

19. 11. 1925

Stadt-
bücherei
Göttingen

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 46 (SEITE 925-940)

13. NOVEMBER 1925

DREIZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Die Ameisenmimikry. Von ERICH WASMANN, S. J.,
Aachen. (Mit 7 Figuren) 925

Alpine Schuttformen. Von LUDWIG KOEGEL,
München 932

BESPRECHUNGEN:

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung

und ihre Ziele. Dritter Teil, dritte Abteilung,
erster Band: Physik. Von J. Franck, Göttingen 937

ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN:

Über die enzymatische Wirkungsweise des Plas-
mas. Von H. v. EULER, Stockholm 938

CHEMISCHE MITTEILUNGEN: Erinnerung an Robert

Bunsen. Borstickstoff. Goldgehalt des Fluß-
wassers. Reines Beryllium 939

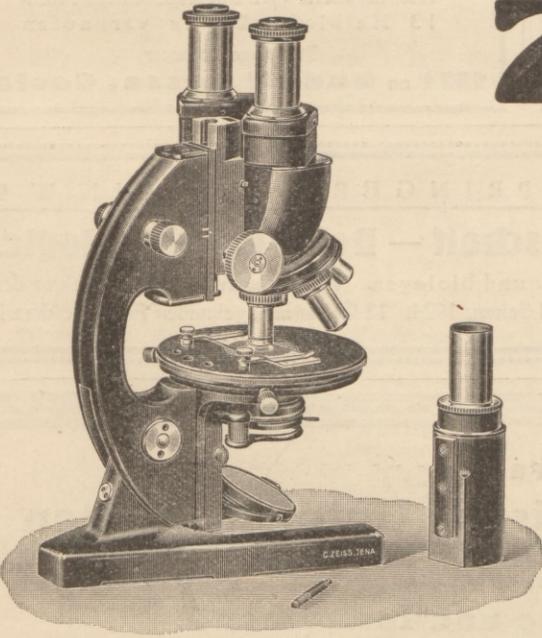
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung

Von Arnold Berliner

Dritte Auflage

Näheres hierüber siehe anliegenden Prospekt!



ZEISS Mikroskope

Neues monobjektiv-binokulares Mikroskop DSA 201

Moderne vollendete Form

Bequeme Handhabe. Große Ausladung
Vermeidung von staubfangenden Kanten und Ecken

Beidäugige Beobachtung

unter Verwendung nur eines Objektives
Schneller Wechsel des binokularen
gegen den monokularen Tubus

Neuer Leuchtbildkondensator

für Dunkelfeld

Für Ausstrichpräparate bzw. für solche Präparate geeignet,
deren Einbettungsmedium einen Brechungsindex über
n_D 1,45 hat. Er ermöglicht die Anwendung der vollen
Apertur aller Mikroobjektive bis zur num. Ap. 1,3 einschließlich.

Preis: RM. 70.—

Druckschriften kostenfrei

Binokulares Mikroskop DSA 201

Preis: RM. 637.—



Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

26

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7.50 Goldmark (1 Gm. = $\frac{10}{42}$ Dollar nordamerikanischer Währung). Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Goldmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

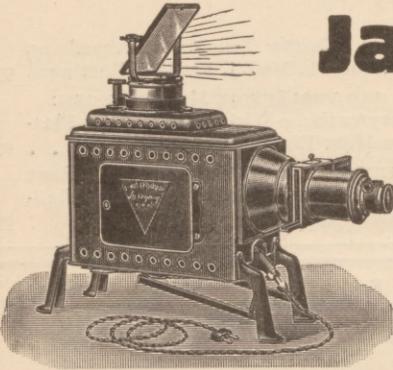
Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite 150 Goldmark, Millimeter-Zeile 0.35 Goldmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigepreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.



Janus-Epidiaskop

(D. R. Patent Nr. 366044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von
Papier- und Glasbildern

An jede elektr. Leitung anschließbar!
Leistung und Preislage unerreicht!

(343)

Größte Auswahl in Lichtbildern!

Ed. Liesegang, Düsseldorf, Postfach 124

Listen frei

Gegründet 1854

Listen frei!



Handwörterbuch d. Naturwissenschaften

10 Bände in Halbleder. Herabgesetzter Preis 280 M., auch in bequemen Monatsraten zu beziehen durch die Fachbuchhandlung Hermann Meusser in Berlin W 57/2, Potsdamer Str. 75.

Auch jedes andere größere Werk kann gegen erleichterte Zahlungsbedingungen geliefert werden. (347)

Allgemeine Naturgeschichte v. Prof. Oken

Hoffmannsche Verl. Buchhdl. Stuttgart 1835
13 Halbleder-Bd. zu verkaufen

Preisangebot unter

1571 an Rudolf Mosse, Goslar

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Pathologie als Naturwissenschaft — Relationspathologie.

Für Pathologen, Physiologen, Mediziner und Biologen. Von Gustav Ricker, Direktor der Pathologischen Anstalt der Stadt Magdeburg. 401 Seiten. 1924. 18 Goldmark, gebunden 19.80 Goldmark

Für

chemische u. biologische Untersuchungen

liefern

Geräte, Apparate und Instrumente

Bernhard Tolmacz & Co., G. m. b. H., Berlin N 4

Die Ameisenmimikry.

VON ERICH WASMANN, S. J., Aachen¹⁾.

Die Mimikry, die täuschende Ähnlichkeit zwischen Tieren verschiedener Arten²⁾, galt noch vor 25 Jahren als ein Hauptbollwerk der Lehre DARWIN'S von der Entstehung der Arten durch Naturzüchtung. AUGUST WEISMANN, der geistvolle Theoretiker der Selektion, widmete ihr ein dreißig Seiten langes Kapitel im I. Band seiner „Vorträge über Descendenztheorie“ (1902), und er bezeichnete daselbst (S. 114) die Nachahmung geschützter Schmetterlinge durch ungeschützte als eine Anpassungserscheinung, die wie keine andere nur durch Selektionsprozesse erklärt werden könne. Später hat dann besonders J. B. POULTON zahlreiche Beiträge zur Mimikry bei Schmetterlingen geliefert, und die „Mimikryringe“ südafrikanischer Tagfalter sind durch R. TRIMEN und G. A. K. MARSHALL berühmt geworden. Allerdings hatte hauptsächlich durch EIMERS „Orthogenesis der Schmetterlinge“ bereits 1897 eine Gegenströmung eingesetzt, welche die Analogien in Färbung und Zeichnung zwischen Lepidopteren verschiedener Gruppen auf unabhängige Entwicklungsgleichheit zurückführen und die Orthogenesis an Stelle der Mimikry setzen wollte; neuerdings ist sie hauptsächlich durch VAN BEMMELENS Studien über die Zeichnungsmuster der Flügel gefördert worden. Die Wahrheit dürfte wohl auch hier ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Extremen liegen: es ist weder alles Selektion noch alles Orthogenesis, weder alles Mimikry noch alles unabhängige Entwicklungsähnlichkeit. Doch soll hier auf die Mimikry bei Schmetterlingen nicht weiter eingegangen werden.

I.

WEISMANN hatte nur auf den Schlußseiten seines Mimikry-Kapitels die täuschende Ähnlichkeit zwischen anderen Insekten kurz berührt und daselbst auch (S. 132) eines kleinen Käfers aus der Familie der Staphyliniden Erwähnung getan, *Mimeciton pulex*, der als „Parasit“ in den Scharen der südamerikanischen Wanderameise *Eciton praedator* lebe und seinen Wirten ganz auffällig gleiche. Ein Parasit der Ameisen ist dieser Käfer

¹⁾ Nach einem auf dem III. Internationalen Kongreß für Entomologie zu Zürich am 24. Juli 1925 gehaltenen Vortrag. Von den Lichtbildern konnte hier nur ein Teil reproduziert werden.

²⁾ HEIKERTINGER will seit 1919 nur einen Teil der hierher gehörigen Erscheinungen *Mimikry* genannt wissen; die übrigen bezeichnet er als *Zoomimese*. Es handelt sich bei dieser Kontroverse, wie aus dem folgenden zu ersehen ist, nicht um einen bloßen Wortstreit, wie H. jetzt vorgibt. (Biol. Zentralbl. 1925, Heft 5, 272 ff.)

allerdings nicht, sondern ein echter Gast, und seine Mimikry ist nicht auf den Gesichtssinn der Wirte, die blind sind, gerichtet, sondern auf deren Fühlertastsinn. Mit dem Spezialgebiet der täuschenden Ähnlichkeit anderer Insekten mit Ameisen und insbesondere mit der Ameisenähnlichkeit (*Myrmecoidie*) bei Ameisengästen befaßt sich ein als Heft 19 von SCHAXELS „Abhandlungen zur theoretischen Biologie“ soeben erschienen Buch des Referenten: *Die Ameisenmimikry, ein exakter Beitrag zum Mimikryproblem und zur Theorie der Anpassung* (Berlin, Bornträger 1925). Scheinbar ein kleines Feld, und doch ist es gegenwärtig schon so reich an mannigfaltigen Erscheinungen, daß ein einzelnes Forscherauge sie kaum noch zu überblicken vermag. Nicht durch allgemeine Erörterungen über das Mimikryproblem, die selbstverständlich nicht ganz umgangen werden konnten, sondern durch kritische Prüfung der vorliegenden Tatsachen ergab sich als Schlußresultat jener Untersuchung, daß die Ameisenmimikry eine unlegbare Tatsache ist, und daß wir bei ihrer kausalen Erklärung ohne die Selektionstheorie nicht auskommen. Die *Hauptursachen* bleiben allerdings auch für die vom Mimikrytypus der Ameisengäste eingeschlagenen Entwicklungswege die durch die Erbfaktoren ihrer Träger bedingten inneren Anlagen. Aber jene Entwicklungswege sind keine rein orthogenetischen, bloß durch innere Ursachen bestimmten, sondern sie sind *Anpassungsrichtungen*; und deshalb gestalten sich die Selektionsprozesse zu *äußeren Entwicklungsimpulsen*, indem die Träger minder günstiger Anlagen andauernd ausgerottet werden und dadurch den Trägern günstiger Anlagen ein Siegeszug ermöglicht wird, der in so wunderbaren Formen wie *Mimeciton* und *Mimanoma* endet, die den Höhepunkt der Mimikry im Tierreich darstellen.

Es handelt sich also bei unserem Gedankengang nicht etwa um eine „Apologie des Darwinismus“, der als allgemeingültige Theorie und noch mehr in seiner Erweiterung zu einer sogenannten Weltanschauung von mir stets abgelehnt wurde. Aber seitdem der Mendelismus Mode geworden ist, wie es früher der Darwinismus war, scheinen es manche für modern zu halten, möglichst viele Steine in den Garten der Selektionstheorie zu werfen. Wenn für den Naturforscher als oberstes Gesetz eine unbefangene Prüfung der Tatsachen zu gelten hat, so darf er auch nicht von vornherein an eine wissenschaftliche Theorie herantreten mit der Absicht, sie um jeden Preis zu bestätigen oder zu widerlegen, sondern er hat bloß zu untersuchen, *was ist wahr an ihr, was nicht?* Dieser Grundsatz

ist auch gegenüber solchen Theorien zu befolgen, die von Gegnern der eigenen Weltanschauung des betreffenden Forschers als Kampfesmittel gegen letztere mißbraucht worden sind. Das darf sein wissenschaftliches Urteil nicht beeinflussen; *unbedingtes Wahrheitsstreben* muß stets seine einzige Tendenz bleiben.

Eine gründliche Erörterung des Problems der Ameisenmimikry war nötig geworden durch den Kampf, den namentlich FRANZ HEIKERTINGER seit einer Reihe von Jahren gegen Mimikry und Selektion führt. Man wird ihm zwar dankbar dafür sein, daß er manche Übertreibungen und sachlich unhaltbare Erklärungen durch seine Kritik beseitigt und durch seine gründlichen Literaturstudien auch manches zur Kenntnis jener Probleme beigetragen hat. Wenn er jedoch vermeinte, die Mimikry und die mit ihr verwandten Erscheinungen völlig von der Basis der Selektionstheorie loslösen zu können, so gab er sich einer Täuschung hin. Auch bei der sogenannten Ameisenmimikry hat er diesen Versuch gemacht. Bezeichnend für seine völlig ablehnende Stellung ihr gegenüber ist folgender Satz, der als Schlußergebnis in seiner Abhandlung „Zur metöken Myrmecoidie“¹⁾ (1923) sich findet:

„Ich erachte die Frage nach der Ameisenmimikry hiermit für tatsachengemäß erledigt . . . Es gibt eine *Ameisenähnlichkeit*, wie es tausendfache Ähnlichkeiten in der Lebewelt gibt; die *Ameisenmimikry* aber ist eine Hypothese, für welche alle Voraussetzungen in der Tatsachenwelt fehlen.“

Sehen wir nun zu, wie HEIKERTINGER zu diesem Schluß gelangt ist. Er will als „Mimikry“ von vornherein nur die sogenannte *metöke* Myrmecoidie gelten lassen, d. h. jene Ähnlichkeit anderer Gliederfüßer mit Ameisen, die ihren Besitzern vorgeblich zum Schutz gegen Vögel und andere äußere Feinde dient. Und da ließ sich unschwer der Nachweis erbringen, daß tatsächlich auch Ameisen von manchen Insektenfressern verzehrt werden; diesen gegenüber kann somit die Myrmecoidie nicht zum Schutz gereichen. Für alle anderen Fälle von Ameisenähnlichkeit gebraucht H. den Namen „*Mimese*“ und streicht sie so aus der Klasse der Mimikryerscheinungen. Damit hält er seine These für bewiesen, daß die Annahme einer Ameisenmimikry keine Grundlage in der Tatsachenwelt habe.

