

phogenetische Substanzen“ an der Stielspitze angereichert werden, so daß sie nach Wiederbelichtung auswachsen (DK-Versuch)<sup>8</sup>. Unter diesen und allen übrigen bis jetzt geprüften Bedingungen besteht also eine weitgehende Parallelität im Verhalten der RNS der Stielspitze und der „morphogenetischen Substanzen“. Es ist daher mit der Möglichkeit zu rechnen, daß beide identisch sind und somit auch damit, daß die RNS der Stielspitze Überträger genetischer, aus dem Kern stammender Informationen ist, wie es nach Untersuchungen HÄMMERLINGS und seiner Schule für die „morphogenetischen Substanzen“ gilt<sup>7,9</sup>. Genau so wie die RNS der Stielspitze verhalten sich ebenfalls dort angereicherte spezielle Proteine<sup>12</sup>. Beide Substanzen kommen dort in diffuser Verteilung vor, so daß offen blieb, in welchen Beziehungen sie zueinander und zu den „morphogenetischen Substanzen“ stehen<sup>6</sup>. An den in Abb. 1 e und 2 b dargestellten Partikeln hat sich jedoch zeigen lassen, daß dasselbe Partikel sowohl RNS wie spezielles Protein enthält. Vermutlich stellt dieses also den Proteinanteil von RN-Proteiden dar, so daß

wir in der – natürlich noch weiter zu prüfenden – Frage der Identität mit den „morphogenetischen Substanzen“ vorläufig nur mit Nukleoproteiden zu rechnen brauchen.

Wie wir sahen, wird vermutlich Kern-RNS in das Cytoplasma transferiert. Aus Versuchen von SCHWEIGER und BREMER<sup>10</sup> mit chemischen Bestimmungsmethoden geht aber hervor, daß nicht alle RNS der Zelle aus dem Kern stammt. Unter den Bedingungen des Dk-Versuches (s. o.) erfolgt eine erhebliche RNS-Zunahme in den mit der Wiederbelichtung kernlos gemachten Teilen. Trotzdem ist diese extranukleäre RNS-Synthese kernkontrolliert und zwar durch die Wirkung von noch unbekanntem Substanzen, die in Dunkelheit vom Kern abgegeben und bis zur Wiederbelichtung und Entfernung des Kernes gespeichert werden. In welchen Beziehungen diese Substanzen zu der RNS-Anreicherung in den Wuchszonen stehen, läßt sich z. Zt. noch nicht erkennen. Ebenso bedarf die Frage nach den Beziehungen zwischen der RNS der Kernumgebung und der der Wuchszonen näherer Aufklärung.

<sup>8</sup> J. u. CH. HÄMMERLING, *Planta* **52**, 516 [1959]; *Planta* **53**, 522 [1959].

<sup>9</sup> J. HÄMMERLING, ROUX' Arch. Entwicklungsmech. Organismen **132**, 424 [1934]; *Z. Vererbungslehre* **81**, 114 [1943]; *Z. Naturforsch.* **1**, 337 [1946]; K. BETH, *Z. Vererbungslehre* **81**, 271 [1943]; G. WERZ, *Planta* **46**, 113 [1955].

<sup>10</sup> H. G. SCHWEIGER u. H. J. BREMER, *Exp. Cell Res.* **20**, 617 [1960].

<sup>11</sup> G. RICHTER, *Naturwissenschaften* **44**, 520 [1957]; *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **34**, 407 [1959].

<sup>12</sup> G. WERZ, *Planta* **53**, 502 [1959].

## Untersuchungen über den gelben Farbstoff in den Haaren der Hummel *Bombus terrestris* L.

Von GÜNTHER STEIN

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Bonn (Direktor: Prof. Dr. R. DANNEEL)

(*Z. Naturforsch.* **16 b**, 129–134 [1961]; eingegangen am 27. September 1960)

Der kennzeichnende Farbstoff in den gelben Haaren am Thorax und Abdomen der Erdhummel *Bombus terrestris* L. gehört seinem chemischen Verhalten nach zu den Flavonoiden und stammt allem Anschein nach aus dem Pollen, von dem sich die Hummellarven ernähren.

