

182

Beitrag zur Kenntniss der Sinnesempfindungen der Insekten.

Von

Dr. August Forel.

Die Literatur über Sinnesorgane und Sinnesvermögen der Insekten ist bereits eine grosse zu nennen und kann daher in diesen kurzen Mittheilungen nur soweit als unumgänglich nothwendig besprochen werden. Im Uebrigen seien noch folgende, meistens zu sehr vernachlässigte, obwohl höchst wichtige Punkte, vorangeschickt.

1) Bei Beurtheilung des Empfindungsvermögens niederer Thiere fehlt jede sichere morphologische Homologie zwischen ihren Sinnesorganen und den unsrigen. Wir können nur von Analogien, oder von annähernder Homologie der Funktion reden. Diese kann aber nur direkt experimentell oder durch Beobachtung des lebenden Thieres nachgewiesen werden. Es ist folglich ein Unding, aus zufälligen Aehnlichkeiten der Lage und Form gewisser Organe bei Wirbelthieren und Insekten auf ihre physiologische Gleichwerthigkeit schliessen zu wollen. So z. B. wenn Wolff*) und Paasch**) das Riechorgan der Insekten in der Medianlinie des Gesichtes finden wollen, weil beim Menschen die Nase so gelegen ist, oder wenn ersterer (l. c. p. 63) den chitinösen Kopfschild (Clypeus) Nasenbein nennt, und dabei auf das Fehlen des Zwischenkiefers bei den Insekten aufmerksam macht (!).

2) Kaum viel mehr Werth haben physiologische Voraussetzungen rein hypothetischer Natur, die auf ähnlichen Analogien fussen. Wenn z. B. gesagt wird (Wolff, Paasch u. A.), dass zum Riechen nothwendig eine feuchte Schleimhaut gehört, so ist dies durchaus nicht erwiesen, und in der That wissen wir nur, dass das Riechorgan der Wirbelthiere auf einer solchen sitzt, sonst gar nichts. Worauf die

*) Das Riechorgan der Biene. Nova Acta der K. L. Car. deutschen Akad. der Naturforscherw. Bd. XXXVIII. Nr. 1. 1875.

**) Troschel's Archiv für Naturgeschichte. 1873. Bd. 1. p. 248.

Riechempfindung selbst beruht, wissen wir nicht. Ebensowenig sind wir berechtigt zu behaupten, dass eine gespannte Membran zum Hören nothwendig sei.

3) Bei Beurtheilung der Sinnesempfindungen der Thiere überhaupt, besonders aber der wirbellosen, deren Sinnesorgane mit den unsrigen keinerlei morphologische Homologie zeigen, können wir nie über die eigentliche Qualität dieser Empfindungen etwas sagen. Wir können zwar für das Auge in Folge des Mangels oder des Vorhandenseins gewisser optischer Apparate auf das Zustandekommen oder Nichtzustandekommen eines deutlichen Bildes, sowie auf die Grösse und Stellung desselben, nicht aber auf die Art wie dasselbe empfunden wird, schliessen. Wir können aber über die Art der Reaktion des Thieres auf bestimmte Reize urtheilen und in Folge unserer Experimente sagen: dieses oder jenes Organ hat die Fähigkeit über diese oder jene physikalischen oder chemischen Vorgänge, über das Vorhandensein dieser oder jener Substanzen oder Gegenstände, auf diese oder jene Weise dem Thiere Aufschluss zu geben. Und hier sind wir wieder ganz abhängig von unseren eigenen Sinnen und können darüber nur im Einzelnen genauer urtheilen, wo wir selbst genau die Einzelheiten empfinden; so ganz besonders im Gebiet des Sehvermögens. Was dieses letztere bei den Thieren betrifft, so können wir experimentell nachweisen, ob ein thierisches Organ Licht, oder mit Hilfe desselben Farben, Bewegung, geformte Gegenstände empfindet oder nicht, ob es sie von der Ferne oder nur in der Nähe, deutlich oder undeutlich unterscheidet etc. Beim Gehörssinn ist es schon kaum möglich zu sagen, inwiefern ein Thier qualitative Unterschiede der Schallwellen empfindet. Beim sogenannten Geruchsvermögen können wir nur sagen: diese und jene Substanzen, Wesen oder Gegenstände, werden, ohne Schall oder Gesichtsempfindung, oder mechanische Erschütterung der zwischenliegenden Körper zu erzeugen, von diesem Organ, bei dieser oder jener Entfernung, durch diese und jene Media hindurch, unter diesen oder jenen Umständen empfunden, und dann gesucht oder vermieden. Eine andere nachweisbare Definition von Geruchsorganen und Geruchsvermögen bei niederen Thieren gibt es nicht; alles Uebrige beruht auf Hypothesen. Was das Tastvermögen betrifft, so können wir nur aus der Reaktion des Thieres auf unmittelbare Berührungen, Erschütterungen, Luftbewegungen, Einwirkung scharfer Substanzen u. dgl.