Gegen dieses Beweisverfahren erheben sich folgende Bedenken: Schon die Behauptung, die *metöke* Myrmecoidie biete ihren Besitzern gar keinen Schutz gegen ihre Feinde, geht viel weiter, als die Tatsachen gestatten²⁾. Es gibt Ameisenarten, die wegen ihrer hohen Wehrhaftigkeit wenigstens von den meisten Insektenfressern gemieden werden, z. B. *Sima rufonigra* in Indien. Diesen Feinden

gegenüber vermag somit die Myrmecoidie anderen Insekten zum Nutzen zu gereichen, z. B. *Rhinopsis ruficornis*, die bei den Nestern der eben genannten Ameise lebt. Es ist überhaupt sinnlos, von irgendeiner Schutzvorrichtung im Tierreich *absoluten* Schutz zu verlangen; derselbe ist stets nur *ein relativer*, mehr oder minder wirksamer, kann aber trotzdem *Selektionswert* besitzen. Daß dieses Grundprinzip unbeachtet blieb, ist aber noch nicht der Hauptfehler der HEIKERTINGERSCHEN Beweisführung. Unter den fremden Arthropoden, die ein ameisenähnliches Kleid tragen und zugleich die Nähe der Ameisennester oder deren Pforten als gewöhnlichen Aufenthaltsort haben, finden sich auch nicht wenige *Raubtiere*. Bei diesen darf selbstverständlich nicht von vornherein vorausgesetzt werden, daß ihre Ameisenähnlichkeit als Schutzanpassung gegen äußere Feinde zu deuten sei; es liegt hier viel näher, daß sie eine Raubanpassung ist, welche der Myrmecophagie dient. Insbesondere gilt dies für manche Coleopteren, Heteropteren und Arachniden, deren nicht wenige auch bereits tatsächlich auf dem Ameisenmord ertappt worden sind. Ich habe die Myrmecoidie von Ameisenräubern als *synechthre* Myrmecoidie bezeichnet, weil ihre Besitzer, falls sie einmal mitten unter die Ameisen geraten, von diesen feindlich angefallen werden. Bei ihrem gewöhnlichen Handwerk kommt es jedoch nicht dazu. Sie lauern einzelnen Ameisen auf, um sie unversehens zu überfallen und zu ihrer Beute zu machen, bevor Alarm geschlagen werden kann. Daß ihnen dies glückt, verdanken jene Wölfe ihrem Schafspelz. Es ist wohl kein Zufall, daß beispielsweise unter unseren sechs, am Eingang der Nester von *Lasius fuliginosus* gesetzmäßig hausenden räuberischen *Myrmedonia*-arten gerade jene beiden durchschnittlich weitaus die häufigsten sind, die ihren Wirten in der glänzend schwarzen Färbung am vollkommensten gleichen (*M. funesta* und *laticollis*). Ich habe oft ihrem Mordhandwerk zugehört und die Mengen leibloser Ameisenköpfe, die man im Frühjahr nicht selten unter den am Nesteingang liegenden Steinen findet, erzählen als bedröhten Zeugen von den Raubtiermahlzeiten, die hier stattfanden.

Daß es insbesondere manche in Gesellschaft von Ameisen lebende tropische Araneinen (*Amyciaea*, *Myrmarachne* usw.) gibt, die zugleich myrmecophag und hochgradig myrmecoid sind, war Herrn HEIKERTINGER keineswegs unbekannt geblieben. Aber, um sie als Mimikrybeispiele zu erledigen, erklärt er einfach: das ist keine „Mimikry“ sondern bloß „Mimese“. Zur Mimikry sei nämlich erforderlich, daß das nachäffende Tier seinen Feinden auffallen wolle, nicht sich vor ihnen verbergen; den erwähnten Raubspinnen diene jedoch ihre Myrmecoidie zum letzteren Zweck. Also sei hier „ein kryptisches Prinzip“ vorhanden, das in der echten Mimikry mangle. Er hat jedoch übersehen, daß auch in der ureigensten BATESCHEN Mimikry die Nachbilder unter der Maske ihrer Vorbilder sich verbergen wollen. Die Beobachter dieser Schmetter-

¹⁾ Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. 18.

²⁾ Zu J. BEQUAERTS Studie „The predaceous enemies of ants“ in Bull. Americ. mus. nat. hist. 45. 271ff, 1924 siehe die guten kritischen Bemerkungen von J. B. POULTON in Proc. Ent. Soc. London 1924, 1 u. 2, 68ff.

linge heben übereinstimmend hervor, daß die nachahmende Art stets weit seltener sei als die nachgeahmte und unter letztere gemischt fliege — wohl nicht dazu, um ihren Feinden mehr aufzufallen, sondern um vor ihnen zu verschwinden. Die Berufung auf das kryptische Prinzip, das die synechthre Myrmecoidie von der metöken unterscheiden soll, ist somit keineswegs gelungen. Sie statt dessen als „Mimese“ zu bezeichnen, ist also nicht passend, zumal dieses Wort bereits in einem anderen Sinn gebräuchlich ist, der die schützenden Ähnlichkeiten (protective resemblances) von Tieren mit Pflanzen oder mit leblosen Gegenständen umfaßt¹⁾ (mimetic analogy von BATES).

JACOBI hatte in seinem Buche „Mimikry und verwandte Erscheinungen“ (1913) der „metöken“ Myrmecoidie eine „synöke“ gegenübergestellt, unter der er die Ameisenähnlichkeiten aller sogenannten Gäste, die in den Ameisenestern leben, einbegreift, während die Vertreter seiner metöken Myrmecoidie meist nur in deren Nachbarschaft sich finden. Während letztere zum Schutz ihrer Besitzer gegen äußere Feinde diene, soll erstere zum Schutz der Gäste gegenüber den eigenen Wirten reichen. Diese Unterscheidung hat dann HEIKERTINGER²⁾ (1919) übernommen und für seinen Zweck der Bekämpfung der Ameisenmimikry benutzt. Aber selbst wenn wir davon abssehen, daß die neue Terminologie Verwirrung stiftet, indem das Wort „Synöken“ bereits seit 1895 festgelegt ist für eine der fünf biologischen Klassen der Myrmecophilen, also nicht für alle verwandt werden darf, läßt sich durch die synöke Myrmecoidie keineswegs die auf Anpassung beruhende Ähnlichkeit von Ameisengästen mit ihren Wirten aus dem Bereich der echten Mimikry beseitigen. Daß sie nur zum Schutz gegen die eigenen Wirte diene, indem die fremden Einmieter durch ihr Ameisenkleid die Aufmerksamkeit der Nestbesitzer weniger auf sich ziehen, ist sachlich unzutreffend, da die Myrmecoidie von Gästen, wie wir noch sehen werden, auch andere biologische Zwecke verfolgen kann. Aber selbst, wenn dies nicht der Fall wäre, so ließe sich die auf Anpassung beruhende Ameisenähnlichkeit von Myrmecophilen nicht aus dem Gebiet der Ameisenmimikry verbannen, denn durch das *kryptische Prinzip* wird die synöke ebensowenig wie die synechthre Myrmecoidie aus einer echten Mimikry zu einer bloßen „Mimese“. Das braucht hier wohl nicht nochmals betont zu werden.

Hiermit ist HEIKERTINGERS ganzes Beweisverfahren gegen das Dasein einer echten Ameisenmimikry hinfällig geworden; denn ungefähr 98% sämtlicher Ameisenähnlichkeiten fremder Arthropoden gehören biologisch nicht zur „metöken“ Myrmecoidie, und selbst bei den übrigen 2% hat seine Kritik es nur für einige Beispiele einigermaßen

wahrscheinlich zu machen vermocht, daß in diesen Fällen die Myrmecoidie nicht durch Anpassung erworben sein könne. Bei der Wahl der Beispiele, die fast nur zufälligen Besuchern der Ameisengesellschaft entnommen sind, kann das ja auch nicht wundernehmen. Somit bleibt von seiner kühnen Behauptung: „Die Ameisenmimikry ist eine Hypothese, für welche alle Voraussetzungen in der Tatsachenwelt fehlen“ — recht wenig mehr übrig.

II.

Des *Negativen* haben wir jetzt wohl genug erbracht; zum Glück enthält es auch bereits *manches Positive zur Kenntnis der Ameisenmimikry, wie sie wirklich ist.*

Selbstverständlich ist nicht jede Ameisenähnlichkeit auch eine Ameisenmimikry; außer der *echten Mimikry* gibt es auch hier eine *Pseudomimikry*. Erstere beruht auf *stammesgeschichtlicher Anpassung* an das Ameisenkleid zu irgendeinem biologischen Zweck, letztere dagegen auf *unabhängiger Entwicklungsähnlichkeit*. Es wäre ebensowohl ein Zeichen von Befangenheit, wollte man alle Ameisenähnlichkeiten anderer Arthropoden für Ameisenmimikry ausgeben, wie es Befangenheit sein würde, alle für bloße Pseudomimikry zu erklären. Wir besitzen zum Glück zuverlässige Kennzeichen, um in weitaus den meisten Fällen beide von einander unterscheiden zu können; diese Kriterien sind teils systematische, teils biologische. Um Pseudomimikry wird es sich beispielsweise handeln, wenn eine ganze umfangreiche Käferfamilie in allen ihren Mitgliedern eine gewisse Ameisenähnlichkeit der Gestalt besitzt wie etwa unsere Anthiciden. Sind zudem die betreffenden Käfer nur hier und da gelegentlich auch in Gesellschaft von Ameisen zu treffen, so daß also kein gesetzmäßiges biologisches Band sie mit diesen verknüpft, dann ist es von vornherein sehr wahrscheinlich, daß ihre Ähnlichkeit mit den Ameisen bloß auf der Analogie der morphologischen Bildungsgesetze beider beruht und daher keine adaptive Bedeutung hat.

Auch dieses biologische Kriterium trifft bei den Anthiciden — mit nur ein paar Ausnahmen¹⁾ — in negativem Sinn zu. Es muß daher befremdlich erscheinen, daß ein biologisch erfahrener Entomologe wie HEIKERTINGER (1923) gerade zwei zufällig von ihm in Gesellschaft von Ameisen beobachtete myrmecometische Anthiciden zu einem „Mimikrybeispiel geradezu klassischer Prägung“ erhob, um sie am Schluß seiner Untersuchung zu entlarven. Oder sollte die Wahl dieses Exempels dazu dienen, um durch die Kritik eines handgreiflichen Beispiels von Pseudomimikry zu beweisen, daß es keine echte Ameisenmimikry gebe?

Wenn eine ausgesprochen myrmecoidie *Gattung*, deren nächste systematische Verwandte keine Myrmecoidie besitzen, *zugleich* ökologisch myrmecophil ist, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß hier *eine echte Ameisenmimikry*

¹⁾ Siehe Ameisenmimikry 1925, S. 16, Anm. 2.

¹⁾ Siehe z. B. TEISO ESAKI, Über die Mimese der *Kallima*-Arten (Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol. 1925, S. 110).

²⁾ Die metöke Myrmecoidie. Biol. Zentralbl. 39, Nr. 2.

vorliegt. Zahlreiche Beispiele hierfür finden wir unter den ecitophilen Aleocharinen (*Ecitomorpha*, *Ecitophya*, *Ecitophytes*, *Cremastoxenus*, *Pulicimorpha*, *Diplocicton*, *Labidomimus*, *Mimonilla*, *Mimecicton* usw.). Ähnliches gilt auch für eine bis auf bestimmte Details ihren Wirten gleichende Art einer Gattung, deren übrige Arten nur eine morphologische Pseudomimikry haben, falls sie als gesetzmäßig myrmecophil sich erweist. Selbst unter den Anthiciden bietet sich uns wahrscheinlich ein solches Beispiel in *Anthicus* (*Eonius*) *scrobicollis* Laf. bei *Aphaenogaster testaceopilosa* Luc.

Wenn wir die Ameisenmimikry eine Myrmecoidie nennen, die auf adaptiver Verähnlichung mit dem Ameisenkleid beruht, so soll damit keineswegs gelehrt werden, daß die Grundlage und der Ausgangspunkt für jene Anpassung schon durch endogene Entwicklungsursachen, durch die eigenartige Erbfaktorenkombination der betreffenden Vorfahren, gegeben sein müssen. Denn die Selektion kann nichts Neues schaffen, sondern nur schon Vorhandenes ausmerzen und dadurch dem Entwicklungsweg jene Richtung sichern, die in einer hochgradigen Anpassungsform endet. Jene Grundlage kann jedoch eine mannigfaltig verschiedene — vom Anpassungsstandpunkt aus betrachtet, eine „mehr oder minder vollkommene“ — sein; deshalb kommt z. B. bei den Staphyliniden eine Gestaltmimikry relativ häufig vor, bei den Histeriden nur äußerst selten, obwohl auch hier wenigstens eine partielle Mimikry nicht ganz fehlt¹⁾. Deshalb begegnen uns ferner manchmal verschiedene Entwicklungsgrade des Mimikrytypus nebeneinander, ja sogar verschiedene „Vollkommenheitsstufen“ jenes Typus in einer und derselben systematischen Unterfamilie der Staphyliniden, beispielsweise unter den Aleocharinen, wiewohl die Träger desselben bei einer und derselben Unterfamilie der Formiciden, z. B. bei Dorylinen leben. Ja sogar als Gäste der nämlichen *Eciton*-Art (*E. praedator*) können wir Aleocharinengattungen von ganz verschiedener Einzelausführung und verschiedener Entwicklungshöhe des Mimikrytypus antreffen. Bei den Staphyliniden überhaupt und bei den Aleocharinen insbesondere ist eine mehr oder minder schlanke, zur Gliederung neigende Körperform mit freibeweglichen Ringen des Hinterleibs ein weitverbreitetes Organisationsmerkmal; ihm entspricht auch die instinktive Beweglichkeit seiner Besitzer, die außerordentlich flink und gewandt sind und hierdurch befähigt werden, die verschiedensten ökologischen Lebensbedingungen in ihrer Umgebung auszunutzen durch biologische Anpassungen der mannigfaltigsten Art. Tatsächlich haben die Staphyliniden die umfassendste und reichgliedernste Ökologie unter allen Insektenfamilien. Eben hierauf beruht es wohl, daß gerade die dorylophilen Aleocharinen in der alten wie in der neuen Welt das Hauptkontingent zu den „Gästen“ der für

¹⁾ Siehe WASMANN 1925, S. 32; ferner REICHENSPERGER im Biol. Zentralbl. 1925, S. 293.

fremde Insekten so gefährlichen insektivoren Treiber- und Wanderameisen stellen. Weil sie als Bodentiere diesen Räubern nicht aus dem Wege gehen konnten, mußten sie sich ihnen „anpassen“, um nicht selber gefressen zu werden. Mit der biologischen Befolgung des guten Rates „mit den Wölfen muß man heulen“, ging es jedoch nicht so einfach. Als biologische Tatsache ist festzustellen, daß unter allen Ameisen der Erde gerade die Dorylinen die zahlreichsten morphologischen Anpassungsgattungen¹⁾ aus der Familie der Staphyliniden und hauptsächlich aus der Unterfamilie der Aleocharinen besitzen; ich allein habe deren schon viele Dutzende beschrieben, und in den Sendungen aus Brasilien und vom Kongo kommen immer neue nach. Wir erklären dies auf Grund der Entwicklungstheorie aus dem Satz: wo die Anpassungsnotwendigkeit am größten ist, dort mußte — die Anpassungsfähigkeit vorausgesetzt — auch die Anpassungshäufigkeit die größte sein — und die Anpassungshöhe. In der Tat treffen wir die



Fig. 1.

Fig. 1. *Xenocephalus limulus* Wasm. (Trutztypus). 9×. Bei *Eciton quadriglume* Hal. Brasil.



Fig. 2.