Die roten, braunen und schwarzen Pigmente der Hummelhaare gehören zu den Melaninen und liegen in den chitinösen Wandungen der hohlen Haare. Ganz anders verhält sich der gelbe Farbstoff, der zum Beispiel die gelbe Binde auf dem Thorax und dem Abdomen der Erdhummel *Bombus terrestris* L. bildet und von dem hier ausführlicher die Rede sein soll. Vorweg sei aber daran erinnert, daß alle Hummeln beim Schlüpfen grauweiß sind, daß sich die artspezifischen Farbmuster also erst in den darauffolgenden 3–4 Tagen ausbilden. Da die Tiere wäh-

rend dieser ersten Lebensperiode nicht ausfliegen, erfolgt die Ausfärbung im Nest, d. h. im Dunkeln.

### Material und Methoden

Die von mir verwendeten Hummeln stammten größtenteils aus der Hummelvoliere des Instituts, wo ich auch Puppen und Jungtiere verschiedenen Alters zur Verfügung hatte.

Den mit Äther abgetöteten Tieren entnahm ich Haarbüschel aus den verschiedenen Körperregionen. Die Proben wurden dann entweder mikroskopisch untersucht

oder in größerer Menge zur chemischen Aufarbeitung extrahiert. Dazu wurden die Haare zerschnitten oder mit Quarzsand zerrieben, in dest. Wasser oder Methanol heiß eluiert, filtriert und nach mehrmaligem Auswaschen des Rückstandes bei 30–40° im Thermostaten eingengt. Die Extrakte wurden dann auf Papier SS 2045 b aufsteigend mit verschiedenen Fließmitteln chromatographiert. Dabei ergaben sich charakteristische fluoreszierende Flecke, die nach Elution mit dem Zeissgerät PMQ II photometriert wurden.

### 1. Die Haartypen und ihre Verteilung

Die Chitincuticula der Hummeln ist bei allen Arten, und zwar schon bei den frisch geschlüpften Imagines durch Melanine braunschwarz gefärbt, hat also an der Bildung der später entstehenden Farbmuster keinen Anteil. Diese beruhen vielmehr auf der Färbung der Haare, die ebenso wie die Schuppen der Schmetterlinge einzellige Bildungen der Epidermis sind.

Das einzelne Haar besteht aus der chitinösen Haarwand und dem Haarkanal. An der Basis sind die Haare zwiebelartig erweitert und so in Vertiefungen der Cuticula eingelassen, daß eine Art Kugelgelenk entsteht. Die Haare können daher beim Putzakt oder bei anderer Beanspruchung nach allen Richtungen hin bewegt werden. Abb. 1 zeigt die Verankerung eines solchen Haares in der Cuticula.

Zur Haarspitze hin findet man in der Regel Sei-

tenverzweigungen, die zunächst nur einseitig auftreten, weiter oben aber wechselständig werden. Diese Seitenäste sind bei „Grannenhaaren“ kurz und dicht zusammenstehend, bei „Fiederhaaren“ länger und lichter. Am Thorax findet man beide Haartypen nebeneinander, am Abdomen überwiegen gewöhnlich die Grannenhaare. Abb. 2 zeigt als Beispiele ein schwarzes Grannenhaar und zwei Fiederhaare von *B. terrestris* L., an denen man die verschiedenartige Ausbildung der Seitenverzweigungen deutlich erkennen kann.

Die beiden Haartypen unterscheiden sich auch in ihrer Länge. Wie zahlreiche Messungen ergaben, betragen die Durchschnittswerte für Grannenhaare 2–3 mm, für Fiederhaare 1–2 mm. Diese Werte stimmen mit den Ergebnissen von OFFENBERG<sup>1</sup> überein, der die Gesamtanzahl der Haare auf 30 000 bis 50 000 pro Individuum schätzte.

Neben Grannen- und Fiederhaaren gibt es bei Hummeln auch noch kürzere Gebilde, die als Borsten oder Dornen die Cuticula überziehen und gewöhnlich als unechte Haare bezeichnet werden (WEBER<sup>2</sup>). Sie interessieren in diesem Zusammenhang jedoch nicht.

