herkunft ist,

¹⁾ Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. 83, II., S. 1126 (1881).

²⁾ Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität Heidelberg, Bd. 1, S. 341 (mit W. C. Ayres) (1878); Bd. 4, S. 169 (1882).

³⁾ Proc. Roy. Soc., Bd. 72, S. 165 (1903).

nehmen wir die Bezeichnung «Lutein» in Anspruch (ebenso wie Carotin und Xanthophyll für die ersten krystallisierten Repräsentanten der betreffenden Gruppen pflanzlicher Pigmente). Das Lutein besitzt die Zusammensetzung, die physikalischen, namentlich die optischen Eigenschaften des Xanthophylls der Chloroplasten, aber bei aller außerordentlichen Ähnlichkeit ist es doch nicht identisch, sondern isomer mit demselben. Unterscheidend ist sein erheblich höherer Schmelzpunkt. Man kann das Lutein, ein Glied der Xanthophyllgruppe, als Xanthophyll b registrieren.

Isolierung.

Bei einigen Vorversuchen hatten wir zur Isolierung des Luteins Aceton am geeignetsten gefunden, da es am wenigsten von den Phosphatiden und den Fetten aufnimmt, welche die Krystallisation erschweren.

Wir haben von 6000 Hühnereiern¹⁾ die Dotter verarbeitet, deren Gewicht 110 kg betrug. Um die Eiweißstoffe zu koagulieren, wurden die Dotter zerrührt und je 6 kg davon in Steinzeugtöpfen mit je 7 l Spirit angeteigt. In der Zentrifuge trennten wir die hellgelbe käsige Masse (5,3 kg) vom Weingeist, der fast frei von Farbstoff war. Die Extraktion gelang am besten durch eine zweimalige Behandlung mit Aceton. Fürs erste wurden je 5,4 kg der zentrifugierten Masse mit 3 l Aceton tüchtig angerührt und auf einer Steinzeugnutsche über einer Sandschicht abgesaugt; zum Nachwaschen war die Masse noch nicht genügend durchlässig. Wir erhielten gegen 3 l goldgelben ersten Extrakt.

Der einmal ausgezogene Rückstand betrug im ganzen 94 kg. Wir füllten Chargen von 2,8 kg der krümeligen Masse mit 2 l Aceton in Pulverflaschen und schüttelten kräftig etwa eine Stunde lang an der Maschine, bis ein gleichmäßiger feinkörniger Brei gebildet war. Dann saugten wir wieder auf einer Steinzeugnutsche mit Sandschicht ab und konnten jetzt mit Aceton (2 Liter) rasch und so gründlich die letzten Anteile des Luteins herauswaschen, daß die Eiweißstoffe fast ungefärbt zurückblieben. Der Hauptextrakt war tiefgoldgelb. Für die

¹⁾ Ungefähr einen Monat alte bulgarische und steirische Eier.

weitere Verarbeitung vereinigten wir alle Acetonlösungen, die insgesamt ca. 2 Hektoliter betragen. Zunächst mußte die Lösung durch Stehen geklärt werden, dabei fielen $2\frac{1}{4}$ l Öl aus; es war etwas intensiver gefärbt als die darüber stehende Flüssigkeit, aber zur Isolierung des Farbstoffes nicht brauchbar.

Das alkoholhaltige Aceton hält viel Lecithin und Cholesterin gelöst. Am leichtesten beseitigt man die Phosphatide durch Überführen in eine konzentrierte petrolätherische Lösung und Ausfällen mit neuem Aceton. Dann erfolgt die Abtrennung des Cholesterins durch Krystallisation aus konzentriertester rein petrolätherischer Lösung.

