

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 29 (1938)
Heft: 6

Artikel: Bestimmung der Trübung und der Farbe des Honigs
Autor: Fellenberg, Th. von / Rusiecki, W. / Werder, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983361>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

schwanken in beiden Fällen innert ziemlich weiten Grenzen. Ein deutlicher Unterschied zwischen ächtem Honig und Zuckerfütterungshonig konnte nicht gefunden werden.

Bestimmung der Trübung und der Farbe des Honigs.

Von Dr. Th. von FELLENERG und Dr. W. RUSIECKI.

(Aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes, Vorstand: Prof. Dr. J. Werder.)

a) Trübungsmessung.

Die Messung des Trübungsgrades einer Flüssigkeit geschieht am besten mit dem Zeiss-Trübungsmesser, einem Nebenapparat des Pulfrich-Photometers.

Man misst den Anteil des durch die Flüssigkeit gehenden Lichtes, welcher durch die Trübbestandteile unter einem Winkel von 45° zur Beleuchtungsrichtung zerstreut wird. Die Beobachtung geschieht durch ein bestimmtes Grünfilter (Filter L2), welches Licht von der mittlern Wellenlänge $530\text{ m}\mu$ durchlässt. Um die Messung auf das absolute Mass zurückzuführen, wird der Apparat mit Hilfe eines gläsernen Trübkörpers geeicht, dessen absoluter Trübwert bekannt ist.

Aus der direkt beobachteten relativen Trübung der Lösung ergibt sich die absolute Trübung der Lösung nach der Formel:

Absolute Trübung der Lösung = Relative Trübung der Lösung $\cdot \frac{t}{H}$, wobei H = relative Trübung des Glaskörpers bei demselben Vergleichslicht, bei welchem die Trübung der Lösung bestimmt worden ist, t = absoluter Trübungswert des Glaskörpers.

Nicht berücksichtigt ist in dieser Formel der Gefässfaktor. Er ist bei den stets von uns verwendeten Bechergläsern von 50 cm^3 Inhalt = 1.

Es zeigte sich, dass die Trübung von Honiglösungen sehr von der Konzentration abhängig ist. Die folgende Tabelle bringt die Trübung der Lösungen eines Honigs und eines Kunsthonigs bei wechselnder Verdünnung. Wir haben versuchsweise auch die Trübung des unverdünnten Honigs bzw. Kunsthonigs durch Multiplikation der Trübung der Lösung mit 100 und Division durch die Konzentration berechnet.

Tab. 1.

Abhängigkeit der Trübung eines Honigs und eines Kunsthonigs von der Konzentration.

g Honig in 100 cm^3	0,5	1,0	2,5	5	10	20
abs. Trüb. der Lösung . .	0,00965	0,0183	0,0382	0,0610	0,0864	0,0793
» » des Honigs . .	1,93	1,83	1,53	1,21	0,864	0,397
g Kunsthonig in 100 cm^3	2,5	5	10	15	20	
abs. Trüb. der Lösung . .	0,0077	0,0142	0,0241	0,0314	0,0375	
» » des Kunsthonigs	0,310	0,284	0,241	0,209	0,188	

Wenn wir die absolute Trübung der Lösung als Funktion der Konzentration auftragen (Abb. 1), so erhalten wir bei dem gewählten Masstab den Sektor eines Kreises, dessen Mittelpunkt tief unterhalb des Nullpunktes und dessen Scheitelpunkt bei der Konzentration von 13,95 g in 100 cm³ liegt. Bei der Konzentration von 27,9 g in 100 cm³ würde der Kreis die

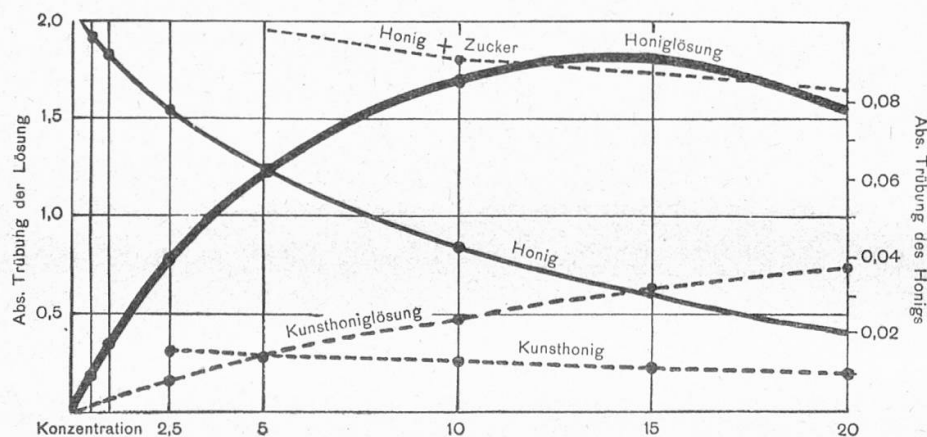


Abb. 1.

Null-Linie wieder schneiden. Bei engerer Wahl der Abszissen würde statt des Kreises eine Ellipse resultieren. Die Trübung der Lösung nimmt also nicht etwa geradlinig zu, wie man erwarten könnte, sondern es findet mit steigender Konzentration eine steigende Hemmung statt. Demgemäss bildet die Kurve der absoluten Trübung des Honigs keine mit der Null-Linie parallele Gerade, sondern eine sinkende, sich allmählich abflachende Kurve. Die berechneten Zahlen haben somit nichts mit der wirklichen Trübung des unverdünnten Honigs zu tun; sie sind also unwirklich. Wir dürfen nur von einer absoluten Trübung der Honiglösung, und zwar einer bestimmten Lösung sprechen.

Beim Kunsthonig verlaufen die beiden Kurven viel flacher als beim Honig. Die Kurve der absoluten Trübung der Lösung hat ihren Scheitelpunkt mit der Konzentration von 20 g in 100 cm³ scheinbar längst noch nicht erreicht. Die Kurve, die sich auf den Kunsthonig selbst bezieht, ist nahezu eine schwach abfallende Gerade. Bei geringen gemessenen Trübungsgraden haben wir günstigere Bedingungen als bei höhern Trübungsgraden.

Tab. 2.

Logarithmen der relativen Trübung von Honig- und Kunsthoniglösungen bei steigender Konzentration.

Konzentration, g in 100 cm ³	0,5	1,0	2,5	5	10	15	20
Logarithmen der Konzentration . . .	0,699-1	0,0000	0,398	0,699	1,000	1,176	1,301
relative Trübung des Honigs . . .	47,8	85,9	189,7	301,2	427,6	—	393,7
Log. der relat. Trübung des Honigs .	1,679	1,934	2,278	2,479	2,631	—	2,595
relative Trübung des Kunsthonigs .	—	—	50,0	92,4	156	205	244
Log. der rel. Trüb. des Kunsthonigs .	—	—	1,699	1,965	2,193	2,310	2,387

Wenn wir die Logarithmen der relativen Trübung bei den verschiedenen Konzentrationen berechnen, erhalten wir die Werte von Tab. 2, wenn wir sie als Funktion der Logarithmen der Konzentration auftragen, die Abb. 2.

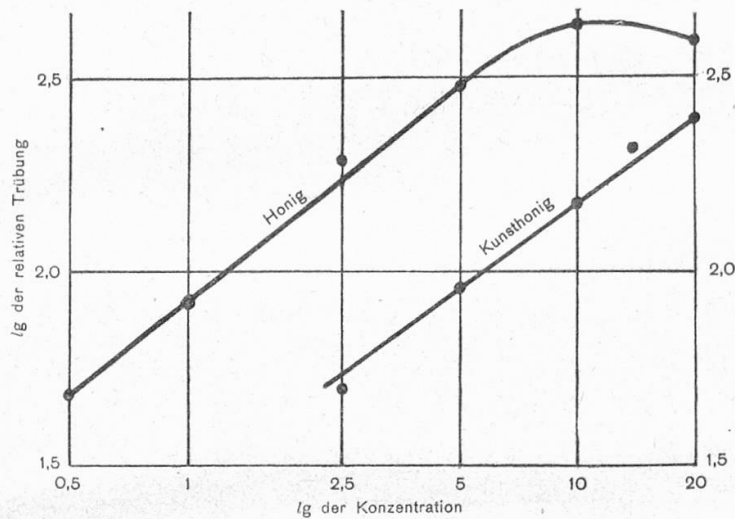


Abb. 2.

Die Logarithmen der relativen Trübung des Honigs liegen bis gegen 10% auf einer Geraden, um dann scharf umzubiegen. Bei der Kurve des Kunsthonigs sieht man bis 20 g in 100 cm³ noch keine Abbiegung. Dass der tiefste Wert nicht besser auf der Geraden liegt, mag von einem Versuchsfehler herrühren.

Die Honigkurve zeigt uns, dass es angebracht ist, bei Konzentrationen wesentlich unter 10% zu arbeiten, damit die Werte möglichst vergleichbar werden.

Um den Einfluss des Zuckers auf die Trübung zu studieren, stellte man Lösungen von 2,5 g eines Honigs in Wasser her, welche zugleich wechselnde Zuckermengen enthielten. Man erhielt folgende Trübungswerte:

Zuckerzusatz, g in 100 cm ³	2,5	10	20
abs. Trübung des Honigs	1,96	1,82	1,66

Ein Einfluss des Zuckers lässt sich feststellen; er ist aber nicht sehr gross. Wir haben die Kurve in das Kurvenbild 1 eingetragen (oberste Kurve) und da zeigt sich eine gewisse Parallelität mit der Kurve des Kunsthonigs. Die Kurve des Kunsthonigs ist verhältnismässig stärker durch den Zuckergehalt beeinflusst als die des Honigs.