### 2. Bau und Entwicklung der Haare

Bei stärkerer Vergrößerung von Fieder- und Grannenhaaren sieht man deutlich, daß die chitinöse

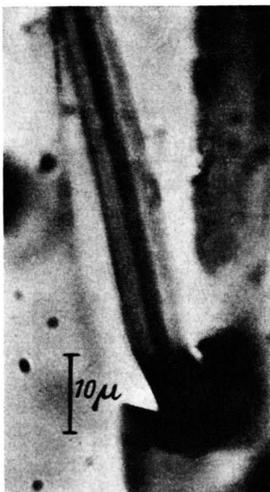


Abb. 1. Verankerung eines Haares von *B. terrestris* L. in der Cuticula. Schnittpräparat.



Abb. 2. Zwei Fiederhaare und ein Grannenhaar (links) von *B. terrestris* L. Totalpräparat.

<sup>1</sup> F. OFFENBERG, Zool. Beiträge, N. F. 4, 23 [1958].

<sup>2</sup> H. WEBER, Grundriß der Insektenkunde, Fischer Verlag, Jena 1954.

Haarwand einen Haarkanal von 2–3  $\mu$  Durchmesser umschließt, der im Querschnitt kreisrund erscheint (Abb. 3). Der Kanal läßt sich bis zur Basis des Haares hin verfolgen und birgt im Innern eine salbenartige Masse (BABY<sup>3</sup>, SCHMIDT<sup>4</sup>, GERCKEN<sup>5</sup>, OFFENBERG<sup>1</sup>). Bei verzweigten Haaren führen Ausläufer des Kanals in die Seitenäste hinein, so besonders bei den Fiederhaaren.

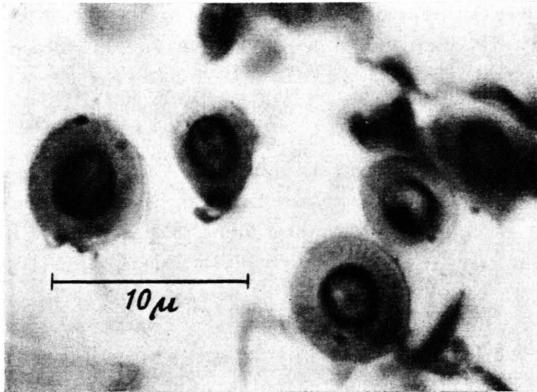


Abb. 3. Querschnitte durch gelbe Haare von *B. terrestris* L.

Bei jungen, frisch geschlüpften Tieren ist der Haarkanal stets von einer homogenen Masse ausgefüllt. Beschädigt man solche Haare und bringt sie dann in Wasser, so entleert sich der größte Teil der relativ dünnflüssigen Substanz nach außen.

In Schnitten durch Hummelpuppen (*B. terrestris* L., Alter 9 Tage) kann man schon die Grannen- und Fiederhaare unterscheiden. Das Chitin der Haarwand ist aber, ebenso wie die Cuticula des Tieres zu dieser Zeit noch hell und durchsichtig. Der Haarkanal läßt sich bis zur Basis hin verfolgen und enthält eine homogene Füllmasse ohne irgendwelche gefärbten Einschlüsse.

Bei 12 Tage alten Puppen setzt dann die Dunkelfärbung des Chitins ein. Bei den Haaren beschränkt sich dieser Prozeß zunächst nur auf die Basis, doch sieht man jetzt bereits farblose körnige Einschlüsse im Haarkanal.

Kurz vor dem Schlüpfen der Tiere erscheint schließlich das erste gelbe Pigment in den Haarkanälen. Zu dieser Zeit ist die Dunkelfärbung der Haarwand schon ziemlich fortgeschritten.

### 3. Natur und Herkunft des gelben Pigments

Die Pigmente der Hummelhaare sind verschiedener Art. Während nämlich die roten, schwarzen und braunen Töne bei *Bombus lapidarius* L., *B. hypnorum* L. und *B. terrestris* L. durch die Färbung der Haarwand bedingt sind und, wie gesagt, auf einer Melanisierung des Chitins beruhen, kommt die Gelbfärbung der Haare bei *B. terrestris* L. durch dichte körnige Pigmenteinlagerungen im Haarkanal zustande. Bei den weißen oder weißgrauen Haaren findet man in keiner der beiden Zonen Pigment.