Vom Acetonextrakt wurden je 6 l mit ca. $\frac{1}{2}$ l Petroläther (0,64—0,66) vermischt und in Dekantiertöpfen mit dem dreifachen Volumen Wasser unter Vermeidung von Emulsionen vorsichtig unterschichtet. Die wässrig acetonische Schicht ließen wir nach einem Tage ab und spülten den dunkelbraunen fettigen dicken Sirup mit Petroläther heraus. Aus diesem Sirup (20 Liter) fielen beim Vermischen mit der doppelten Menge Aceton große Klumpen wenig gefärbter Phosphatide aus (ca. 1,8 kg). Die Pigmentlösung wurde davon abgegossen, durch Leinwand filtriert und vom Aceton durch erneutes Unterschichten mit Wasser wieder befreit. Diesmal haben wir das Aceton gründlich herausgewaschen durch dreimaliges Ansetzen und stundenlanges Stehenlassen mit Wasser. War die petrolätherische Lösung ziemlich verdünnt, so schieden sich schon jetzt an der Grenzschicht von Wasser und Petroläther kupferige Krystallflocken des Luteins ab, in konzentrierter Flüssigkeit hielt das Cholesterin es gelöst. Die rotbraune Lösung ist durch geglühtes Natriumsulfat filtriert und bei 30—35° im Vakuum auf ein Zehntel ihres Volumens (2 Liter) eingeeengt worden, bis der Sirup zu einem Krystallbrei von Cholesterin erstarrte (abfiltriert 250 g). Das tiefgefärbte Filtrat wurde mit 4 l Petroläther (vom Siedepunkt 30—50°) verdünnt und im Eisschrank aufgestellt. Ein großer Teil des Luteins krystallisierte nun in einigen Tagen aus als hellroter Filz von haarfeinen Nadelchen. Das Abfiltrieren war schwierig; wir saugten mit geringem Vakuum auf Kolier-tuch ab. Die Mutterlauge gab, im Vakuum eingeeengt, weitere

Abscheidungen von Cholesterin (75 und 60 g); nach dessen Entfernung ließen sich durch Verdünnen mit viel Petroläther und Aufstellen im Kälteraum nochmals einige kleine Krystallisationen von Lutein isolieren.

Die Ausbeute an Rohprodukt des Farbstoffes betrug 4 g.

Mutterlauge. Wir prüften den in der Mutterlauge hinterbliebenen Rest des Farbstoffes durch Ausschütteln der petrolätherischen Lösung mit 90%igem Holzgeist. Das Pigment verteilt sich zwischen den beiden Schichten. Die untere alkoholische Lösung enthielt noch etwas Lutein. Durch Verseifen mit methylalkoholischer Kalilauge und Extrahieren der Seife mit Äther gewannen wir eine reinere Lösung, aus der noch Krystallisationen von Cholesterin (15 g) und ein wenig Lutein isoliert werden konnten.

Die obere petrolätherische Schicht nach der Entmischung mit Holzgeist enthielt ein Pigment von den Löslichkeitsverhältnissen des Carotins, aber verglichen mit der Ausbeute an Lutein nur in kleinem Betrage. Auf Zusatz von Schwefelkohlenstoff ging die Farbe nicht in deutliches Rot über, was bei Gegenwart eines Carotins z. B. des in der Verteilung zwischen Holzgeist und Petroläther mit Carotin übereinstimmenden Pigmentes aus dem Corpus luteum erfolgt wäre. Auch beim Behandeln des Abdampfrückstandes der petrolätherischen Lösung mit konzentrierter methylalkoholischer Kalilauge hat es sich gezeigt, daß kein carotinartiges Pigment oder fast nichts davon vorhanden war. Es entstand eine gelbbraune Seife; darin war der gelbe Farbstoff größtenteils gebunden, nur eine geringfügige Menge ging daraus mit viel Cholesterin in Äther über.

Reinigung und Analyse.

Das Rohprodukt von Lutein war sehr unrein. Es enthielt namentlich eine reichliche Beimischung eines in erhärtenden glashellen Ölkugeln ausfallenden Waxes, das ähnliche Löslichkeitsverhältnisse wie der Farbstoff zeigte. Dieser farblose Begleiter des Luteins löst sich indessen in kochendem Holzgeist leichter und viel rascher. Eine vortreffliche Reinigung bestand daher im wiederholten Umkrystallisieren aus diesem Lösungs-

mittel, wobei die ersten Auszüge verworfen oder wenigstens getrennt weiter verarbeitet wurden.