Fig. 2. *Megaloxenus goliath* Wasm. (Trutztypus). 6×. Bei *Dorylus* sp.? Transvaal.

drei Anpassungstypen der Ameisengäste, in denen sich auf biologischer Grundlage eine morphologische Spezialisierung des gesamten „Habitus“ vollzieht: den *Mimikrytypus*, den *Symphilentypus* und den *Trutztypus* auf der höchsten Entwicklungsstufe unter allen Myrmecophilen gerade bei den dorylophilen Staphyliniden an. Der Trutztypus *Xenocephalus* [Fig. 1], *Megaloxenus* [Fig. 2] usw.) macht die Gäste unangreifbar (bzw. schwer ergriffbar) für die Kiefer der Wirte; der Mimikry-

¹⁾ Ich sage „morphologische Anpassungsgattungen“; denn die Zahl der Gastgattungen, die keine spezialisierten morphologischen Anpassungscharaktere zeigen, ist bei den mycophagen Blattschneiderameisen (*Atta* und Subgenera) weit größer. Vgl. hierüber die Statistik in meiner Arbeit im Biol. Zentralbl. 1923, H. 2, II. Teil, S. 111ff.

typus (*Dorylomimus*, *Mimeciton* [Fig. 3] usw.) verähnlicht die äußere Erscheinung der Gäste für die Sinneswahrnehmung ihrer Wirte mit der äußeren Erscheinung der letzteren; der Symphilentypus (*Dorylocratus*) endlich erhebt die Gäste durch reiche Entfaltung der Exsudatororgane auf eine hohe Stufe des echten Gastverhältnisses. Im einzelnen können die Vertreter jener drei Anpassungstypen mannigfach verschiedene Entwicklungswege gegangen sein, bis sie zu ihrer heutigen Gestalt gelangten, wie ich besonders für den Sym-

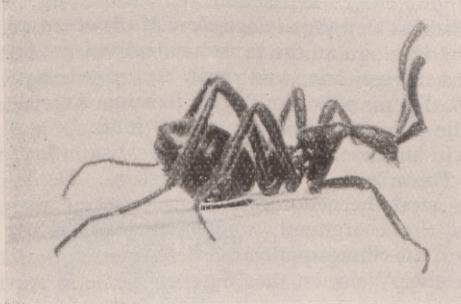


Fig. 3. *Mimeciton Zikani* Wasm. ♀ (Mimikrytypus). 13×. Bei *Eciton praedator* Sm. Brasil.

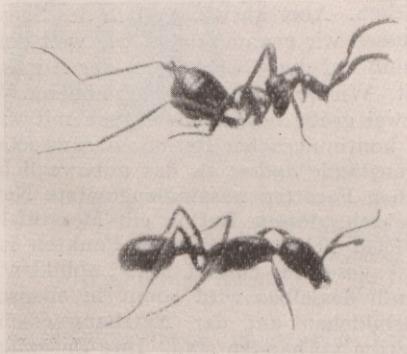


Fig. 3a. *Mimeciton pulex* Wasm. ♂. 10× und kleinste Arbeiterform von *Eciton praedator* Sm. 10×. Brasil.

philentypus gezeigt habe, der bei den dorylophilen Staphyliniden Afrikas teils vom indifferenten Typus, teils vom Mimikrytypus, teils vom Trutztypus ausgegangen ist; die Ecitophilen der neuen Welt bieten hierin ein ganz analoges Bild¹⁾.

Auf den niederen Stufen des Mimikrytypus (z. B. *Dromanoma*) sind die mimetischen Umgestaltungen noch nicht sehr hervorstechend. Sie bewegen sich aber dann immer weiter in jener Richtung, die ihnen durch die eigenartige Sinnesphysiologie ihrer Wirte vorgezeichnet ist; auf letztere werden wir bei der Tast- und der Gesichtsmimikry noch zurückkommen. Auf den höchsten

¹⁾ Siehe Ameisenmimikry, Sachregister A unter „Entwicklungswege“.

Stufen dagegen, beispielsweise bei *Mimeciton* (Fig. 3 und 3a) und *Mimanomma* (Fig. 4 und 4a) lassen uns die Bestimmungsbücher im Stich, wenn wir nach der Stellung dieser Tiere im „System“ fragen. *Mimanomma* hat einen fünfgliedrigen Ameisenhinterleib mit einem langen, zweigliedrigen Stielchen, und an dem lang stabförmigen Vorderkörper vermischen wir selbst eine Spur von Flügeldecken. Ich war deshalb eine halbe Stunde lang im Zweifel, als dieses Naturwunder mir vor 13 Jahren zum erstenmal zu Gesicht kam, zu welcher Insektenordnung es gehöre, bis ich die von der Mimikryanpassung unabhängigen Organisationsmerkmale, nämlich den Bau der Mundteile und der Tarsen, an mikroskopischen Präparaten untersucht hatte. Da war *Mimanomma* entlarvt: ein in seiner äußeren Morphologie mimetisch völlig umgewandelter Kurzflüglerkäfer, der abzuleiten ist von der Unterfamilie der *Aleocharinae*, wegen seiner morphologischen Sonderstellung jedoch eine neue Unterfamilie der Staphyliniden, die *Mimanommatinae*, repräsentiert. Wie man mit HEIKERTINGER noch behaupten kann, alle Ameisenähnlichkeiten fremder Arthropoden seien bloße

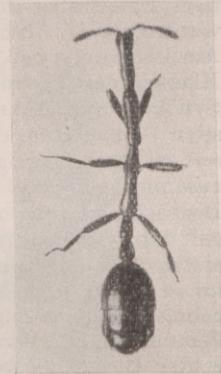


Fig. 4. *Mimanomma spectrum* Wasm. (Hypertelische Mimikry.) 12×. Bei *Anomma Sjöstedi* Em., Kamerun.

Pseudomimikry und ließen sich zwanglos erklären durch zufälliges Zusammentreffen von fünf oder sechs Grundmerkmalen, die im Körperbau aller Gliederfüßer sich finden, — ist mir unverständlich. Wo in der ganzen Käferwelt, wo insbesondere bei den systematischen Verwandten von *Mimanomma* hat denn die Natur jene Grundmerkmale so betrügerisch kombiniert und permutiert wie gerade hier? Das muß doch seinen Grund haben. Und diesen Grund finden wir nur in den Anpassungsgesetzen des Mimikrytypus der dorylophilen Aleocharinen¹⁾, dessen extremsten „hypertelischen“ Vertreter wir in *Mimanomma* (Fig. 4) vor uns haben: von oben gesehen ein Ding wie eine Stabheuschrecke (daher *Mimanomma spectrum*); dasselbe Ding, von der Seite gesehen, in ein lächerlich langgezogenes Ameischen

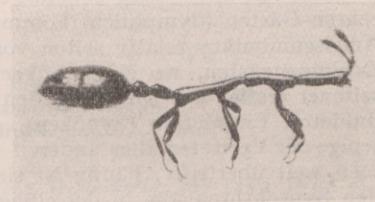


Fig. 4a. Seitenansicht desselben Individuums.

Grundmerkmalen, die im Körperbau aller Gliederfüßer sich finden, — ist mir unverständlich. Wo in der ganzen Käferwelt, wo insbesondere bei den systematischen Verwandten von *Mimanomma* hat denn die Natur jene Grundmerkmale so betrügerisch kombiniert und permutiert wie gerade hier? Das muß doch seinen Grund haben. Und diesen Grund finden wir nur in den Anpassungsgesetzen des Mimikrytypus der dorylophilen Aleocharinen¹⁾, dessen extremsten „hypertelischen“ Vertreter wir in *Mimanomma* (Fig. 4) vor uns haben: von oben gesehen ein Ding wie eine Stabheuschrecke (daher *Mimanomma spectrum*); dasselbe Ding, von der Seite gesehen, in ein lächerlich langgezogenes Ameischen

¹⁾ Ameisenmimikry, III. Abschnitt, S. 102—133 und 158—163.

verwandelt. Warum hier Ober- und Seitenansicht so merkwürdig verschieden sind, wird uns klar werden, wenn wir die Gesetzmäßigkeiten der „Tastmimikry“ verstanden haben.

III.

Eine wahrhaft unbefangene Prüfung der bei anderen Arthropoden vorkommenden Ameisenähnlichkeiten darf weder von vornherein in allem nur *echte Mimikry* noch in allem bloße *Pseudomimikry* sehen wollen. Ein anderes Beweisverfahren wäre nicht wissenschaftlich. Um ein richtiges Urteil über dieses Problem zu ermöglichen, wurden im II. Abschnitt meines Buches über die Ameisenmimikry (S. 28—102) die fünf biologischen Klassen der Myrmecophilen — die Symphilen, Synöken, Synechthren, Trophobionten und Parasiten — mit Hilfe des reichen Materials, das sich seit mehr als vierzig Jahren in meiner Sammlung zusammengefunden hat, sowie der entsprechenden Beobachtungsnotizen, sorgfältig durchgeprüft. Es galt dabei der Beantwortung folgender zwei Fragen, erstens: *wo findet sich hier Myrmecoidie?*, zweitens: *wo ist sie als echte Mimikry zu bewerten?* Das Ergebnis war kurz folgendes. Ameisenähnlichkeiten kommen teils seltener, teils häufiger, sowohl bei echten Gästen als bei indifferent geduldeten Einmietern, bei feindlich verfolgten Eindringlingen, beim Nutzvieh und bei eigentlichen Schmarotzern der Ameisen vor. In allen diesen Klassen begegnen uns Fälle von echter Ameisenmimikry neben meist zahlreicheren einer rein morphologischen Pseudomimikry, mit Ausnahme der vierten Klasse (der Trophobionten), wo einstweilen nur Beispiele letzterer Art zuverlässig bekannt sind. Unter den echten Gästen (Symphilen) kommt eine wirkliche Ameisenmimikry relativ selten vor außer bei den Dorylinengästen, wo sie häufiger ist; noch viel seltener treffen wir sie unter den indifferent geduldeten Einmietern (Synöken), deren Zahl diejenige der Vertreter aller anderen Klassen zusammen weit übertrifft; häufig ist sie dagegen unter den Synechthren, die in der einheimischen wie in der ausländischen Fauna mit Vorliebe als Wölfe im Schafspelz erscheinen; unter den Parasiten endlich finden wir nur wenige zuverlässige Beispiele einer als echte Mimikry zu deutenden Myrmecoidie. Auf diesem Wege haben wir das Dasein einer Ameisenmimikry „tatsachengemäß erledigt“ — aber nach anderer Methode und mit anderem Erfolg als HEIKERTINGER.

Wenn man die Mimikry schlechthin als *schützende Nachahmung* eines geschützten Tieres durch ein ungeschütztes bezeichnet, so faßt man den Begriff der Mimikry zu eng; sie kann auch anderen biologischen Zwecken dienen und trotzdem *echte Mimikry* bleiben, zu deren Wesen nur gehört, daß sie eine adaptive Ähnlichkeit zwischen Tieren verschiedener Art sei. Beleuchten wir dies an der Ameisenmimikry. Diese kann nicht bloß eine *metöke* Myrmecoidie (im Sinn JACOBIS und HEIKERTINGERS) sein, die ihre Besitzer gegen fremde

Insektenfresser schützt, sie kann nicht bloß eine *synöke* Myrmecoidie (im Sinne JACOBIS und HEIKERTINGERS) sein, welche die Ameisengäste gegen die Angriffe der eigenen Wirte deckt; sie kann auch eine *synechthre* Myrmecoidie sein, welche Ameisenräubern die Erbeutung ihrer Opfer erleichtert, sie kann endlich auch eine *symphile* Myrmecoidie sein, durch die ein Ameisengast sich seinen Wirten als zu ihnen gehörig¹⁾ vortäuscht und dadurch seine gastliche Pflege sichert.

Nicht minder als der Begriff „schützende Nachahmung“ bedarf auch die „täuschende Nachahmung“ einer kritischen Untersuchung. Wir werden erst den *physiologischen Maßstab* zu prüfen haben, den man an die täuschende Ameisenähnlichkeit anzulegen hat, und dann den *psychologischen Inhalt*, den man diesem Begriff in seiner Anwendung auf die Ameisenmimikry geben muß.

Wir unterscheiden eine *Gesichtsmimikry* und eine *Tastmimikry* der Ameisengäste. Beide Begriffe sind hergenommen von unseren menschlichen Sinnesorganen, und doch wollen wir sie hier auf die Sinnesqualitäten der Ameisen beziehen. In welcher Weise ist dies möglich, ohne in Anthropomorphismen zu verfallen?

Beginnen wir mit der *Gesichtsmimikry*. Wir Menschen vermögen nur mittels des Gesichtssinnes zu beurteilen, ob ein kleines Insekt „ameisenähnlich“ ist oder nicht; der Tastsinn versagt uns hier beizugänglich. Aber auch bezüglich des Sehvermögens müssen wir genau prüfen, wie weit der Analogieschluß auf den Gesichtssinn der Ameisen zulässig ist. Wir besitzen gleich den höheren Wirbeltieren zwei große bewegliche Augen mit umfangreicher, kontinuierlicher Retina; darum sehen wir die Gegenstände *anders* als das unbewegliche, aus zahlreichen Facetten zusammengesetzte Netzauge der Insekten, dessen Retina ein Mosaikfeld von ebensoviele lichteempfindlichen Punkten ist, auf dem das gesehene Objekt sich „abbilden“ soll; die Gestalt desselben wird somit in ebensoviele Miniaturbildchen auf der Netzhaut erscheinen, als Facetten vorhanden sind. Ihre Zusammenfassung zu *einer* Objektwahrnehmung, die auch bei unserem binokularen Sehen vor sich geht, fehlt auch bei Ameisen mit facettenreichen Netzaugen nicht, da sie auf eine bestimmte Gesichtswahrnehmung eines Objektes nur *einmal* reagieren, nicht hundert- oder tausendmal. Aber daß sie die Form ihrer Gäste nicht *so* sehen wie wir, dürfte doch kaum zu bezweifeln sein, auch abgesehen davon, daß sie sichbewegende kleine Gegenstände viel leichter wahrnehmen als ruhende, bei denen kein Weiterrücken des Einzelbildes auf dem Retinamosaik stattfindet. Immerhin konnte ich feststellen, daß unsere *Formica* noch einen 3—5 mm entfernten Käfer (*Dinarda*) von 3 mm Länge, der sich vollkommen unbeweglich verhält, sehen können, wenn ihre Aufmerksamkeit bei der *Dinarda*-jagd hochgradig erregt ist. Die einfachen Augen

¹⁾ Weshalb ich nicht sage „als ihresgleichen“, wird unten begründet werden.

(Ocellen) welche bei vielen neotropischen *Eciton* die verlorenen Netzaugen ersetzen, sehen wiederum in anderer Weise als die Netzaugen; wie die Wahrnehmung beschaffen ist, darüber gehen die Ansichten weit auseinander. Eine genaue *Gestaltwahrnehmung* der Gegenstände werden wir ihnen kaum zuschreiben dürfen.