Das gelbe Pigment des Haarkanals liegt vor allem an der inneren Haarwand (Abb. 4) und erstreckt sich auch in die Seitenäste der Haare. Bei starkem Pressen treten die Farbkörnchen zusammen mit der salbenartigen Masse aus und lagern sich gewöhnlich zu größeren Konglomeraten zusammen (Abb. 5).

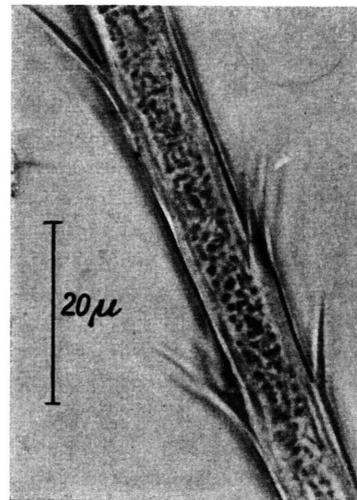


Abb. 4. Gelbes Grannenhaar mit Pigmenteinschlüssen im Haarkanal. Totalpräparat.

BABY<sup>3</sup> rechnete diese im Haarkanal auftretenden hellen Farbstoffe zu den Melaninen und hielt sie für Reste einer unvollständigen Melaninbildung, weil er durch Einwirkung von Tyrosinase (aus Kartoffelsaft) bei hellen Haaren eine Dunkelfärbung erzielen konnte. Die Untersuchungen von BECKER<sup>6</sup> haben andererseits ergeben, daß die gelben Farbstoffe in der Cuticula von Wespen und anderen Hymenopte-

<sup>3</sup> P. P. BABY, Z. wiss. Zool. 125, 502 [1925].

<sup>4</sup> W. J. SCHMIDT, Zool. Anz. 128, 270 [1939].

<sup>5</sup> K. GERCKEN, Biol. Zbl. 64, 145 [1944].

<sup>6</sup> E. BECKER, Z. Morph. Ökol. Tiere 32, 672 [1937]; Z. vergl. Physiol. 24, 305 [1937].

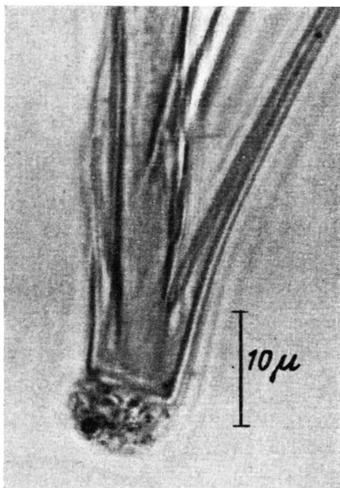


Abb. 5. Ausgetretenes Pigment aus einem gelben Fiederhaar. Totalpräparat.

ren zu den Pterinen gehören. Für das gelbe Pigment in den Haaren von *B. terrestris* L. trifft aber beides nicht zu.

#### a) Die Löslichkeit des gelben Pigments

Das gelbe Pigment der Hummeln ist unlöslich in abs. Alkohol, Aceton, Äther, Chloroform und konzentrierten Säuren bzw. Laugen, löst sich dagegen in kaltem oder heißem Wasser, in Methanol sowie in verdünnten Säuren und Laugen. Die Gelbfärbung der wäßrigen Lösung wird durch Zusatz von Alkalien, besonders durch  $\text{NH}_4\text{OH}$  verstärkt, verschwindet aber im sauren Milieu. Da dieser Vorgang reversibel ist, verhält sich der Farbstoff wie ein Indikator. Beim Eindampfen der Lösung entsteht ein gelber amorpher Rückstand, der nach Lösen in 20-proz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  unter der UV-Lampe blauweiß fluoresziert.

Interessant ist an diesen Befunden die leichte Löslichkeit des gelben Hummelpigments in Wasser, da die Hummeln im Laufe ihres Lebens häufig mit Regen oder Tau in Berührung kommen, wobei ein Teil des Farbstoffs auch wirklich ausgewaschen wird. Im Spätsommer findet man daher sehr oft mehr oder weniger stark aufgehellte Exemplare von *B. terrestris* L.