Die Trübung wird offenbar teilweise durch Proteinkörper bedingt. Da solche ihren Dispersitätsgrad beim Verdünnen mit Wasser ändern können, wurden einige Versuche mit dem vorher verwendeten Honig mit niedrigen Konzentrationen in physiologischer Kochsalzlösung ausgeführt, um zu untersuchen, ob hier etwa diese Aenderungen ausblieben. Man fand:

g Honig in 100 cm ³	1	1,5	2	2,5
rel. Trübung der Lösung	81,4	116	144,7	76,2
Log. der rel. Trübung	1,911	2,065	2,161	2,246

Die Logarithmen der relativen Trübung fallen mit denen in wässriger Lösung praktisch zusammen. Durch die Verdünnung mit Wasser wird keine wesentliche Zustandsänderung der Proteinkörper des Honigs bewirkt.

Die Trübung der Honiglösungen ändert sich hingegen beim Erhitzen. 2,5%ige Lösungen eines normalen Honigs, eines nahezu farblosen Fütterungshonigs und eines Kunsthonigs wurden direkt und nach dem Erhitzen nahezu zum Siedepunkt untersucht. Man erhielt folgende Zahlen; als absolute Trübung der Lösung berechnet:

	vor dem Erhitzen	nach dem Erhitzen
Normaler Honig	0,0377	0,0550
Fütterungshonig, sehr hell	0,0096	0,0112
Kunsthonig	0,0076	0,0768

Beim normalen Honig und beim Fütterungshonig ergab sich nach dem Erhitzen eine starke Zunahme der Trübung, beim vorliegenden Kunsthonig hingegen trat keine Änderung auf.

Es stellte sich nun die Frage, ob die Honige ihre Trübung beim Verdünnen wenigstens bei den niedrigeren Konzentrationen gleichmässig ändern und ob zwischen Honig und Kunsthonig ein wesentlicher Unterschied besteht. Diese Frage verbinden wir gleich mit der zweiten, wie sich die Honige bei verschiedenen Konzentrationen nach dem Erhitzen auf nahezu 100° in dieser Beziehung verhalten.

4 Honige und 4 Kunsthonige wurden in Lösungen von 2,5 und 5 g in 100 cm³ derart untersucht. Die beiden ersten Honige waren sehr hell, die beiden andern dunkel. Von den Kunsthonigen waren, wie die Untersuchung zeigte, die drei ersten aus Invertzucker, der letzte aus Stärkesirup bereitet. Man erhielt folgende Werte:

Tab. 3.

Einfluss der Konzentration und der Erhitzung auf die Trübung.

Honig Nr.	1		2		3		4	
g in 100 cm ³	2,5	5	2,5	5	2,5	5	2,5	5
Vor dem Erhitzen								
abs. Trübung der Lösung . .	0,0470	0,0734	0,0475	0,0840	0,0269	0,0400	0,0443	0,0782
Zunahme in %		56		71		49		77
Nach dem Erhitzen								
abs. Trübung der Lösung . .	0,0880	0,1242	0,0650	0,1042	0,0425	0,0762	0,0566	0,0920
Zunahme in %		41		61		19		63
Zunahme in % durch Erhitzen	88	69	37	24	58	91	28	18
Kunsthonig Nr.	1		2		3		4	
g in 100 cm ³	2,5	5	2,5	5	2,5	5	2,5	5
Vor dem Erhitzen								
abs. Trübung der Lösung . .	0,0050	0,0104	0,0055	0,0127	0,0027	0,0073	0,0054	0,0112
Zunahme in %		110		130		170		107
Nach dem Erhitzen								
abs. Trübung der Lösung . .	0,0056	—	0,0095	0,0112	0,0062	—	0,0097	0,0088
Zunahme in %				18				-10
Zunahme in % durch Erhitzen	13	—	71	-14	129	—	79	-27

Die Trübung ist bei Honig 1, 2 und 4 unter sich ähnlich, bei 3 ist sie geringer. Die Kunsthonige weisen alle sehr niedrige Werte auf. Bei Steigerung der Konzentration von 2,5 auf 5 g in 100 cm³ steigt die Trübung bei den Honigen vor dem Erhitzen zwischen 49—77%, nach dem Erhitzen zwischen 19—63% an, also innert recht weiten Grenzen. Die Erhöhung durch das Erhitzen schwankt zwischen 18 und 91%; also auch hier finden wir keine Regelmässigkeit.

Bei den Kunsthonigen ist die Erhöhung durch die Konzentrationserhöhung bedeutend grösser; sie schwankt zwischen 107 und 170%. Dies hängt offenbar teilweise mit den absolut niedrigen Werten zusammen. Durch das Erhitzen sind Erhöhungen bis zu 129% vorgekommen, zum Teil auch Erniedrigungen von 14—27%. Die Verhältnisse sind zu wechselnd, als dass irgendeine deutliche Gesetzmässigkeit hervorgetreten wäre.

Bis zum Abschluss dieser Arbeit wurden bei 150 Statistikhonigen des Jahrgangs 1937 Trübungsmessungen in Lösungen von 5 g in 100 cm³ ausgeführt. Man fand Werte für die absolute Trübung, die zwischen 0,0219 und 0,0960 lagen. Ob sich eine Abhängigkeit zwischen der Trübung und der pflanzlichen Herkunft des Honigs nachweisen lässt, wird sich erst zeigen, wenn die Resultate der Pollenanalyse vorliegen werden. Man hoffte, deutliche Unterschiede zwischen echten Honigen und Zuckerfütterungshonigen zu erhalten, nachdem man bei einem sehr hellen Fütterungshonig tatsächlich einen sehr niedrigen Wert gefunden hatte. Diese Hoffnung hat sich aber nicht bewahrheitet; bei 11 Zuckerfütterungshonigen fand man Werte von 0,0197 bis 0,0720, also wohl durchschnittlich, nicht aber durchwegs niedrigere Werte als bei echtem Honig.

b) Die Bestimmung der Farbe des Honigs mit Pulfrichs Photometer.

Es wurde schon von verschiedenen Seiten versucht, die Farbe des Honigs irgendwie zu bestimmen und, sei es zahlenmässig oder graphisch oder einfach in Worten wiederzugeben. Diese Verfahren sind natürlich sehr verschieden genau. Anschliessend an unsere Trübungsmessungen wandten wir zunächst das Stufenphotometer von Pulfrich auch zur Farbestimmung an. Bereits *J. Koczka*s und *J. Stitz*¹⁾ haben dies Verfahren benützt. Sie bestimmten die Extinktion bei verschiedenen Wellenlängen mit Hilfe der Farbfilter, welche dem Apparat beigegeben sind, und zeichneten diese Werte graphisch auf. So erhielten sie für jeden Honig eine bestimmte Farbkurve.

Leider machen die Autoren keine ganz genauen Angaben über ihre Arbeitsweise. Wir erfahren nicht, bei welcher Verdünnung die Bestimmungen ausgeführt sind. Wir erfahren auch nicht, wie denn diese Honige, die unter sich teils ähnlich, teils verschieden verlaufende Kurven liefern, aussehen, welcher Farbton, welche Farbstärke ihnen, von Auge betrachtet, eigen ist. Auffällig ist, dass sechs Honige der gleichen Art, alles Akazienhonige, recht verschieden hoch verlaufende Kurven lieferten.

¹⁾ Z. U. L., 64, 255, 1932.

Für die Beschreibung und Anwendung des Pulfrich'schen Photometers sei auf die Druckschriften der Firma Zeiss verwiesen. Hier nur das Prinzip. Man beobachtet bei künstlichem Licht durch ein Farbfilter, welches nur Strahlen eines bestimmten Bereiches durchlässt. Bei gleicher Blendenöffnung lässt die zu untersuchende Lösung weniger Licht durch als das Lösungsmittel, in diesem Fall Wasser. Man dreht die eine Blende so weit zu, bis der Helligkeitsunterschied ausgeglichen ist, und kann nun die Intensität des durchgegangenen Lichtes auf der einen oder auch die Extinktion auf der andern Skala ablesen. Man schaltet dann nach Belieben nacheinander alle übrigen Farbfilter ein, liest die Extinktionen ab und trägt sie in eine Kurve ein.

Die Farbfilter haben die Maxima ihrer Absorption bei folgenden Wellenlängen:

Farbe der Blende: Violett Ultramarinblau Seegrün Laubgrün Gelb Orangerot Rot Rot Rot
Wellenlänge, $m\mu$: 430 470 500 530 570 610 660 720 750

Die Bezeichnung der Farbtöne haben wir *Wilh. Ostwalds* Farbenfibel (siehe unten) entnommen.

Wir nahmen zunächst eine Reihe von Bestimmungen in 10%iger Lösung bei einer Schichtdicke von 3 cm vor. Durch Multiplikation mit $\frac{10}{3}$ ergab sich die Extinktion, berechnet auf den Honig selbst, bei einer Schichtdicke von 1 cm. Wir wollen sie als absolute Extinktion bezeichnen.

Man erhielt mit den verschiedenen Farbfiltern folgende Zahlen. Die Nummer des Filters entspricht dem zehnten Teil der mittlern Wellenlänge des durchgelassenen Lichtes.

Tab. 4.

Absolute Extinktion, in 10 %iger Lösung gemessen, bei verschiedener Wellenlänge.

