

Über die Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen; ein Beitrag zur Kenntnis des Geruchssinnes der Insekten.

Von Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Das Problem der Monophagie bzw. Polyphagie ist ein sehr ausgedehntes, da es sowohl nach der mehr praktischen wie nach der theoretischen Seite hin eine Fülle von Fragen enthält. Auf einige, soweit ich mich in letzter Zeit mit ihnen experimentell beschäftigt habe, soll hier eingegangen werden. Die Ergebnisse meiner Versuche will ich mitteilen und daran anschließend meine Stellung zu dem Problem darlegen, so weit es der verfügbare Raum gestattet.

1. *Vorbemerkungen.* Ich halte es für erforderlich festzulegen, in welchem Sinne die Begriffe Monophagie bzw. Polyphagie hier gebraucht werden, zumal in der Parasitologie diese Bezeichnungen mannigfache Verwendung finden. An der Festlegung der Begriffe ist Praxis wie Theorie gleich stark interessiert, und viel vergebliche Arbeit wäre erspart geblieben, hätte man bei allen solchen weitausgreifenden Problemen vor der Diskussion die Begriffe eindeutig umgrenzt. Sollen Irrtümer und Mißverständnisse vermieden werden, so sind bei so dehnbaren Begriffen stets umgrenzende Zusätze notwendig. Ich verwende obige Ausdrücke nur unter Bezugnahme auf die Ernährungsweise der Larven der Schmarotzerwespen und verstehe unter einer monophagen Schlupfwespe eine Form, deren Brut nur in oder an einer einzigen Wirtsart gedeihen kann. Steht dem mütterlichen Tier der für die Larven einzig mögliche Wirt nicht zur Verfügung, so ist eine Aufzucht der Brut ausgeschlossen. Bei polyphagen Schmarotzerwespen kann die Brut in oder an zwei, drei, vier und noch mehr verschiedenen Wirtsarten gedeihen. Die Ernährungsmöglichkeit der Brut bestimmt darnach die Verwendbarkeit der Begriffe, „poly- oder monophag“, um die Lebensweise einer Schlupfwespenart zu charakterisieren. Wie aus folgenden Beispielen hervorgeht, ist es unbedingt notwendig, obige Begriffe nur mit Rücksicht auf die Ernährungsweise der Schmarotzerwespenlarven zu verwenden. Denn bei einer ganzen Reihe von Schlupfwespen nehmen die Männchen wie die Weibchen gar keine Nahrung, höchstens Wasser zu sich. Bei noch anderen Arten fressen die Männchen gar nichts, die Weibchen aber verschiedenartige Kost, pflanzlichen wie tierischen Ursprungs. Schließlich gibt es Formen, bei welchen die Männchen und Weibchen im Freileben alles mögliche fressen; unter gewissen Bedingungen aber ernähren sie sich ausschließlich von einer einzigen Substanz.

Letzteres ist beispielsweise der Fall bei *Hab. juglandis* Ashmead. (Fam. Braconidae). Im Freien sind die Weibchen dieser Form Allesfresser. Wir müßten sie daher als polyphag bezeichnen. Im Experiment dagegen kann man sie ganz ausschließlich an Raupen der Mehlmotte, dies wäre streng monophag, ernähren. Demnach wären die Weibchen dieser Art bald polyphag, bald monophag. In allen diesen Fällen ist, wie leicht ersichtlich, die Verwendung der Begriffe monophag und polyphag schlechthin ungenau. Man sieht, daß sich Irrtümer ergeben, wenn einschränkende Zusätze, in welchem Sinne die Begriffe verwendet werden, unterbleiben. Ich wiederhole deshalb, daß ich obige Bezeichnungen nur im Hinblick auf die Ernährungsmöglichkeiten der Brut der Schmarotzerwespen anwende. Nach diesen Darlegungen sind Irrtümer ausgeschlossen darüber, von welchen Eigentümlichkeiten der Schmarotzerwespen hier die Rede ist.

2. *Über die praktische Bedeutung des Problems der Mono- und Polyphagie der Schlupfwespen.*

Auf diese Frage soll hier nur kurz eingegangen werden; an anderer Stelle ist und wird darüber ausführlich berichtet. (Vgl. Hase, Arb. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtschaft Bd. 11, 1922, u. Bd. 12, 1923.) — Vom wirtschaftlichen Standpunkte aus ist eine große Zahl von Vertretern der Schlupfwespenfamilien: Braconidae, Chalcididae, Euanthidae, Ichneumonidae und Proctotrupidae von äußerster Wichtigkeit, da es sich um Parasiten unserer heimischen Großschädlinge handelt. Schon aus diesem Grunde ist es notwendig, sich mit diesen Formen zu beschäftigen, um genauesten Einblick in ihre wechselvolle Lebensgeschichte zu erlangen. Die Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten (mit ihr erzielte man besonders in Amerika bereits schöne Erfolge — vgl. diese Zeitschrift Jahrg. 11, S. 691 —) ist aufs engste verknüpft mit dem Studium der Lebensgewohnheiten dieser Formen. Denn praktische Bekämpfungsmaßnahmen in angedeuteter Richtung können nicht eher in Angriff genommen werden, bevor nicht eine Fülle von Teilfragen betreffend die Ökologie und Physiologie dieser teilweise hochspezialisierten Arten eine experimentelle gesicherte Antwort erhielt. Überprüfen wir aber unsere Kenntnisse der heimischen Schlupfwespen nach dieser Richtung hin, so kommen wir leider zu dem Schluß, daß die in Be-

tracht kommenden einheimischen Vertreter systematisch wohl genügend bekannt sind, daß aber hinsichtlich ihrer Biologie noch große Lücken klaffen. Weiß man doch von Hunderten von Arten eigentlich weiter nichts, als daß sie während ihres Larvenlebens auf diesem oder in jenem Kerbtier schmarotzen. Andere Staaten sind uns darin voraus, namentlich Amerika, Südafrika, Australien, Italien und Holland. Dort hat man in eigenen Parasitenlaboratorien die Lebensgeschichte und die künstliche Massenvermehrung wirtschaftlich wichtiger Schmarotzerwespen genauestens studiert, eben zu dem Zwecke, um die verschiedenen Formen bei der biologischen Bekämpfung jeweils verwenden zu können.

Seit längerer Zeit beschäftige ich mich mit Schlupfwespen aus der Familie der Braconidae und Chalcididae. Ein Teil der Arbeitsziele liegt auf dem soeben skizzierten praktischen Gebiet. Unter anderem soll festgestellt werden, welche Wirte die wirtschaftlich wichtigen Schlupfwespen befallen oder doch befallen können. Mit anderen Worten, es sind Untersuchungen im Gange über die Monophagie bzw. Polyphagie der deutschen Schmarotzerwespen. Eine ganze Reihe hatte man in der älteren Literatur als *monophag* bezeichnet, bis durch weitere Zuchten, oft zufällig, bekannt wurde, daß dies verfrüht war. Die Zahl der wirklich monophagen Arten ist mehr und mehr zusammengeschrunpft. Ja, es ist das Wahrscheinlichere, daß, abgesehen von einigen ganz seltenen Fällen, die Monophagie den Ausnahmezustand bildet und nur wenigen höchst spezialisierten Formen eigen ist. Bei weitem der größte Teil der Schlupfwespen ist *polyphag* in dem Sinn: die Weibchen benutzen mehrere Arten als Wirtstiere zum Unterbringen ihrer Eier, d. h. zum Großziehen der Brut. Manche Vertreter aus der Familie der Ichneumoniden darf man, ohne zu weit zu gehen, als *pantophag* ansprechen, wie z. B. *Pimpla alternans* (Grav.), die nach *Stellwaag*¹⁾ in 6 verschiedenen Hautflüglerarten, in 11 verschiedenen Schmetterlingsarten, in 2 Käfersorten und in 1 Fliegenart ihre Brut unterbringt. Dabei ist noch gar nicht ausgeschlossen, daß außer den erwähnten (6+11+2+1) = 20 Wirten, sich die Zahl noch erhöht bei genauerem Studium dieser Form. Ob die praktische Bedeutung einer Schmarotzerwespe in dem Maße zunimmt, wie sich die Zahl ihrer bekannten Wirte erhöht, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden. An dieser Stelle soll hierauf des näheren nicht eingegangen werden.

Was ich oben ausführte, trifft für die Braconide *Habrobracon juglandis* Ashmead zu²⁾.

¹⁾ *Stellwaag, F.*, Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten, Berlin 1921, P. Parey.

²⁾ In den vorhergehenden Arbeiten (s. oben) ist diese Form von mir versehentlich *Habrobracon brevicornis* Wesm. als *Wesmael* genannt worden, ein Irrtum, den ich hiermit richtigstelle. *Hab. jugl.* Ashm. und *Hab. brev. Wesm.* sind nahe verwandte, doch *nicht* identische Formen.

Meine bereits früher geäußerte Vermutung, *Hab. jugl.* besitze mehrere Wirte, war richtig. Damit muß die in Betracht kommende Braconide zu den polyphagen Arten gestellt werden. Kürzlich durchgeführte Versuche erbrachten den Beweis. Mir gelang es, außer an Mehlmotten (*Ephestia Kühniella* Zell.) die Weibchen dieser Schlupfwespe auch an den Raupen der großen Wachsmotte (*Galleria mellonella* L.) zur Eiablage zu bringen und die schlüpfenden Larven an den zuvor von der Wespe selbst gelähmten Wachsmottenraupen ganz normal großzuziehen. — In dem vorliegenden Fall sind die Verhältnisse noch besonders interessant, weil nämlich das Weibchen den für seine Brut bestimmten Wirt zur eigenen Ernährung mitverwendet. Aus der Stichwunde, die gesetzt wird, um die Raupen zu lähmen, saugt das Weibchen Körpersäfte, und ohne jede Schwierigkeit kann ein Weibchen sich hierdurch ausschließlich ernähren und fruchtbar erhalten. Es lebt also die Mutter- und die Tochtergeneration u. U. von demselben Objekt, und es ist leicht zu beobachten, wie an derselben Raupe — sei es die einer Wachsmotte oder die einer Mehlmotte — das mütterliche Tier direkt neben ihren Nachkommen saugt.

Für die Praxis ist der Befund, daß die Schlupfwespe *Hab. jugl.* auch die Raupen der Wachsmotten ohne Umstände angreift, insofern wichtig, da bekanntlich die Wachsmotte ein lästiger Zerstörer der Bienenwaben ist. Die Möglichkeit, die Bekämpfung dieses Schädlings unserer Bienenzuchten mit Hilfe genannter Braconide durchzuführen, ist somit im Prinzip vorhanden.

3. Über die theoretische Bedeutung des Problems der Monophagie und Polyphagie der Schmarotzerwespen.

Andere Untersuchungen, die ich mit den genannten Objekten, *Hab. jugl.* einerseits, Mehlmotten- und Wachsmottenraupen andererseits durchführte, dienten mehr zur Klärung von Fragen umfassender Natur, soweit sie die Schmarotzerwespen, als ökologische Gruppe gefaßt, angehen, und diese Fragen haben mehr allgemeines Interesse. Viele theoretische Probleme können m. E. gerade an diesen Objekten eine selten günstige Bearbeitung erfahren. Auf folgende Fragen versuchte ich durch entsprechend gerichtete Versuche Aufschlüsse zu erhalten, wobei die unter b) aufgeworfenen Fragen sich fast zwangsläufig aus dem unter a) umrissenen Fragenkomplex ergaben.

a) Wie verhält sich die Braconide gegenüber dem neuen Wirt? Zeigt die Schlupfwespe gegenüber beiden Raupenarten das gleiche psychologische wie physiologische Verhalten, welches wir bisher von ihr kennen, oder treten am neuen Wirt neue Wesenszüge hervor?

b) Wie findet die Schmarotzerwespe überhaupt ein geeignetes, d. h. ihrer Brut zusagendes Opfer? Woran erkennt sie den jeweiligen Alters-

zustand bzw. Entwicklungszustand (ob Ei, Raupe oder Puppe), in dem sich die betreffende Form befindet? Woran kann sie (wie in unserem Falle *Hab. jugl.*) unterscheiden, ob sie eine noch zu junge Wachsmottenraupe vor sich hat oder eine gleich große und gleich schwere Mehlmottenraupe, die sie unverzüglich angreift?

Zu a. Bevor ich auf Einzelheiten eingehe, schicke ich einige Vorbemerkungen über die Lebensgewohnheiten beider Raupenarten voraus, da ich nicht annehmen kann, daß allen Lesern diese geläufig sind.

Wachsmotte und Mehlmotte stimmen in folgendem überein: beide leben verborgen in ihren Nahrungsmitteln und fressen darin mit Gespinst ausgekleidete Gänge. Weiter charakterisiert beide Raupen die dauernde Spinnfähigkeit bei jeder Ortsveränderung. Zur Verpuppung verlassen sie nicht ungern den gewöhnlichen Aufenthaltsort und suchen zur Anlage ihrer Kokons dunkle Winkel oder Spalten auf. Der Kokon beider ist derb, allseitig geschlossen und meist durch Einspinnen von Fremdkörpern (Schmutzteilchen, Kotbrocken, Mehl, Wachsstückchen usw.) gepanzert. Nicht unerwähnt darf schließlich bleiben, daß beide Raupenarten nackthäutig, d. h. sehr wenig behaart sind. — Gänzlich verschieden ist dagegen die Umgebung, in der die Wachsmotten und die Mehlmotten zu leben pflegen. Die ersteren finden sich in etwas schmierigen und klebrigen Bienenwaben, welche zum Teil mit Honig gefüllt sind. Bevorzugt wird die Mitte der Wabe, da, wo die Zellen aneinanderstoßen. Wachsteilchen, Honigtröpfchen, Kotbrocken und Gespinstmassen bilden meist ein schwer durchdringbares Gewirr. — Die Mehlmotten finden wir in staubtrockener Umgebung wie Mehl, Kleie, Gries, Graupen, Nudeln usw., jedenfalls in körnigen, lockeren Substraten mit nicht klebriger Oberfläche. Die vergleichenden Beobachtungen haben nun folgendes ergeben:

1. So wenig wie die Mehlmotte durch ihre Gespinste vor den Angriffen der *Hab.*-Weibchen geschützt ist, so wenig ist es auch die Wachsmotte, obgleich ihre Gespinste noch stärker sind. Die Schlupfwespe beißt sich bis zu den von ihr gesuchten Raupen mit großem Geschick hindurch. Auch zögert die Wespe nicht, ihre Opfer tief in den versponnenen Mehlmassen aufzusuchen, wie sie in gleicher Weise bis ins Innere der durchfressenen, klebrigen Waben vordringt.