Das Element der *Formähnlichkeit* zwischen Gast und Wirt spielt für die Gesichtsmimikry der Ameisengäste überhaupt keine bedeutende Rolle. Es ist mir oft aufgefallen, daß fast alle jene Käfer, die für unser Auge von oben betrachtet eine mehr oder minder ausgesprochene Ameisengestalt zeigen (z. B. die Anthiciden und Scydmaeniden, die meisten Paederinen unter der Staphyliniden usw.) entweder gar nicht zu den gesetzmäßigen Ameisengästen gehören, oder, falls sie streng myrmecophil sind und überdies in einer speziellen morphologi-

rylus und *Anomma*, wie bei Gästen von solchen *Eciton*, die gutentwickelte Seitenocellen besitzen. Sie ist somit zur *Tastmimikry*, nicht zur *Gesichtsmimikry* zu stellen. Für eine auf das Sehvermögen der Ameisen berechnete *wirkliche* Nachahmung der Ameisengestalt von seiten der Gäste fehlen somit die tatsächlichen Belege. Eine myrmecoide Körperform kann aber auch dem Auge *vorgetäuscht werden*, entweder durch farbige Zeichnungskontraste oder durch Lichtreflexe. Diese Art der Formmimetik begegnet uns, wenngleich selten, bei Ameisengästen. Ein durch sein grell zweifarbiges Kolorit von allen näheren Verwandten auffallend abweichender Paus-



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

Fig. 5. *Platyrhopalus irregularis* Rits. 6x. Java.

Fig. 6. *Lomechusa strumosa* F. 6x. Bei *Formica sanguinea* Ltr. Europa.

Fig. 7. *Glenus Bucki* n. sp. 3x. Bei *Acromyrmex hispidus atratus* Santsch. Brasil.

schen Anpassung dieses biologische Verhältnis zum Ausdruck bringen, mehr den Gesetzen des Symphylentypus als jenen des Mimikrytypus folgen (*Ecitonides*, *Bolbophites* usw.). Unter den zahlreichen dorylophilen Aleocharinen Afrikas findet sich bloß *eine* Gattung, die in der Oberansicht auffallend ameisenähnlich gestaltet ist (*Ocyplanus* Fauv. = *Dorylonia* Wasm.). Hier kann jedoch von einer Täuschung des Gesichtssinnes der Wirte keine Rede sein, weil diese (*Dorylus*, subgen. *Anomma*) keine Spur von Sehorganen haben; wenn bei diesen Käfern eine Mimikry vorliegt, kann sie nur in den Bereich der Tastmimikry gehören. Ferner gibt es zwar eine ganze Reihe von dorylophilen Aleocharinengattungen der alten wie der neuen Welt, die für unser Auge nicht in der Oberansicht, wohl aber in der Seitenansicht die Körperform ihrer Wirte kopieren. Aber diese Profilmachung der Wirte kommt genau ebenso vor bei Gästen von völlig augenlosen *Eciton* und von ganz blinden *Do-*

side, *Platyrhopalus irregularis* auf Java (Fig. 5), zeigt auf den hellgelben Flügeldecken eine schwarze Fleckenzeichnung, welche die Umrisse eines Ameisenkörpers gleichsam einrahmt; die riesigen bis 25 mm langen attophilen Ameisenräuber aus der Staphylinidengattung *Glenus* (Fig. 7), die vielleicht zugleich Symphilen sind¹⁾, werden durch eine schwarze Fleckenzeichnung auf rotbraunem Grund in eine Anzahl kleinerer Stücke, die in der Färbung den Ameisen gleichen, malerisch aufgelöst („Somatolyse“). Ein Beispiel für visuelle Nachahmung der Ameisengestalt durch Lichtreflexe bietet unser roter Büschelkäfer *Lomechusa strumosa* (Fig. 6) und sämtliche *Lomechusini*, indem durch den Glanz der Seitengruben des Halsschildes und des aufgerollten Hinterleibs ein schmaler Ameisenrücken mit anschließendem kugelförmigen Ameisenhinterleib so wirksam vorgetäuscht wird, daß die wirkliche Form des Käfers,

¹⁾ Wegen ihres Aufenthaltes im Neste und ihrer goldgelben Behaarung.

wenn er frei zwischen den Ameisen sitzt, völlig verschwindet¹⁾.

Daß eine Ähnlichkeit der Färbung, die zwischen Ameisengästen und ihren Wirten besteht, Gegenstand der Gesichtswahrnehmung der letzteren werden und eine echte Gesichtsmimikry begründen kann, ist nicht zu bezweifeln. Für das Ameisenaugenauge ist zwar, wie wir bereits seit fast 50 Jahren aus den Versuchen von LUBBOCK wissen, das Spektrum ein anderes als für unser Auge, indem es auf der kurzwelligen Seite weiter reicht und auch das Ultraviolett als „Farbe“ umschließt; daher sehen die Ameisen auch unsere Spektralfarben nicht so wie wir. Da jedoch die Ameisen mit den nämlichen Augen sowohl ihr eigenes Kolorit wie jenes der Gäste sehen, ändert die Verschiedenheit ihres visuellen Spektrums von dem unsrigen nichts daran, daß die Färbung ihrer Gäste eine ähnliche Sinnesempfindung bei ihnen auslöst wie ihre eigene. Daß Ameisen mit facettenreichen Netzaugen nicht bloß Helligkeits- sondern auch Farbenunterschiede wahrzunehmen vermögen, bietet somit nichts Außerordentliches. Aber daß das nämliche auch für solche Formiciden gilt, die an Stelle der verlorenen Netzaugen einfache Seitenaugen besitzen, könnte auf den ersten Blick unglaublich erscheinen. Und doch ist es so. Schon vor 26 Jahren wurde ich auf eine Beobachtungstatsache aufmerksam, die seither durch alle neuen Sendungen von Ecitongästen sich bestätigt hat: jene ecitophilen Staphyliniden, die bei *Eciton* mit gutentwickelten Seitenocellen leben, folgen regelmäßig in ihrem Kolorit jenem der Wirte, und zwar namentlich die größeren und deshalb auffälligeren Gastarten bis in die genauen Details der Wirtsfärbung: man vergleiche beispielsweise den tiefschwar-

¹⁾ Vgl. hierüber bereits 1899 in den „Psychischen Fähigkeiten der Ameisen“, 1. Aufl., S. 43f.

zen *Ecitophytes coniceps* bei *Eciton quadriglume*, dessen gleich große Arbeiterform¹⁾ ebenfalls tiefschwarz ist, mit der schwarzbraunen *Ecitophya simulans*, deren Hinterleib oben gegen die Spitze heller braun wird, genau so wie bei der entsprechenden Arbeiterform seines Wirts *Eciton Burckelli* Westw. (*Foreli* Mayr). Dagegen besteht bei den Gästen von *Eciton*, deren Ocellen völlig rudimentär sind, ebenso wie bei den Gästen der ganz augenlosen *Dorylus-Anomma* keine gesetzmäßige Abhängigkeit der Gastfärbung von der Wirtsfärbung. Die Belege dafür in meinen Sammlungskästen der Dorylinengäste sind so augenscheinlich, daß jemand, der sie gesehen hat, sich ihrem Eindruck schwerlich entziehen kann — mag es ihm auch a priori noch so unwahrscheinlich dünken, daß die einfachen Ocellen von Insekten Farbenunterschiede zu empfinden vermögen.

Die *Skulptur* der Gäste ist, soweit sie nicht einen ganz auffallenden Glanz des Körpers bedingt, nach meiner vergleichenden Prüfung vieler Beispiele nur Gegenstand der Tastmimikry, nicht der Gesichtsmimikry. Dies trifft nicht bloß für die Gäste von Dorylinen zu, die ja niemals zusammengesetzte Augen haben, sondern ebenso auch für die Gäste von Ameisen, welche wie *Atta* (und Untergattungen) Netzaugen mit einer je nach der Größe der Arbeiterform verschiedenen Facettenzahl (30 bis über 200) besitzen. *Attaxenus horridus* wird uns bei der Tastmimikry hierfür noch als Beispiel dienen. Die Feinheiten des Oberflächenreliefs, die man als „Skulptur“ bezeichnet, scheint somit der Gesichtssinn der Ameisen nicht wahrnehmen zu können, wohl aber ihr Fühlersinn. (Schluß folgt.)

¹⁾ Zum Vergleich der Mimikry kommt stets nur jene Arbeiterklasse des Wirts in Betracht, die in der Größe der betreffenden Gastart am nächsten steht; vgl. Ameisenmimikry S. 112, unter 3 f.

Alpine Schuttformen¹⁾.

VON LUDWIG KOEGL, München.

Wer die alpinen Schuttformen näher ins Auge faßt, wird bald ganz von selbst zu der Gliederung Schuttkegel, Schutthalde gelangen.

Die Halde pflegt aus Verwachsung von Einzelkegelformen hervorzugehen. Doch diese Erkenntnis ist nur eine Etappe in der Verschüttungsgeschichte weiter Gebiete. Das interessanteste

¹⁾ In einer Reihe von Aufsätzen habe ich mich bisher schon mit jenen Formgruppen im Hochgebirge beschäftigt, für deren Zustandekommen Schuttmassen und ihre Umlagerungen wesentlich verantwortlich sind. Am umfassendsten geschah dies in dem jüngst in der Zeitschrift des DÖAV 1924 erschienenen Aufsatz: „Der Schuttmantel unserer Berge“ (Sein Werden, Wandel und seine Bedeutung). Durchweg auf Grund langjähriger Geländeerfahrung wurde darüber berichtet, das vorliegende, kürzere Referat über die „Alpinen Schuttformen“ wird sich naturgemäß an jene älteren Arbeiten anschließen, doch dürfte ihm die Mitverwertung meiner jüngsten Dolomitenwanderungen auch Originalinteresse verleihen.

Problem dürfte die Entschleierung der Zusammenhänge zwischen der Formengeschichte des Anstehenden im Großen und derjenigen des über das Anstehende geworfenen Schuttkleides sein.

Wir wollen daher ganz kurz die Entwicklungsreihe Schuttkegel-, Schutthalde-, Schuttgroßlandschaft verfolgen, um dann zur Auswertung meiner neuen Dolomitenbeobachtungen zu schreiten und schließlich mit der Würdigung der Bedeutung der gesamten, alpinen Schutthülle für die alpine Landschaft abzuschließen.

Schuttkegel entstehen in zweierlei Weise. Einmal können die Verwitterungsprodukte der Hochregion sich in Wandkerben sammeln und in diesen, wesentlich den Schwerkraftwirkungen folgend, langsam niedergleiten, bis sie auf relativ ebenerem Gelände, am Fuße einer Wandstufe etwa, sich in Form eines Halbkegels anhäufen. Solche Kegelformen können zwar im einzelnen sehr verschiedenartig gestaltet sein, aber meist kommen doch steile

Oberflächenneigungswinkel zustande, die nach den exakten Messungen, die PIWOWAR schon 1903 in einer Züricher Dissertation mitteilt, bis zu 43° (Neigungswinkel von gegen 40° sind aber in der Natur schon Seltenheiten) Oberflächenneigungswinkel anwachsen können, wobei jedoch nicht etwa die Korngröße, sondern lediglich die Kantenschärfe der Schuttpartikel den Ausschlag gibt; kantiges Material weist noch bei sehr steilen Winkeln eine gewisse Stabilität auf. Ganz anders geartet sind die Formen, zu deren Entstehung Transport durch fließendes Wasser in Anspruch genommen wird und die man gerne, im Gegensatz zu den erstbesprochenen Formen, den Sturzkegeln, als Wasserschuttkegel bezeichnet. Die Wasserschuttkegel, welche meist weit großräumigere Gebilde darstellen, finden sich in der Regel an der Ausmündung von Nebenbachtälern in ein ebensöhliges Haupttal, woselbst sie auf weitgespreiztem, flachem Schuttfächer nicht selten Vorzugsgebiete der Ansiedlung werden. Ihre mäßigen Oberflächenneigungen schwanken zwischen bis zu 2° Oberflächenneigungswinkel bei starken Gewässern und zwischen 2° und 10° bei schwächeren Gießbächen mit starken Schwankungen der Wasserführung. Letztere Formen können sehr vielgestaltige Gebilde hervorbringen, ich denke etwa an das Beispiel des Friederkegels aus den Ammergauer Bergen, das ich an anderen Orten eingehend geschildert habe¹⁾. Sein Charakteristicum wird neben einer interessant ausgestalteten Ursprungstromepe vor allem im Schuttfächeraufbau gefunden, mit seinen verschieden alten Komponenten, deren Zeitfolge durch Vergleich des Vegetationsbildes seiner einzelnen Schuttfächersektoren enträtselt wird.

Groß wäre die Zahl der anführbaren Beispiele für die Entstehungsweise einer Schutthalde aus dem Verwachsungsprozesse verschiedener, trockener Schuttkegel oder Sturzkegel. Aus allen Teilen des weiten Alpengebietes könnten wir Beispiele hierfür beibringen, nicht nur die Kalkalpen, jene ergiebigsten Regionen für die Schutforschung, haben hier gute Exempla aufzuweisen. An dieser Stelle denke ich nur an die in der eben erwähnten Ammergauer Arbeit näher geschilderte Haldenentwicklung am Nordhang des Hohen Straußberg und an Karwendelhalden, sowie das zentralalpine Beispiel von den Praxmarerkarst-Nordwänden, Formen, die in der erwähnten Arbeit in der Zeitschrift des DÖAV von mir näher gewürdigt wurden. Freilich, auch einiger Fälle, die jener Entstehungsweise der Halde aus Kegeln zu widersprechen scheinen, wurde schon Erwähnung getan, doch sie sind allzu vereinzelt und stets auf Eigenart im geologischen Bau des Einzelgebietes zurückführbar, so daß sie nie mehr als lokales Interesse beanspruchen dürfen.

Wieder könnte eines in der Alpenvereinszeitschrift zitierten Beispiels gedacht werden, nämlich der Halde im Breit-Grieskar. Auch dieser Fall

¹⁾ Beobachtungen an Schuttkegeln aus den Ammergauer Bergen. Mitt. d. Geogr. Ges. München 1920, S. 97 ff.

weist nur auf geringe Mächtigkeit der Schutthülle hin, eine Besonderheit fast aller nicht aus Kegeln hervorgegangenen Halden.