Wir lösten das derart mit Holzgeist vorbereitete Rohprodukt in Portionen von $\frac{1}{4}$ g in der beim Kochen unter Rückfluß erforderlichen Menge Methylalkohol, d. i. 240—270 ccm, und erhielten beim Abkühlen und Stehen über Nacht in einer Ausbeute von je 0,16 g eine prächtige dunkelbraunrote Krystallisation mit blauem Oberflächenglanz, die aus bräunlich gelben kompakten Prismen zusammengesetzt war. Die Krystalle waren frei von farblosen Begleitern. Nach zwei- bis dreimaligem Umkrystallisieren zeigten sie konstanten Schmelzpunkt.

Weniger gut gelangen Versuche, durch Umscheiden aus Chloroform mit Petroläther und durch Umkrystallisieren aus Benzol das Lutein zu reinigen. Die Krystalle waren nicht frei von wachsartigen Substanzen. Hingegen führte auch mehrmaliges Umkrystallisieren aus Schwefelkohlenstoff, woraus sich das Lutein bei langsamer Krystallisation in sehr schönen Prismen, bei rascher in feurig ziegelroten Konglomeraten mikroskopischer Spieße ausschied, zu reinen Präparaten. Dieselben enthielten kein Krystalllösungsmittel.

Die mit Holzgeist gereinigten Präparate enthielten Krystallmethylalkohol wie das Xanthophyll nach Willstätter und Mieg. Im Hochvakuum über Phosphorpentoxyd wurde das Lösungsmittel in annähernd der für ein Molekül berechneten Menge erst in etwa zehn Tagen abgegeben.¹⁾

I.	0,1639 g verloren im Vakuum	0,0081 g
II.	0,1593 » » » »	0,0063 »
III.	0,1417 » » » »	0,0059 »

Berechnet für

Gefunden:

$C_{40}H_{56}O_2 + CH_4O:$	I.	II.	III.
CH_4O 5,33	4,94	3,96	4,16.

Die aus Methylalkohol umkrystallisierten, reinsten Präparate dienten zunächst für die Molekulargewichtsbestimmung,

¹⁾ Der Schmelzpunkt sank dabei um 12° , wahrscheinlich weil der Zutritt von Sauerstoff bei dieser Trocknung nicht ganz vermieden war; durch eine Gewichtszunahme infolge beginnender Oxydation erklärt sich auch der etwas zu niedrig gefundene Gehalt an Krystallmethylalkohol.

die wir nach der ebullioskopischen Methode in Chloroformlösung ausführten (Konstante 36,6).

I. In 14,0 g Chloroform gaben 0,2365 g Substanz
0,099° Siedepunktserhöhung,

II. In 13,95 g Chloroform gaben 0,4372 g Substanz
0,175° Siedepunktserhöhung.

Berechnet für $C_{40}H_{56}O_2$:	Gefunden:	I.	II.
Mol.-Gew. 568,4		624,5	655,5.

Zur Analyse brachten wir:

1. Ein ohne Anwendung sauerstoffhaltiger Lösungsmittel gereinigtes, nämlich aus Benzol und zweimal aus Schwefelkohlenstoff umkrystallisiertes Präparat.

2. Das aus Methylalkohol wiederholt umkrystallisierte Präparat der Molekulargewichtsbestimmung, nach Ausfällen aus der Lösung in Chloroform mit Petroläther und einmaligem Umkrystallisieren aus Schwefelkohlenstoff.

3. Das nämliche Präparat, noch ein zweites Mal aus Schwefelkohlenstoff umkrystallisiert.

Die Bestimmungen zeigten, daß mit der beschriebenen Reinigung eine zunehmende Annäherung an die theoretischen Werte erzielt worden ist.