#### b) Papierchromatographische Isolierung

Zur weiteren Untersuchung des gelben Farbstoffs wurden eingeeengte wäßrige oder methanolische Extrakte auf dem Papier SS 2045 b aufsteigend entwickelt. Als beste Fließmittel erwiesen sich die Mischungen Eisessig-Wasser (15 : 85) und Essigester-Ameisensäure-Wasser (10 : 2 : 3). Nach einer Laufzeit von 10

bis 12 Stdn. wurden die Streifen bei Zimmertemperatur getrocknet und dann bei Tageslicht und unter der UV-Lampe ausgewertet.

Bei Tageslicht fällt zunächst ein gelb gefärbter Fleck auf (Fleck 1), dessen Intensität durch Behandeln mit Ammoniakdampf erheblich verstärkt wird, der in HCl-Atmosphäre verschwindet, durch Alkalisierung mit  $\text{NH}_4\text{OH}$  aber erneut hervorgerufen werden kann. Dieser Fleck verhält sich also wie das native gelbe Pigment. Seine Fluoreszenz im UV-Licht ist blauweiß und sehr intensiv. Die Substanz hat einen  $R_f$ -Wert von 0,7 – 0,75 für Eisessig-Wasser und von 0,55 für Essigester-Ameisensäure-Wasser.

Außerdem erschienen auf dem Chromatogramm noch 2 weitere Flecke, die im Tageslicht nicht sichtbar sind, wohl aber unter der UV-Lampe. Fleck 2 fluoresziert grün bei  $R_f = 0,7$  bzw. 0,65, Fleck 3 schwach violett bei  $R_f = 0,9$  bzw. 0,75. Die folgenden Untersuchungen beziehen sich aber nur auf die Flecke 1 und 2, weil die Konzentration des Fleckes 3 für eine genauere Analyse zu gering war.

#### c) Chemische Reaktionen und Absorptionsspektrum des gelben Pigments

Die beiden Substanzen Fleck 1 und Fleck 2 sind so lichtbeständig, daß auch stärkste Sonnenbestrahlung keine Veränderung hervorruft. Beide Stoffe sind ferner in Wasser, Methanol, wäßrigen Säuren und Laugen löslich, nicht dagegen in Äther, abs. Alkohol und Chloroform.

Zur weiteren Charakterisierung der beiden Substanzen habe ich zunächst die Absorptionsspektren aufgenommen. Die Ergebnisse der Messungen sind auf den Abb. 6 und 7 wiedergegeben: Das blaßgelbe Eluat von Fleck 1 weist in alkalischer Lösung ( $n/10\text{-NaOH}$ ) 3 Maxima auf, die bei 265 – 270  $m\mu$ , 325 – 330  $m\mu$  und 425 – 430  $m\mu$  liegen. Das ebenfalls alkalische Eluat von Fleck 2 lieferte dagegen nur ein Maximum bei 255 – 260  $m\mu$ .

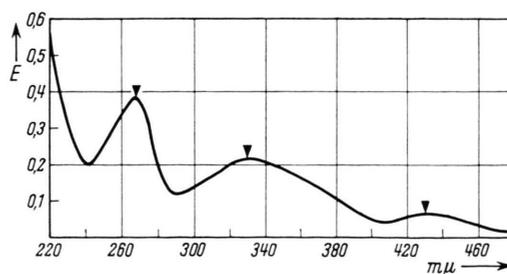


Abb. 6. Absorptionsspektrum von Fleck 1 in  $n/10\text{-NaOH}$ .

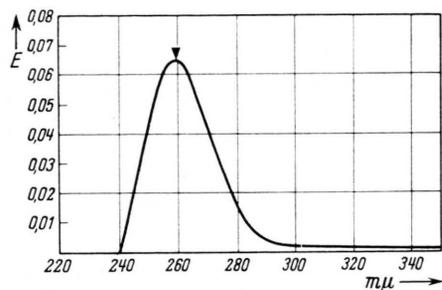


Abb. 7. Absorptionsspektrum von Fleck 2 in  $n/10$ -NaOH.

Beim Ansprühen der Chromatogramme mit verschiedenen Reagenzien resultierten die aus Tab. 1 ersichtlichen Farbveränderungen.