2. Die Körperregionen, wo die Wespe ihre Stiche anbringt, um die Raupen zu lähmen, sind in beiden Fällen ganz willkürlich gewählt. Irgendeine Bevorzugung einer bestimmten, d. h. besonders empfindlichen Stelle (Zentralnervensystem, Herzschlauch) wurde nie beobachtet. Ebenso wahllos werden in beiden Fällen die Eier am oder unter, nie in dem gelähmten Raupenkörper untergebracht.

3. Die Raupen beider Arten werden nicht nur einmal, sondern mehrmals angestochen. Bei bei-

den Raupen saugt das Weibchen aus dem Stichkanal die Körpersäfte seines Opfers. Dieses Verhalten gegenüber den Wachsmotten ist insofern besonders interessant, weil Honigtröpfchen ja stets vorhanden sind, die zur Ernährung völlig genügen würden. An und für sich leckt die Schlupfwespe sehr gern Honig, wie überhaupt süße Säfte. Von ihrer Gewohnheit, eiweißreiche Nahrung vom Körper des Wirtes ihrer Brut zu nehmen, geht sie also auch dann nicht ab, wenn andere zur Ernährung an und für sich geeignete Stoffe im Überfluß vorhanden sind³⁾.

4. Die Schlupfwespe greift sowohl von Wachsmotte wie von der Mehlmotte nie an: die Eier, die Puppen und die Falter. Ausschließlich gefährdet sind die Raupen. Dabei ist noch besonders hervorzuheben, daß nur Raupen bestimmter Altersstufen bedroht sind. Die Größe bzw. das Gewicht ist in dieser Hinsicht ganz ohne Bedeutung. Dieser Befund ist deshalb bemerkenswert, da Wachsmotte und Mehlmotte sehr ungleich große Formen sind. Ich stelle die Maße und Gewichte der ganz ausgewachsenen Raupen, die sich kurz vor der Verpuppung befinden, gegenüber:

Wachsmotte:

große Raupe = Gewicht 278 mg, Länge 33 mm,

Mehlmotte:

große Raupe = Gewicht 46 mg, Länge 17 mm, d. h. die Gewichte verhalten sich etwa wie 6 : 1, die Länge wie 2 : 1. In beiden Fällen suchen die *Hab.*-Weibchen die größten und schwersten, d. h. ältesten Raupen mit Vorliebe auf. Irgendwelche Scheu vor den wesentlich größeren Raupen der Wachsmotte war nie zu bemerken. Die Größe und Schwere spielt also hier keine Rolle, sondern nur das jeweilige Alter. Denn z. B. Mehlmotten von 5—6 mm Länge und 1,7 bis 0,2 mg Gewicht werden bereits angegriffen; aber Wachsmotten von 7—8 mm Länge und 9—10 mg Gewicht werden noch nicht angegriffen. Letztere Art ist erst bei einer Größe von 10 mm (etwa 15 mg Gewicht) an gefährdet, da die an und für sich größere Form erst bei dieser Länge und bei diesem Gewicht das gefährdete Altersstadium erreicht. Von dem Augenblick an, wo die letzte Raupenhaut abgestreift wurde, also die ganz zarte Puppe vorliegt, nimmt in beiden Fällen die Schlupfwespe keinerlei Notiz mehr von diesen Objekten. Nie beißt sich ein *Hab.*-Weibchen in einen Kokon ein, welcher die schon fertige Puppe enthält. Dringt sie in Kokons ein, so geschieht es stets nur dann, wenn eine Raupe sich darin befindet, die zwar eingesponnen, aber noch nicht verpuppt ist. Diese verhältnismäßig kurze Zeitspanne wird von den *Hab.*-Weibchen allerdings mit erstaunlicher Sicherheit wahrgenommen. Es

³⁾ Daß das Weibchen unter allen Umständen hochwertige, stickstoffreiche Nahrung zu erlangen strebt, hängt wohl am Ende mit der Eientwicklung zusammen. Darüber müssen allerdings eingehende Versuche noch durchgeführt werden.

geht daraus hervor, daß an irgendwelchen Merkmalen der jeweilige Zustand des Wirtes im Kokon, sei er Mehlmotte oder Wachsmotte, von dem Schmarotzer mit völliger Gewißheit erkannt wird.

5. Ferner stellte ich fest: Bei völliger Dunkelheit findet die Schlupfwespe beide Raupen, gleichgültig, ob isoliert oder in natürlicher Umgebung, ob frei umherwandernd oder ob in Gespinsten eingeschlossen, unfehlbar.

6. Hat ein Hab.-Weibchen Wachsmotten- und Mehlmottenraupen zugleich vor sich, dann ist keinerlei Bevorzugung der einen oder anderen Raupenart feststellbar. Innerhalb weniger Minuten greift ein stechlustiges Weibchen bald die eine, dann die andere Art an.

7. Die Larven von Hab. verhalten sich an beiden Wirten völlig gleich; d. h. an beliebigen Stellen des Körpers saugen sie sich fest und verbleiben daselbst bis zur Beendigung des Larvenlebens.

8. *Zusammenfassung:* Das Verhalten der Hab.-Weibchen ist dem einen wie dem anderen Wirte gegenüber (die bei mancher Ähnlichkeit in den Lebensgewohnheiten doch auch wesentliche Unterschiede zeigen) genau das gleiche. Handlungen der Schlupfwespe, seien sie psychisch (instinktiv) oder physiologisch begründet, welche gegenüber der einen Form zutage treten, treten auch bei der anderen zutage. Oder was dasselbe besagt: die Lebensgeschichte unserer Schlupfwespe würde nicht anders lauten, wenn man sie zufällig zuerst an der Wachsmotte und hinterher an der Mehlmotte gezüchtet hätte, als wie es jetzt umgekehrt der Fall ist. — Es wurde somit an einem bestimmten Beispiel festgestellt, daß eine Schmarotzerwespe sich gegenüber ihren beiden Wirten, die allerdings derselben Schmetterlingsfamilie (Phyalidae) angehören, sich gleich verhält. Ob das, was für den vorliegenden Fall sichergestellt wurde, auch für andere Schlupfwespen gilt, ist damit nicht ohne weiteres gesagt. Ja!, es ist das Wahrscheinlichere, daß es nicht so ist. Ich verweise hierbei auf den oben erwähnten Fall: *Pimpla alternans* (Familie Ichneumonidae), welche Hautflügler-, Käfer-, Schmetterlings- und Fliegenlarven — also ganz verschieden lebende und geartete Formen — als Wirte wählt. / Dieser Hinweis mag genügen! Es geht daraus hervor, welche Fülle von noch ungeklärten Aufgaben die heimische Schlupfwespenwelt bietet.

Zu b. Nun zum zweiten, oben formulierten Fragenkomplex: wie findet das Schlupfwespenweibchen überhaupt ein geeignetes, d. h. ihrer Brut zusagendes Wirtstier? Die Ausführungen, welche ich zur Klärung dieser Frage mache, beziehen sich wieder in erster Linie auf den besonderen Fall: Hab. jugl. einerseits und Wachsmottenraupen andererseits. Da sich alle Vorgänge beim Suchen und Finden der Raupen bei völligem Ausschluß von Licht in genau derselben Weise abspielen wie bei Belich-

tung, so ist es wohl klar, daß der Gesichtssinn keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle hierbei spielt. Somit wäre an den Tastsinn und den Geruchssinn zu denken. Beide Sinne arbeiten wohl vielfach zusammen, besonders dann, wenn Gespinstmassen bzw. Kokons, in denen Raupen noch spinnen, von außen abgetastet werden. Die dabei von den Raupen ausgehenden Erschütterungen nimmt die Wespe wohl sicher mit Hilfe ihrer Tastorgane wahr. Doch glaube ich nicht, daß der Tastsinn beim Suchen und Finden der Opfer den Ausschlag gibt. Experimentiert man nämlich zu diesem Zweck mit vorher völlig gelähmten Raupen, die sich nicht mehr bewegen, also auch keine Erschütterungen mehr verursachen, dann ist das Ergebnis des Versuches genau so positiv. Man könnte annehmen, das Tastvermögen der Schlupfwespe wäre ein so fein entwickeltes, daß sie Unterschiede in der Hautbeschaffenheit der alten und jungen Raupen mittelst Betasten wahrnimmt. Nichts Unmögliches enthält an und für sich diese Annahme. Ihr steht aber die folgende, absolut sichere Beobachtung gegenüber: die Wespe versucht auch durch einen Kokon hindurchzustechen, welcher allseitig geschlossen ist. Schon aus rein räumlichen Gründen ist in solchen Fällen ein direktes Betasten der Raupenhaut ganz unmöglich. —

Nach meinen diesbezüglichen Versuchen — weiter unten sollen einige kurz geschildert werden, die ausführliche Darlegung erfolgt später an anderer Stelle — bin ich zu folgenden Schlüssen gekommen. (Für den hier untersuchten Fall, wie ich vorsichtigerweise hinzusetzen will.) Das zur Ernährung der Brut unbedingt notwendige Wirtstier findet die Schlupfwespe ausschließlich mit Hilfe ihrer Geruchsorgane. Sie ist befähigt, Wachsmotten- wie Mehlmottenraupen in ihrer natürlichen Umgebung mit völliger Sicherheit aufzuspüren, wobei die Wespe geruchlich zugleich wahrnimmt, in welchem jeweiligen Alterszustand sich eine Raupe befindet. Einige Versuchsergebnisse seien angeführt, die für die Richtigkeit meiner Auffassung sprechen. Wie schon oben gesagt, hinterlassen Wachsmotten wie Mehlmotten beim Laufen einen Gespinstfaden. Läßt man auf zuvor sorgfältig gereinigten Glasplatten die Raupen wandern, so bleiben diese Fäden, gut sichtbar, auf dem Glase haften. Entfernt man jetzt die Raupen und setzt an ihre Stelle Habr.-Weibchen, so ist sofort festzustellen, wie die Schlupfwespen dieser, auch für uns sichtbaren Spur folgen, sie mit den Fühlern beklopfen, d. h. beriechen und dann die Stichstellung einnehmen, als wäre eine Raupe tatsächlich vorhanden. Völlig überflüssig ist hierbei anzunehmen, die Wespe sieht den Spurfaden und benutzt ihn gleichsam als „Wegweiser“, denn das Versuchsergebnis ist das gleiche, wenn man wie folgt verfährt. Man betupft oder bestreicht eine markierte Stelle auf einer sauberen Glasplatte mit der Haut einer Raupe, wobei man letztere so hält, daß sie die Glasfläche nicht bespinnen kann. Dann setzt man

Hab.-Weibchen auf die Platte und bedeckt sie, um den Abflug zu verhindern, mit einer geeigneten Glasschale. Die Weibchen beginnen bald umherzuwandern. Kommen sie an die mit dem Raupenkörper betupfte Stelle, so stützen sie, beriechen (beklopfen) mit den Fühlern diese Stelle und nehmen die Stichstellung ein, genau so, als hätten sie Wachs- oder Mehlmotenraupen in Wirklichkeit vor sich. Der Versuch kann nur wie folgt gedeutet werden:

Das Aufspüren (Herausriechen) der gesuchten Wirtstiere im Raum beruht auf einer Leistung der Geruchsorgane. Dies setzt aber voraus: *erstens*, daß den Raupen ein bestimmter Duftstoff eigentümlich ist (d. h. die Raupen sind die Duftstoffträger), *zweitens*, daß dieser Duftstoff sich im Raume verteilt und *drittens*: daß dieser Duftstoff auch den Stellen eine Zeitlang anhaftet, welche von den Raupen begangen oder berührt worden sind. Diesen Duftstoff erkennen die Schlupfwespen mit Sicherheit wieder (Geruchserinnerungen) auch in Umgebungen, wie z. B. Mehlmassen oder Bienenwaben, die ebenfalls einen eigentümlichen Duft — wenigstens für unser Geruchsorgan — besitzen. Daß diese Annahme richtig ist, geht aus dem zuletzt mitgeteilten Versuch hervor, bei dem die Raupe ja gar nicht mehr zugegen ist, Gesichtssinn und Tastsinn also völlig ausgeschaltet werden. Um die eingangs dieses Abschnittes aufgeworfene Frage: wie findet die Schlupfwespe den ihrer Brut zusagenden Wirt, zu beantworten, können wir die Antwort nach dem Vorhergehenden wie folgt formulieren. 1. Der den Raupen eigentümliche Duft reizt die Geruchsorgane der Schlupfwespe; es ist gleichgültig, ob der Duft direkt von den Raupen ausgeht oder ob er indirekt von den Stellen ausgeht, welche die Raupen begangen haben. 2. Die Wespe sucht die Reizquelle, indem sie die Intensitätsunterschiede des Reizes auswertet. 3. Bei einer bestimmten Intensität des Reizes tritt die für uns sichtbare Reaktion, die Stichstellung, ein. Diese Reaktion tritt auch dann ein, wenn bei einer genügenden Intensität des Reizes gar keine Raupe vorhanden ist (s. o.), oder wenn eine bereits gelähmte Raupe oder eine noch zu lähmende sich vor der Wespe befindet.