Farbfilter Nr.	43	47	50	53	57	61	66	72	75
1. Hellbrauner Honig	6,04	4,92	3,70	3,02	2,51	2,09	1,85	1,43	1,36
2. Sehr hellgelber Honig . . .	5,22	4,60	4,14	3,50	2,66	2,00	1,90	1,61	1,47
3. Fütterungshonig, fast weiss .	1,23	1,06	0,70	0,67	0,58	0,50	0,47	0,37	0,37
4. Kunsthonig, hellgelbbraun .	2,26	1,82	1,47	1,19	1,04	0,90	0,84	0,72	0,69

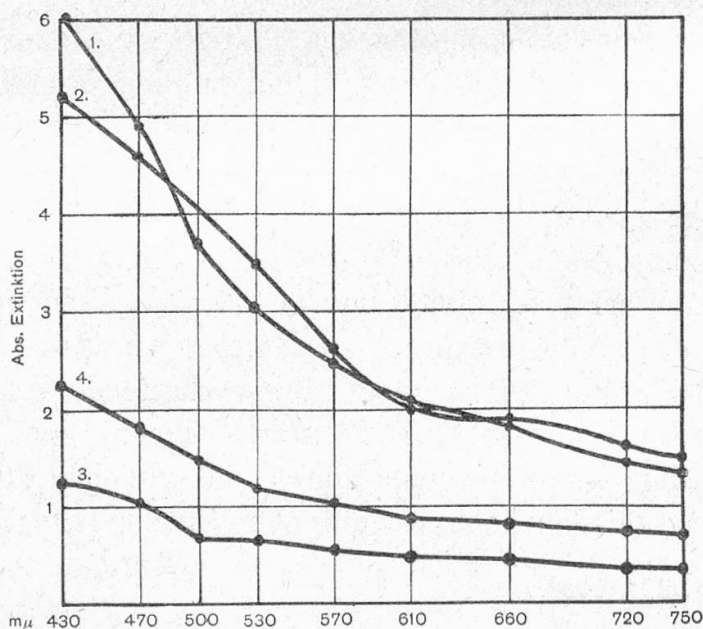


Abb. 3.

Der hellbraune und der hellgelbe Honig unterscheiden sich im Verlauf ihrer Kurven einigermassen. Ersterer weist eine höhere Extinktion im Violett und Blau, aber eine niedrigere im Seegrün, Laubgrün und Gelb auf. Wenn wir die Extinktion in einer bestimmten Farbe als Merkmal des Vorhandenseins der Gegenfarbe ansprechen, können wir sagen, dass der hellbraune Honig mehr laubgrüne und gelbe, der hellgelbe mehr rote und blaue Strahlen aussendet.

Die Kurven des Fütterungshonigs und des Kunsthonigs laufen parallel, ersterer weist im Seegrün eine kleine Depression auf.

Wenn wir schon zwei vorliegende Kurven in dieser Weise miteinander vergleichen können, so können wir doch einer einzelnen Kurve durchaus nicht ansehen, welche Farbe der ihr zukommende Honig hat.

Wenn man die Werte des beinahe farblosen Fütterungshonigs betrachtet, kann man sich wundern, dass die Extinktion bei den grössten Wellenlängen nicht schliesslich auf Null herabsinkt. Dass dies nicht der Fall ist, kommt hauptsächlich von den Trübbestandteilen her. Nicht nur die Farbe absorbiert Licht, auch die Trübbestandteile tun dies, und zwar in recht erheblichem Masse. Es ist aber nicht leicht festzustellen, welcher Anteil an der Extinktion auf Rechnung der Farbe, welcher Anteil auf Rechnung der Trübbestandteile kommt. Man hoffte, dieser Frage durch Messung der Extinktion bei verschiedener Konzentration näher zu kommen. Wir haben gesehen, dass sich die Trübung mit wachsender Verdünnung relativ verstärkt, während man glaubte, annehmen zu können, dass die Färbung relativ unverändert bleibe.

Man wählte drei stark gefärbte, unter sich möglichst verschiedene Honige aus:

1. Intensiv gelber Honig.
2. Gelbbrauner Honig mit grünlichem Stich.
3. Rotbrauner Honig.

Die Messung der Extinktion geschah in einer 30-mm-Küvette.

Nicht nur die Werte für die Extinktion, sondern auch die für die Trübung sind auf den Honig selbst umgerechnet, um sie vergleichen zu können.

Man erhielt folgende Zahlen:

Tab. 5.

Absolute Extinktion in Lösung von 10 und 2,5 g in 100 cm³ gemessen.

Farbfilter Nr.	43	47	50	53	57	61	66	72	75	Abs.Trübung
1. 10 g in 100 cm ³	5,32	5,20	4,50	3,57	2,85	2,39	2,12	1,74	1,74	1,11
2,5 g » 100 »	4,22	3,97	3,51	3,02	2,53	2,21	2,04	1,70	1,65	1,56
Differenz	-1,10	-1,33	-0,99	-0,55	-0,30	-0,18	-0,08	-0,04	-0,09	+0,45 = 40%
2. 10 g in 100 cm ³	5,20	4,47	3,83	3,17	2,53	2,16	1,83	1,55	1,45	0,85
2,5 g » 100 »	4,64	4,40	3,87	3,57	2,75	2,44	2,15	1,86	1,69	1,46
Differenz	-0,56	-0,07	+0,04	+0,04	+0,22	+0,28	+0,32	+0,31	+0,24	+0,61 = 72%
3. 10 g in 100 cm ³	4,16	3,64	3,13	2,55	2,10	1,77	1,58	1,31	1,26	0,81
2,5 g » 100 »	4,55	4,18	3,62	3,55	2,67	2,53	2,04	1,78	1,70	1,12
Differenz	+0,39	+0,54	+0,49	+1,00	+0,57	+0,76	+0,40	+0,37	+0,44	+0,31 = 38%

Die Extinktion nimmt beim Verdünnen der Honiglösung bei Honig Nr. 1 bei allen Wellenlängen ab. Das Maximum liegt bei Filter 47; dann werden die Differenzen allmählich kleiner. Beim 2. Honig sehen wir nur noch bei den beiden niedrigsten Wellenlängen eine Abnahme, dann eine allmählich steigende Zunahme. Beim 3. Honig ist in allen Fällen eine Zunahme zu verzeichnen. Diese Differenzen stehen nicht in naher Beziehung zu der Zunahme, welche die Trübung beim Verdünnen erfährt; denn diese Zunahme ist beim 2. Honig weitaus am grössten, bei den beiden andern unter sich ungefähr gleich. Eine leichte Beziehung mit der Trübung könnte darin gefunden werden, dass der Honig mit der stärksten Trübung die am stärksten negativen Extinktionsdifferenzen gibt, der mit der geringsten Trübung, die am stärksten positiven Differenzen.

Betrachten wir die Aenderung der Extinktion beim Verdünnen näher, so sehen wir, dass sie bei den drei Honigen recht verschieden ist. Bei Nr. 1 verringert sie sich bei Filter 43 und 47 (Violett und Blau) um 1,10 bzw. 1,23, bei dem gelbbraunen Honig findet bei Filter 43 noch eine Verminderung um 0,50 statt, die aber bei den höhern Wellenlängen bald in eine Vermehrung umschlägt. Bei dem rotbraunen Honig vermehrt sich die Extinktion bei Filter 43 um 0,39, nimmt dann bis zu Filter 57 weiter zu bis zu 1,57, um dann wieder allmählich abzunehmen.

Dies unterschiedliche Verhalten dürfte mit qualitativen Unterschieden in den Trübbestandteilen, und zwar zum Teil mit den kolloiden Pigmenten zusammenhängen.

*c) Trennung der Farbstoffe in wasserlösliche und lipoidlösliche;
Bestimmung der Carotinoide.*

Um einen gewissen Einblick in die einzelnen Farbstoffe des Honigs zu erhalten, wurde bei unsern drei Honigen eine Trennung der wasserlöslichen von den lipoidlöslichen Farbstoffen vorgenommen.

Man bestimmte die Extinktion vorerst in Lösungen von 20 g Honig in 100 cm³. Sodann fällte man eine um $\frac{1}{5}$ konzentriertere Lösung mit der entsprechenden Menge 2,5%iger Tanninlösung, um wieder dieselbe Konzentration zu erhalten und zentrifugierte nach dem Zusammenballen des entstandenen Niederschlags scharf aus. Die überstehende Lösung enthielt die wasserlöslichen Farbstoffe. Der Eiweiss-Tannin-Niederschlag, welcher alle wasserunlöslichen Pigmente und Trübbestandteile und auch die lipoidlöslichen Farbstoffe enthielt, wurde mit etwas Alkohol aufgekocht und mit Petroläther ausgeschüttelt. Die Petrolätherlösung färbte sich gelb. Durch Schütteln mit Lauge wurde ihr kein Farbstoff entzogen. Die Farbstoffe müssen als Carotinoide angesprochen werden, wobei aber einstweilen dahingestellt sein mag, ob Carotin selber darin enthalten ist. Man verdünnte die Petroläther so weit, dass auch hier die 20 g Honig entsprechende Menge auf 100 cm³ kamen.

Die Extinktion der drei Lösungen wurde in der 10-mm-Küvette gemessen und ergab mit den verschiedenen Farbfiltern folgende Werte:

Tab. 6.