I. 0,1059 g Substanz gaben	0,3228 g CO_2	und	0,0954 g H_2O
II. 0,1237 » » »	0,3790 » » »		0,1127 » »
III. 0,1102 » » »	0,3396 » » »		0,0988 » »

Berechnet für	Gefunden:		
$C_{40}H_{56}O_2$:	I.	II.	III.
C = 84,44	83,13	83,56	84,05
H = 9,93	10,08	10,19	10,03.

Beschreibung.

Das Lutein stimmt mit dem Xanthophyll nicht nur in der Zusammensetzung überein, es zeigt auch bis in die letzten Einzelheiten die Eigenschaften desselben, wie sie von Willstätter und Miegl mitgeteilt worden sind und die wir an einem zum Vergleich mit Lutein aus Blättern gewonnenen Präparat bestätigt fanden. Unterscheidend ist allein der Schmelz-

punkt;¹⁾ Xanthophyll schmilzt nach Willstätter und Mieg bei 172° korr., wir beobachteten den Schmelzpunkt nach wiederholtem Umkrystallisieren aus Methylalkohol bei 170,5—171,5° uncorr., d. i. bei 173,5—174,5° korr. Bei weiterem Umkrystallisieren aus Schwefelkohlenstoff steigt der Schmelzpunkt nicht. Lutein schmilzt hingegen scharf bei 192—193° uncorr. (korr. 195—196°). Der Schmelzpunkt wird wie beim Xanthophyll leicht herabgedrückt, wahrscheinlich infolge beginnender Oxydation.

Vom Carotin unterscheidet sich der Dotterfarbstoff durch die Verteilung zwischen Alkohol oder Holzgeist und Petroläther; vermischt man die alkoholische Lösung mit Petroläther und fügt man nur eben die zur Entmischung erforderliche Menge Wasser hinzu, so befindet sich das Lutein (wie Xanthophyll zum allergrößten Teil in der alkoholischen Schicht.

Lutein ist in Chloroform sehr leicht löslich, in Schwefelkohlenstoff warm ziemlich leicht (1 g in ca. 400 ccm), kalt viel schwerer löslich, leichter in Benzol, auch in Äther schon kalt ziemlich leicht löslich; in Petroläther ist es in der Kälte so gut wie unlöslich, beim Kochen nur ganz wenig löslich. In siedendem Methylalkohol ist das Lutein ziemlich schwer löslich (1 g erfordert gegen 1 l), kalt viel schwerer.

Das Lutein krystallisiert bei langsamer Abkühlung aus Holzgeist in Prismen (siehe die Figur), die mitunter schwalbenschwanzförmige Einkerbungen zeigen, oder in Wetzsteinformen, sowie auch in rhomboedrischen, fast würfelförmigen Täfelchen, bei schneller Ausscheidung in dünnen, unscharf vierseitigen Blättchen. Die Krystalle zeigen lebhaften Metallglanz, sie sind unter dem Mikroskop in der Aufsicht bernsteingelb, in der Durchsicht bräunlich gelb (während Carotin und das Pigment aus dem Corpus luteum rotorange sind), und da, wo zwei Krystalle sich kreuzen, orangerot und braun. Die Farbe wechselt mit der Dicke, sie spielt bei derben Krystallen auch ins Grünliche und wird bei dünnen Blättchen mitunter rosa. Das aus Chloroform mit Petroläther gefällte feinkrystallinische Mehl

¹⁾ Da der Schmelzpunkt durch langsames Erhitzen erniedrigt wurde, führten wir das Schmelzpunktröhrchen in das vorgewärmte Bad ein.

ist framboise bis zinnoberrot. Das Pulver ist ziegelrot bis mennigrot.