Zur *Eiablage* kommt es durch die geruchliche Reizung aber noch nicht. Die Eiablage erfolgt erst nach gesetztem Stich, d. h. nachdem der Tastsinn in irgendeiner, für uns nicht erkennbaren Weise, mit gereizt wurde⁴). Ich betone ausdrücklich, daß zum Auffinden eines geeigneten Wirtes Geruchsreize ausschließlich in Frage kommen, daß aber zur Bewerkstelligung der Eiablage noch Tastreize hinzukommen müssen. Die Eiablage als sekundärer Vorgang kann erst erfolgen, nachdem die Schmarotzerwespe einen ihr zusagenden Wirt mit Hilfe ihres Geruchsorgans gefunden und ihm einen Stich beigebracht hat. Ob der Stich die Raupe lähmt, wie bei Hab. jugl.,

⁴) Als Tastorgan dient hierbei, wie die Beobachtung ergeben hat, bei Hab. jugl. in erster Linie der Stechapparat selbst.

oder ob die Lähmung unterbleibt und dafür die Eier *in* den Wirtskörper versenkt werden (wie z. B. bei der in Kohlweißlingsraupen schmarotzenden *Apanteles*), ist eine hier belanglose Frage.

4. *Zusammenfassung.* Zum Schluß will ich, soweit es der Raum gestattet, meine Auffassung betreffs der Frage der Monophagie bzw. Polyphagie im allgemeinen kurz darlegen. Diese Frage muß, wie aus meinen Ausführungen hervorgeht, als eine Teilfrage des Geruchproblems bei den Insekten — zu welchem *v. Frisch*⁵) in letzter Zeit klassische Untersuchungen lieferte — behandelt werden. Mit dieser Eingruppierung erhält sie stärkstes theoretisches Interesse neben dem rein praktischen. Dabei ist zu unterscheiden einmal zwischen den Eigenschaften der von den Schmarotzerwespen heimgesuchten Wirtstiere, und ferner zwischen den Reaktionen und Handlungen der Schlupfwespen. *Erstens*: die verschiedenen Wirte sind Duftträger, als solche geben sie Geruchssignale. Diese Signale (Düfte) haften auf den Stellen, welche von den Duftträgern (Raupen usw.) begangen wurden, auch diffundieren sie durch bestimmte Stoffe hindurch. Die Düfte sind jeder Wirtsart eigentümliche (und bei manchen Formen auch unserem Geruchsorgan wahrnehmbare), aber innerhalb verwandter Gruppen und Familien ähnliche, so daß man von Artdüften, Familiendüften usw. sprechen kann⁶). *Zweitens*: die Schmarotzerwespen werden durch die Geruchssignale (Duftwolken) gereizt. Die Wespe, Intensitätsunterschiede auswertend, sucht daraufhin die Reizquelle (d. h. den Duftträger). Diese Geruchsreize rufen bei einer bestimmten Intensität zunächst Geruchserinnerungen hervor, die schließlich in einer bestimmten Reaktion (Stichstellung) ausklingen. Wesentlich ist, daß Geruchsreize Reaktionen und Handlungen der Wespen auslösen, welche zur Brutpflege in engstem Zusammenhang stehen (Anstechen bzw. Lähmen der Raupen usw. zwecks Unterbringung der Eier).

Demnach können wir sagen: **a)** pantophage Schlupfwespen — oder besser Schlupfwespen mit pantophager Brut — sind solche Formen, bei denen die Geruchssignale sehr vieler und auch ganz verschiedenartiger Wirte (Hautflügler, Käfer, Schmetterlinge) alle die Reaktionen und Handlungen auslösen, welche zur Unterbringung der Brut notwendig sind. (Hierher wäre die mehrfach erwähnte Ichneumonide *Pimpla alternans* zu stellen.) **b)** *Polyphage* Schlupfwespen sind solche, bei welchen die Geruchssignale von wenigen, nahe verwandten Wirten die entsprechenden Reaktionen und Handlungen bewirken. (Als Beispiel wäre die *Braconide* Habr. jugl. anzuführen, welche von mir genauer gerade in dieser Richtung untersucht wurde.) **c)** *Monophage* Schmarotzerwespen sind endlich die, bei

⁵) Vgl. diese Zeitschr. 11. Jahrg., Heft 28, 1923.

⁶) Über diesen Gegenstand hat sich *Schiefferdecker* (*Zoologica* 1923) ausführlich geäußert betreffs der Wirbeltiere. Im Prinzip gilt das gleiche m. E. auch für die Wirbellosen, spez. für die Insekten.

welchen der Duft nur einer einzigen Art die leitenden Handlungen zur Unterbringung der Brut auslöst. Ob es streng monophage Schlupfwespen gibt, erscheint mir — wie schon hervorgehoben — aber recht zweifelhaft.

Damit schließe ich unter dem Hinweis, daß ich mir nicht anmaße, das Geruchsproblem bei den Insekten gelöst zu haben, doch hoffe ich, daß meine Ergebnisse einiges beigetragen haben zur Klärung dieser so viel bearbeiteten Frage.

Ansichten zur Kristallstereochemie.

Von Friedrich Rinne, Leipzig.

1.

Zur Kennzeichnung des Wesens der kristallinen Materie genügt es nicht, auf die Anisotropie der Kristalle, also auf ihren gesetzmäßigen Wechsel von Eigenschaften mit der Richtung, hinzuweisen. Kann man doch schon bei Atomen in Ansehung ihrer gut begründeten physikalischen Raumformeln und ihrer gerichteten Valenzbetätigung nicht umhin, ihnen gleichfalls Richtungsungleichheiten zuzuschreiben. Daß atomistische oder molekulare Individuen, zu Gasen oder flüssigen Massen gehäuft, bei gewöhnlichen Umständen nichts von Anisotropie merken lassen, liegt an ihrer wirren Lagerung, die eine Isotropie durch Mittelwerte mit sich bringt; bei der Parallelrichtung von Molekülen im Kerreffekt zeigen sie ihre optische Richtungsungleichheit.

Das in Zweifelsfällen nachzuweisende Kennzeichen für den kristallinen Zustand ist also nicht lediglich ein Eigenschaftswechsel mit der Richtung, vielmehr muß als Kriterium für den Kristallcharakter das Raumgittergefüge, d. h. eine dreidimensional periodische Anordnung der Bauteile, gelten. Damit stellt sich der Kristall an das Ende einer Reihe, die vom wirr struierten Gasigen und Flüssigen über die in einer Hauptbaurichtung parallelisierten (also paratropen) Moleküle, sog. flüssigen Kristalle (Fastkristalle), zum wahren Kristall führt.

Von den atomistischen und molekularen Individuen wird das Kristallindividuum durch seine chemisch belanglose Variabilität hinsichtlich Größe und Gewicht geschieden. Während jede Vermehrung oder Verminderung an peripheren Teilchen eines Atoms, Ions oder Moleküls dessen chemisches Wesen ändert, ist ein Wachsen oder eine Fortnahme von der Substanz der Kristallkörperlichkeit für deren chemischen Charakter bedeutungslos. Es liegt das im Raumgitterbau begründet, gerade so wie im Wesen der gasigen oder flüssigen Aggregation. Nach oben hin, d. h. bezüglich des Wachstums, gibt es in der Hinsicht theoretisch keine Grenzen, nach unten endet die chemisch belanglose Massenverringering bei Gasen und Flüssigkeiten am chemischen Individuum, bei Kristallen an derjenigen Aggregation, die als Verknüpfung von mindestens 6 oder 8 gleichmäßigen Teilchen gerade noch den Grundstock eines Raumgitters bilden kann. Voraussetzlich entstehen bei jeder Kristallisation zunächst Schwärme von kolloiddimensionierten Körpern, die sich dann unter gegenseitiger orientierender Beeinflussung im Akte der „Sammel-

kristallisation“ zum größeren, schließlich sichtbaren Kristall zusammenfinden.

2.

Singgemäß können beliebige Bauteilsorten, seien es Atome, Ionen oder Moleküle, für sich oder in Kombination miteinander, zum Raumgitterbau zusammentreten; sie geben grob morphologisch den gleichen Effekt. Die Ornamentik eines Kristalls durch Flächen, Ecken und Kanten ist also in erster Linie ein Ausdruck der leitenden Konstruktion der Raumgitter und nicht der besonderen Art der die Gitter bildenden Bauteile. In dem Sinne geben die Grenzflächen der Kristalle die Lage von wichtigen Raumgitterebenen an; die Kristallkanten, also die Zonenachsen, sind die bedeutsamen Merkmale der Bauteilchenreihungen, die Ecken bekunden deren Austrahlungspunkte. In der Abstufung ihrer kristallographischen Symbole im Sinne wachsender Kompliziertheit sind sowohl Flächen als auch Kanten wichtige makroskopische Hinweise auf den Feinbau. In der Symmetrie der Anlage dieser Bauelemente ist auf die Regeln der inneren Ordnung hingewiesen, soweit das im Grobbau zum Ausdruck kommen kann, d. h. unter Ausschluß aller Diskontinuitäten.

Wenn es also im Grundsatz die allgemeine Kristallkonstruktion ist, die in der Kristallform sich geltend macht, und nicht die Bauteilart, so ist damit natürlich nicht eine völlige Unabhängigkeit zwischen Kristallform und der Stereochemie der freien Atome oder Moleküle ausgesprochen, die zum Kristallbau verwandt wurden. Die Erfahrungen der Morphotropie, d. h. eines Parallelganges zwischen chemischer Substitution und Wandlung der Formverhältnisse des kristallinen Materials, weisen auf solche Beziehungen hin. Es ist aber andererseits zu bedenken, daß sehr viele chemisch durchaus verschiedene Stoffe völlig gleiche Kristallgestalt im Rahmen des regulären Systems besitzen und daß die Durchmusterung der Formenwelt auch anderer, besonders der sonstigen hochsymmetrischen Kristallsysteme eine solche „Isotypie“, unbekümmert um die chemische Natur der Stoffe, zeigt. Die chemische Art ist in solchen Fällen feinbaulichen Stabilitätsmomenten untergeordnet.

3.

Von besonderer kristallstereochemischer Wichtigkeit ist es, durch die Ergebnisse röntgenographischer Forschung zu erfahren, welche Gruppierungen, die im freien chemischen Individuum anzunehmen sind, beim Raumgitteraufbau sich

noch bekunden. Daß die Gliederung der Atome in Kern- und Hüllsphäre in den Kristall übernommen wird, begegnet keinem Zweifel, gleichwie jeder organische Chemiker sich ablehnend verhalten wird gegenüber der Annahme einer atomistischen Zerreißung von Methyl-, Äthyl-, Aryl- und anderen stereochemischen Radikalen beim Kristallisieren der Stoffe. Wenn auch die Erfahrung zeigt, daß molekulare Verbände wie NaCl , CaCO_3 kristallstrukturell ionistisch zerteilt und in kräftigem Zusammenschluß der Ionen miteinander nach dem Formeltypus NaCl_6 , ClNa_6 bzw. $\text{Ca}(\text{CO}_3)_6$, $(\text{CO}_3)\text{Ca}_6$ gebracht werden, so tritt doch andererseits beim Überblick der Untersuchungen von organischen Stoffen die Übernahme der Strukturen ihrer freien chemischen Molekulargebilde in den Kristall mehr und mehr heraus: ihre Raumgitter setzen sich aus feinbaulich lose verknüpften Molekeln zusammen. Zur richtigen Würdigung dieser Verhältnisse hinsichtlich ihrer allgemeinen Wichtigkeit muß man bedenken, daß in solchen Fällen die gewissermaßen auf Atomlagerung abgestimmte röntgenographische Methode es ermöglicht, den in das Kristallgebäude fast unberührt übergegangenen Molekülbau nach Lage seiner Atome zu erkennen. Die Tragweite dieses Umstandes ist also ganz außerordentlich groß, und er verdient es, stereochemisch mit allen Mitteln der Forschung ausgenutzt zu werden.

Als Beispiel möge das Hexamethylentetramin $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ dienen; seine vielberedete Struktur ist nun von zwei Seiten, unabhängig voneinander röntgenographisch mit übereinstimmendem Ergebnis festgelegt. *Dickinson* sowie *H. Mark* kommen zum Schluß, daß ein reguläres Gitter mit molekularen Baugruppen an den Ecken und auf den Flächenmitten eines Elementarwürfels von 7,02 Å. E. Kantenlänge vorliegt. In diesen Kristallmolekülen lagern die Kohlenstoffatome jeweils an den Ecken eines Oktaeders; die vier Stickstoffatome bilden ein zugehöriges Tetraeder mit Atomen über den abwechselnden Oktaederflächen des Kohlenstoffaggregats. Die röntgenographisch nicht zu fassenden H-Atome werden willkürlich zu je dreien über den Ecken der vier abwechselnden Oktaederflächen angenommen, damit die sechs (CH_2) -Gruppen feinbaumäßig heraustreten.