*Farbstofftrennung, Extinktion in Lösungen von 20 g in 100 cm³,
Messung in der 10-mm-Küvette.*

Farbfilter Nr.	43	47	50	53	57	61	66	72	75
<i>1. Tiefgelber Honig.</i>									
E der Honiglösung . . .	1,123	1,035	0,866	0,718	0,537	0,453	0,391	0,328	0,315
E der wasserl. Farbstoffe	0,079	0,061	0,040	0,034	0,026	0,023	0,018	0,016	0,016
E der Carotinoide . . .	0,128	0,130	0,035	0,015	0				
<i>2. Gelbbrauner Honig.</i>									
E der Honiglösung . . .	0,957	0,826	0,693	0,577	0,467	0,404	0,345	0,288	0,279
E der wasserl. Farbstoffe	0,100	0,066	0,040	0,029	0,020	0,012	0,008	0,004	0,003
E der Carotinoide . . .	0,037	0,037	0,017	0					
<i>3. Rotbrauner Honig.</i>									
E der Honiglösung . . .	0,849	0,763	0,641	0,503	0,434	0,369	0,314	0,264	0,279
E der wasserl. Farbstoffe	0,082	0,044	0,039	0,029	0,014	0,010	0,008	0,006	0,005
E der Carotinoide . . .	0,040	0,034	0,016	0,002	0				

Die Extinktion der wasserlöslichen Farbstoffe und der Carotinoide ist sehr gering gegenüber der Extinktion der unveränderten Honiglösung. So machen z.B. bei der Messung im violetten Licht (Filter 43) die wasserlöslichen Farbstoffe 7,0, 10,5, 9,7, die Carotinoide 10,5, 3,8 und 4,2% der gesamten Extinktion aus. Die übrigen 82—85% werden verursacht durch die Trübbestandteile, durch Pigmente, die weder wasser- noch lipoidlöslich sind und nicht als eigentliche Farbstoffe angesprochen werden können. Das zeigt wiederum, dass wir durch die Extinktion der wässrigen Honiglösung nicht ein richtiges Mass für die Färbung des Honigs erwarten dürfen. Wenn wir die bei den verschiedenen Wellenlängen erhaltenen Zahlen graphisch auftragen, so erhalten wir drei übereinanderliegende Kurven, denen man in keiner Weise ansehen kann, welche Farbe die betreffenden doch so verschieden gefärbten Honige haben. Damit ist nicht gesagt, dass diese Zahlen nicht doch neben anderen das Bild über die Charakteristik eines Honigs ergänzen können.

Die wasserlöslichen Farbstoffe sind, wenn wir die Extinktion im Violett betrachten, bei dem gelben Honig in geringster Menge enthalten; die gelbe Farbe dieses Honigs rührt hauptsächlich von den Carotinoiden her, die hier in weitaus grösster Menge zugegen sind. Die beiden übrigen Honige enthalten mehr wasserlösliche, bräunliche Farbstoffe und nur wenig Carotinoide.

Der gelbe, lipoidlösliche Farbstoff aus Honig soll nach *Schuette* und *Bott*²⁾ Carotin sein. Wir verglichen den petrolätherlöslichen Farbstoff aus Honig mit Carotin und konnten das Resultat der beiden Autoren nicht bestätigen.

²⁾ Journ. Americ. Chem. Soc. 50, 1998, 1928; Z. U. L. 61, 364, 1931.

Zum Vergleich wurde Carotin nach *Husemann*³⁾ aus Karotten hergestellt. Es gelang ohne Schwierigkeit, die charakteristischen, kupferroten Tafeln aus einer Mischung von Schwefelkohlenstoff und absolutem Alkohol zu erhalten. Carotin löst sich in Schwefelkohlenstoff mit orangeroter, in Petroläther mit gelber Farbe. Er geht daraus nicht an Alkali und auch nicht an 90%igen Methylalkohol.

Unser Rüben-carotin gab in verschiedenen Konzentrationen folgende Extinktionen:

Tab. 7.
Extinktion des Carotins bei verschiedenen Gehalten.

Farbfilter Nr.	43	47	50	53	57
10 γ Carotin pro cm^3	1,065	1,370	0,567	0,021	0
5 » » » »	0,633	0,775	0,348	0,011	0
2 » » » »	0,300	0,365	0,212	0,019	0
1 » » » »	0,128	0,191	0,094	0	0



Abb. 4.

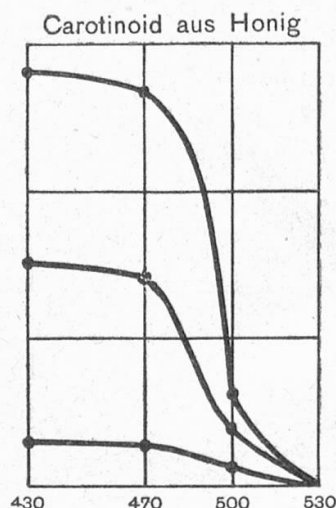


Abb. 5.

Von Farbfilter 43 nach 47 haben wir hier überall einen beträchtlichen Anstieg der Extinktion, während wir einen solchen bei den Petrolätherauszügen aus Honig vermissen. Auch folgende 2 Reihen mit bedeutend stärkeren Konzentrationen an Farbstoff zeigen ihn nicht (siehe Abb. 5).

Farbfilter Nr.	43	47	50	53	57
Farbstoff aus Honig .	1,446	1,377	0,294	0,033	0
um die Hälfte verdünnt	0,764	0,739	0,196	0,026	0

Die Färbung des Honigcarotinoids entspricht nicht ganz der des Carotins, ist ihr aber sehr ähnlich. Sie lässt sich sehr gut mit einer Chromat-lösung vergleichen, die Färbung des Carotins entspricht eher einer Mischung von Chromat und Bichromat.

Es konnte nun gezeigt werden, dass die Carotinoide aus Honig nicht nur nicht aus Carotin bestehen, sondern dass solches im Honig nicht einmal

³⁾ A. 117, 202; *Beilstein*, 3. Aufl., 3, 625.

enthalten ist. Wenigstens verhielten sich mehrere näher darauf untersuchte Honige so. Es wurden beispielsweise 50 g eines Honigs aus dem Kanton Aargau in 125 cm³ Wasser gelöst und mit 25 cm³ 2%iger Tanninlösung gefällt. Der nach scharfem Auszentrifugieren erhaltene Rückstand wurde mit absolutem Alkohol aufgeköcht und mit Petroläther ausgeschüttelt. Die gewaschene, mit NaOH ausgeschüttelte, wieder gewaschene, mit Natriumsulfat getrocknete und konzentrierte Lösung wurde mit Aluminiumoxyd chromatographiert. Man erhielt eine ungefähr 10 mm breite, hellgelbe Oberschicht, dann eine kleine weisse Zwischenschicht und nun eine zweite, etwa 1 mm breite, intensiver gelbe Zone. Beide Schichten änderten sich beim Auswaschen mit Petroläther nicht.

Carotin aus Rüben bildete unter denselben Bedingungen eine breite, orange gefärbte Schicht, die sich mit Petroläther auswaschen liess.

In Alkohol lösten sich die adsorbierten Carotinoide leicht und konnten wieder in Petroläther übergeführt werden. Die Extinktion im Violett und Blau war folgende:

	obere Schicht		untere Schicht	
Farbfilter	43	47	43	47
E . . .	0,743	0,711	0,837	0,757

In beiden Fällen findet ein Absinken der Werte von Violett nach Blau statt, im Gegensatz zu Carotin.

Die Natur dieser Farbstoffe konnte einstweilen aus Mangel an Material nicht festgestellt werden.

Obschon unsere Honigcarotinoide nicht Carotin sind, könnten wir sie doch durch Vergleichen mit Carotin mit einer gewissen Annäherung bestimmen. Je nachdem die Extinktion im Violett oder im Blau zur Berechnung benützt wird, müssen natürlich die Werte verschieden ausfallen. Wir benützen daher die Mittelwerte und haben dann:

Tab. 8.

Bestimmung der Carotinoide in γ pro cm³ aus der Extinktion.

γ Carotinoid	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Filter 43 . .	1,07	0,99	0,92	0,82	0,73	0,63	0,52	0,42	0,29	0,14
Filter 47 . .	1,37	1,25	1,14	1,02	0,90	0,78	0,61	0,50	0,36	0,19
Mittel	1,22	1,12	1,03	0,92	0,82	0,71	0,57	0,46	0,33	0,17

Da wir bei unsern Bestimmungen aus praktischen Gründen von recht wenig Honig ausgehen, arbeiten wir nun in der Regel nicht mit dem Pulfrichschen Photometer, sondern mit dem vom einen von uns⁴⁾ konstruierten Mikrokolorimeter und für die allerkleinsten Mengen in Reagensgläschen, die wir mit einer bestimmten Menge Wasser und mit so viel Chromatlösung beschicken, dass der Farbton der Carotinoidlösung erreicht ist.

⁴⁾ Th. von Fellenberg, diese Mitt. 14, 177, 1923.

Carotinbestimmung im Mikrokolorimeter.

Es kann natürlich auch ein anderes als das genannte Kolorimeter benutzt werden.

Die Schichthöhe der Carotinoidlösung betrage stets 15 mm. Dann entsprechen folgende Schichthöhen 0,002%iger K_2CrO_4 -Lösung den darunter stehenden Mengen Carotin in γ pro cm^3 ausgedrückt.

mm K_2CrO_4 . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
γ Carotin pro cm^3	0,25	0,39	0,49	0,59	0,65	0,73	0,80	0,86	0,93	0,99	1,04	1,10	1,16	1,21	1,25

Carotinbestimmung in Reagensgläschen von 10 mm Durchmesser.