Die Farbe des Luteins in verdünnten Lösungen ist goldgelb, in Schwefelkohlenstoff geht sie mehr nach Rot, aber nicht in gleichem Maße wie bei Carotin: Lutein und Xanthophyll sind in Schwefelkohlenstoff gelbrot, Carotin gibt ein im Vergleich dazu blaustichiges, leuchtendes Rot. Der ungefähre kolorimetrische Vergleich ergibt, daß von den Xanthophyllen 0,1 g in Schwefelkohlenstoff farbäquivalent 0,08 g Carotin ist.

Lutein addiert in ätherischer Lösung Jod; das Jodid scheidet sich als dunkelviolettes Pulver mit kupfrigem Glanze ab, es besteht aus mikroskopischen Spießen.

Lutein ist autoxydabel wie Carotin. Die Geschwindigkeit der Sauerstoffaufnahme beim Liegen an der Luft ist bei reinen Präparaten in den ersten Tagen klein und steigert sich dann. Nach 40 Tagen war die Substanz nur wenig verblaßt, ihr Gewicht hatte um 23% zugenommen und schien konstant zu sein. Bei dieser Umwandlung von reinem Lutein nahmen wir keinen Geruch wahr, wohl aber bei Xanthophyll, Carotin und Lycopin. Proben von weniger reinem Lutein verwandelten sich an der Luft in strohgelbes Pulver.

Absorptionsspektrum.

Im Absorptionsspektrum der Alkohol- und Schwefelkohlenstofflösung finden wir die Xanthophylle a und b vollkommen übereinstimmend, die folgenden Messungen sind mit Xanthophyll aus Blättern und mit Lutein ausgeführt. Für die Untersuchung hat uns das Löwische Gitterspektroskop von Carl Zeiss gedient; die Zahlen differieren etwas von den zu kurzen Angaben von Willstätter und Mieg, die mit einem Flintprismenapparat beobachtet worden sind und durch die nachstehenden Messungen verbessert werden. Zum Vergleich haben wir mit demselben Apparat auch die genau entsprechenden Lösungen von Carotin untersucht, um ebenfalls die früheren Angaben zu ergänzen und zu verbessern.

Lutein zeigt in Alkohol ein Spektrum von zwei Bändern in der blauen und indigblauen Region, außer der fast beim

Beginn von Violett einsetzenden Endabsorption. Carotin weist die gleichen Absorptionsstreifen um ca. 4–8 μ gegen Rot hin verschoben auf.

In Schwefelkohlenstoff unterscheiden sich die Xanthophylle charakteristisch von Carotin, dessen Absorptionsspektrum in Schwefelkohlenstoff wir zum Vergleich mit Lycopin¹⁾ früher mitgeteilt haben. Das Spektrum der Xanthophylle besteht nämlich aus zwei im Grün und Blau und zwar gleichfalls mehr gegen Violett hin (als beim Carotin) liegenden Absorptionsbändern, dazu kommt aber noch ein deutliches drittes Band im Indigblau, welches beim Carotin fehlt oder nur in viel stärkerer Schicht als Schatten auftritt.

Die Xanthophylle in Alkohol.

0,01 g in 2 l.

Schichtdicke:	5 mm	10 mm
Band I	484 — — 472	488 — 471
Band II	454 — — 441	444 — 440
Endabsorption	419 —	420 —

Carotin in Alkohol.

0,01 g in 2 l.

Schichtdicke:	5 mm	10 mm
Band I	492 — — 478	492 — 476
Band II	459 — — 446	459 — 445
Endabsorption	415 —	419 —

Die Xanthophylle in Schwefelkohlenstoff.

0,01 g in 2 l.

Schichtdicke:	10 mm	20 mm
Band I	515 . . . 501	516 — — 501
Band II	482 — 469	483 — 467
Band III	—	447 . 441
Endabsorption	411 —	412 —

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 64, S. 47 (1909).

Carotin in Schwefelkohlenstoff.

0,01 g in 2 l.

Schichtdicke:	10 mm	20 mm	40 mm
Band I	524 . . . 510	525 — — 508	{ 529 — 506 . .
Band II	489 — 475	490 — 474	{ 494 — 468 . . . 450
Endabsorption	413 —	414 —	415 —