Sei solchen Überlegungen hinzugefügt, daß man im übrigen unter Zuhilfenahme der jeweiligen Raumgruppensymmetrie die stereochemischen Formeln auch noch im Feineren kristallographisch analysieren kann. Wäre z. B. bei Silikaten eine SiO_2 -Gruppe in einem triklin-pedialen Körper festgestellt, so erfordert dessen völlige kristallographische Unsymmetrie eine Ungleichheit der O-Bindungen zum Si, also die Aufteilung in $\text{Si} \cdot \text{O} \cdot \text{O}$. Es läge also wegen mangelnder Zweizähligkeit ein Pseudo- SiO_2 -Leptyl vor¹⁾; in einer triklin-pinakoidalen, also zentrosymmetrischen Substanz indes, gibt es zusammengehörige

Atomlagen von Ein- und Zweizähligkeit, wie es SiO_2 verlangt (z. B. zufolge Umklappungssymmetrie), also die Möglichkeit einer wahren OSiO -Baugruppe. In nämlicher Weise läßt sich prüfen, ob z. B. eine SiO_4 -Gruppe in der Tat vier völlig, also auch thermisch gleichberechtigte Sauerstoffatome besitzt oder im Feineren aufgeteilt werden muß. Für die Entwicklung von Strukturformeln, etwa von Silikaten, haben solche Untersuchungen Bedeutung. Sicherlich existieren z. B. im Natronfeldspat $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ keine Si_2O_5 -Baugruppen, und selbst SiO_4 -Knäuel in ihm wären unter Gliederung der 4 O in 2 + 2 aufzuteilen.

4.

Eine sehr nutzbare Vorstellung für stereochemische Erörterungen ist im Anschluß an Überlegungen von *W. L. Bragg* des weiteren der Begriff der „Atombereiche“, wenn man ihn in dem Sinne faßt, daß es sich dabei um den je-

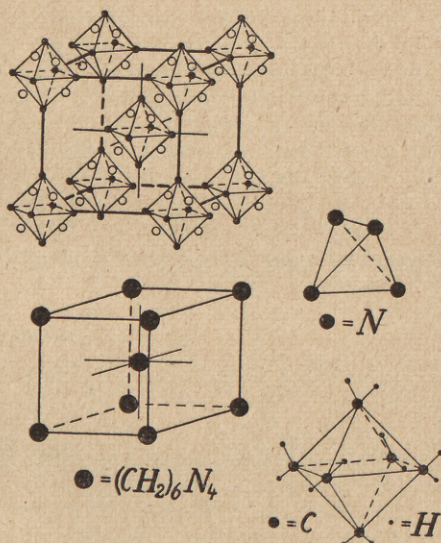


Fig. 1. Feinbau des Hexamethylentetramin als Beispiel eines Molekülräumgitters.

weiligen Raumanteil am Kristallganzen handelt, den ein Atom nicht etwa für seine Körperlichkeit (wie sie von den äußeren Elektronenbahnen umschrieben wird) fordert, sondern dazu noch um den Herrschaftsbezirk, den es auch außerhalb seines Elektronensystems in Anspruch nimmt und gewissermaßen von Eindringlingen freihält. Der Durchmesser dieses thermische Bewegungen gestattenden Bereiches läßt sich aus den Minimalabständen im Raumgitter berechnen, indem man von einem Stoffe ausgehend zu komplizierteren schreitet, also etwa die Bereiche für Natriumatome aus dem Kristallbau des metallischen kristallisierten Natriums entnimmt und in den des Chlornatriums überträgt; es ergibt sich dann der Bereich für die Chloratome. Natürlich kann die übliche kugelige Zeichnung solcher Bereiche nur als Annäherungsform gelten. Der richtungsungleiche Aufbau der Atome aus Kern und Elektronenschalen sowie die ausgesprochene Lokalisierung der Valenzbetätigung am Atom weisen

¹⁾ Leptyl (entsprechend Methyl, Äethyl usw.) allgemeiner Ausdruck für solche Radikale.

auf morphologisch anisotrope Bereiche hin. Für Konstruktionen wird man somit eventuell zu rotationsellipsoidischen und dreiachsig-ellipsoidischen Raumgebilden greifen dürfen, aber auch dann noch in der Vorstellung, daß es sich dabei um Annäherungsformen an in Wirklichkeit wohl sehr verwickelte Ausgestaltungen handelt. Nimmt man hinzu, daß sich die Größe der Atombereiche, auch derselben Atomsorte, mit den physikalischen und chemischen Umständen, wie Temperatur, elektrischer Neutralität bzw. ionistischer Art und mit der jeweiligen stofflichen Umgebung ändern wird, so ist klar, daß in solchen Raumgrößen keine physikalischen Konstanten vorliegen. Dennoch ist es möglich, ihre aus Grundtypen abgeleiteten Maße zur voraussagenden feinbaulichen Konstruktion, insbesondere von noch unbekanntem Gliedern einer im allgemeinen Bautypus erforschten Reihe zu benutzen.

In der Hinsicht war es möglich, in der „isotaxen“ Reihe (wie man die Glieder einer feinbaulich gleichartigen Art nennen kann) der Alkalihalogenide mit Steinsalzarchitektur das eine oder andere Glied vorauszusagen. Beim Umschlag des Bautypus, also zwischen heterotaxen Reihen, versagt natürlich eine schematische Anwendung. Auch sind Extrapolationen gewagter Natur, also

nur mit Reserve zu machen. In dem Sinne darf man vielleicht für das feinbaulich noch unbekannte Radiumoxyd in Analogie zu den sonstigen Oxyden der alkalischen Erden einen Bau entsprechend dem des BaO, und zwar mit einer Kantenlänge seines Elementarwürfels von etwa 6,06 Å. E. prophezeien.

Daß solche Überlegungen selbst bei verwickelter zusammengesetzten Stoffen nützlich werden, konnte Verfasser am Cäsiumdichlorjodid und Natriumhydrofluorid dartun. Die röntgenographischen Erkundungen stehen mit solchen Konstruktionen im Einklang. Das Interesse an diesen Erfahrungen wird aber natürlich insbesondere rege, wenn es sich nicht um isolierte Fälle, sondern um bauliche Analogien von Reihen handelt. Sei in der Hinsicht auf den morphotropischen Zusammenhang zwischen den Alkalimetallen Cäsium und Natrium einerseits und dem komplexen Halogenid CsClJCl bzw. NaFHF hingewiesen. Man findet, daß es sich dabei um den Ersatz eines Cs- bzw. Na-Atoms im körperzentrierten Metallelementarwürfel durch die Baugruppe ClJCl bzw. FHF handelt, wobei die Anordnungen der diesen substituierten Kern umwickelnden Alkaliatome sich zu neuer, und zwar trigonaler Stabilität eingestellt hat.

Ozon in den obersten Luftschichten als Schirm gegen die ultraviolette Sonnenstrahlung.

Von R. Dietzius, Wien.

Das Ultraviolett bildet sowohl nach Ausdehnung als nach Intensität nur einen geringen Teil des gesamten Sonnenspektrums. Der sichtbare Teil umfaßt Wellenlängen von etwa 400 bis 760 $m\mu$ (Millimikron = milliontel mm^1). Das Ultrarot läßt sich von 760 $m\mu$ nach aufwärts bis zu etwa 14 000 $m\mu$ verfolgen. Das Ultraviolett des Sonnenspektrums reicht von 400 $m\mu$ nach abwärts unter den günstigsten Umständen kaum unter 290 $m\mu$ herab, obwohl in künstlichen Lichtquellen noch viel kurzwelligeres Licht nachweisbar ist. An Intensität (Energie pro Flächen- und Zeiteinheit) enthält das Ultraviolett nur etwa $\frac{1}{100}$ der zur Erde gelangenden Sonnenstrahlung.

Gleichwohl spielt die ultraviolette Strahlung eine große Rolle im Haushalt der Natur, da es chemische und physiologische Wirkungen hervorruft, welche das langwellige Licht nicht ausüben kann. Extrem kurzwelliges Licht ist ein Feind aller lebenden Zellen, setzt die Lebensfähigkeit der Bakterien herab und wirkt dadurch desinfizierend, schädigt aber auch lebenswichtige Zellen höherer Lebewesen. Der menschliche Körper schützt sich gegen diese Schädigung, indem bei Bestrahlung der Haut mit ultraviolettem Licht das Blut zur Ausscheidung eines Pigment-

stoffes angeregt wird, welcher sich im Zellgewebe der Unterhaut ablagert, zunächst farblos ist, sich unter der Einwirkung des durch die Oberhaut dringenden diffusen Lichtes braun färbt und die tiefer liegenden Zellen gegen das weitere Vordringen der ultravioletten Strahlung schützt. Wird die Haut stark mit Ultraviolett bestrahlt, ehe ein hinreichender Strahlungsschutz entstanden ist, so entsteht eine mehr oder minder schwere Hautentzündung.

Nicht immer ist die Sonne imstande, derartige Wirkungen hervorzurufen. In der Niederung ist die Sonnenstrahlung weniger wirksam als im Gebirge. Die tief am Horizont stehende Sonne ist durchaus unfähig, die Haut zu bräunen. Dieses unterschiedliche Verhalten ist nunmehr durch einander ergänzende medizinische, physikalische und meteorologische Arbeiten aufgeklärt worden.

Durch Versuche mit einer sogenannten „künstlichen Höhen Sonne“ (Quarz-Quecksilberlampe), welche reichlich ultraviolettes Licht aussendet, stellten Hauser und Vahle (1) fest, daß nur die Strahlung von 265 bis 313 $m\mu$ die Fähigkeit besitzt, die Haut zu bräunen, und zwar ist es der enge Spektralbereich von 297 bis 302 $m\mu$, welcher die Hauptwirkung ausübt. Die Meteorologie lehrt uns andererseits, daß so kurze Wellenlängen im Sonnenspektrum nur dann vorhanden sind, wenn die Sonnenstrahlen keinen allzulangen Weg in der Erdatmosphäre zurückgelegt haben, da die At-

¹⁾ Anmerkung der Schriftleitung: Der Setzer hat überall $m\mu$ statt uu gesetzt. Die Schriftleitung hat die Verbesserung wegen der damit verbundenen Unkosten unterlassen.

osphäre diese Strahlen zum Teil durch diffuse Zerstreung und noch mehr durch Absorption sehr stark schwächt. Die Absorption nimmt mit abnehmender Wellenlänge schließlich derart rasch zu, daß bei geringem Auflösungsvermögen des Spektralapparates das Sonnenspektrum sozusagen plötzlich abbricht. Bei hohem Sonnenstand wird jenes Wellenlängengebiet, welches die Haut bräunt, noch durchgelassen, bei tiefem Sonnenstand bricht das Spektrum schon früher ab.

Die Erforschung des äußersten Ultraviolett im Sonnenspektrum stößt auf besondere Schwierigkeiten. Daß es für unser Auge unsichtbar ist, hat nicht viel zu sagen, da die photographische Platte gerade für Ultraviolett besonders empfindlich ist. Unangenehm ist dagegen, daß Glas für das äußerste Ultraviolett gänzlich undurchlässig ist. Gewöhnliches Glas ist für Strahlen bis herab zu 350 μ fast ebenso durchsichtig wie für sichtbares Licht, dünne Gläser lassen Spuren von Licht noch bis zu 320 μ durch. Besondere Glasarten (Uviolglas) sind bis 310 oder 300 μ leidlich durchlässig, für das letzte Ende des Sonnenspektrums taugt aber nur ein Spektroskop, dessen sämtliche Linsen und Prismen aus Quarz bestehen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in dem raschen Abfall der Intensität mit abnehmender Wellenlänge. Die Intensität hat je nach dem Sonnenstand ein Maximum bei 600 bis 700 μ , also im sichtbaren Gebiet. Gegen das Ultraviolett hin nimmt sie bis 320 μ allmählich auf etwa $\frac{1}{10}$ ab. Schreiten wir von hier um den kleinen Betrag von 30 μ weiter ins Ultraviolett, so wird sie noch millionenmal schwächer, ehe sie für unsere Meßapparate gänzlich verschwindet. Will man das ganze Gebiet des starken Abfalles auf einer und derselben photographischen Platte in einer zur photometrischen Ausmessung geeigneten Form erhalten, so muß man durch Filter die lichtstärkeren Teile des Spektrums abdunkeln, damit diese nicht überexponiert werden.

Fabry und *Buisson* (2) photographierten das Sonnenspektrum vom kurzwelligen Ende bis 299 μ ohne Filter, von 299 aufwärts mußte die Strahlung durch einen Filter und von 304 μ aufwärts noch durch einen zweiten Filter gehen. Natürlich dürfen nicht etwa gefärbte Gläser als Filter verwendet werden. Die beiden genannten Forscher erhielten geeignete Filter, indem sie von belichteten und fixierten photographischen Platten die Gelatineschicht ablösten. Da die Silberkörner, welche die Schwärzung der Platte hervorrufen, für das äußerste Ultraviolett durchsichtig sind, muß die Platte zuvor durch Behandlung mit Quecksilberchlorid und Ammoniak verstärkt werden. Die Silberkörner überziehen sich dabei mit einer schwarzen Quecksilberverbindung.

Eine weitere Schwierigkeit bietet schließlich der Rückschluß von der Schwärzung der Platte mit der Photographie des Sonnenspektrums auf die Intensität der Strahlung. Die Schwärzung ist nicht ohne weiteres ein Maß der Intensität, da

auch die Linsen und Prismen aus Quarz die Strahlung teils durch Reflexion, teils durch Absorption, teils durch Beugung (Molekular-diffraktion) schwächen und weil die photographische Platte nicht für alle Strahlen gleich empfindlich ist. *Fabry* und *Buisson* nahmen deshalb neben dem ultravioletten Sonnenspektrum auf derselben Platte das ultraviolette Ende des Spektrums des positiven Kraters einer Bogenlampe auf. Wie durch andere Messungen festgestellt ist, stimmt die Strahlung des positiven Kraters recht genau mit der wohlbekannteren Strahlung eines schwarzen Körpers von 3750° C überein. Durch Vergleich der Schwärzung, welche die Strahlung der Bogenlampe hervorgerufen hat, mit jener, welche die Sonnenstrahlung erzeugt hat, läßt sich dann das Verhältnis beider Strahlungsintensitäten ableiten. Wenigstens gelangt man auf diese Weise zu ziemlich sicheren Relativwerten, welche es erlauben, die Intensitäten bei verschiedenen Wellenlängen im Sonnenspektrum zu vergleichen.