Für den Prozeß der Haldenbildung mag in diesem Zusammenhange ein einziges, typisches Beispiel aus dem Hochkarwendel genügen, es ist jenes von den Praxmarerkarst-Nordwänden, nicht zu verwechseln mit der vorher genannten Praxmarerkarstspitze im Stubai. Ich entnehme die folgende Schilderung der Zeitschrift des DÖAV¹⁾, um einige Anschauung dem Leser zu vermitteln: „Eine genauere Analyse der Vegetationsdecke der einzelnen Teile des Gesamtbildes muß unserem Verständnis des Allgemein-Entstehungsprozesses weiterhelfen. Die nicht mehr allzu jugendliche Großform ist schon etwas fortgeschrittener im vegetativen Besiedlungsprozesse, als dies in den früheren Fällen gegeben war, jedoch sind örtliche Unterschiede unschwer zu erkennen. Besonders weit haben es die Sturmkolonnen der Pflanzendecke auf den mehrfach noch besser erkennbaren Kegeloberflächen gebracht. Da ist gerade im Westteil, am unteren Ende einer verhältnismäßig hochgreifenden, wenn auch nur ziemlich schwach eingeschnittenen Wandfurchen eine solche alte Kegeloberfläche erkennbar. Ihre Bewachung besteht in einer breiten, gegen oben auskeilenden Legföhrenzunge, die etwa zwei Drittel der ganzen Haldenhöhe erklimmen hat. Nach oben zu etwas ausfasernd wird sie in ihrem Schuttkampfe teilweise von der Grasnarbe unterstützt, die besonders der feineren Grases sich bemächtigt hat. Daß es so gerade jene Haldenteile sind, die ihre Entstehung aus Kegelgestalten noch deutlicher zu erkennen geben, auf denen die Vegetationsdecke schon größere Erfolge erzielt hat, weist meines Erachtens aufs klarste darauf hin, daß eben die Kegeloberflächen die ältesten Komponenten der Gesamthalde sind. So wird es ohne weiteres verständlich, warum gerade hier die Pflanzendecke am meisten Erfolg erzielen konnte, waren doch diese ältesten Teile auch die längst verhältnismäßig ausgeglichensten und stabilsten gegenüber den jüngeren, die alten Bildungen zusammenschweißenden Anschüttungen.“

An der gleichen Schutthalde können auch noch 2 Erscheinungen festgestellt werden, die für viele Halden charakteristisch sind. Einmal das Auftreten eines deutlich hervortretenden Querwalles. Seine Entstehung dankt dieser Querwall dem Materialtransporte von Verwitterungsgut der Hochregion auf der die Schutthalde lange Zeit im Jahre deckenden Schneehülle, die oberflächlich zusammengefroren, eine prächtige Gleitbahn ergibt. Nach Abschmelzen des Schnees liegt dann dies also verfrachtete Material in einem der winterlichen Schneehöhe entsprechenden Horizontalabstände quer vor dem Haldenfuße und dieser Rücken wird durch seine Stabilität gerne zum bevorzugten Besiedlungsgebiet für höheren Pflanzenwuchs, welcher die bewegliche Halde vorläufig

¹⁾ S. 6.

noch flieht. Die andere der beiden Erscheinungen ist das langwährende Verweilen von Schneeflecken an der Haldenoberkante, also gerade dort, wo ein einbringender Winkel die Besonnung erschwert. Diese typische Schneerestlage hat ihrerseits auch eine vegetative Folgeerscheinung, indem nicht selten in diesen Höhen von neuem ein zarter, grüner Anhauch auf dem Nacktschutt sich geltend macht, der der langdauernden Feuchtigkeitzufuhr seine Entstehung dankt, die gerade hier, auf der sonst durchlässigen Halde zur Zeit starker sommerlicher Insolation von großer Bedeutung für Pflanzenansiedlung ist.

Wir haben bisher Kegel und Haldenentstehung kurz beleuchtet, schon war mehrfach von der vegetativen Besiedelung ehemals nackter Schuttformen die Rede und einige der Gesetze dieser Besiedelung leuchteten uns bereits aus dem letzt angeführten Beispiele entgegen.

Die Pflanzendecke, bzw. ihre Beschaffenheit im einzelnen, weist uns vielfach die Wege zur Erkennung verschieden alter Stadien einer Aufschüttungsform, denn je älter die Form, desto vollkommener das Pflanzenkleid. Doch neben dieser recht einfachen Gesetzmäßigkeit treten doch auch noch etwas kompliziertere Zusammenhänge in Erscheinung, sind doch nicht alle Komponenten der Pflanzendecke in gleicher Weise gegen Bewegungstendenzen empfindlich, wie sie die noch in Umwandlung befindliche Schuttform auszeichnen. Graswuchs sahen wir da sogar auf dem Feingrus, dem beweglichsten Element der Lockermassen, vielfach angesiedelt, fast nur der Grad der Feuchtigkeit des Standortes entscheidet über dessen Vorkommen; empfindlicher schon sind Legföhren gegen Gleitbewegungen; am empfindlichsten aber Fichtenstämme, die völlig von wirklich noch wandernden Böden ausgeschlossen sind; minder empfindlich zeigen sich Birken, Vogelbeerbäume und teilweise Bergahorne. Gerade auf die Schuttfucht der Fichte und ihrer Bestände konnte ich auf Grund sehr eingehender Untersuchungen im Hochammereggau hinweisen, woselbst großräumig nur gealterte, an Oberflächenschutt arme Teilgebiete als solche mit hochgreifenden Fichtenbestandesgrenzen in Erscheinung traten, worüber an anderer Stelle¹⁾ eingehend berichtet wurde. Schließlich freilich, wenn auch die Lockermassen der Halde in längeren Zeiträumen zur Ruhe geraten sind, wenn eine komplizierte Vegetationsfolge weiterhin zur Festlegung des Materials das seine beigetragen hat, kann auch auf ehemaligem Nacktschutthaldegebiet der Wald, großenteils Fichtenwald, festen Fuß fassen. Wir können dann von dem Endstadium dieser gleichsinnigen Entwicklung im „Schuttfuß“ sprechen, das ist eben eine Großform, die, auf weite Strecken den Gehängefuß begleitend, als völlig waldbekleidete, ehemalige

¹⁾ L. KÖEGL, Die Pflanzendecke in ihren Beziehungen zu den Formen des alpinen Hochgebirges. Ostalpine Formenstudien Abt. I, H. 5. Berlin: Gebr. Bornträger 1923.

Schutthalde sich nur noch dem geübten Forscherauge kundgibt.

Die also betrachtete Serie von Gestaltungen bildete eine fortlaufende Reihe, Kegel-Halde-Schuttfuß waren ihre Hauptetappen, doch die Natur kennt auch Komplikationen der Entwicklung, die nicht durch einsinnige Weiterbildung erklärt werden können. Gewiß, es gibt in talnahen Regionen sowohl wie im Hochgebiet ganze Landschaften, welche nur Aufbauformen zeigen, wie wir sie bisher würdigten, Landschaften also, die noch im Zustande zunehmender Verschüttung sich befinden. Daneben aber gibt es auch Landschaften, in denen der Entwicklungsgang im besagten Sinne durch neueingreifende, andersartige Kräfte gestört wurde. Beispiele dieser Art habe ich mehrfach geschildert, so den Fall der Kreuzkuchel im Ammergau in den Mitteilungen der Münchner Geogr. Gesellschaft, woselbst ich, ins einzelne gehend, die Merkmale angab, die uns zeigen, daß hier der noch nicht völlig zum Abschluß geratene Schuttverhüllungsprozeß durch frische Bachanschnidung von unten her neuerdings gestört wird.

Wir konnten bei genauer Landschaftsanalyse erkennen, daß bereits Ausräumungsvorgänge einsetzen, die zunächst den Schutt wegführen wollen, um dann, nach Beseitigung der schützenden Schuttdecke, die Zerkerbung des Felsgrundes der Kreuzkuchelwanne in Angriff zu nehmen.

Diese und ähnliche Erscheinungen habe ich weiterhin aus dem Danielgebiet und der Seefelder Gruppe des Hochkarwendels geschildert, letztere Vorgänge am ausführlichsten in einem kleinen Aufsatz der Mitteilungen DÖAV¹⁾. All diesen Fällen ist gemeinsam, daß eine Periode einheitlicher Verschüttung des jeweiligen Gebietes unterbrochen wird durch die gegensätzlich wirkende Kraftbetätigung des fließenden Wassers, das, die Schutthäufung behindernd, den schon vorhandenen Schutt wegzuführen sucht, um die altertümlich anmutende Schuttlandschaft in die abwechslungsreichere Gestaltung einer Schluchtenlandschaft umzuwandeln; es handelt sich in den besagten Fällen nur um verschiedene Stadien und Abwandlungen dieses Prinzips.

Nun einige neuere Ergebnisse aus den süd-tiroler Dolomiten. Da fanden sich z. B. eine Reihe von Bestätigungen schon früher vertretener Theorien des Verfassers. Für die Entstehung der Halden aus Kegeln ist die Zahl der Parallelbeispiele so groß, daß es genügen wird, nur dieser Tatsache ohne weitere Belege zu gedenken. Als Beispiel einer einseitig in Verschüttung begriffenen Landschaft mag unter anderem das Südufer des Prager Sees gelten. Auch ein Teil der ehemaligen Seefläche wurde durch Verlandung dem Verschüttungsgebiet angegliedert und teilweise setzt sich dieses noch ins Grünwaldtal fort. Endlich ist die weitere

¹⁾ „Gipfelschau von der Erlspitze im Karwendel als Schlüssel zum Verständnis alpiner Formentwicklung“ Nr. 11. 1923.

Umgebung der Talflucht des Gemärks nördlich der Monte-Cristallo-Gruppe für uns von größerem Interesse.

Im Gemärk, nördlich der Monte-Cristallo-Gruppe haben wir es mit einer großzügig entwickelten Schuttlandschaft zu tun, aus den Zerfurchungen des Cristallo-Stockes werden Mengen von Lockermaterial zu Tal gesandt, das Knappenfußtal steuert bei, vor allem aber spendet der Hauptstock der Hohen Gaisl gewaltige Trümmernmassen. In wildromantischer Schlucht wälzen sich von den aufgerissenen, rotleuchtenden Mauern dieser Gipfelbauten durch eine westlich vom Knappenfußtal gelegene Talung breite, wilde Gesteinsströme zu Tal. Der Anblick ist grotesk. In der unteren Partie, woselbst sich die Schuttmassen des Seitentälchens ins Haupttal ergießen, überwiegen jedenfalls bei weitem die Schuttbildungen. Der Blick über die Landschaft um Schluderbach zeigt eine Überschotterungsfläche großen Stils, wobei ein dünner Schleier von Föhren und Legföhrenbewachung die Schuttflächen eher noch mehr hervortreten läßt, als daß das lückenhafte Kleid den Nacktschutt verdecken könnte. Doch dies flächenhafte Vorwalten des Lockermaterials gilt nur für die talnahen Regionen. Höhenwärts macht sich auch in dem bewußten, durch die starken Schuttströme ausgezeichneten Tale die wildest zerrissene Mauerbildung wieder so stark bemerkbar, daß die letztere und nicht die Lockermassen das Bild beherrschen. Diese Beobachtung läßt uns auch klar erkennen, daß wir hier nicht etwa den Fall einer Schuttlieferung haben, der von Kräften der Tiefe, etwa Unterschneidungsformen genährt wird, die Schuttlieferung ist hier eine echte Erscheinung der Hochregion, der starken Gesteinsauflösung, die hier in den Dolomiten weithin herrscht.

Doch wenn wir nach Westen weiterwandern in der Talregion, die heute die Bahn Toblach-Schluderbach-Cortina durchzieht, so wird uns schnell zum Bewußtsein gebracht, daß hier im wilden Dolomitenland mit seinen vielen Gefällstufen nicht allzu viel Raum bleibt für weitreichende Talverschüttung, trotz aller Lockermaterialzufuhr aus der Hochregion. Bald schon tritt an Stelle der Schuttflächen eine immer mehr sich ausprägende, wild zerrissene Schluchtenlandschaft. Besonders seit Einmündung des Rio Bosco, der dem Valgrande entströmt, gewinnt der Formtypus des in die Tiefe einkerbenden, fließenden Wassers völlig die Oberhand und so kommt die Schuttlieferung der Hochregionen nicht mehr augenfällig zur Geltung. Wer aber etwa von Cortina aus die Gestalt des seltsamen Becco die Mezzodi näher ins Auge faßt, der wird sich nur schwer eines Vergleiches mit einer gewaltigen Burgruine entschlagen können. In der Tat, die Gipfelgestalten der südtiroler Dolomiten sind nichts anderes als bizarr zerrissene Mauerüberreste einst viel geschlossener und wohl auch einfacher gestalteter Hochregionen, aus denen Tektonik

und Verwitterung die heutigen Restformen herauspräpariert hat. So wird uns begreiflicher werden, wenn gewaltig starrende Türme und Zinnen umgeben zu sein pflegen von mächtigen Schuttanhäufungen, zu deren Abräumung die geringen Kräfte des fließenden Wassers, das ja durch den durchlässigen Kalk oder Dolomitfels zum größten Teile durchfällt, nicht annähernd genügen. Hier also im Dolomitengebiet herrscht vielfach der Typus der Schuttlandschaft, die infolge der gewaltigen Schuttlieferung der Höhen, der Durchlässigkeit des Gesteins und wohl auch der relativen Trockenheit des warmen Klimas bis auf weiteres, in der Hochregion wenigstens, von seiten des fließenden Elementes in ihrem Weiterbestand nicht nennenswert gefährdet ist.

Ein besonderes Beispiel aus dem westlichen Teil der Dolomiten sei noch erwähnt. Wer zum Sellajoch aufsteigt, der wird gewiß auch jene Trümmerübergießung der üppigen Wiesen am Fuße des Langkofelstockes nicht übersehen haben, die unter dem bezeichnenden Namen „Steinerne Stadt“ bekannt ist. Diese gewaltigen Blöcke hat der Zerfallprozeß jenes stolzen Gipfelgemäuers herabgesendet. Interessanter noch ist eine Beobachtung, die uns die nähere Inaugenscheinahme des Grohmanngletschers gestattet, jenes kleinen Eiskuchens im Schatten der Grohmannspitze und des Innerkoflerturmes, der vom Sellajoch unschwer über die Scharte zwischen Langkofel und Plattkofl im Abstieg gegen West erreicht wird.

Hatten wir schon in der Nähe der Winnebachseehütte im „Weiten Kar“, in die Wände des Sebleskogels eingesenkt, an anderem Orte¹⁾ Gelegenheit, uns mit einem im Schutt fast völlig ertrunkenen Gletscherkuchen zu beschäftigen, so gibt der Grohmanngletscher ein Beispiel eigenartigsten Eis- und Schuttkampfes.

Einerseits ist allerorten die starke Belastung des Eiskuchens mit Oberflächenschuttmaterial zu beobachten, doch dies wäre noch nicht allzu auffallend, dagegen mutet es seltsam an, im Gebiete der Gletscherzunge unter einer oberen Schicht gesunden Gletscherblauweises eine untere Eisschicht zu beobachten, die so stark mit Sand und Steinen zusammengebacken ist, daß man ihre Wesenheit als Eisschicht nur noch schwer erkennt. Man wird sich ihre Entstehung wohl in dieser Weise vorzustellen haben, daß der Gletscher, nicht mehr imstande, seine Stirnmoräne vor sich her zu schieben, sich auf Teile derselben hinaufschob, wodurch dann deren Sand und Geschiebe allmählich so von häufig wieder gefrierenden Schmelzwässern durchtränkt wurde, daß sich hierdurch eine solche Schutteisbildung unter dem Blauweisse entwickelte. Wir sehen hier also wieder einen eigenartigen Fall, wie der hochalpine Schutt außer mit den Kräften des fließenden Wassers auch mit denen des bewegten Eises in harten Kampf gerät.