Die folgenden Mengen 0,002%iger K_2CrO_4 -Lösung auf 2 cm^3 verdünnt, entsprechen dem darunter stehenden Carotin in γ pro cm^3 , wenn 2 cm^3 Carotinlösung zum Vergleichen benutzt werden.

cm^3 K_2CrO_4 - Lösung	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25
γ Carotin pro cm^3	0	0,008	0,019	0,029	0,039	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,071	0,077

Berechnen wir den Carotinoidgehalt unserer drei Honige auf Grund der Extinktion, so finden wir:

	1	2	3
Extinktion mit Filter 43	0,128	0,037	0,040
» » » 47	0,130	0,037	0,040
Mittel	0,129	0,037	0,037
γ Carotin	0,76	0,21	0,21
mg Carotin in 100 g Honig . . .	0,076	0,021	0,021

Mit dem Mikrokolorimeter wurde gefunden:

mm Schichthöhe der K_2CrO_4 -Lösung	9,3	2,1	2,0
Carotin pro cm^3	0,95	0,40	0,39
mg Carotin pro 100 g Honig . . .	0,095	0,040	0,039

In Reagensgläschen bestimmt:

cm^3 K_2CrO_4	—	0,35	0,35
mg Carotin pro 100 g Honig . . .	—	0,24	0,24

Die Uebereinstimmung ist keine sehr gute, was eben mit den genannten Fehlerquellen zusammenhängt. Immerhin lässt sich die Grössenordnung mit befriedigender Genauigkeit bestimmen.

Der Gehalt des Honigs an Carotinoiden ist recht klein; er wird auch bei den carotinoidreichsten Proben wohl kaum je 1 mg pro 100 g erreichen.

Wir bestimmten nun in einer grössern Anzahl Honigen anschliessend an die Trübungsmessung die wasserlöslichen Farbstoffe und die Carotinoide folgendermassen :

30 cm^3 Honiglösung von 5 g in 100 cm^3 werden in einem 50 cm^3 fassenden Reagensglas mit 3 cm^3 einer 2,5%-Lösung von möglichst hellem Aethertannin (z. B. Gerbsäure, reinst, sehr leicht, klar löslich, Merk) versetzt. Wenn sich der Eiweiss-Gerbstoffniederschlag anfängt zusammenzuballen, was

meist innert einer Stunde erfolgt, wird 15 Minuten in der Gerber'schen Milchzentrifuge ausgeschleudert. Man giesst die klare Lösung in einem Zug ab, und zwar die Hauptmenge in ein Reagensglas und den Rest, der eine Spur des Bodensatzes enthalten kann, in ein zweites.

Die klare Lösung im ersten Reagensglas wird zur Bestimmung der Extinktion der wasserlöslichen Farbstoffe in 150 mm dicker Schicht in Pulfrichs Photometer benützt, indem man eine entsprechende Tanninlösung in das andere Gefäss bringt.

Der Rückstand im Reagensglas enthält meist nicht viel überflüssige Flüssigkeit. Sollte dies doch der Fall sein, so zentrifugiert man nochmals und giesst wieder gut ab. Zum Rückstand setzt man 2 cm³ absoluten Alkohol, kocht auf, kühlt ab, setzt 5 cm³ Petroläther hinzu und schüttelt nach leichtem Bedecken des Glases 100mal durch. Man giesst nun einen Teil der Petrolätherlösung in das Mikrokolorimeter ab oder gibt 2 cm³ davon in ein Reagensgläschen von 100 mm Durchmesser und bestimmt den Carotinoidgehalt, als Carotin berechnet, wie weiter oben angegeben.

Bei der Berechnung muss berücksichtigt werden, dass sich ein kleiner Teil des Petroläthers im Alkohol löst und dass ein wenig davon verdunstet. Es bleiben nach unserer Beobachtung 4,6 cm³ übrig, in welchen das in 1,5 g Honig enthaltene Carotinoid gelöst ist. Um den Carotinoidgehalt in mg pro 100 g Honig zu finden, muss der pro cm³ Petrolätherlösung in γ ermittelte Betrag mit $\frac{4,6 \cdot 100}{1,5 \cdot 1000} = 0,307$ multipliziert werden. Wir haben dann folgende Beziehung, wobei die Schichthöhe der Petrolätherlösung stets 15 mm beträgt:

Tab. 9.
Carotinbestimmung.

Bestimmung im Mikrokolorimeter				Bestimmung in Reagensgläschen			
mm 0,002 % K ₂ CrO ₄	mg Carotin in 100 g	mm 0,002 % K ₂ CrO ₄	mg Carotin in 100 g	mm 0,002 % K ₂ CrO ₄	mg Carotin in 100 g	mm 0,002 % K ₂ CrO ₄	mg Carotin in 100 g
1	0,077	9	0,285	0,2	0,0025	0,9	0,0182
2	0,12	10	0,307	0,3	0,0058	1,0	0,0200
3	0,15	11	0,318	0,4	0,0089	1,1	0,0218
4	0,18	12	0,337	0,5	0,0120	1,25	0,0236
5	0,20	13	0,355	0,6	0,0138		
6	0,224	14	0,370	0,7	0,0154		
7	0,245	15	0,385	0,8	0,0169		
8	0,265						

Unsere bisherigen Resultate bringen wir nicht an dieser Stelle; wir gedenken sie bei der Zusammenstellung der Honigstatistik zu verwerten.

d) Die Messung des Farbtons und der Farbtiefe des Honigs auf Grundlage der Farbenlehre von Wilhelm Ostwald.

Da die Farbmessung mit dem Pulfrich-Photometer nicht gestattetete, die Färbung des Honigs in anschaulicher Weise wiederzugeben, wandten wir

uns der *Ostwald'schen* Farbenlehre⁵⁾ zu. Wir geben das für uns Notwendige daraus kurz wieder:

Jede Farbe ist in ihrer Wirkung auf das Auge zusammengesetzt aus einem Bunt-, einem Weiss- und einem Schwarzanteil, also aus Bunt und Grau. Wird eine bunte Vollfarbe mit steigenden Mengen Weiss gemischt, so entsteht die hellklare Reihe dieser Buntfarbe. Wird sie mit steigenden Mengen Schwarz gemischt, so entsteht die dunkelklare Reihe, wird sie mit Grau gemischt, also mit irgendeinem Glied der von Weiss nach Schwarz hin reichenden Graureihe, so entsteht eine diesem Grau zukommende trübe Farbreihe.

Ostwald hat eine Grauleiter mit sinkenden Mengen Weiss nach einer bestimmten geometrischen Reihe aufgestellt, deren äusserste Glieder ein praktisch noch erreichbares Weiss mit 89% Weissanteil und 11% Schwarzanteil und ein praktisch erreichbares Schwarz mit 3,6% Weiss und 96,4% Schwarz sind. Dies Weiss hat er mit a, das Schwarz mit p, die dazwischenliegenden Glieder mit den entsprechenden Buchstaben des Alphabets bezeichnet. Aus praktischen Gründen hat *Ostwald* in seinem Farb-atlas je ein Glied übersprungen, sodass die Reihe a, c, e, g, i, l, n, p ist. Diese Glieder unterscheiden sich voneinander so, dass sie von Auge betrachtet einen gleichstufigen Uebergang von einem Endglied zum andern bilden.

Alle bunten Farbtöne werden in einem Farbtonekreis mit 24, je nach Bedürfnis auch mit 100 genormten Farbtönen angeordnet. Ein reines Gelb wird als 1 bezeichnet; daran schliessen sich orangegelbe, orange, rote, violette, blaue und grüne Töne an, die sich allmählich wieder dem gelben Ausgangs-Farbtone nähern, womit der Kreis geschlossen ist.

Jeder Farbtone hat eine Nummer, je 3 Töne des 24stufigen Farbtonekreises bilden zusammen drei Abstufungen von Gelb, Orange (von *Ostwald* Kress genannt), Rot, Violett (von *Ostwald* Veil genannt), Ultramarinblau oder Ublau, Eisblau, Seegrün, Laubgrün. Die nähere Bezeichnung ist somit 1., 2., 3. Gelb, 1. Orange usw. oder einfach 1., 2., 3., 4. Farbtone:

Je zwei einander im Farbtonekreis gegenüberstehende Farbtöne kompensieren sich bei der optischen Mischung zu Grau, so z. B. 2 und 14, 6 und 18. Einander nahestehende Farbtöne geben bei der optischen Mischung den dazwischenliegenden Farbtone, wobei aber stets etwas Grau mitentsteht. Diese Mischfarben sind also etwas weniger rein als die Farbtöne, aus welchen sie entstanden sind.

Die Abwandlungen der vollbunten Farbtöne nach Weiss, also ihre buntklaren Reihen, sind so getroffen, dass wiederum Weiss als a den Ausgangspunkt bildet und die Farben mit steigendem Buntgehalt unter der Bezeichnung c, e, g usw. bis p, der praktisch erreichbaren Vollfarbe sich anschliessen. Auch hier bilden die Abstufungen für unser Auge einen allmäh-

⁵⁾ Siehe *Wilhelm Ostwald*, Farbkunde, Verlag S. Hirzel, Leipzig; Farbennorm-Atlas, Verlag Unesma, Leipzig; Die Farbenfibel, derselbe Verlag.

lichen Uebergang, wobei die Zwischenstufen b, d, f usw. leicht eingeschaltet werden können.

Für unsere Zwecke der Farbton- und Farbtiefbestimmung in Honig eignen sich die Aufstriche des *Ostwald'schen* Farbnormen-Atlas nicht direkt. Die Farbe des Honigs kann nur in der Durchsicht beurteilt werden. Dazu muss der Honig flüssig sein. Wenn er es nicht ist, muss er geschmolzen werden.