Führt man die ganze Messung bei zwei verschiedenen Sonnenhöhen aus oder noch besser, um die Messungen auf Fehler und die erreichte Genauigkeit prüfen zu können, im Laufe desselben Tages mehrmals bei verschiedener Sonnenhöhe, so liefert schließlich eine leichte Rechnung die Schwächung, welche die Strahlung verschiedener Wellenlängen in der Erdatmosphäre erlitten hat, andererseits Relativwerte für die Intensitätsverteilung im „extraterrestrischen“ Sonnenspektrum, das heißt, ehe die Erdatmosphäre die Strahlung um einen merklichen Betrag geschwächt hat.

Die folgende Tabelle ergibt einen Überblick über die Ergebnisse der Messungen vom 1. Juni 1920.

Strahlungsdurchlässigkeit der Erdatmosphäre und Intensität des Sonnenspektrums im äußersten Ultraviolett, I_0 vor, I nach Schwächung durch die Erdatmosphäre.

λ	t	I_0	I
314,3	0,145	15,5	2,24
310,4	0,102	14,7	1,51
305,2	0,039	25,6	1,02
302,2	0,017	15,8	0,27
299,7	0,0060	21,8	0,132
296,3	0,00079	16,6	0,0132
295,6	0,00047	16,2	0,0076
294,6	0,000186	13,5	0,0025
293,6	0,000076	14,1	0,0011
293,1	0,000044	12,6	0,00055
292,2	0,000015	14,5	0,00022
291,7	0,0000083	10,5	0,000087
291,2	0,0000041	7,4	0,000030
290,6	0,0000017	2,5	0,000004
289,8	0,0000004	4,5	0,000002

Die mit λ überschriebene Zahlenreihe bedeutet die Wellenlänge in Millimikron, die nächste mit t überschriebene Reihe den sogenannten Transmissionskoeffizienten (Lichtdurchlässigkeit), d. h. den Bruchteil der Strahlung, welcher von der Erdatmosphäre bei im Zenit stehender Sonne

durchgelassen wird. Die mit I_0 überschriebenen Zahlen geben die Intensität der Sonnenstrahlung vor Eintritt in die Erdatmosphäre, die mit I überschriebenen Zahlen die Intensität, welche bestenfalls, das ist bei im Zenit stehender Sonne, zur Erde gelangt.

Die Intensität I_0 des extraterrestrischen Sonnenspektrums nimmt mit abnehmender Wellenlänge bei weitem nicht so stark ab als die Intensität I der zum Boden gelangenden Strahlung. Der Abfall von I_0 entspricht ungefähr jenem Abfall, welchen die Theorie fordert, wenn man annimmt, daß die Sonne wie ein schwarzer Körper von der effektiven Temperatur der Sonne (nicht ganz 6000° abs.) strahlt. Doch ist der Abfall weniger gleichmäßig, etwas stufenartig. Die Ursache sind Gruppen von dunklen (relativ zur Umgebung, nicht absolut) Fraunhoferschen Linien, welche schon durch die äußeren, kühleren Schichten der Sonnenatmosphäre hervorgerufen werden und sich im Ultraviolett häufen.

Wenn wir nach der Ursache der durch den Transmissionskoeffizienten t gekennzeichneten Schwächung der Strahlung durch die Erdatmosphäre fragen, müssen wir bedenken, daß hier mehrere Ursachen zusammenwirken. Alle Teile des Spektrums werden durch die Erdatmosphäre geschwächt, im allgemeinen die kurzwellige Strahlung stärker als die langwellige. Ursache dieser allgemeinen Schwächung ist die Beugung (Molekulardiffraktion) des Lichtes an den Luftmolekeln, welche einen Teil der Strahlung nach allen möglichen Richtungen zerstreuen. Ein Teil kehrt in den Weltraum zurück, ein anderer Teil kommt als diffuses Himmelslicht auf Umwegen schließlich doch noch zur Erde. Die Rechnung (*Rayleighs* Theorie) lehrt, daß diese Molekulardiffraktion das senkrecht einfallende Sonnenlicht in dem hier behandelten Wellenlängenbereich um 56 bis 62 % schwächt (für Bergstationen wäre die Schwächung geringer).

Eine weitere Schwächung geschieht durch Beugung und Zerstreung an etwas größeren in der Luft schwebenden Teilchen (Staub, komplexen Wasserdampfmolekeln, kleinen Nebeltropfen), die auch an heiteren Tagen nie gänzlich fehlen. Der Betrag dieser Schwächung ist von Fall zu Fall verschieden, läßt sich aber aus den jeweiligen Beobachtungen ableiten. Nach *Fabry* und *Buisson* wurde durch beide Arten von Beugung zusammen die ultraviolette Strahlung am 7. Juni 1920 auf den Bruchteil 0,25 bis 0,19 der extraterrestrischen Strahlung herabgesetzt. Da aber die berechneten Transmissionskoeffizienten im äußersten Ultraviolett viel kleiner sind, muß der Hauptteil dieser Lichtschwächung eine besondere Ursache haben. Als solche kommt nur die Absorption durch irgend einen Bestandteil der Luft in Betracht.

Die Hauptbestandteile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, sind an dieser Schwächung unschuldig, denn sie zeigen nach Versuchen im Laboratorium in diesem Spektralgebiet keine

merkliche Absorption. Auch Wasserdampf und Kohlensäure absorbieren diese Strahlung nicht in nennenswerter Weise. Ozon ist hingegen für kurzwelliges Licht unterhalb $310 \text{ m}\mu$ schon in dünnen Schichten nahezu ebenso undurchsichtig wie etwa Holz für gewöhnliches Licht.

Daß wirklich das Ozon schuld daran ist, daß das Sonnenspektrum bei etwa $289 \text{ m}\mu$ abbricht, kann kaum mehr bezweifelt werden, nachdem feststeht, daß die Lichtschwächung tatsächlich derart ist, daß sie durch eine ozonhaltige Luftschicht erklärt werden kann. *Fabry* und *Buisson* (3) hatten zu diesem Zwecke Voruntersuchungen im Laboratorium über die Strahlungsdurchlässigkeit des Ozons angestellt. Auf Grund dieser Messungen berechneten sie sodann, wie groß die Ozonmenge sein müßte, welche die gleiche Lichtschwächung hervorruft, als im Sonnenspektrum beobachtet wird. Trotz der großen Verschiedenheit der Transmissionskoeffizienten, die mit abnehmender Wellenlänge von etwa $1/10$ auf weniger als 1 Milliontel abnehmen, fanden sie in recht guter Übereinstimmung für alle Wellenlängen als Dicke der wirksamen Ozonschicht etwa $0,3 \text{ cm}$ (am 7. Juni 1920 $0,325 \text{ cm}$); dies wäre die Dicke der Schicht reinen Ozons unter Atmosphärendruck, welche die beobachtete Absorptionswirkung ausüben würde.

Ozon ist in dem uns zugänglichen unteren Teil der Atmosphäre gewiß vorhanden, aber nur in äußerst geringer, quantitativ kaum nachweisbarer Menge. *R. I. Strutt* (*Lord Rayleigh* jun.) (4) untersuchte mit einem Quarzspektroskop die Strahlung, die von einer Quarzlampe in $6,45 \text{ km}$ Entfernung kam. Er fand, daß die irdische Luft noch viel kürzere Wellenlängen durchläßt, als im Sonnenspektrum vorkommen, mindestens bis zur Quecksilberlinie $231,3 \text{ m}\mu$, mithin das ganze Gebiet, in welchem die Absorption des Ozons am stärksten (das Maximum liegt bei $260 \text{ m}\mu$) und noch viel stärker als für das ultraviolette Ende der Sonnenstrahlung ist. Allerdings wird das äußerste Ultraviolett viel stärker geschwächt als die langwellige Strahlung, dies ist aber auch nicht zu verwundern, da nach der Theorie der Strahlungsverlust durch Beugung an den Luftmolekeln bei diesen kurzen Wellenlängen sehr groß wird (die Strahlung auf weniger als $1/1000$ herabgesetzt). Aber selbst, wenn die Theorie falsch und der ganze Strahlungsverlust dem Ozon in die Schuhe zu schieben wäre, würde dazu eine Ozonschicht von $0,026 \text{ cm}$ ausreichen. Mit zunehmender Schichtdicke nimmt die Absorptionswirkung nach einem Exponentialgesetz äußerst rasch zu. Die von *Fabry* und *Buisson* mit $0,325 \text{ cm}$ berechnete wirksame Ozonschicht hätte bei *Strutts* Versuch in der Absorptionsbande des Ozons das Licht im Verhältnis von $1 : 10^{-33}$, das ist bis zu einem zweifellos unmerklichen Betrag schwächen müssen.

Man ist dadurch gezwungen, den Sitz des Ozons, welches das Sonnenspektrum im Ultraviolett abschneidet, in große Höhen zu verlegen.

Es läßt sich tatsächlich ein Grund angeben, der diese Annahme wahrscheinlich macht. Lassen wir im Laboratorium ultraviolette Strahlung kleiner als 180 μ durch ein Quarzfenster in ein Gefäß mit Luft fallen, so wird ein Teil des Sauerstoffes der Luft in Ozon umgewandelt. Derartig kurzwellige Strahlung wird von Luft gewöhnlicher Dicke schon auf wenige Meter Entfernung vollständig absorbiert, es wird also von der ozonisierend wirkenden Sonnenstrahlung keine Spur bis zur Erde gelangen. Dagegen wird in einer Höhe von mindestens 40 km, wo die Luft bereits sehr dünn ist, noch ein merklicher Betrag dieser wirksamen Strahlung vorhanden sein. Andererseits besitzt die vom Ozon absorbierte etwas langwelligere Strahlung von 200 bis 280 μ die Fähigkeit, Ozon zu zerstören (in Sauerstoff umzuwandeln). In großen Höhen werden beide Prozesse gleichzeitig verlaufen und praktisch sich ein Gleichgewicht herausstellen, bei welchem stets ebenso viel zerstört wie neu gebildet wird.

Die Dicke der von *Fabry* und *Buisson* berechneten wirksamen Ozonschicht ist nicht immer gleich. An 14 Tagen ergeben die Beobachtungen Werte, die zwischen 0,275 und 0,335 schwanken. Infolge der eigentümlichen Exponentialform des Absorptionsgesetzes übt diese geringe Schwankung doch erhebliche Wirkungen aus. Für Wellenlängen größer als 314 μ ist die Absorptionswirkung des Ozons so gering, daß bei hohem Sonnenstand etwas mehr oder weniger Ozon ziemlich belanglos ist. Für das äußerste Ultraviolett von 289,8 μ würde aber bei einer Steigerung der Ozonmenge von 0,275 auf 0,335 cm der Transmissionskoeffizient von 4,2 Milliontel auf 0,28 Milliontel, also auf $\frac{1}{15}$ des ursprünglichen Wertes sinken. In gleicher Weise wie eine Zunahme der Ozonmenge wirkt verringerter Höhenwinkel der Sonne, da mit schrägerem Einfall der Strahlen der Weg durch das absorbierende Ozon verlängert wird. Mit sinkender Sonne nimmt also das Ultraviolett jenseits von 314 μ viel rascher ab als die etwas weniger kurzwellige Strahlung.

Unser Sonnenspektrum zeigt auch noch andere Absorptionsbanden des Ozons. Eine liegt bei

330 μ ebenfalls im Ultraviolett (5), aber nicht mehr am äußersten Ende, eine zweite bei 10 000 μ , weit im Ultrarot. In beiden Gebieten ist die Absorption viel geringer. Aber auch hier ist die in Bodennähe vorhandene Ozonmenge viel zu gering, um die Absorptionsbanden zu erklären. Für einen hohen Sitz des wirksamen Ozons spricht auch der Umstand, daß es nicht gelungen ist, bei Hochfahrten im Ballon das Sonnenspektrum weiter ins Ultraviolett zu verfolgen. *Wigand* (6) kam bei einer Hochfahrt auf 9000 m bis 289,6 μ , *Fabry* und *Buisson* in Marseille bei Beobachtung vom Erdboden aus bis 288,5 μ , allerdings nur dank einer Exposition von 75 Minuten bei der photographischen Aufnahme.

Würde man die wirksame Ozonschicht von 0,3 cm Dicke gleichmäßig in der Atmosphäre verteilen, so würde sie dem Volumen nach 0,4 Milliontel der irdischen Atmosphäre betragen. Wenn man bedenkt, daß die Ozonmenge im wesentlichen oberhalb 40 km liegen muß, so folgt, daß das Ozon in diesen Höhen etwa 4 Tausendstel Volumprozent bildet oder, was auf dasselbe herauskommt, $\frac{1}{3000}$ des in großer Höhe vorhandenen Sauerstoffes. So gering diese Ozonmenge ist, spielt sie doch eine wichtige Rolle für Pflanzen- und Tierwelt der Erde, da sie den chemisch und physiologisch wirksamsten Teil der Strahlung abhält und nur bei hohem Sonnenstand einen kleinen Rest dieser Strahlung durchläßt.

Literatur.