Nach Erwähnung dieser südtiroler Beobachtungen wollen wir zur universelleren Betrachtung

¹⁾ Zeitschrift DÖAV 1924, S. 12.

der Schuttformen zurückkehren, und zwar erübrigt nur noch, der Bedeutung der Schuttformen im Rahmen der alpinen Landschaftsentwicklung im allgemeinen kurz zu gedenken. Ihre nächstliegende Bedeutung ist naturgemäß die auf die Physiognomie der Alpenlandschaft bezügliche. Wohl kann sie entsprechend der Vielgestaltigkeit der Schuttformen eine mehrfache sein, denn der Einzelkegel, die Nacktschutthalde, oder der bewaldete Schuttfuß sind gewiß, landschaftlich-physiognomisch betrachtet, recht verschiedene Typen, aber dieses physiognomische Element ist noch lange nicht die einzige Bedeutung der Schuttformen für die Hochgebirgslandschaft.

Während die nackten Schuttflächen zunächst durch ihre Kahlheit wohl den Eindruck der Öde, gelegentlich auch wohl der einsamen, unnahbaren Majestät echter Hochalpenbilder noch zu vermehren vermögen, ist die Schuttfläche doch nicht in dem Maße lebensfeindlich, wie der erste Eindruck den Beschauer glauben machen könnte. Gewiß die junge, besonders die noch in Bewegung befindliche Halde ist noch keine Freundin des organischen Lebens, teils wegen der gefährlichen Bewegungstendenzen, teils wegen der Sterilität und Trockenheit ihres durchlässigen Materiales. Nur dort wird sie, wie wir gesehen haben, sommerlicher Erhitzung zum Trotz, von Pionieren der Grasdecke besiedelt, woselbst, wie in der Nähe der vorerwähnten Sommerschneeflecke, noch reichlich Trüffelwasser zur Verfügung steht.

Wir verstehen bald, eine der Hauptbedeutungen der Verschüttungsformen für die alpine Landschaft besteht in ihrer Einwirkung auf den Wasserhaushalt eines Gebietes. Nach dem älteren Vorbilde BARGMANN'S will ich auch hier, ähnlich meiner eingehenderen Darstellung in der Alpenvereinszeitschrift, von einer Dreiteilung ausgehen. Die Schutthaldenbildungen zerlegen dort, wo sie, etwa wie in manchen Karwendelteilen, gehäuft auftreten, die Landschaft gewissermaßen in 3 Stufen. Die obere Quellenslandschaft dehnt sich dort aus, woselbst aus dem Anstehenden die höchsten Quellaustritte sich vorfinden, dies ist oberhalb des Einsetzens der Halden da und dort der Fall. Dort finden sich dann auch gerne die höchsten, meist nur temporär menschlich bewirtschafteten Almsiedlungen, denn Pflanze, Tier und Mensch erfreut sich hier des belebenden Naß. Dann folgt hangabwärts jene Zone allgemeinerer Schuttverbreitung. Der Schutt schluckt alles fließende Gewässer schwammartig auf und mit dem Mangel an Wasser verschwindet die lebenspendende Begabung der Landschaft, eine lebensarme Zone ist die Folge. Endlich folgt talabwärts das untere Ende der Haldenentwicklung. In mächtigeren Strömen entquillt dort das Wasser dem Schuttmantel, es setzt die dritte Landschaftsstufe ein, die der unteren Quellenslandschaft mit dauernden Siedlungen, ja sogar schon gelegentlich industrieller Auswertung des reichlicher fließenden Wassers. Also ergab sich ein wohl brauchbares Schema, aufgebaut auf dem Wasserhaushalt der einzelnen

Höhenstufen, der aber von der Schuttdecke maßgebend beeinflußt wird; freilich handelt es sich nur um ein Schema, dessen Anwendung auf den Einzelfall immer des nötigen Taktes bedarf.

Doch noch in anderer Beziehung kommt der Schutthülle eine wichtige Rolle zu. Denken wir etwa für einen Augenblick die Schuttformen beseitigt, so wären relativ breite Talsohlen durch mehr oder minder steile Felsflanken von der Gipfelregion geschieden. Der Talboden wäre wohl vielfach ein üppiger Park, aber die Hochregionen blieben so gut wie des Lebens bar. In diese schroffe Gegensätzlichkeit, die dem Vordringen organischen Lebens nach oben außerordentlich hemmend im Wege stehen würde, bringt nun die Schutthülle gerade der Zwischenregion mildernde Übergänge. Der Weg vom Talboden zur Höhe wird durch die Einschaltung der sanftgeschwungenen Schuttflankenprofile erleichtert. Freilich nicht so ganz einfach und gefahrlos ist der Vormarsch für die tapferen Pioniere der Pflanzendecke auf diesen Brücken, denn Rutschungen und Trockenheit sind die gefährlichen Feinde; aber gleichwohl Schritt für Schritt wird hier zäh gerungen, viel Leben muß wieder zugrunde gehen, letzten Endes aber wird doch die Pflanzendecke als Ganzes Sieger bleiben, und die Form des „Schuttfußes“ ist das stolze Zeichen ihres Endsieges.

Bei all dem bleibt die Tatsache bestehen, daß unter möglichen Verhältnissen die Besiedelung des festen Felsens der des Schuttes voranschreitet, doch sehr häufig wird erstere eben durch Steilwandbildung glatt unmöglich gemacht. Dort freilich, wo Gratrücken oder ähnliche vegetationsfreundliche Formen den Schuttschleier der Bergflanken überragen, pflegt die Vegetation begierig zuzugreifen, und so ist nicht selten die Schuttflanke der Überbringer des Lebens mehr noch für die Regionen über dem Schutttrande als Förderer der eigenen Begrünung. Wenn wir ein Bild gebrauchen wollen, so gleicht wohl der grüne Schleier meist einem etwas verkürzten Überwurfe auf dem Schuttmantel der Berge, doch kommt auch der Fall tatsächlich nicht selten vor, daß, einer Halskrause vergleichbar, ein grüner Anflug der Felsen über der im oberen Teile nackten Schutthalde sich geltend macht.

Das grüne Obergewand überbietet dann den Schuttmantel noch räumlich, was aber keineswegs beweist, daß dieser grüne Gipfelanflug nicht doch auf dem Wege über die Halde seinen Weg zur Höhe fand.

Die Halde ist eben fast immer Vorfeld der Kämpfe um die vegetative Eroberung der Hochregionen.

Einst hatte sich die geographische morphologische Wissenschaft vor allem mit der vernachlässigten Eiszeitforschung zu beschäftigen, viele Formen wurden ihr genetisch zugeschrieben, die, wie die jüngere Forschung zeigen konnte, schon voreiszeitlich wesenhaft bestanden. Der weitere Weg der geographischen Formen-, ja Land-

schaftskunde geht nun im Hochgebirge über die Erforschung jener nacheiszeitlichen Perioden hin, die durch Zuschüttung der übersteilten, eisgeschaffenen Formen wieder eine Vermittlung zwischen hoch und tief anbahnten. Auch die Betätigungen des Lebens ziehen vielfach, wie wir sahen, Nutzen aus dieser Zuschüttung. Endlich wird es eine der Aufgaben der zukünftigen, morphologisch-geographischen Untersuchungen sein, hineinzuleuchten in die Fragen der jüngsten Landschaftsumformungen, die aus einem Hochgebirge mit überwiegend durch Eisarbeit und Schutteinhüllung hervorgebrachten Formen ein Hochgebirge machen möchten mit Eis- und beschränkten Schuttformen der Hochregionen und Schluchten des fließenden Wassers in den Fußregionen.

Wir haben gerade durch Mitberücksichtigung der Schuttformen des wärmeren und trockeneren Südtirol gesehen, daß die Schutteinhüllung, besonders der Hochregionen, auch teilweise von klimatischen Elementen abhängig sich zeigt, in erster Linie dort, wo an sich geringere Wassermengen noch durch Bodendurchlässigkeit teilweise in ihrer ausräumenden Tätigkeit beengt werden. So also werden derartige Gebiete, wie der Süden, Teilräume mit haltbarerem Schuttmantel bleiben gegenüber dem stärker bewässerten Norden, doch noch eine andere Lokalisierung der jüngsten, am Werke befindlichen Kraftwirkung des fließenden Wassers, als Schuttverfrachter und Schluchten-

bildner, ist bemerkenswert. Gewisse Flußsysteme heben sich da besonders als solche Vorzugsgebiete aktiverer, junger Flußerosion hervor. Schon in meinen früheren Studien habe ich mehrfach auf die Nachbarschaft der erst eiszeitlich wesentlich tiefer gelegten Inntalfurche hingewiesen, dort konnte an jedem Nebensystem die neue Tieferkerbung der Wasseradern festgestellt werden. Neuerdings habe ich ein ähnliches Gebiet besonders lebhafter Tiefereinschneidung von Nebenflüssen im Lechtalumkreis näher kennengelernt, da sind es besonders die von Süden dem Hauptflusse zuströmenden Bäche des Rothlech-, Namlos-, Bschlabs- und Gramaitals, die von jener Verjüngung ergriffen wurden; wobei wieder die relativ wenig zeitlich zurückliegende Hauptaltieferlegung die Wirkursache darstellt. Ein wesentliches Problem der kommenden Forschung wird also darin bestehen, räumlich die Auswirkung des jüngsten, genereller wirksamen Formumwandlungsfaktors, nämlich der jungen Flußerosion, klarer zu erkennen. Nach der Erforschung von Schuttformen wird also jene der Schluchtformen folgerichtig einsetzen müssen. Erst wenn wir all diese Erscheinungen, nicht nur in Richtung ihrer Einzelwirkungsweise völlig erkennen, sondern auch in Richtung der räumlichen Verteilung der Formgruppen der verschiedenen Entwicklungsgänge, dürfen wir uns rühmen, die alpine Landschaft einigermaßen zu verstehen.

Besprechungen.

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Herausgegeben von PAUL HINNEBERG. Dritter Teil: Mathematik, Naturwissenschaften, Medizin. Dritte Abteilung: Anorganische Naturwissenschaften unter Leitung von E. LECHER. Erster Band: **Physik.** Zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage unter Redaktion von E. LECHER. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1925. Preis geh. 34, geb. 36 Goldmark.

Der 1. Band Physik der Kultur der Gegenwart ist in zweiter Auflage erschienen. Das spricht für das allgemeine Interesse, das die augenblickliche stürmische Entwicklung der Physik erweckt, aber in gleicher Weise dafür, daß der Band dieses Interesse in hohem Maße befriedigt. Dem von E. WARBURG, der die erste Auflage redigierte, gekennzeichneten Plan entsprechend, besteht auch unter der Redaktion von LECHER der stattliche Band (849 Seiten Lexikonformat) aus einer großen Zahl einzelner Essays, die in ihrer Gesamtheit einen Überblick über den Stand der Physik unserer Zeit geben. Die Stofffülle verbietet es, den einzelnen Aufsätzen im Rahmen einer Besprechung gerecht zu werden. Ein Abdruck des Inhaltsverzeichnisses und der Namen der Bearbeiter ist beinahe die beste Empfehlung:

Inhaltsverzeichnis. **Mechanik:** Die Mechanik im Rahmen der allgemeinen Physik von E. WIECHERT. **Akustik:** Historische Entwicklung und kulturelle Beziehungen von F. AUERBACH. **Wärmelehre:** Thermometrie von E. WARBURG. Kalometrie von L. HOLBORN. Entwicklung der Thermodynamik von F. HENNING. Mechanische und thermische Eigenschaften der Materie in den 3 Aggregatzuständen von L. HOLBORN. Um-

wandlungspunkte, Erscheinungen bei koexistierenden Phasen von L. HOLBORN. Wärmeleitung von W. JAEGER. Wärmestrahlung von H. RUBENS, neubearbeitet von G. HETTNER. Theorie der Wärmestrahlung von W. WIEN. Experimentelle Atomistik von E. DOORN, neubearbeitet von K. PRZIBRAM. Theoretische Atomistik von A. EINSTEIN. **Elektrizitätslehre:** Entwicklung der Elektrizitätslehre bis zum Siege der FARADAYSchen Anschauungen von F. RICHARZ. Die Entdeckungen von MAXWELL und HERTZ von E. LECHER. Die MAXWELLSche Theorie und die Elektronentheorie von H. A. LORENTZ. Ältere und neuere Theorien des Magnetismus von R. GANS. Die Energie degradierenden Vorgänge im elektromagnetischen Feld von E. GÜMLICH. Die drahtlose Telegraphie von F. BRAUN, neubearbeitet von M. DIECKMANN. Schwingungen gekoppelter Systeme von M. WIEN. Das elektrische Leitungsvermögen von H. STARKE. Die Kathodenstrahlen von W. KAUFMANN. Die positiven Strahlen oder Massestrahlen von E. GEHRCKE und O. REICHENHEIM. Die Röntgenstrahlen von W. KAUFMANN. Entdeckungsgeschichte und Grundtatsachen der Radioaktivität von J. ELSTER und H. GEITEL, neubearbeitet von St. MEYER und E. SCHWEIDLER. Radioaktive Strahlungen und Umwandlungen von St. MEYER und E. SCHWEIDLER. **Lehre vom Licht:** Entwicklung der Wellenlehre des Lichtes von O. WIENER. Neuere Fortschritte der geometrischen Optik von O. LUMMER, mit Zusätzen von M. v. ROHR. Spektralanalyse von F. EXNER. Struktur der Spektrallinien von E. GEHRCKE. Magneto-optik von P. ZEEMANN. Quantentheorie, Atombau und Spektrallinien von H. A. KRAMERS. **Allgemeine Gesetze und Gesichtspunkte:** Verhältnis der Präzisionsmessungen zu

den allgemeinen Zielen der Physik von E. WARBURG. Die Erhaltung der Energie und die Vermehrung der Entropie von F. HASENÖRL, neubearbeitet von H. MACHE. Das Prinzip der kleinsten Wirkung von M. PLANCK. Die Relativitätstheorie von A. EINSTEIN. Phänomenologische und atomistische Betrachtungsweise von W. VOIGT. Verhältnis der Theorien zueinander von M. PLANCK.

Bei der Neuherausgabe ist so verfahren, daß die große Mehrzahl der Aufsätze von den Autoren, die sie für die erste Auflage geschrieben haben, überarbeitet und dem derzeitigen Stande der Wissenschaft angepaßt wurden. An Stelle der verstorbenen Mitarbeiter sind neue gewonnen worden, die gerade wie diejenigen, die sie hier ersetzen, das entsprechende Teilgebiet der Physik durch eigene Arbeit gefördert haben. Auf diese Weise haben die meisten Artikel den Reiz, den persönliche Stellungnahme und Originalität zu geben vermag. Naturgemäß sind aber die Ansprüche, die dabei an Kenntnis und Fähigkeiten der Leser gestellt werden, ganz verschieden. So wird niemand behaupten können, daß WIECHERTS „Mechanik im Rahmen der allgemeinen Physik“ leicht verständlich geschrieben sei, während etwa „die MAXWELLSche Theorie und Elektronentheorie“ von H. A. LORENZ als Beispiel dafür dienen kann, daß es möglich ist, in einer Darstellung ohne mathematisches Rüstzeug auszukommen und doch streng und klar zu bleiben.