Reagenzien	Fleck 1		Fleck 2	
	Tageslicht	UV-Licht	Tageslicht	UV-Licht
unbehandelt	gelb	blauweiß	—	grün
NH <sub>3</sub> -Dampf	intensiv gelb	blauweiß	—	grün
ammoniak.	schwarzbraun	schwarzbraun	—	—
AgNO <sub>3</sub>	gelb, verstärkt	blauweiß, verstärkt	—	grün, verstärkt
AlCl <sub>3</sub>	gelb	braun	—	—
BENEDIKTS Reagenz (Cu-Komplex)	gelb	braun	—	—
Borax 5-proz.	gelb	hellgrün	—	gelbgrün
FeCl <sub>3</sub> 2-proz.	braun, schwach	—	—	—
Mg-Acetat 1-proz.	gelb	gelb	—	blau
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1-proz.	orange	blaugrün	—	grün
Pb-Acetat (bas.) 1-proz.	gelbbraun	orange	—	grün

Tab. 1. Farbreaktionen des gelben Hummelpigments.

Wie die Zusammenstellung zeigt, reagiert Fleck 1 vor allem mit Metallsalzen unter Farbänderung, verhält sich also wie ein Flavonoid. Ninhydrin, Ehrlichs Reagenz und diazotierte Sulfanilsäure gaben keine Anfärbung. Die vergleichsweise untersuchten Pterine (Xanthopterin, Isoxanthopterin, Isoxanthopterincarbonsäure, Pteridin-6-carbonsäure) zeigten keine Ähnlichkeit mit dem gelben Pigment der Hummelhaare. Dasselbe gilt für ammoniakalische Auszüge von gelbem Wespenthin.

d) Herkunft des gelben Pigments

Da Flavonoide in freier Form oder als Glykoside in Pflanzen enthalten sind und auch in Schmetterlingsraupen gefunden wurden, liegt die Frage nahe, ob das gelbe Hummelpigment aus der Nahrung dieser Tiere stammen könnte, zumal ja die Hummelarven während ihrer Entwicklung große Mengen von Pollen aufnehmen, der sehr flavonoidhaltig ist.

Ich habe daher zum Vergleich verschiedene Pollenextrakte (Hasel, Krokus, Salix, Prunus, Tulpen und Sonnenblumen) papierchromatographisch untersucht, ferner eingetragene Pollen aus Hummelnestern und gelbe Blütenblätter von Sonnenblumen,

Pollenart	R <sub>f</sub> -Wert	Tageslicht	UV-Licht
Hasel	0,25	—	blau
	0,45	gelb	braun
	0,7	gelb	blauweiß
Krokus	0,5	—	blau
	0,6	gelb	braun
	0,7	gelb	blauweiß
Salix	0,02	—	blau
	0,07	—	braungelb
	0,15	gelb	braun
	0,3	gelb	braun
	0,4	gelb	blau
	0,7	gelb	braun
Prunus	0,75	gelb	blauweiß
	0,4	—	blau
	0,6	—	blau
Sonnenblumen	0,7	gelb	blauweiß
	0,15	—	blau
	0,3	gelb	braun
Pollengemisch aus Hummelnestern	0,35	—	blau
	0,45	gelb	blau
	0,65—0,7	gelb	blauweiß
Gelbe Hummelhaare	0,02	gelb	gelbbraun
	0,45	gelb	braun
	0,65—0,75	gelb	blauweiß
	0,05	gelb	gelb
	0,07	gelb	gelb
	0,1	—	blau
Sonnenblumenblüten	0,2	—	blau
	0,35	gelb	blau
	0,5	—	blau
	0,65—0,75	gelb	blauweiß
	0,65	—	grün
Gelbe Hummelhaare	0,7—0,75	gelb	blauweiß
	0,9	—	violett

Tab. 2. R<sub>f</sub>-Werte, Färbung und Fluoreszenz verschiedener Flavonoide aus Pollen. Lösungsmittel: Eisessig/Wasser (15 : 85).

die besonders viele Flavonoide enthalten. Die wäßrigen oder methanolischen Extrakte wurden wieder auf SS 2045 b in Eisessig-Wasser (15 : 85) aufsteigend entwickelt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen geht aus der Tab. 2 hervor.