1. *Hauser* und *Vahle*, Strahlentherapie, Bd. 13 (1921), S. 41.
2. *Fabry* und *Buisson*, A study of the ultra-violet end of the solar spectrum. *Astroph. Journ.* 54 (1921), S. 297.
3. *Fabry* und *Buisson*, L'absorption de l'ultraviolet par l'ozone et la limite du spectre solaire. *Journ. de Phys.*, 5. Serie, 3 (1913), S. 196.
4. *Strutt*, Ultra-violet transparency of the lower atmosphere, and its relative poverty in ozone. *Proc. R. Soc. A* 94 (1918), S. 260.
5. *Fowler* und *Strutt*, Absorption bands of atmospheric ozone in the spectra of sun and stars. *Proc. R. Soc. A* 93 (1917), S. 577.
6. *Wigand*, Das ultraviolette Ende des Sonnenspektrums in verschiedenen Höhen bis 9000 m. *Ber. d. D. Phys. Ges.* 1913, S. 1090. Auszug auch *Meteor. ZS.* 1914, S. 192.

Besprechungen.

Krische, Paul, Das Kali. Die Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. 1. Teil: Die Geschichte der Kalisalze, die Entwicklung der deutschen Kaliindustrie und die Verbreitung des Kaliums in der Natur (Kaliquellen). Stuttgart, Ferd. Enke, 1923. XII, 382 S., 22 Abbild. und 46 Tabellen und Pläne. Preis Gz. 15.

Die Quellen des Schrifttums über das Kali fließen im allgemeinen nicht sehr reichlich; um so lieber darf eine zusammenfassende Übersicht wie die vorliegende, noch dazu von einem bestens berufenen Verfasser, begrüßt werden.

So mannigfaltig die Rolle ist, die das Element Kalium als Gesteinsbildner, als Baustein im Pflanzen-

und Tierkörper und als Mittler industrieller Geschehnisse spielt, so bunt und wechselvoll ist auch seine Geschichte, und man kann dem Verfasser die Anerkennung nicht versagen, daß es ihm im allgemeinen gelungen ist, den zwar anziehenden, aber oft auch spröden Stoff zu meistern und dem Leser gut gegliedert und gruppiert nahezubringen, wenn freilich auch hier und da kleine Lücken und Unstimmigkeiten stehen geblieben sein mögen. Daß das Kali nach Seite 1 Zeile 2 auch mit Namen gekennzeichnet schon in „prähistorischer“ Zeit bekannt gewesen sein soll, kann wohl nicht gut behauptet werden, und es sollte wohl heißen: „vor unserer Zeitrechnung“. Wenn weiter in der Geschichte des Kaliums (des Metalls) mitgeteilt wird, daß es (das Kalium!) bei den Seifen- und Glasmachern

Verwendung fand, so kann das bei Laien zu schweren Mißverständnissen führen. Einigem Zweifel dürfte auch die Seite 118 wiedergegebene Auffassung begegnen, daß Kunstdünger früher angewendet sein soll als Stallmist, Jauche u. dgl. In den im übrigen mit dankenswerter Vollständigkeit zusammengestellten Notizen über die Geschichte der einzelnen Kaliverbindungen hätte auch das Kaliwasserglas ein Plätzchen finden dürfen, zumal so abliegende Körper wie Phosphorkalium und Kohlenstoffkalium der Ehre der Erwähnung nicht entgangen sind. Nur beiläufig und zur Vermeidung von historischen Irrtümern sei darauf hingewiesen, daß auf Seite 17 wohl der Druckfehlerteufel für den Baubeginn der ersten Kalischächte in Staßfurt das Jahr 1856 eingeschmuggelt hat, während Seite 45 richtig die Jahre 51, 52 angibt.

Zur Geschichte der Geologie und Physik der Kalisalzlager erscheint uns zu unrecht die Barrentheorie von *Ochsenius* als abgetan betrachtet zu werden, denn sie ist noch immer trotz gewisser kritischer Einwände besser als alle späteren Erklärungsversuche geeignet, die organischen Salzablagerungen in Übereinstimmung mit *van't Hoff's* klassischen Untersuchungen zu erklären.

Bis zur Aufschließung der Staßfurter Salzlager befand sich die Kaliindustrie gleichsam in einem embryonalen Zustande. Die dann einsetzende Entwicklung, namentlich der vielen Kartelle, des Absatzes usw. konnte wohl kaum jemand besser in solcher Vollständigkeit darstellen als der Verfasser, dem als Bibliothekar des Kalisyndikates dessen reiche Archive und seine wohl unbestritten vollständigste Sammlung der einschlägigen Literatur ungesucht und dauernd zur Verfügung stehen. Bei alledem wird es nicht immer leicht sein, dem Verfasser bei seinem Bemühen nach genauer Gliederung zu folgen, denn ein Vordringen bis zu einem „sechsten Vollsyndikat“ gleichzeitig als „siebente Syndikatsperiode“, „neuntes Syndikat“ und „achtes Verkaufssyndikat“ wird nur wenigen ohne Verwirrung beschieden sein, die nicht selbst einen großen Teil der Entwicklung mit erlebt haben.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die sehr wertvollen Mitteilungen über die im besten Sinne muster-gültigen Einrichtungen der Propagandaabteilung und Agrikulturbedeileung des Kalisyndikates, deren Arbeitsstätten sich über den ganzen Erdball erstrecken, und die vielleicht gerade deshalb sich sehr bedeutsamer Erfolge zu erfreuen hatten, weil sie sich nicht von plump vordringlichen geschäftlichen, sondern mehr von vornehm wissenschaftlichen Gesichtspunkten haben leiten lassen. Im gleichen Geiste ist auch eine seit vielen Jahren vom Kalisyndikat unter Redaktion des Verfassers herausgegebene gut ausgestattete Zeitschrift „Die Ernährung der Pflanze“ gehalten.

Eine erst 1919 gegründete an das Kalisyndikat angegliederte „Kaliforschungsanstalt“ in Staßfurt hat sich leider von engherzigen geschäftlichen Interessen bisher nicht freizumachen gewußt, und ihre im gemeinen gepflegten Arbeiten werden deshalb, trotzdem sie von ausgezeichneten und bewährten Männern geleitet werden, die Stagnation, in die die Technik der Kalisalzverarbeitung nach *Kain* eingetreten sein soll (Seite 117), vielmehr verewigen statt sie zu überwinden, denn lebendige und lebensfähige Fortschritte werden letzten Endes nur erreicht in kräftiger Fühlungnahme mit der großen wissenschaftlichen Welt.

Die mit dem Jahre 1910 einsetzenden Experimente, eine gesetzliche Regelung der Kaliwirtschaft zu schaffen, eröffnen für viele Kenner der Verhältnisse mancherlei unerfreuliche Ausblicke, ebenso wie die Wut der Gesetzesmacherei auf anderen Gebieten, und

wir möchten nicht glauben, daß die in neuester Zeit angestrebte planwirtschaftliche Regelung geeignet ist, eine produktivere „überflüssige Zwiste, Vorurteile, Mißverständnisse ausschaltende Zusammenarbeit von Arbeitgebern und Arbeitnehmern zum Vorteil der Allgemeinheit und der Produktivität der Industrie“ zu erreichen. Jedenfalls hat die ältere Kaliindustrie sehr ansehnliche, z. T. unübertroffene Einzelleistungen zu verzeichnen gehabt, als man von Horizontal- und Vertikalwirtschaft und all den schönen Schlagworten noch nichts wußte.

Den Beschluß des vorliegenden Bandes bildet eine sehr wertvolle und in ihrer Vollständigkeit bisher nicht erreichte Zusammenstellung der natürlichen Kaliquellen und daran anknüpfend der vielfachen meist von geringem Erfolge begleiteten Versuche einer Verwertung jener Quellen. Beiläufig bemerkt, beträgt der Kalivorrat unserer Ozeane nicht 450 Millionen, sondern 450 Billionen Tonnen Kali (Seite 347).

Alles in allem reiht sich das neue Buch würdig den vielen Veröffentlichungen des sachkundigen und feder-gewandten Verfassers an. Um so mehr sind die hier und da stehen gebliebenen und z. T. schon erwähnten Flüchtigkeiten zu bedauern; Ausdrücke aber wie „die kochsalzhaltige Grenze“ (Seite 215) und „der schwefelsaure Gehalt“ (Seite 219), auch der „salzsaure Chlor-kalk“ (Seite 40) wirken wie Tintenkleckse in einem sonst ordentlich geschriebenen Manuskript.

K. Kubierschky, Eisenach.

Arndt, Kurt, Handbuch der physikalisch-chemischen Technik für Forscher und Techniker. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1923. XV, 886 S. und 658 Abbildungen. 16 × 25 cm. Preis Gz. 28,50.

Während die bekannten Werke von *Ostwald-Luther* und *Roth* in erster Linie dem Hochschulunterricht dienen, soll das Arndtsche Handbuch ein Berater für die Methodik wissenschaftlicher und technischer Untersuchungen physikalisch-chemischer Natur sein. Es ist nicht für den Lehrling bestimmt, der durch Übungsaufgaben die gebräuchliche Versuchstechnik kennen lernen will, sondern für Gesellen und Meister, die es verstehen, aus dem vorhandenen Handwerkszeug das für ihre besonderen Zwecke Geeignete herauszusuchen. Damit ist schon gesagt, daß der Verfasser auf eine kritische Verarbeitung des Stoffes im allgemeinen verzichtet hat und sich objektiv referierend verhält. — Die praktische Ausführung der Verfahren, der Aufbau und die Handhabung der Apparate sind hierbei durchaus in den Vordergrund gerückt, während die Theorie nur gelegentlich gestreift, nirgends erschöpfend behandelt wird. — Der Verfasser war sich darüber klar, daß er bei der Abgrenzung des Stoffes gegen die Chemie einerseits, gegen die Physik andererseits nicht allen Wünschen und Bedürfnissen gerecht werden konnte, und hat nach bestem Können eine mittlere Linie einzuhalten versucht.

Nach einem kurzen, aber nicht unwichtigen Abschnitt (6—35) über „Handfertigkeiten“ schildert der erste Hauptteil (35—186) des Werkes die Hilfsgeräte und ihren Gebrauch; hierunter sind verstanden Heizvorrichtungen, Pumpen aller Art, Thermostaten, Rührer und Druckregler. Den Kern des Werkes bildet der 2. Hauptteil (187—860): „Meßgeräte und ihr Gebrauch“; sie werden in den folgenden Abschnitten behandelt: Masse — Länge — Fläche — Raum — Dichte; Gas-, Teil- und osmotische Drucke; Löslichkeit; Zeit; Temperatur (Schmelzpunkt und Kochpunkt); Wärmemenge; Spezifische Wärme; Zähigkeit; Oberflächen-spannung; Diffusion; Elektrischer Leitwert; Dielektri-

zitätskonstante; Überführungszahl; Coulometer; Elektrische Spannungen (EMK); Optische Messungen. Man sieht, die Ordnung ist vorwiegend nach physikalischen Gesichtspunkten erfolgt.

Auf die Schwächen der Arndtschen Darstellung hat bereits bei der Besprechung der ersten Auflage (Naturwissenschaften 3, 1915, 610) ein sachverständiger Berichterstatter hingewiesen. Sie liegen vor allem darin, daß der Umfang einzelner Abschnitte nicht immer der Bedeutung des behandelten Gegenstandes angepaßt ist und daß mancherlei fehlt, was man in einem Handbuche nicht vermissen möchte. Auch die neue Auflage, in der „viele Neue hinzugefügt, wenig fortgelassen und einige Teile gründlich umgeformt“ sind, ist von diesen Mängeln nicht frei, und es muß befremden, daß man — abgesehen von der absichtlich fortgelassenen Radioaktivität — auch kein Wort von der Technik der Reaktionsgeschwindigkeiten oder der Röntgenspektroskopie findet. Trotzdem muß anerkannt werden, daß Arndt eine sehr fleißige und wertvolle Arbeit geliefert hat; ein ungemein großes, z. T. schwierig verständliches Material ist hier gesammelt, geordnet und meistens auch klar und verständlich dargestellt, so daß dem Forscher in vielen Fällen ein Zurückgreifen auf die Originalabhandlung erspart wird. Daß ein Einzelner die große Arbeit, die in diesem Werke steckt, auf sich genommen und erfolgreich durchgeführt hat, muß besonders anerkannt werden in einer Zeit, die den Wert literarischer Leistungen weder ideell noch materiell richtig einzuschätzen geneigt ist.

Das Beispiel einiger großer Experimentatoren, die der Schreibtischarbeit abgeneigt waren, hat — in der Chemie wenigstens — zu der weit verbreiteten Meinung geführt, daß experimentelle Betätigung wesentlich höher zu bewerten sei als „Bücherschreiben“; demgegenüber darf man auf Berzelius, Liebig oder Ostwald hinweisen, die durch ihre Schriften Wissenschaft und Technik nicht weniger gefördert haben als durch ihre experimentellen Arbeiten. Nun ist nicht jeder, der Bücher schreibt, ein Liebig; aber auch nicht jeder, der Versuche macht, ist ein Berzelius. Eine gerechte Würdigung der literarischen Arbeit — sofern sie gut ist — könnte dem Wissenschaftsbetriebe manche wertvolle Kraft zuführen, die jetzt brach liegt; sie würde aber auch dazu beitragen, den Stand der literarischen Produktion zu heben.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Deite, C. †, und J. Kellner, Das Glycerin. Gewinnung, Veredelung, Untersuchung und Verwendung sowie die Glycerinersatzmittel. Berlin, Julius Springer, 1923. VIII, 449 S. und 78 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis Gz. 14.