In einem Abbild des derzeitigen Standes unserer Wissenschaft kann und soll es auch nicht an der Betonung von gegensätzlichen Auffassungen fehlen, die naturgemäß in allen Epochen, in denen neue prinzipielle Theorien auftauchen, besonders stark zutage treten. So war es, als die MAXWELLSche Theorie sich durchzusetzen hatte, und so ist es jetzt mit der Relativitäts-

theorie und der auf der Quantentheorie aufgebauten Atomtheorie. Hier finden sich nebeneinander die Auffassungen von WIECHERT und WIENER sowie eine diesmal wirklich nicht zu schwere Darstellung der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie von EINSTEIN. Da steht ein Aufsatz von KRAMERS über Quantentheorie, Atombau und Spektrallinien neben Sätzen, in denen jede spezielle Aussage über den Bau von Atomen als verfrüht betrachtet wird. Man sieht, ein Lehrbuch der Physik hat man hier wirklich nicht vor sich, das entspricht aber auch durchaus nicht der Absicht, sondern man erhält einen Eindruck davon, wie die Physik sich in den Köpfen der Physiker malt, die ein Recht haben, über ihre Spezialgebiete gehört zu werden.

Neben den Gebieten, bei denen alles im Fluß ist, kommen aber auch natürlich diejenigen nicht zu kurz, in denen eine gesicherte Kenntnis überliefert wird und sogar ein gewisser Abschluß erreicht ist. Hier ist mit viel Glück versucht, auch die historische Seite nicht zu vernachlässigen, der der Physiker im allgemeinen viel zuwenig Beachtung zu schenken pflegt. Insgesamt ist die Neuauflage dieses bedeutsamen Werkes als äußerst gelungen zu bezeichnen, den Fachmann wird oft gerade die persönliche Einstellung der Autoren interessieren, und er wird besonders auch durch Lektüre des Kapitels „Allgemeine Gesetze und Gesichtspunkte“ einen großen Gewinn für den Überblick über sein Fach erwerben können. Der naturwissenschaftlich Interessierte wird zwar nicht alle Aufsätze völlig verstehen, wohl aber einen Eindruck gewinnen von dem Stand der physikalischen Forschung. Damit ist das gesteckte Ziel vollkommen erreicht. Dem Verlag Teubner ist man Dank schuldig für den ausgezeichneten Druck und die vorbildliche Ausstattung des Buches.

J. FRANCK, Göttingen.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über die enzymatische Wirkungsweise des Plasmas.

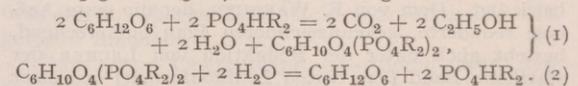
Daß solche Stoffe, welche an enzymatischen Vorgängen als Substrate oder Reaktionsprodukte beteiligt sind, in meßbarem und oft weitgehend konstantem Grade und entsprechend den Forderungen des Massenwirkungsgesetzes an den enzymatischen Katalysator gebunden werden, ist eine Einsicht, welche für die Entwicklung nicht nur der enzymatischen Kinetik, sondern der Enzymologie überhaupt außerordentlich fruchtbar geworden ist.

Unter den Forschern, welche zuerst eine solche, dem Massenwirkungsgesetz folgende Bindung des enzymatischen Katalysators zu Substrat und Reaktionsprodukten angenommen haben, muß E. F. ARMSTRONG¹⁾ genannt werden. Einen entscheidenden Fortschritt brachten dann die Arbeiten von MICHAELIS²⁾, welcher zuerst die zwischen einem Enzym und seinem Substrat bzw. den Spaltprodukten bestehenden Affinitäten zahlenmäßig berechnet hat. Wichtige Anwendungen der MICHAELISSchen Theorie verdankt man der WILLSTÄTERSchen Schule, besonders R. KUHN³⁾, und unter den Arbeiten aus dem Stockholmer Laboratorium sind besonders diejenigen von K. JOSEPHSON⁴⁾ zu nennen.

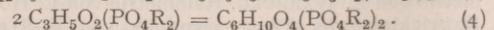
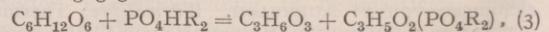
Den Messungen der beiden letztgenannten Forscher hat sich dann das Ergebnis entnehmen lassen, daß die reagierenden Moleküle hydrolytisch spaltbarer Substrate an die beiden durch die Hydrolyse entstehenden Komponenten gleichzeitig gebunden werden, und daß somit der Grad der Bindung durch zwei Affinitäten bestimmt wird; bei dem in dieser Hinsicht am besten

untersuchten Vorgang, der Inversion des Rohrzuckers durch Saccharase, wird also sowohl der Glucose- wie der Fructoserest des Disaccharides enzymatisch festgehalten, so daß sich die Affinitätskräfte zu diesen beiden Hexosen geltend machen. Sowohl in diesem Fall als (nach der bemerkenswerten Arbeit von JOSEPHSON) bei der Spaltung der β -Glucoside (1925) haben sich bereits schöne Bestätigungen der „Zwei-Affinitäts-Theorie“ ergeben.

Zusammen mit K. MYRBÄCK hat Verf.⁵⁾ das gleiche Prinzip auf Gärungsspaltungen angewandt. Für die normale alkoholische Gärung können die HARDENSchen Gärungsgleichungen⁶⁾ als bewiesen gelten:



Dagegen geht aus diesen Gleichungen nicht hervor, wodurch der Umsatz des einen Glucosemoleküls zu Alkohol und CO_2 mit dem Umsatz eines zweiten Moleküls Phosphat verknüpft ist, in welcher Weise also die chemische und energetische Kuppelung stattfindet. Eine solche energetische Beziehung, welche die Verwertung eines Energiefalles auf der einen Seite, für den Energiehub auf der anderen Seite verständlich macht, würde durch folgende Formulierung der Gärungsgleichung gegeben sein:



Durch die Gleichungen (3) und (4) wird der streng stöchiometrischen experimentell bewiesenen Beziehung

zwischen der Bildung des Zymophosphates und der Kohlensäure offenbar ebenso genügt wie durch die HARDENSche Formulierung.

Dabei ist anzunehmen, daß das nach Gleichung (3) reagierende Glucosemolekül an zwei Stellen (nämlich innerhalb jeder C₃-Gruppe) durch je eine enzymatische Gruppe gebunden wird.

Der durch MEYERHOFs grundlegende Arbeiten⁷⁾ in energetischer Hinsicht weitgehend aufgeklärte Kohlenhydratstoffwechsel ist in enzymchemischer Hinsicht noch wenig erforscht; die MEYERHOFschen Gleichungen lassen es unentschieden, wieso 8 Moleküle Milchsäure in Glykogen verwandelt werden können. Wie schon an anderer Stelle⁸⁾ erwähnt, treten hier besonders 3 Fragen in den Vordergrund: 1. Welche Enzyme nehmen am Aufbau der in das Glykogen eingehenden Hexosen teil? 2. Unter welchen Umständen werden diese Hexosen enzymatisch zu Glykogen synthetisiert? 3. In welcher Weise kann die aus der Oxydation (Atmung) frei werdende Energie auf die unter Energieaufnahme verlaufenden Prozesse übertragen werden?

Vor längerer Zeit hat Verf.⁹⁾ auf die Möglichkeit hingewiesen, daß von zwei enzymatischen Vorgängen ein energieliefernder und ein energieverbrauchender *am gleichen enzymatischen Katalysator* verlaufen.

Im Anschluß an das oben erwähnte Prinzip, daß die beiden Teile eines enzymatisch spaltbaren Substrates durch je eine enzymatische Gruppe mit bestimmter, meßbarer Affinität gebunden werden¹⁰⁾, und daß dann die beiden Paare Substratkomponente-Enzym voneinander gespalten werden, machen wir uns nun folgende Vorstellung von der enzymatischen Bindung des die Gärungsspaltung erleidenden Kohlenhydrates:

Das Plasma der Kohlenhydrat spaltenden Zelle enthält enzymatische Gruppen, welche zu bestimmten Atomgruppierungen der Substrate Affinität besitzen. Wie früher bezüglich der Saccharase entwickelt wurde, behalten die freien Spaltprodukte der Substrate ihre Affinität zu den enzymatischen Gruppen (des Plasmas) ganz oder angenähert bei. Die so an Teile des enzymatisch wirksamen Plasmas gebundenen Substrat-Spaltprodukte sind durch ihre Bindung an den enzymatischen

Katalysator immer noch im Zustand der besonderen Reaktionsfähigkeit, und sie nehmen also an weiteren Umwandlungen und Synthesen als „aktive“ oder „reaktionsvermittelnde“ Moleküle teil. Demgemäß ist die Wirkung einer enzymatischen Plasmagruppe nicht auf eine einzige bestimmte Enzymreaktion beschränkt, sondern kann sich auf alle enzymatischen Vorgänge erstrecken, an welchen die ihr entsprechenden Substratkomponente beteiligt ist.

Durch diese der experimentellen Prüfung zugängliche Hypothese dürfte eine einheitlichere Auffassung der enzymatischen Gärungsvorgänge angebahnt werden können als diejenige, welche wir gegenwärtig in der Literatur finden.

- 1) E. F. ARMSTRONG, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B **73**, 516. 1904. Siehe auch H. E. ARMSTRONG und E. F. ARMSTRONG, ebenda **79**, 360. 1907.
- 2) MICHAELIS und MENTEN, Biochem. Zeitschr. **49**, 333. 1913.
- 3) R. KUHN, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **125**, 28. 1922/23.
- 4) K. JOSEPHSON, Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chem. **134**, 50 u. **136**, 62., 1924; ferner **147**, 1. 1925.
- 5) EULER und MYRBÄCK, Svensk kem. Tidskr. **36**, 295. 1924. — Ferner EULER, Chemie der Enzyme, I. Teil, 3. Aufl. S. 335 u. ff. 1925.
- 6) HARDEN und YOUNG, Proc. of the roy. soc. London, Ser. B **78**, 309. 1906.
- 7) MEYERHOF, siehe z. B. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. **204**, 295. 1924. MEYERHOF und MEIER, ebenda, **204**, 448. 1925. — HILL und MEYERHOF, Ergebn. d. Physiol. **22**, 300. 1923.
- 8) EULER und MYRBÄCK, Svensk kem. Tidskr. **37**, 173. 1925.
- 9) EULER und AF UGGLAS, Zeitschr. f. allg. Physiol. **12**, 364. 1911.
- 10) EULER, Svenska Vet. Akad. Arkiv f. Kemi, **9**, Nr. 13. 1924.

Stockholm, den 24. September 1925.

H. v. EULER.

Chemische Mitteilungen.

Erinnerung an Robert Bunsen. Die Zahl derjenigen, die noch im Laboratorium bei BUNSEN gearbeitet haben, beginnt gewaltig zusammenschmelzen, und so wird es Zeit, die nur noch spärlich fließenden Erinnerungen sorgfältig zu sammeln; denn bald wird es zu spät sein. Ich selber war in den Jahren 1862–64 Schüler des originellen und unvergeßlichen Mannes, und mir ist besonders das folgende kleine Ereignis in Erinnerung geblieben. BUNSEN machte beinahe täglich den Rundgang bei allen seinen Praktikanten, wenigstens wenn sie über die Schwefelwasserstoff-Semester hinaus waren. Eines Tages trat er zu mir, da ich mit dem Nachweis von Phosphorsäure beschäftigt war, und sagte: „Man kann die Anwesenheit von Phosphor auch mit dem Lötrohr nachweisen“, und er nahm dies von ihm so bevorzugte Instrument, ein Stück Kohle, bohrte diese an, tat die Phosphorsäure enthaltende Substanz mit einem winzigen Stücklein Eisendraht und reichlich Soda in die Vertiefung und blies ein paar Minuten mit dem Lötrohr die Reduktionsflamme. Die erkaltete Masse wurde mit Wasser in der Schale zerrieben, mit dem Magnete das Stücklein Eisendraht aufgesucht und unter der Lupe die beginnende Schmelzung nachgewiesen. Dann die Erklärung: Eisen allein schmilzt unter dem Lötrohr nicht, wohl aber in der

Verbindung mit Phosphor, welche Verbindung sich in der Reduktionsflamme bildet. Nun ist zwar Phosphoreisen nicht oder nur schwach magnetisch. Aber es bleibt unter den angegebenen Umständen genug Eisen unverbunden übrig, daß es noch mit dem Magneten aus der Schmelzmasse gelöst und dennoch als angeschmolzen erkannt werden kann, mithin der Versuch tadellos gelingt. Das ist aber der echte BUNSEN. Nicht den bequemsten Weg gehen — die SONNENSCHNEISCHE Molybdänmethode war ihm überhaupt verhaßt, weil es dabei nichts zu denken gab —, sondern der Natur etwas ablauern, ihr ein Schnippen schlagen und so die Beobachtung aufs äußerste zu schärfen. Die vollständige Beherrschung aller Eigenschaften des Stoffes, der untersucht werden sollte, war seine Lust und sein Ziel, nicht der bequemste Weg, die gestellte Einzelfrage rasch zu lösen. Es war etwas von einem schaffenden Künstler in BUNSEN, der die Erscheinung selbst liebte, nicht das abstrahierte Resultat. Darum mußte der Schüler auch bei der Gasanalyse sein Eudiometer selbst machen aus der bloßen Glasröhre, deren Zylinderform noch zu erweisen war.