Wir vergleichen den Honig in 1 cm dicker Schicht mit Ausfärbungen auf Cellophan. Die Betrachtung in der Durchsicht bietet vor derjenigen in der Aufsicht noch den Vorteil, dass man mit einer bedeutend geringern Anzahl Normen auskommt. Während bei den Aufstrichen für jede Stufe der hellklaren Reihe eines Farbtons die ganze Grauleiter hinzutritt, um die trüben Farbtöne zu erhalten, so genügt es in unserm Fall, die Grauleiter für sich herzustellen und in der erforderlichen Stufe auf die bunte Ausfärbung zu legen.

Zur Festlegung der Farbe des Honigs benötigen wir die drei ersten Farbtöne des 24stufigen Farbtonkreises und den Uebergang vom 3. zum 4. Farbton, also vom 3. Gelb zum 1. Orange und ferner die Zwischenstufen zwischen dem 1. und 2. und zwischen dem 2. und 3. Gelb, im ganzen also 6 bunte Vollfarben samt ihren Abstufungen nach Weiss und von den so entstandenen 6 hellklaren Reihen noch die trüben Abwandlungen mit verschiedenem Graugehalt.

Die bunten Vollfarben wären nach dem 24stufigen Farbtonkreis als 1., 1,5, 2., 2,5, 3. und 3,5. Farbton zu bezeichnen. Wir ziehen aber vor, unserer Benennung den 48stufigen Farbtonkreis zugrunde zu legen, wobei der 1. bis 6. Farbton in Betracht fällt. Zwischen diesen Tönen lässt sich ohne Schwierigkeiten noch je einer abschätzen, womit wir auch hier auf die Uebergänge 1,5., 2,5. Ton usw. kommen.

Eine gewisse Schwierigkeit bietet das Einordnen unserer Farbfilme in die *Ostwald'sche* Klassifizierung.

Wir gehen von der Vollfarbe aus, wie sie uns im Farbtonkreis entgegentritt und als p bezeichnet wird. Wenn wir verschieden stark gefärbte Cellophanstreifen einer bestimmten Farbnorm auf weisses Papier legen, so wird einer davon den Eindruck gleicher Farbtiefe wie die Vollfarbe p erwecken. Wir benennen ihn vorläufig auch mit p. Betrachtet man nun die verschieden stark gefärbten Filme in der Durchsicht, so sieht man, dass sich ohne Schwierigkeit noch intensivere Färbungen als p erzielen lassen. Wir benötigen sie auch; denn wenn wir die Honige in 1 cm dicker Schicht betrachten, so kommen oft Färbungen vor, welche über p hinausgehen.

Wir stellen von den 6 Buntfarben einstweilen je 10 Glieder der hellklaren Reihen her, deren 7 lichtere Glieder beim Auflegen auf weisses Papier den Buchstaben c, e, g, i, l, n, p des Farbnormen-Atlas entsprechen. Wir wählen jedoch statt der Buchstaben die entsprechenden Zahlen, da sie dem nicht Geübten viel besser ein sofortiges Bild von der Farbstärke vermitteln.

Von den Buchstaben ist uns nicht immer auf den ersten Blick klar, an wievielter Stelle im Alphabet sie stehen. Unsere 10 Normen tragen die Zahlen 2, 4, 6 usw. bis 20; die Zwischenglieder lassen sich leicht abschätzen. Unsere Zahl 1 entspricht aber nicht dem *a Ostwalds*, welches ja Weiss ist, sondern wir fangen gleich mit der ersten deutlich wahrnehmbaren Farbe an; es entspricht also dem Buchstaben b.

Es zeigte sich nun überraschenderweise, dass man, wenigstens nach den Honigen von 1937 zu schliessen, meist ohne die Grauleiter auskommt. Wenn wir die Grauleiter bis zur Stufe 8, nach *Ostwald* mit i bezeichnet, herstellen, so werden wir voraussichtlich für alle Honige reichlich eingedeckt sein. Von den Buntfarben stehen uns also $6 \times 20 = 120$ Töne in 6 hellklaren Reihen zur Verfügung, wovon allerdings nur die Hälfte hergestellt, die andere Hälfte geschätzt wird. Wenn wir diese 120 Töne mit der Grauleiter kombinieren, so haben wir die Möglichkeit, 960 Farben zu unterscheiden, ja, wenn wir zwischen den Farbtonnormen 1—6 noch je die Zwischenfarbe abschätzen, was durchaus keine Schwierigkeit bietet, sind es sogar 1760 Farben. Davon brauchen wir aber verhältnismässig nur wenige zu benützen.

Zur Erläuterung unserer Abweichungen von *Ostwalds* Nomenklatur diene folgendes Schema:

Tab. 10.

Nomenklatur der Farbtöne, Farbstärken und des Graugehaltes.

Farbton.

Nach <i>Ostwalds</i> 24stufigem Farbtonkreis:	1.	2.	3.	3,5.	Farbton.		
Nach dem 48stufigen Farbtonkreis:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	»

Farbstärke.

Nach <i>Ostwald</i> :	a	c	e	g	i	l	n	p	r	t	v										
Unsere Bezeichnung:	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Graugehalt.

Nach <i>Ostwald</i> :	a	c	e	g	i				
Unsere Bezeichnung:	-	1	2	3	4	5	6	7	8

Den Farbton, welcher beispielsweise nach *Ostwald* 2,5 nc heissen würde, würden wir als 4-12-2 bezeichnen. Die Bindestriche verwenden wir, damit bei den Zwischentönen nicht etwa durch das Komma, welches vor der Dezimale steht, Verwirrungen entstehen können. Die Formel 4-12-2 zeigt uns, dass ein bereits ziemlich stark nach Orange hinziehendes Gelb in einem mässig hellen Farbton — die intensiv gefärbten Honige zeigen meist Stärke 16 bis 18 — mit etwas Grau vorliegt.

Herstellung der Farbnormen: Unsere Ausfärbungen erfolgten auf Cellophan, wie es etwa zum Zubinden von Konfitüregläsern verwendet wird. Es wog 0,40 g pro 100 cm² und nach dem Auskochen mit Wasser (Entfernen anhaftenden Glyzerins) noch 0,35 g.

Wir waren an solche Farbstoffe gebunden, welche Cellophan anfärben, und das sind die vorwiegend basischen. Die Gesellschaft für chemische

Industrie in Basel war so freundlich, uns eine Auswahl von Farbstoffen zur Verfügung zu stellen, unter welchen wir die geeigneten auswählten. Es sei dieser Firma auch an dieser Stelle unser bester Dank dafür ausgesprochen.

Für den Farbton 1, das reine Gelb, eignete sich Auramin O, für den Farbton 3 des 48stufigen Farbkreises Patentphosphin G, für Nr. 5 Brillantphosphin G. Man hätte auch Chrysoidin nehmen können. Dem Farbton 7, den wir aber nicht mehr nötig haben, dem 1. Orange, entspricht ziemlich gut Bismarckbraun R. Wie aus der Bezeichnung Braun hervorgeht, ist dieser Farbton aber nicht ganz klar, sondern er enthält einen erheblichen Anteil an Grau; Braun entsteht ja aus Orange und Grau. Wir benützen Bismarckbraun R, um aus seiner Mischung mit Brillantphosphin den Farbton 6 zu gewinnen. Die Töne 2 und 4 stellen wir ebenfalls durch Mischen her, 2 aus Auramin und Patentphosphin, 4 aus Patentphosphin und Brillantphosphin.

Für die Grauleiter diente uns Kunstseidenschwarz GN. Dies ist nun allerdings kein basischer Farbstoff, er färbt Cellophan nur in starker Konzentration an. Diese Färbungen sind aber grünstichig und daher ungeeignet. Wir setzten deshalb dem Farbstoff in geeigneter Konzentration Gelatinelösungen zu und gossen diese auf Objektträger. Nach dem Trocknen hinterblieben Ueberzüge im gewünschten reinen Grau.

Zur Herstellung der Normen unserer Buntfarben färbte man zuerst Cellophanstreifen mit steigenden Mengen der betreffenden Farbstoffe an, bestimmte die Extinktion im Violett und stellte danach Kurven auf. Beim Vergleichen der Ausfärbungen mit den *Ostwald'schen* Normen zeigte es sich, dass die eine und andere mit einem bestimmten Farbton übereinstimmte. Es liessen sich danach Kurven aufstellen, aus welchen wieder rückwärts die Farbstoffmenge abgelesen wurde, die für jede einzelne Stufe erforderlich war. Die intensivste Buntfarbe, die sich durch direktes Vergleichen ermitteln liess, entsprach der Stufe p nach *Ostwald*, unsere Kurven konnten wir hingegen über p hinausführen und so noch weitere Stufen erhalten.

Die Ausfärbungen geschahen in der Weise, dass Cellophanstreifen von 20 cm² Oberfläche (2,5 × 8 cm) in 50 cm³ fassenden Reagensgläsern mit 10 cm³ Wasser und der entsprechenden Menge 0,1%iger Farbstofflösung unter öfterem Umrühren, besonders zu Anfang, 15 Minuten im siedenden Wasserbad gehalten wurden.

Tab. 11.

Hellklare Reihen.

Abhängigkeit der Farbstoffmenge (cm³ 0,1%iger Lösung auf 20 cm² Cellophan) zur Extinktion und zur Helligkeit.