In einem stattlichen Bande von mehr als 400 Seiten und geziert mit mehr als 70, teilweise vorzüglich ausgeführten Abbildungen, liegt eine Monographie über das Glycerin und seine Ersatzmittel vor. Die erste seit langer Zeit. Verantwortlich zeichnen für das Werk die rühmlichst bekannten Spezialkenner dieses Gebiets, der unlängst verstorbene Dr. C. Deite und der bekannte technische Leiter der Schichtwerke, Herr J. Kellner. Das Werk erfüllt ein seit langem vorhandenes Bedürfnis. Die Kenntnis des Glycerins, seiner Erzeugung, seiner Reinigung und seiner Verwendung ist für eine sehr große Anzahl von Berufen heute unentbehrlich geworden. In verhältnismäßig kurzer Zeit hat das Glycerin eine derartige Bedeutung für die Industrie und auch für den Handel gewonnen, daß schon in Friedenszeiten der Gesamtumsatz in diesem Artikel auf mehr als 30 Millionen Dollar geschätzt werden konnte. Unzählige Industrien, allen voran natürlich die Sprengstoffindustrie, verwenden das Glycerin in seinen verschie-

denen Reinheitsgraden, und der Konsum würde wahrscheinlich ein noch viel größerer sein, wenn sich nicht spekulative Elemente des Artikels bemächtigt und damit seine Preisstellung stark beeinflusst hätten.

Aus alledem geht hervor, von wie großer Bedeutung es für zahlreiche Industriezweige sein mußte, endlich einmal ein den modernsten Anforderungen Rechnung tragendes Kompendium über Wesen und Verwendung des Glycerins in Händen zu haben. Das Deite-Kellner-Werk faßt seine Aufgabe sehr weit. Es beschränkt sich nicht nur auf die Schilderung der Eigenschaften, der Untersuchungsmethoden und der Verwendungsart des Glycerins, sondern es beschreibt auch die Ausgangsmaterialien, aus welchen das Glycerin in Großbetrieben gewonnen wird, mit größter Ausführlichkeit. Nach einer kurzen Einleitung über die Geschichte der Glycerinfabrikation gehen die Verfasser zu einer Beschreibung aller für die technische Gewinnung von Glycerin erforderlichen Fette und Öle über. So findet der Seifenfabrikant und der Stearinfabrikant, bei welchem ja das Glycerin in erster Linie als Nebenprodukt abfällt, alles Wissenswerte über die Natur seiner Rohmaterialien zusammengestellt. Daß dabei stets auf die Frage der Glyceringewinnung besondere Rücksicht genommen und z. B. bei jedem Fett die zu erwartende Ausbeute an Glycerin mitgeteilt wird, erscheint selbstverständlich. Aber nicht nur auf die Schilderung der Ausgangsmaterialien beschränken sich die Verfasser, sondern die Untersuchung der Fette und Öle wird kurz, aber erschöpfend beschrieben.

Nach dieser ausführlichen Einleitung gehen die Verfasser auf die verschiedenen Methoden der Glyceringewinnung über. Bis zu den neuesten und modernsten Verfahren, selbst wenn diese mehr von theoretischem als praktischem Interesse sind, werden alle Methoden der Glyceringewinnung systematisch und kritisch abgehandelt. In einem besonderen Kapitel werden sie ihrem Werte nach verglichen und gegenübergestellt. Anhangsweise werden auch die im Kriege gefundenen und ausgearbeiteten Methoden der Glyceringewinnung durch Gärung abgehandelt, auch die rein theoretischen Verfahren zur Erzeugung von synthetischen Glycerinen gestreift.

Im nächsten Abschnitt wird die Verwendung der Glycerine beschrieben: die Raffination und die Destillation. Erstere, welche praktisch kaum mehr Anwendungen finden dürfte, nimmt vielleicht einen etwas allzubreiten Raum ein, denn es dürfte kaum mehr eine moderne Glycerinfabrik geben, welche sich mit der Raffination von Rohglycerin durch Knochenkohle und der umständlichen Wiederbelebung dieses Raffinationsmaterials beschäftigt. Mit gebührender Ausführlichkeit dagegen sind die verschiedenen Destillationsverfahren abgehandelt. Eine Zusammenstellung der Anforderungen der diversen Arzneibücher ist für den Fachmann besonders dankenswert, und es ist nicht ohne Interesse, zu vergleichen, in wie verschiedener Weise die diversen Länder den Reinheitsgrad der Glycerine prüfen. Besonders geführet sind nach dieser Richtung hin die englische und die japanische Pharmacopöe. Im nächsten Abschnitt werden die verschiedenen Untersuchungsmethoden des Glycerins besprochen. Hier wäre vielleicht eine Kritik der diversen Verfahren erwünscht gewesen. Die Verfasser beschränken sich darauf, die verschiedenen Methoden der Reinheitsprüfung nacheinander abzuhandeln. Es ist dabei Rücksicht darauf genommen, daß auch der chemische Laie (Laborant oder dergl.) die Untersuchungen mit gebührender Genauigkeit vornehmen kann, auch der kleinste Handgriff ist auf das anschaulichste beschrieben.

Im letzten Abschnitt endlich wird über die Verwendung des Glycerins und seiner Ersatzmittel gehandelt.

In Anlehnung an eine alte Veröffentlichung der früher recht bedeutenden Glycerinfabrik Eisenbüttel in Braunschweig werden ca. 30 verschiedene Anwendungsformen des Glycerins besprochen. Manche davon sind in einer modernen Zeit an Bedeutung zurückgetreten, andere dagegen hätten vielleicht etwas ausführlicher durchgesprochen werden können, z. B. ist die Verwendung des Glycerins in der Tabakfabrikation von so hervorragender Wichtigkeit geworden, daß vielleicht einige Worte mehr darüber von den Verfassern hätten gesagt werden können. Man geht wohl nicht fehl, wenn man die Verwendung des Glycerins in der Tabakindustrie als die zweit wichtigste nach der Verwendung in der Sprengstoffindustrie anspricht.

Eine kurze Besprechung der Glycerinersatzmittel bildet das Schlußkapitel des Werkes. Ein vollständig zusammengestelltes Namen- und Sachverzeichnis erleichtert das Nachschlagen. Alles zusammengefaßt, kann nur wiederholt ausgesprochen werden, daß das Deite-Kellner-Werk einem vielfach zutage getretenen Bedürfnis entspricht und sicherlich sowohl in den Kreisen der Glycerinfabrikanten wie in den Kreisen der Glycerinkonsumenten zahlreiche Freunde gewinnen wird.

W. Coanstein, Berlin.

Gesammelte Abhandlungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922. 518 S.

Es ist eine allgemeine und wichtige Frage, wie man den immer breiter und mächtiger werdenden Strom der Naturwissenschaften in einem tiefen Bett zusammenhält und verhütet, daß er nicht in unzähligen Bächen und Rinnsalen versickert. Die Gefahr, daß die Zersplitterung in Einzelfächer immer stärker wird und der Zusammenhang zwischen diesen immer lockerer, ist vorhanden und muß bekämpft werden, ohne daß man die Vorteile des ausgesprochenen Fachwissens, Gründlichkeit und Genauigkeit, dabei opfert. Hier haben die Forschungsinstitute eine Aufgabe, für die sie besonders geschaffen sind. Denn in ihnen arbeiten meist Fachleute oft recht verschiedener Richtung, und allein die räumliche Nähe bringt es leicht mit sich, daß sie sich gegenseitig anregen, Nachbargebiete näher vor die Augen gerückt erhalten und so einen weiteren Ausblick gewinnen. Und ganz besonders gilt dies von den Forschungsinstituten, die sich bestimmten technischen Fragen widmen. Denn soll die Wissenschaft wirklich und gründlich die Industrie befruchten und fördern, so darf sie nicht zu einseitig sein. Eintechnischer Prozeß läßt sich selten von einem einzigen Fachgebiet aus verstehen und erklären. Der sogenannte Gegensatz zwischen Theorie und Praxis beruht vielfach darauf, daß die Theorie allzu einseitig den verschiedenen Stufen des technischen Prozesses nicht gerecht wird: Der Theoretiker sucht etwa alles vom Standpunkte der Phasenlehre aus zu erklären und übersieht, daß die schlechte Filtrierbarkeit eines Niederschlages entscheidend ist, ein Mangel, der sich am Ende nur durch Berücksichtigen kolloidchemischer Einflüsse beheben läßt.

Gedanken dieser Art werden geweckt, wenn man den Band gesammelter Abhandlungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie aus den Jahren 1920 bis 1922 durchblättert und von neuem überrascht ist, wie hier versucht wird, auf der breitesten Grundlage die Theorie für die Praxis auszubauen. Auf der einen Seite organisch-chemische Untersuchungen von *Bergmann* und seinen Mitarbeitern, die mit der Erforschung des feineren Baues der Zucker den Weg zum Verständnis der Zellulose bahnen. Die Aufklärung der Konstitution des Glukals ragt als bemerkenswertes Ergebnis hervor. Auf der anderen Seite rein physikalische Versuche, in die Struktur der Faser mit Hilfe der Röntgenspektroskopie einzudringen. Hier sind als besondere Erfolge zu verzeichnen: *Herzog* und *Jancke* konnten gleichzeitig mit *Scherrer* nachweisen, daß die Mizellen der Zellulose kristallinisch sind, und *Polanyi* und seinen Mitarbeitern gelang es, die charakteristischen Röntgenspektrogramme, die durch die Faserstruktur verursacht werden, aufzuklären. Versuche an Metalldrähten, sowohl gezogenen Drähten wie Einkristallfäden, gehen nebenher. Das Röntgenogramm der ersteren bestätigt die Theorie der Faserstruktur. Die höchst eigenartigen Erscheinungen beim Dehnen von Einkristalldrähten, die sich dabei je nach der Gleitebene bandartig ausziehen lassen, lehren, wie man beim Dehnen von Fasern nicht nur mit einer Verschiebung der Kristallite rechnen muß, sondern auch mit wichtigen Veränderungen an den einzelnen Kristalliten selbst. Daß die Frage nach der Dehnbarkeit der Fasern, noch mehr als die nach ihrer Reißfestigkeit, für ihr ganzes Verhalten nach der technologischen Seite hin bedeutsam ist, leuchtet ein.

Es liegt in der Natur der Sache, daß diese technologischen Arbeiten des Instituts in der Sammlung von Abhandlungen weniger zur Geltung kommen. In welcher Richtung sie sich zum Teil bewegen, geht aber namentlich aus dem letzten Aufsatz des Bandes, einem Vortrag von *Herzog*, hervor. Hier wird u. a. geschildert, wie man mit Hilfe geeigneter Prüfverfahren zahlenmäßig die Eigenschaften der Fasern, vor allem die der Wolle, und der aus ihnen hergestellten Tuche zu fassen vermag, etwa die Dehnbarkeit, die Abreibbarkeit u. a. m. Man gewinnt so die Möglichkeit, die Fabrikation zu verfolgen und sie zu verbessern, sobald man die Ursache der wünschenswerten Eigenschaften sichergestellt hat.

Man kann nur von Herzen wünschen, daß das Institut mit ähnlichem Erfolge weiter arbeiten wird, trotz der Schwierigkeiten, die sich in der Zukunft auftürmen. Gut und tröstlich bleibt es, daß die Lebenskraft der Naturwissenschaften unvernichtet ist. Selbst in den Ländern, die am schlimmsten unter den Stürmen der Zeit leiden und gelitten haben, keimen sie von neuem empor, wenn die Trümmer der Zerstörung kaum weggeräumt sind. Der Drang nach Erkenntnis und nach einem Bemeistern der Natur ist eben nicht nur eine Freude, die sich Einzelne gönnen dürfen, sondern eine Notwendigkeit, von der das Leben von Millionen abhängt.

H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Zur Auffassung des Raumbegriffes.

In dem 34. Hefte der Naturwissenschaften hat Herr *Seeliger* einen beachtenswerten Vorschlag zu einer „neuen“ Auffassung des Raumbegriffes gemacht. Für den Leserkreis der Naturwissenschaften dürfte vielleicht der Hinweis von Interesse sein, daß vor reichlich zwanzig Jahren *Eduard von Hartmann* in seinen leider

viel zu wenig bekannten erkenntnistheoretischen Schriften einen Raumbegriff entwickelt hat, der in seinen Hauptmerkmalen mit dem von Herrn *Seeliger* vorgeschlagenen übereinstimmt.

In seiner Kategorienlehre sowie in dem naturphilosophischen Teil seines „Systems der Philosophie im Grundriß“ und in der „Weltanschauung der modernen

Physik“ behandelt *E. v. Hartmann* im Zusammenhang mit seiner dynamischen Weltanschauung auch das Raumproblem. *E. v. Hartmann* denkt sich die Materie oder die Körper aus Urbestandteilen, er nennt sie Dynamiden, zusammengesetzt. Diese Uratome oder Dynamiden sind zwar auf bestimmte Punkte als ihre Kraftzentren bezogen, ihrer Realität nach aber nicht in diesen Punkten enthalten. Vielmehr ist das wesentliche Merkmal jeder Dynamide ihre Kraftäußerung nach außen. Nach der Art ihrer Kraftäußerung unterscheidet *E. v. Hartmann* zwei Arten von Dynamiden, anziehende und abstoßende, aus denen dann erst die Körper- und Ätheratome¹⁾ zusammengesetzt sind. Man könnte, diese Gedankenbildungen der modernen Atomtheorie anpassend, etwa die beiden von *E. v. Hartmann* angenommenen Gruppen von Dynamiden mit dem positiven Wasserstoffkern und dem Elektron identifizieren. Diese Dynamiden — das ist nun das interessanteste Bestandstück des von *E. v. Hartmann* vertretenen Dynamismus — diese Dynamiden finden den Raum nicht als leere Form vor, sondern setzen den

¹⁾ Hierbei muß man bedenken, daß zu der Zeit, wo *E. v. Hartmann* seine naturphilosophischen Ansichten niederschrieb, durch die Erfolge der elektromagnetischen Lichttheorie die Existenz eines polarisierbaren Äthers sozusagen handgreiflich bewiesen zu sein schien. Die Ätherhypothese wurde ja erst durch *Einsteins* relativitätstheoretische Betrachtungen erschüttert.