Dann ein zweites Beispiel ganz anderer Art und schon aus späterer Zeit, da ich schon selbst dozierte, aber auch schon von der reinen Chemie zur landwirt-

schaftlichen übergegangen war. Dieses zeigt BUNSEN nicht als Lehrer, sondern als vornehm denkenden Menschen. Einem unserer Mitdozenten, meinem noch lebenden Freunde AUGUST HORSTMANN, war es geglückt, was sonst wohl kaum einem geglückt ist, BUNSEN eine fehlerhafte Schlußfolgerung nachzuweisen. BUNSEN hatte wenigstens als eine Sache von großer Wahrscheinlichkeit ausgesprochen, daß bei Gasexplosionen in nicht ganz einfachen Mischungen, z. B. Kohlenoxyd mit Knallgas, rationelle (gradzahlige) Verhältnisse der entstehenden Produkte herrschen sollten. HORSTMANN bewies durch wiederholte Versuche in größerer und die Wahrscheinlichkeit erschöpfender Anzahl, daß dem nicht so sei, daß also die BUNSENSCHE Vermutung auf einer Zufälligkeit in dem ihm zur Übersicht vorliegenden Materiale beruhen müsse, und machte dem berühmten Forscher und Ordinarius Mitteilung von diesem Resultate. Die Mitteilung, die allerdings in takt- und pietätvoller Weise geschah, wurde durchaus sachlich und ohne die geringste Verstimmung im Verhältnis der beiden hervorzurufen, entgegengenommen. Dieser Ausgang sollte ja eigentlich selbstverständlich sein, aber leider ist der historische Verlauf solcher Kontroversen in der Regel anders, und es verdient auch dieser schlichte Hergang als ein Ruhmestitel aus dem Leben ROBERT BUNSENS hervorgehoben zu werden. Und nun noch ein heiteres Geschichtchen, das den großen Gelehrten wieder in anderer Hinsicht charakterisiert. Er mußte mit seinem Kollegen KOPP, der in geschäftlichen Angelegenheiten gewandter war, ein Gutachten abgeben. BUNSEN schrieb hierzu einen Entwurf, aber nur in Andeutungen und nicht stilistisch ausgearbeitet; darunter eine Masse von Punkten und Kommata. Dann schob er den Wisch dem anderen zu und sagte mit flehentlich Miene: „Sie haben wohl die Güte, lieber Kollege, die Interpunktionen in Ordnung zu machen. Darauf verstehe ich mich nicht.“ ADOLF MAYER.

Bei einer größeren Anzahl von lumineszierenden Stoffen (Zink- und Magnesium-Sulfid, „Oxyd-Phosphore“) hat man die Erfahrung gemacht, daß das Lumineszenzvermögen bedingt wird durch die Gegenwart gewisser Schwermetalle in sehr geringen Mengen und außerdem durch Krystallstruktur des Grundmaterials. Für den Borstickstoff (BN), dessen Lumineszenzfähigkeit in der Flamme von TIEDE und BÜSCHER aufgefunden wurde, konnten später TIEDE und TOMASCHKE zeigen, daß auch hier eine krystallinische Struktur für die Erzeugung der Lumineszenzerscheinungen erforderlich ist; die Frage, ob auch in diesem Falle ein fremdes Element als Aktivator vorhanden sein muß, oder ob der völlig reine Borstickstoff zum Leuchten befähigt ist, haben neuerdings TIEDE und TOMASCHKE (Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 147, III. 1925), näher geprüft. Dabei sind sie zu dem überraschenden Ergebnis gekommen, daß beim BN nicht ein Schwermetall aktivierend wirkt, sondern der Kohlenstoff. Präparate, die nach Herstellung und Behandlung dieses Element nicht enthalten konnten, ließen niemals Lumineszenz erkennen, dagegen trat diese sofort auf, wenn in irgendeiner Weise bei der Herstellung der Verbindung für die Gegenwart des Kohlenstoffes gesorgt war. Die Lumineszenz des kohlehaltigen Borstickstoffes gibt sich vorzüglich zu erkennen im Flammenraum; sie kann aber auch durch Kathodenstrahlen oder durch Licht hervorgerufen werden. In jedem Falle zeigt das Emissionsspektrum 3 Banden: gelbgrün-violett-gelbrot, von denen die erste vorherrscht. Die Intensitätsverhältnisse dieser Banden sind von der besonderen Natur des Präparates ziemlich stark ab-

hängig. Bei der Erregung der Phosphore durch Licht zeigte sich, daß die erzeugte Lumineszenz von der Wellenlänge des erregenden Lichtes erheblich beeinflußt wird; es treten mehrere Maxima der Wirksamkeit auf. Die Tatsache, daß beim Borstickstoff nur Kohlenstoff aktivierend wirkt, während in den übrigen Fällen eine ganze Anzahl von Elementen sich in diesem Sinne betätigen kann, läßt vermuten, daß diese Verbindung bei den Untersuchungen über die Natur der Lumineszenzerscheinungen noch eine Rolle spielen wird.

Im Zusammenhang mit ausgedehnten Untersuchungen über den Goldgehalt des Meerwassers, über die später berichtet werden soll, haben HABER und JAENICKE (Zeitschr. f. anorg. allg. Chem. 147, 156. 1925), auch den Goldgehalt des Flußwassers, insbesondere des Rheinwassers, in den Kreis ihrer Betrachtungen gezogen. Die Proben wurden mit aller notwendigen Sorgfalt, z. T. bei Leverkusen, z. T. bei Karlsruhe entnommen. Nach einem sehr fein ausgearbeiteten Verfahren, das aber nur den Chemiker interessiert, gelang es, die ungemein geringen Edelmetallmengen mit Sicherheit festzustellen, wobei sich zeigte, daß das Gold höchst ungleichmäßig im Wasser verteilt sein muß. 10 bei Karlsruhe geschöpfte Rheinwasserproben enthielten $0-10,3 \cdot 10^{-9}$ g Au und $0-25,2 \cdot 10^{-9}$ g Ag im Liter; in 12 bei Leverkusen geschöpften Wasserproben waren $0-8,1 \cdot 10^{-9}$ g Au und $0-65,2 \cdot 10^{-9}$ g Ag im Liter enthalten. Das Verhältnis Au/Ag schwankte dabei zwischen 0 und 12. Es ergibt sich hieraus, daß die Edelmetalle weder gelöst noch als Submikronen im Wasser enthalten sein können; vielmehr ist anzunehmen, daß sie in Form größerer Partikeln auftreten, die durch organisierte oder andere Fremdstoffe schwebend gehalten werden. Übrigens sind die Schwankungen im Edelmetallgehalt bei Hochseewasserproben nicht minder bedeutend. Aus den mitgeteilten Zahlen berechnet sich ein mittlerer Gehalt des Rheinwassers von 0,003 mg Gold und etwa doppelt soviel Silber im Kubikmeter. Diese Werte sind aber noch größer als der durchschnittliche Gehalt im Oberflächenwasser der Hochsee. Nimmt man die vom Rhein in der Sekunde geförderte Wassermenge zu 2000 cbm an, so ergibt sich immerhin, daß im Jahre rund 200 kg Gold ins Meer befördert werden. An eine technische Ausbeutung ist natürlich aus begreiflichen Gründen nicht zu denken; wohl aber sind diese Feststellungen für geologische Fragen von Wichtigkeit.

Reines Beryllium in durchgeschmolzenen Stücken haben STOCK, PRAETORIUS und PRESS (Ber. d. dtsh. chem. Ges. 58, 1571. 1925) hergestellt durch Elektrolyse von Beryllium-Barium-Fluorid bei etwa 1350° in einem Graphittiegel (Anode) mit gekühlter Eisenkathode. Der Erfolg des Verfahrens gegenüber den früher bei viel niedrigerer Temperatur ausgeführten Elektrolysen beruht darin, daß hier das Beryllium, dessen Schmelzpunkt bei etwa 1280° liegt, sogleich bei der Elektrolyse in flüssiger Form abgeschieden wird. Es dürfte das erste Mal sein, daß eine derartig hohe Temperatur bei der elektrolytischen Metalldarstellung angewandt wurde. Erhebliche Schwierigkeit machte die Auswahl eines geeigneten Elektrolyten, welcher keine allzu starke Verdampfung zeigte. Das so dargestellte Beryllium ist auffällig hart und spröde. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß das Berylliummetall in irgendeiner Form für technische Zwecke Verwendung finden kann. Die Firma Siemens & Halske gibt Proben des kompakten Metalles für Untersuchungen physikalischer und chemischer Art ab.

I. KOPPEL.



RÖNTGEN-ZAHNAUFNAHME

hergestellt auf einfach begossenem

„Agfa“-Röntgen-Zahnfilm

Glasklar, reiche Kontraste, neuartige saubere Packung

BERLIN



SO 36

Leitz

monokulare und binokulare

Mikroskope

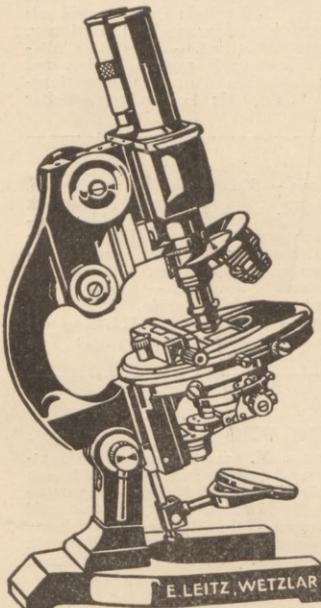
mit Leitz-Optik

Nebenapparate für alle Untersuchungen
Dunkelfeldkondensoren höchster Apertur

Mikrotome

Taschenlupen, binokulare Präparierlupen

Liste: MIKRO 452 kostenfrei



Ernst Leitz / Optische Werke / Wetzlar

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen

mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Gemeinsam mit **W. Blaschke**, Hamburg, **M. Born**, Göttingen, **C. Runge**, Göttingen

Herausgegeben von

R. Courant, Göttingen.

Die zuletzt erschienenen Bände:

Band XVII:

Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper. Mit einer Einführung in das Dreikörperproblem u. mit zahlreichen Übungsaufgaben. Von **E. T. Whittaker**, Professor der Mathematik an der Universität Edinburgh. Nach der zweiten Auflage übersetzt von **Dr. F. und K. Mittelsten Scheid** in Marburg an der Lahn. 21 Goldmark; in Leinen gebunden 22,50 Goldmark 474 Seiten. 1924.
Aus dem Inhalt: Einleitendes aus der Kinematik. Die Bewegungsgleichungen. Integrationsprinzipien. Die lösbaren Probleme der Punktdynamik. Das dynamische Verhalten starrer Körper. Die lösbaren Probleme der Dynamik starrer Körper. Theorie der Schwingungen. Nichtholonome Systeme. Systeme mit Energiezerstreuung. Die Prinzipien der kleinsten Wirkung und kleinsten Krümmung. Hamiltonsche Systeme und ihre Integralinvarianten. Die Transformationstheorie der Dynamik. Die Eigenschaften der Integrale dynamischer Systeme. Die Reduktion des Dreikörperproblems. Die Sätze von Bruns und Poincaré. Allgemeine Theorie der Bahnkurven. Integration durch trigonometrische Reihen.

Band XVIII:

Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung. Von **A. S. Eddington**, M. A., M. Sc., F. R. S., Plumian Professor of Astronomy and experimental Philosophy in the University of Cambridge. Autorisierte, mit Zusätzen und Erläuterungen versehene Übersetzung von **Dr. Alexander Ostrowski**, Privatdozent an der Universität Göttingen, und Professor **Dr. Harry Schmidt**, Dozent am Friedrichs-Polytechnikum Cöthen, mit einem Anhang: **Eddingtons Theorie und Hamiltonsches Prinzip** von **Albert Einstein**. 331 Seiten. 1925. 18 Goldmark; gebunden 19,50 Goldmark
Aus dem Inhalt: Einleitung. Elemente der Theorie. Der Tensoralkül. Das Gravitationsgesetz. Relativistische Mechanik. Die Krümmung des raumzeitlichen Kontinuums. Elektrizität. Die Weltgeometrie. I. Teil: Die Weylsche Theorie. II. Teil: Die verallgemeinerte Theorie. Note: Die neue Einsteinsche Theorie. Anhang von **Albert Einstein**: Eddingtons Theorie und Hamiltonsches Prinzip.

Band XIX:

Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis. Von **G. Pólya**, Titl. Professor an der Eidgen. Techn. Hochschule Zürich, und **G. Szegő**, Privatdozent an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin.
Erster Band: **Reihen — Integralrechnung — Funktionentheorie.** 352 Seiten. 1925. 15 Goldmark; gebunden 16,50 Goldmark
Inhaltsübersicht: Erster Abschnitt: **Unendliche Reihen und Folgen.** I. Kapitel: Das Rechnen mit Potenzreihen. II. Kapitel: Reihentransformationen. III. Kapitel: Die Struktur reeller Folgen und Reihen. IV. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Zweiter Abschnitt: **Integralrechnung.** I. Kapitel: Das Integral als Grenzwert von Rechtecksummen. II. Kapitel: Ungleichungen. III. Kapitel: Einiges über reelle Funktionen. IV. Kapitel: Verschiedene Arten der Gleichverteilung. V. Kapitel: Funktionen großer Zahlen. — Dritter Abschnitt: **Funktionen einer komplexen Veränderlichen. Allgemeiner Teil.** I. Kapitel: Komplexe Zahlen und Zahlenfolgen. II. Kapitel: Abbildungen und Vektorfelder. III. Kapitel: Geometrisches über den Funktionsverlauf. IV. Kapitel: Cauchyscher Integralsatz. Prinzip vom Argument. V. Kapitel: Folgen analytischer Funktionen. VI. Kapitel: Das Prinzip vom Maximum.

Band XX:

Zweiter Band: **Funktionentheorie — Nullstellen — Polynome — Determinanten — Zahlentheorie.** 417 Seiten. 1925. 18 Goldmark; gebunden 19,50 Goldmark
Vierter Abschnitt: **Funktionen einer komplexen Veränderlichen. Spezieller Teil.** I. Kapitel: Maximalglied und Zentralindex, Maximalbetrag und Nullstellenanzahl. II. Kapitel: Schlichte Abbildungen. III. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Fünfter Abschnitt: **Die Lage der Nullstellen.** I. Kapitel: Der Satz von Rolle und die Regel von Descartes. II. Kapitel: Geometrisches über die Nullstellen von Polynomen. III. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Sechster Abschnitt: **Polynome und trigonometrische Polynome.** — Siebenter Abschnitt: **Determinanten und quadratische Formen.** — Achter Abschnitt: **Zahlentheorie.** I. Kapitel: Zahlentheoretische Funktionen. II. Kapitel: Ganzzahlige Polynome und ganzzwertige Funktionen. III. Kapitel: Zahlentheoretisches über Potenzreihen. IV. Kapitel: Einiges über algebraische ganze Zahlen. V. Kapitel: Vermischte Aufgaben. — Neunter Abschnitt: **Anhang. Einige geometrische Aufgaben.**

Band XXI:

Einführung in die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes.

Von **A. Schoenflies**, ord. Professor der Mathematik an der Universität Frankfurt a. M. 314 Seiten mit 83 Textfiguren. 1925. 15 Goldmark; gebunden 16,50 Goldmark
Aus dem Inhalt: Einleitende Betrachtungen. Die Punktkoordinaten. Die Kurvengleichung. Allgemeine Formeln für Parallelkoordinaten. Die gerade Linie. Linienkoordinaten und Dualität. Doppelverhältnis und projektive Beziehung. Homogene Koordinaten. Der Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel. Die allgemeine Gleichung zweiten Grades. Kollineare und reziproke Verwandtschaft. Räumliche Punktkoordinaten. Allgemeine Formeln und Sätze für räumliche Parallelkoordinaten. Ebene und Gerade in Punktkoordinaten. Die räumliche Dualität. Die Flächen der zweiten Ordnung. Anhang.