1. Farbton, Auramin O.

cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
Extinktion bei m μ 430	0,138	0,181	0,299	0,393	0,530	0,590	0,740	0,791	1,170	1,276
Helligkeitsstufe . .	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,04	0,10	0,185	0,300	0,425	0,590	0,785	0,985	1,335	1,680

3. Farbtön, Patentphosphin G.

cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
Extinktion bei m μ 430	0,028	0,044	0,127	0,178	0,222	0,289	0,318	0,462	0,520	0,704	0,820
Helligkeitsstufe . .	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,055	0,125	0,215	0,340	0,500	0,670	0,900	1,150	1,450	1,800	

5. Farbtön, Brillantphosphin G.

cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00
Extinktion bei m μ 430	0,017	0,040	0,068	0,118	0,138	0,179	0,243	0,260	0,349	0,357	0,449	0,556
Helligkeitsstufe . .	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20		
cm ³ 0,1 % ige Lösung	0,11	0,25	0,40	0,62	0,90	1,16	1,50	1,88	2,30	2,76		

Für die Farbtöne 2 und 4 wurden die arithmetischen Mittel aus den betreffenden Farbstoffmengen genommen, für den 6. Farbtön verwendete man Mischungen von Brillantphosphin G und Bismarckbraun R.

Nach Untersuchung der Statistikhonige des Jahrgangs 1937 hatte man geglaubt, annehmen zu können, dass die Fortführung der hellklaren Reihen bis zur Stufe 20 für alle Honige genüge. Als dann aber eine Anzahl Rot-tannenhonige des Jahrgangs 1938 zur Untersuchung gelangten, zeigte es sich, dass diese Honige beträchtlich dunkler waren, sodass die Reihe, allerdings nur für den Farbtön 6, bis zur Stufe 32 fortgeführt werden musste. Bei dieser starken Extrapolation über die Stufe 16, entsprechend der Stufe p *Ostwalds*, hinaus, war eine gewisse Willkür in den Abstufungen nicht zu vermeiden. Man wählte aber auch absichtlich von Stufe 20 an die Intervalle etwas grösser, um nicht auf zu hohe Zahlen und auf zu viele Zwischenglieder zu kommen. Bei aller Willkür sind aber doch unsere Normen durch die Farbstoffmenge und die Extinktion genau festgelegt, sie sind also reproduzierbar.

Ein günstiger Umstand war es, dass die stark gefärbten Honige alle dem Farbtön 6 entsprachen. Es waren also weder rotstichigere Farbnormen nötig, noch war die Weiterführung der gelbstichigeren Farbtönenreihen notwendig.

Die höchsten Glieder unserer Reihe konnten nicht mehr durch einen einzigen Cellophanstreifen wiedergegeben werden. Mit ungefähr 4 cm³ Brillantphosphin und der entsprechenden Menge Bismarckbraun auf 20 cm² waren die Cellophanstreifen mit Farbstoff gesättigt; eine Vermehrung des Farbstoffs bewirkte kaum mehr eine Verstärkung der Färbung. Man war daher genötigt, die höhern Stufen durch Uebereinanderlegung mehrerer Filme herzustellen.

Die hellklare Reihe 6 ist in folgenden Zahlen wiedergegeben. Die Extinktion bestimmte man diesmal nicht im Violett, sondern im Blau (m μ 470).

6. Farbtön.

	Stufe	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
cm ³ 0,1 % Brillantphosphin G		0,073	0,166	0,266	0,412	0,600	0,770	1,00	1,24	1,53	1,86
cm ³ 0,1 % Bismarckbraun R .		0,024	0,057	0,090	0,126	0,166	0,223	0,266	0,330	0,392	0,465
Extinktion bei m μ 470 . .		0,15	0,175	0,21	0,25	0,29	0,31	0,35	0,38	0,40	0,43
	Stufe	22	24	26	28		30			33	
cm ³ 0,1 % Brillantphosphin G		2,25	3,37	6,13	2,76+1,86		2,76+1,53+1,53			4,12+1,86+1,86	
cm ³ 0,1 % Bismarckbraun R .		0,56	0,78	1,29	0,56+0,465		0,66+0,39+0,39			0,92+0,47+0,47	
Extinktion bei m μ 470 . .		0,52	0,61	0,68	0,89		1,10			1,25	

Bei Herstellung der Grauleiter wurden die unten angegebenen Mengen 1%iger Farbstofflösung zu 1 cm³ 4%iger Gelatinelösung zugesetzt. 0,3 cm³ dieser Mischungen wurden auf Objektträger von 18,8 cm² Oberfläche gegossen und in horizontaler Lage erstarren und trocknen gelassen.

Wir geben hier nicht die Extinktion an, sondern den aus der Durchlässigkeit berechneten prozentualen Schwarzgehalt. Wie die Berechnung des Schwarzgehaltes geschieht, wird gleich folgen:

Helligkeitsstufe der Grauleiter	1	2	3	4	5	6	7	8
cm ³ Kunstseidenschwarz GN, 1%	0,022	0,04	0,057	0,077	0,10	0,125	0,15	0,18
Prozentualer Schwarzgehalt	19,7	26,1	27,8	29,8	31,3	37,8	48,6	68,6

Bei allen diesen Reihen zeigt sich immer wieder, dass die Farbstoffmenge bedeutend stärker ansteigt als die Farbtiefe, weil sich die hellern Töne von Auge viel besser unterscheiden lassen als die satten.

Nach *Ostwald*⁶⁾ lassen sich der Schwarz- und Weissgehalt einer Farbe feststellen durch Beobachtung durch ein gleichfarbiges und durch ein gegenfarbiges Farbfilter. Auf unsere farbigen Folien übertragen, lässt sich das Prinzip folgendermassen formulieren:

Betrachtet man die Farbenfolie durch ein gleichfarbiges Farbfilter, so gehen das weisse und das bunte Licht ungehindert hindurch, während der Schwarzanteil sich durch eine entsprechende Verdunklung kundgibt. Wenn wir somit die Intensität des durchgehenden Lichtes von 100 abziehen, erhalten wir den Schwarzanteil.

Betrachten wir die Folie durch ein Filter von der Gegenfarbe, so erzeugt nicht nur Schwarz, sondern auch Bunt eine Verdunklung; die Intensität des durchgehenden Lichtes entspricht dann dem Weiss.

Durch Subtraktion des Schwarz- und des Weissgehaltes erhalten wir den Buntanteil.

Der prozentuale Anteil von Schwarz (s), Weiss (w) und Bunt (v) ist also:

$$s = 100 - h_1,$$

$$w = h_2,$$

$$v = 100 - (s + w), \text{ wobei}$$

h_1 = Intensität des durchgehenden Lichtes bei Verwendung des gleichfarbigen Filters,

h_2 = Intensität des durchgehenden Lichtes bei Verwendung des gegenfarbigen Filters.

Falls ein der Farbe des Buntanteils und seiner Gegenfarbe entsprechendes Farbfilter nicht vorhanden ist, benützt man je zwei benachbarte Filter und interpoliert.

Für den 1., 3. und 5. Farbton des 48stufigen Farbtonkreises benötigten wir eigentlich Filter der Farben 1, 3, 5 und 25, 27, 29. Wir haben die Farben unserer Filter bei geeigneter Abblendung mit den Farbtönen des

⁶⁾ Siehe Farbkunde.

Ostwald'schen Farbtonkreises verglichen und für die in Betracht fallenden Filter folgende Beziehungen gefunden:

Mittlere Wellenlänge des Filters $m\mu$	530	570	610	430	470	500
Nr. im 48stufigen Farbtonkreis . .	42	2	12	22	25	37

Man bestimmte von den Helligkeitsstufen 20 und 10 der Farbtöne 1, 3, 5 und 6 den prozentualen Anteil der einzelnen Komponenten und fand:

	Stufe 10			Stufe 20		
	Weiss	Schwarz	Bunt	Weiss	Schwarz	Bunt
	%	%	%	%	%	%
Farbton 1, Auramin O . . .	20,0	41,4 (3,6)	38,6	23,4	15,8 (0)	60,8
Farbton 3, Patentphosphin G	20,3	21,1 (4,9)	58,6	5,6	18,8 (2,4)	75,6
Farbton 5, Brillantphosphin G	22,2	18,0 (1,6)	59,8	5,3	16,3 (0)	78,2
Farbton 6, Brillantphosphin G + Bismarckbraun }	31,3	19,5 (3,1)	49,2	7,4	24,5 (8,1)	69,1

Der Schwarzgehalt erscheint überall etwas hoch; er wurde aber bereits bei ungefärbtem Cellophan bei den verschiedenen Farbfiltern zu 15,5—19,0, durchschnittlich zu 16,4% gefunden. Der Schwarzgehalt des Farbstoffs selbst vermindert sich somit um diesen Betrag und macht nur noch den kleinen eingeklammerten Wert aus. Unter Berücksichtigung der Fehlergrenze liegt er wohl nur noch beim 6. Farbton wesentlich über Null.