Raum, indem sie ihn dynamisch erfüllen. So sind alle Dynamiden ineinander, sie durchdringen sich, obwohl sich ihre Kraftzentren nicht decken. Den Raum, der von einer Dynamide dynamisch erfüllt wird, ihr Wirkungsgebiet also, könnte man in moderner Ausdrucksweise als ihr Kraftfeld bezeichnen. Da nun streng genommen das Kraftfeld jeder Dynamide unendlich groß ist, so ist auch der dynamisch erfüllte Raum potentiell unendlich, wird aber erst durch das Aufeinanderwirken der vielen Dynamiden actualisiert. Daher umfaßt der aktuelle oder physikalisch wirkliche Raum die Gesamtheit der Dynamiden und ist endlich, weil aus physikalischen Gründen die Gesamtheit der Dynamiden endlich ist. Seine Grenze gegen den potentiell unendlichen Raum ist aber fließend, weil durch die Bewegung der Grenzatomie in den möglichen Raum hinein wieder neuer möglicher Raum actualisiert wird.

Auf eine Schwierigkeit, die dem Raumbegriff *E. v. Hartmanns* und in gleicher Weise auch dem des Herrn *Seeliger* anhaftet, sei hier noch zum Schluß hingewiesen. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie ist der Raum sphärisch. Es müßte demnach gezeigt werden können, daß der Wirkungsbereich einer Dynamide oder das Kraftfeld eines Körpers ebenfalls die Eigenschaft eines sphärischen Raumes besitzt.

Berlin-Charlottenburg, 1. September 1923.

Max Faerber.

Astronomische Mitteilungen.

Die Leuchtkraftfunktion bei Sternhaufen und Milchstraßenwolken. Die Verteilung der Sterne im Milchstraßensystem wird durch die Angabe der räumlichen Sternedichte an jeder Stelle zusammen mit der relativen Häufigkeit der Sterne verschiedener absoluter Leuchtkraft, der *Leuchtkraftfunktion*, festgelegt. Bei der Darstellung der Sternverteilung in großen Zügen hat die Leuchtkraftfunktion im ganzen Sternsystem als konstant angenommen werden können. Wieweit eine solche Konstanz auch innerhalb kleinerer Gebiete besteht, bedarf besonderer Untersuchung; in einer Reihe von Fällen, bei *Sternhaufen* und *Milchstraßenwolken*, sind starke Abweichungen nachgewiesen worden. In einer neuen Arbeit hat nun *A. Pannekoek*¹⁾ für eine weitere Anzahl solcher Gebilde geprüft, ob die Leuchtkraftfunktion bei diesen dieselbe ist, wie die von *Kapteyn* für die Umgebung der Sonne aufgestellte. Die hierbei angewendete Methode stützt sich auf die Abzählungen der Sterne verschiedener scheinbarer Helligkeit und auf die Gesamthelligkeit der einzelnen Sternhaufen oder Wolken.

Von *Kugelsternhaufen* ist Messier 3, von *offenen Sternhaufen* Messier 11, 37 und 35 behandelt. Bei Messier 3 entspricht die prozentuale Häufigkeit im wesentlichen der Leuchtkraftfunktion *Kapteyns*, während bei den drei offenen Sternhaufen nur Sterne hoher absoluter Leuchtkraft vorhanden sind. Zwergsterne kommen in geringer Zahl vor; bei Messier 35 allerdings sind sie bedeutend häufiger als bei den beiden anderen Sternhaufen.

Ergänzend sei an dieser Stelle bemerkt, daß auch Referent die Sternverteilung in einem *Kugelsternhaufen*, in Messier 13, eingehender untersucht hat. Die Häufigkeit der Sterne innerhalb der scheinbaren Größen 12 bis 17 ergab denselben Verlauf, wie die der

absoluten Größen — 6 bis — 1 bei *Kapteyn*. Schwächere Sterne finden sich dagegen bedeutend häufiger vor, als es dem Verlauf der *Kapteynschen* Funktion entspricht. Aus dem teilweise übereinstimmenden Verlauf der Leuchtkraftfunktion in verschiedenen Bereichen des Sternsystems darf man jedoch keineswegs auf deren Identität schließen; bei Messier 13 z. B. ist nicht ohne weiteres die Annahme zulässig, daß der scheinbaren Größe 12 an der Sphäre die absolute Größe — 6 zugehört, woraus sich die Entfernung von Messier 13 ergeben würde. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen vielmehr nur, daß in den Kugelsternhaufen das *Mischungsverhältnis der hellen und schwächeren Sterne* (soweit letztere mit den heutigen Mitteln erfaßbar sind) *ähnlich* dem in der weiteren Umgebung der Sonne ist. Bei den offenen Sternhaufen weicht jedoch die relative Häufigkeit stark davon ab.

Bei den *Milchstraßenwolken* findet man teilweise, z. B. bei der großen Wolke im Scutum, ebenfalls eine ähnliche Leuchtkraftfunktion wie in der Umgebung der Sonne. Häufiger aber entspricht die Verteilung verschieden heller Sterne derjenigen in den offenen Sternhaufen. Eine frühere Untersuchung des Referenten²⁾ konnte dies bereits für die große Cygnuswolke nachweisen; *A. Pannekoek* findet dieselben Verhältnisse auch für die Sternwolke in Aquila-Sagitta und für die kleine Maghellansche Wolke.

Beobachtungen der Milchstraße. Aus den vorhergehenden Ausführungen geht die hohe Bedeutung von Beobachtungen der Helligkeit der Milchstraße und von Sternabzählungen in dieser zur Ergründung des räumlichen Aufbaus des Milchstraßensystems hervor. Zwei neue Veröffentlichungen, die hierher gehören, geben besonders wertvolles Material. Die Sternwarte in Leiden hat die überaus sorgfältigen *Zeichnungen der nördlichen Milchstraße* herausgegeben, die *Julius*

¹⁾ *A. Pannekoek*, Luminosity function and brightness for clusters and galactic clouds. *Bullet. of the Astronomical Institutes of the Netherlands* Vol. II, Nr. 42, 1923.

²⁾ *Astron. Nachr.* 216, 325, 1922.

*Schmidt*³⁾ in den Jahren 1864—76 als Direktor der Sternwarte in Athen ausgeführt hat, und die sich bisher unveröffentlicht in Potsdam befanden. *A. Pannekoek*, der eine Einführung zu diesen Zeichnungen gegeben hat, rechnet sie unter die vorzüglichsten Darstellungen der Milchstraße. Die Schmidtschen Karten sind besonders reich an Einzelheiten und enthalten an einigen Stellen Details, die sich bei keinem anderen Beobachter finden. Vor allem reicht die Darstellung bis 45° südlicher Breite, umfaßt also die für das Studium der Milchstraße so wichtigen Teile in Sagittarius und Scorpius.

Mit einem Teil dieser südlichen Milchstraßengegend beschäftigt sich auch eine Untersuchung von *S. Bailey*⁴⁾. Auf der Filialsternwarte des Harvard College Observatory in Arequipa (Peru) hat *Bailey* eine große Anzahl photographischer Aufnahmen der südlichen Milchstraße hergestellt. Für eine Fläche von einem Quadratgrad im Sagittarius ($\alpha = 18^h 8,5^m$; $\delta = -30,0^\circ$ [1900]) wurde nun die Anzahl der Sterne bis zur untersten mit dem 24zölligen Bruceteleskop erreichbaren Größenklasse gezählt, und als Vergleich auch dieselben Abzählungen am südlichen galaktischen Pol ausgeführt. Die ausgewählte Milchstraßengegend ist eine der sternreichsten, und ihre Flächenhelligkeit ist nach der Karte von *Julius Schmidt* besonders groß. Es ist wohl von Interesse, die für das angegebene Milchstraßenfeld und für den Pol der Milchstraße gefundenen Sternzahlen hier einander gegenüberzustellen. Sie beziehen sich auf die Fläche von einem Quadratgrad und auf die beigefügten Helligkeitsintervalle von je einer Größenklasse (siehe Tabelle).

Größenklasse	Anzahl der Sterne	
	in der Milchstraße	am galakt. Pol
< 9,5	6	3
9,5 — 10,5	15	5
10,5 — 11,5	37	6
11,5 — 12,5	63	17
12,5 — 13,5	228	31
13,5 — 14,5	1151	38
14,5 — 15,5	6850	46
15,5 — 16,5	12 750	79
16,5 — 17,5	17 900	152
17,5 — 18,5	19 800	136
18,5 — (19,5)	3 500	49

Man erkennt aus diesen Zahlen, daß das Phänomen der Milchstraße gerade durch die starke Anhäufung sehr schwacher Sterne vorwiegend bedingt ist, die in der abgezählten Gegend in besonders reicher Zahl vorhanden sind. Die längsten Aufnahmen gehen bei 6 Stunden Belichtung bis zur Größe 19,2 (61 595 Sterne im Quadratgrad). Die Zahlen der letzten Reihe sind also unvollständig. Die vorhergehenden Werte zeigen für die Milchstraße ein außerordentlich rasches Anwachsen der Sternzahlen besonders von der 13. bis 15. Größenklasse. Das Verhältnis aufeinanderfolgender

³⁾ Dessins de la voie lactée faites à Athènes par *J. Fr. Julius Schmidt* dans les années 1864—1876. Avec une introduction par *A. Pannekoek*. *Annalen der Sternwarte zu Leiden XIV*, 2. Stück, 1923.

⁴⁾ *S. J. Bailey*, Comparison of a milky way field with one at the south galactic pole. *Harvard College Observatory Circular* 242, 1922.

Werte steigt bis zu 6,0 an. Für noch schwächere Sterne nimmt das Verhältnis wieder stark ab. Man hat es hier mit einer ausgesprochenen Wolkenbildung zu tun, wie auch die Flächenhelligkeit bei *Julius Schmidt* erkennen läßt.

Diesem speziellen Fall fügt *S. Bailey* noch einige allgemeinere Bemerkungen über die Milchstraßenstruktur hinzu. Die dunkeln, sternarmen Flächen der Milchstraße scheinen mit ganz schwach und unregelmäßig leuchtenden Nebelmassen erfüllt, auf deren absorbierende Wirkung im wesentlichen das Fehlen der Sterne zurückzuführen ist. Das außerordentlich vielgestaltige Aussehen der Milchstraße ist also durch vorgelagerte absorbierende Wolken ganz wesentlich bestimmt. Ob diese Materie sich auch außerhalb der Milchstraße ausbreitet, lassen die Arequipa-Aufnahmen nicht erkennen.

A. Kopff.

Die Verteilungsfunktion der Sterngeschwindigkeiten müßte, wenn das Sternsystem sich in einem statistischen Gleichgewichtszustand befände, die bekannte Maxwell'sche sein von der Form:

$$F(v) dv = \frac{4h^3}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 v^2} v^2 dv$$

Die tatsächlich beobachteten Bewegungen zeigen aber nicht dies einfache Bild, so daß die Zweischwammhypothese zur Überlagerung zweier Maxwell'schen Verteilungen mit verschiedenen Werten von h ihre Zuflucht nahm, während *Schwarzschild* die Geschwindigkeiten in rein formaler Weise durch ihre Logarithmen ersetzte. Eine Entscheidung darüber zu treffen, welches Verteilungsgesetz in Wirklichkeit gültig ist, ist sehr schwierig, weil wir infolge des Mangels an Parallaxen nicht in der Lage sind, die Sterne zu klassifizieren nach den Raumelementen, denen sie zugehören. *Luyten* macht den Versuch (*Proc. N. A. S. IX*, 191—194), alle Sterne, für die die Parallaxe bisher größer als 0".1 gefunden wurde, zur Ableitung des fraglichen Gesetzes heranzuziehen. Die Zahl dieser Sterne gibt er zu 104 an, darunter 83 mit bekannter Radialgeschwindigkeit. Aus der Diskussion der Totalgeschwindigkeiten nach der Bravais'schen Methode folgt eine Sonnenbewegung von 25 km/sec. gegen den Apex $A = 277^\circ$, $D = +36^\circ$ und für die übrig bleibenden Spezialbewegungen ergibt sich das Verteilungsgesetz in tangentialer sowohl als auch in radialer Richtung vom Schwarzschild'schen Typus:

$$\psi(V) dV = \frac{h \cdot \text{mod}}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 (\log V - \log V_0)^2} \frac{1}{V} dV$$

Die Konstanten sind für die Totalbewegungen: $h = 1,92$, $V_0 = 40,8$ km/sec., für die Transversalbewegungen: $h = 2,39$, $T_0 = 34,7$ km/sec. und die Darstellung der Beobachtungen ist sehr gut. Es fragt sich nur, inwieweit die Resultate sich modifizieren werden, wenn wir erst alle Sterne innerhalb der Kugel vom Radius 10 Sternweiten werden einbeziehen können. *Luyten* schätzt die Zahl dieser Sterne auf 188, greift damit aber vielleicht noch etwas zu tief. Da die noch hinzukommenden Sterne aber in der Hauptsache schwache, also im allgemeinen rasch bewegte Sterne sein werden, andererseits in dem jetzigen Material von den schwachen Sternen gerade die mit den größten Bewegungen bereits stark vertreten sind, wird man *L.* zustimmen können in der Ansicht, daß die Vermehrung des Materials keine wesentlichen Änderungen herbeiführen wird. Man darf sich aber nicht verhehlen, daß uns für ein Gesetz dieser Art vorläufig jegliche physikalische Begründung fehlt.

H. Kienle.