Auf die verschiedenen Inhaltsstoffe der Pollen kann ich hier nicht eingehen, doch zeigt die Übersicht, daß sämtliche Pollenextrakte die gelbe, blauweiß-fluoreszierende Substanz (Fleck 1) enthielten, deren  $R_f$ -Wert durchweg bei 0,7 lag. Durch Ammoniakdämpfe wurde die Gelbfärbung in allen Fällen verstärkt, durch Säurebehandlung gelöscht. Auch die Reaktionen gegenüber Metallsalzen (Aluminiumchlorid, Benedikts Reagenz) waren überall dieselben wie bei dem gelben Farbstoff der Hummelhaare.

Zwischen dem gelben Hummelpigment und den Inhaltsstoffen der Pollen besteht also eine weitgehende Übereinstimmung, doch liegt keine völlige Identität vor, da das Absorptionsspektrum der aus dem Pollen stammenden Flavonoide im Gegensatz zu dem Hummelfarbstoff nach Elution nur ein einziges Maximum bei 275–280  $m\mu$  aufwies, wie Abb. 8 zeigt.

Aus diesen Befunden geht m. E. mit großer Sicherheit hervor, daß der gelbe Farbstoff der Hummelhaare zu den Flavonoiden gehört und aus der Nahrung der Hummeln stammt. Ob die Substanz vor ihrer Ablagerung in den Haaren eine Veränderung erleidet, muß noch geprüft werden, da die Abweichungen im Absorptionsspektrum auch auf beigemengten Verunreinigungen beruhen können.

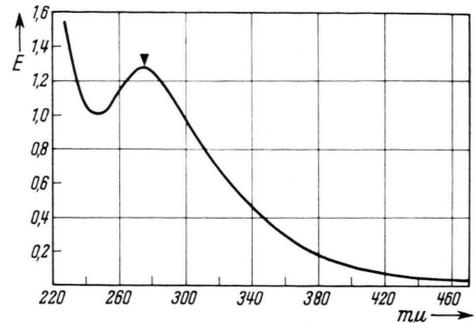


Abb. 8. Absorptionsspektrum von Pollenflavonoiden in  $n/10$ -NaOH.

Die in den gelben Hummelhaaren nachgewiesene grün-fluoreszierende Substanz (Fleck 2) kommt im Pollen nicht vor. Ich habe sie daher vorläufig nicht weiter untersucht.

#### Schl u ß b e m e r k u n g

Der Farbstoff der gelben Haare am Thorax und in der Hinterleibsbinde von *Bombus terrestris* L. gehört seinem chemischen Verhalten nach zu den Flavonoiden und stammt offensichtlich aus dem Futter der Hummeln, und zwar aus den Blütenpollen.

Damit ergibt sich natürlich die weitere Frage, wie der gelbe Farbstoff aus dem Darm in die Epidermis und in das Innere der Borsten gelangt, warum dies nur in einer begrenzten Zone (gelber Hinterleibsring) geschieht und welche Rolle das Genom dabei spielt, da ja andere Hummelarten an derselben Körperstelle andersfarbige oder weiße Haare besitzen.

## Der Feinbau der Suberinschichten verkorkter Zellwände

Von HEINZ FALK und M. NABIL EL-HADIDI \*

Aus dem Botanischen Institut der Universität Heidelberg  
(Z. Naturforsch. 16 b, 134–137 [1961]; eingegangen am 29. August 1960)

The suberinic layers of suberous or metacutinized cells of *Acacia seyal*, *Solanum tuberosum* and *Vanilla planifolia* are shown by electron microscopy to consist of fine lamellae. This finding is discussed in relation to S i t t e 's theory of the ultrastructure of such cell walls.

Bei der Verkorkung pflanzlicher Zellwände wird der schon bestehenden, zellulosehaltigen Primärwand eine Suberinschicht aufgelagert, nach deren Ausbildung in den meisten Fällen noch die einer zellulosehaltigen Tertiärwand folgt. Die verkorkte Zell-

wand erscheint daher auf Querschnitten, wie längst bekannt, in charakteristischer Weise geschichtet. Das besondere Interesse der Untersucher hatte schon früh dem Feinbau der Sekundärwand als der für die speziellen Eigenschaften maßgeblichen gegolten,

\* Ständige Adresse: Bot. Inst., Faculty of Science, Assiut University, Egypt.