Nun sind wir aber genötigt, unsere Cellophanstreifen zwischen Glasplatten zu legen, und dadurch kommt ausser dem Schwarzgehalt des Cellophans noch der des Glases hinzu. Wir haben bei 2 solchen Glasplatten bei Wellenlänge $m\mu$ 470 zusammen eine Verdunklung entsprechend einem Schwarzgehalt von 24,6% gefunden. Unsere Honige vergleichen wir in Jenaer Bechergläschen von 25 cm³ Inhalt. Der Boden eines solchen ergab eine Verdunklung entsprechend 18,5% Schwarz. Obschon aber die beiden Glasplatten samt dem Cellophanstreifen mehr Licht absorbieren als der Boden des Bechergläschens, sehen wir doch davon ab, diesen Mehrbetrag nun etwa jedesmal als Schwarzgehalt des Honigs zu buchen. Er macht nämlich ungefähr gleichviel aus wie der Schwarzgehalt eines gewöhnlichen Honigs in 1 cm dicker Schicht, und das ist offenbar auch der Grund, dass wir, wie oben erwähnt, in der Regel ohne unsere Grauleiter auskommen, obschon die Honige ja, wie wir gesehen haben, einen nicht unbeträchtlichen Trübungsgrad aufweisen. Bei unsern Bestimmungen wird also bei den Farbtonreihen 1—5 nur der Schwarzanteil angegeben, welcher über den Schwarzgehalt von Cellophan + Glasplatten abzüglich Schwarzgehalt des Bodens des Bechergläschens hinausgeht, und das ist nur in seltenen Fällen ein messbarer Betrag. Bei der Farbtonreihe 6 enthalten unsere Farbtonnormen, wie wir gesehen haben, bereits einen beträchtlichen Graugehalt, sodass die höchsten Stufen (20—32) eigentlich mehr braun als gelborange aussehen. Sie entsprechen damit recht gut den Färbungen der betreffenden Honige, was ein praktischer Vorteil ist. Der theoretische Nachteil besteht aber

darin, dass unsere Zahlen einen niedrigeren Schwarzgehalt angeben als in Wirklichkeit vorhanden ist. Es mag spätern Forschungen vorbehalten bleiben, diesen Fehler, sei es durch Verwendung eines geeigneteren Farbstoffs, sei es durch entsprechende Umrechnung, auszugleichen.

Unsere Farbnormen haben wir folgendermassen angeordnet. Wir legen zwischen zwei Glasplatten von 5×18 cm, die wir uns aus photographischen Platten 13×18 geschnitten haben, der einen Längsseite nach die 6 Filme der Farbtöne 1 bis 6 in der schwächsten Farbstärke, also Stärke 2, auf der andern Seite die entsprechenden Filme der Stärke 4, alles in der Grösse von $2,5 \times 2,5$ cm. Zwischen zwei weitere Glasplatten kommen die Filme der Stärken 6 und 8 usw. Stellen wir die Platten alle untereinander, so bilden sie ein Rechteck mit stetiger Aenderung des Farbtons von links nach rechts, Gelb nach Orange, und der Farbstärke von oben nach unten (Vollfarbe nach Weiss). Die Farbnormen 6—22 bis 6—32 kommen für sich zwischen zwei Glasplatten.

Die Farbbestimmung des Honigs geschieht nun folgendermassen. Wir schmelzen etwas Honig in einem 25-cm³-Bechergläschen bei 70°. Nach 1 bis 2 Stunden ist er klar geworden, an der Oberfläche hat sich aber etwas Schaum gebildet. Man hebt diesen mit einem breiten Spatel ab und stellt die Schichthöhe auf 1 cm ein. Zum Vergleichen der Farbe hat man sich ein geeignetes Kästchen hergestellt. In 10 cm Höhe befindet sich ein Tisch mit zwei 17 mm weiten, runden, 5 mm voneinander abstehenden Oeffnungen. Unter dem Tisch ist eine schräge, mit weissem Papier überzogene Ebene als Reflektor angebracht. Ungefähr 15 cm über dem Tisch befindet sich eine mit einem 1 cm weiten Guckloch versehene Fläche. Das Guckloch befindet sich genau in der Mitte über den beiden untern Oeffnungen des Tischchens. Ueber die eine Oeffnung stellt man das Becherglas mit dem Honig, über die andere legt man den passend scheinenden Streifen mit den Farbnormen und verschiebt ihn, bis man Uebereinstimmung im Ton und in der Intensität erreicht hat. Wenn nötig, legt man noch die eine oder andere Stufe der Grauleiter über die entsprechende Farbnorm.

Die Betrachtung geschieht am besten beim Licht einer Tageslichtlampe.

Es lässt sich auch leicht eine Anordnung mit Kalkspatprismen treffen, bei welcher man die beiden Farbbilder unmittelbar nebeneinander sieht. Man schraubt die Optik eines Duboscq'schen Kolorimeters oder eines andern entsprechenden Apparates ab und bringt sie über dem Kasten an, indem man dafür sorgt, dass die Oeffnungen des Tischchens genau in der Richtung des Strahlenganges unter den Kalkspatprismen liegen.

Um einen Begriff zu geben, welchen Normen die Honige meistens etwa entsprechen, seien eine Anzahl unserer Zahlen beliebig herausgegriffen. Die ersten 32 Proben sind Honige aus dem Kanton Bern der Ernte 1937, weitere

8 solche aus dem Kanton Thurgau der Ernte 1938, die letzten 7 sind Fütterungshonige, welche ich Herrn Dr. *Morgenthaler*, Chef der Bienenabteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Liebefeld, verdanke.

Tab. 12.

Farbton und Farbtiefe von Honigen und Fütterungshonigen.

Kt. Bern 1937				Kt. Thurgau 1938	Fütterungshonige	
3,5-16	3,5-16	4,5-16	4,5-18	6-24-2	4-14	
3-18	4,5-16	3,5-18	3,5-16	6-31-6	4,2-20	5,5-17
3-20	3,5-8	3,4-20	4-14	3-20	4,2-16	4-9
3,5-20	4-13	4,5-14	3,5-20	6-23-8	4,5-9	4-6
3,5-20	4,5-16	4,2-20	6-22	6-26-3		
3,5-12	3-15	6-19	4-15	6-26-3		
4-14	4-18	3,7-20	5-19	6-24-3		
5,5-16	4,5-20	4,5-18	4-16	6-27-4		

Die niedrigste Farbstufe ist bei diesen Honigen 3. Es ist möglich, dass wir die niedrigeren überhaupt nicht brauchen werden, bei Stufe 1 kann dies wohl als sicher angenommen werden. Damit würde sich unsere Skala beträchtlich verkleinern.

Die hier mitgeteilten Zahlen sagen für sich allein nicht viel. Sie werden aber vielleicht an Interesse gewinnen, wenn das ganze Analysenbild, besonders die Pollenanalyse, vorliegen wird.

Ganz helle Proben sind unter den Statistikhonigen der beiden Kantone nicht enthalten, wohl aber unter den Fütterungshonigen. Besonders der Letzte mit der Intensität 6 ist ausserordentlich hell.

Ein messbarer Graugehalt kommt nur bei einem einzigen dieser Honige vor, und zwar in der Stufe 3.

Zusammenfassung.

Der Trübungsgrad des Honigs wird mit Hilfe des Zeiss-Trübungsmessers gemessen.

Die Trübung hängt sehr von der Konzentration der Lösung ab. Beim Verdünnen nimmt sie relativ zu, aber nicht bei allen Honigen in gleicher Weise. Sie muss daher stets bei derselben Konzentration bestimmt werden. Man wählte die Konzentration von 5 g in 100 cm³.

Die Logarithmen der relativen Trübung als Funktion der Logarithmen der Konzentration aufgetragen, bilden bei stärkerer Verdünnung eine Gerade, die bei einer gewissen Konzentration allmählich umbiegt.

Lösen des Honigs in physiologischer Kochsalzlösung statt in Wasser ändert die Trübung nicht.

Beim Erhitzen von Honiglösungen nimmt die Trübung von Fall zu Fall in verschiedenem Masse zu.

Zuckerfütterungshonige weisen im allgemeinen niedrigere Trübungswerte auf als ächte Honige; ein deutlicher Unterschied ist aber nicht überall vorhanden.

Kunsthonige ergaben, soweit untersucht, sehr kleine Trübungswerte.

Die Farbbestimmung in Honiglösungen mit Hilfe von Pulfrichs Photometer bei verschiedenen Wellenlängen liefert Extinktionswerte, welche, als Kurven aufgetragen, für die einzelnen Honige charakteristisch sind. Am stärksten sind überall die Extinktionen im Violett und Blau. Die Extinktionen rühren jedoch nicht nur von den Farbstoffen, sondern in hohem Masse von den Trübbestandteilen ab.

Werden die Trübbestandteile mit Tannin ausgefällt, so erhält man wasserklare Lösungen, in welchen die durch die wasserlöslichen Farbstoffe bedingte Extinktion bestimmt werden kann. Sie macht nur einen kleinen Bruchteil der gesamten Extinktion der ursprünglichen Lösung aus.

Wird die Tanninfällung in geeigneter Weise mit Alkohol und dann mit Petroläther behandelt, so gewinnt man die Carotinoide des Honigs, welche bei hohen Gehalten mit Hilfe des Pulfrich-Photometers, bei niedrigen Gehalten mit einem Mikrokolorimeter oder durch offene Farbvergleiche in Reagensgläsern unter Vergleichung mit Chromatlösung bestimmt werden können.

Der Gehalt an Carotinoiden schwankt sehr; nicht alle Honige enthalten solche.

Wie chromatographisch und durch die Extinktionskurven festgestellt werden konnte, sind die Carotinoide des Honigs, wenigstens bei den bisher untersuchten Proben, nicht identisch mit Carotin.

Man bestimmte den Farbton und die Farbtiefe der Honige auf Grundlage der Farbenlehre von *Wilhelm Ostwald*.

Die Farbmessung geschieht in dem flüssigen bzw. geschmolzenen Honig in der Durchsicht durch Vergleichen mit Farbnormen, die durch Ausfärbung auf Cellophan hergestellt sind. Von den Farbnormen werden die hellklaren Reihen, wenn nötig in Kombination mit einer auf Gelatine aufgefärbten Grauleiter benützt. Jede Farbe wird eindeutig charakterisiert durch 2 oder 3 Zahlen, von welchen die erste den Farbton (Stelle in *Ostwalds* Farbnormkreis), die zweite die Farbstärke (Stufe der durch die erste Zahl bezeichneten hellklaren Reihe), die dritte, falls sie notwendig ist, die Stufe in der Grauleiter angibt.