urtheilen. Temperatursinn ist leicht nachzuweisen. Auf Schmerzempfindung kann, jedoch nur höchst wahrscheinlich, geschlossen werden, und zwar indirekt aus einer Reaktion des Thieres, welche der unsrigen bei ähnlichen Reizen ähnlich ist; ein bestimmtes objektives Kriterium fehlt uns hier. Geschmackssinn können wir nur als die Fähigkeit definiren, gewisse Eigenschaften der bereits den Mund berührenden Speisen zu unterscheiden. Sowie aber die direkte Berührung fehlt, können wir nur mehr von Geruch sprechen.

Die Mangelhaftigkeit dieser Kriterien springt in die Augen. Es ist also möglich, wie es besonders Leydig oft mit Recht betont hat, dass niedere Thiere einen 6ten, einen 7ten Sinn haben, ohne dass wir es nachweisen können, also dass sie eine qualitativ bestimmte Empfindung für eine bestimmte Gruppe adäquater Reize haben, die wir entweder gar nicht, oder nicht verschieden von anderen Reizen empfinden. Es ist z. B. möglich, dass bei den Insekten, abgesehen vom Sehen und Hören, die Wahrnehmungen aus der Ferne, die wir alle aus Noth als Geruchswahrnehmungen bezeichnen müssen, auf zwei oder drei bestimmte Weisen, durch verschiedene Sinnesendigungen und qualitativ verschiedene Empfindungen stattfinden, entsprechend verschiedenen bekannten oder unbekanntem physikalischen oder chemischen Vorgängen. Wir können uns dieses freilich nicht direkt vorstellen.

4) Auf zwei Grundfehler im Experimentiren, die leider fortwährend noch mit erstaunlicher Einsichtslosigkeit gemacht werden, haben bereits sorgfältigere Beobachter wie Dugès*), Perris**), Graber***) aufmerksam gemacht. Erstens kann man durch Anwendung scharfer Mittel, wie Ammoniak, Chloroform, Terpentin u. s. w., keinen Aufschluss über Geruchsempfindung niederer Thiere erhalten, indem durch den scharfen Dampf, den sie entwickeln, auch die ungemein empfindlichen Tastnerven, und zwar meist in schmerzhafter Weise, direkt erregt werden. Man muss vielmehr solche Substanzen anwenden, die dem betreffenden Thiere oder seinen Jungen als Nahrung dienen, die es überhaupt im

*) Ant. Dugès: *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*. Montpellier et Paris. 1838.

***) Ed. Perris: *Mém. sur le siège de l'odorat dans les Articulés*. Entr. des Actes de la soc. Linnéenne de Bordeaux. t. XVI, livr. 3 et 4. 1850.

****) Graber: *Die Tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren*. Denkschriften der K. K. Akad. der Wissenschaften in Wien. Bd. 36.

natürlichen Zustand aufsucht, oder die es zum Zweck der Selbsterhaltung fürchten muss, wenn auch alle diese Dinge für uns meist geruchlos sind. Unser Massstab ist hier durchaus unmassgeblich. Denkt denn Jemand daran, die Schärfe des Geruchsvermögens eines Hundes mit Terpentin, Kampher u. dgl. zu prüfen? Und doch um wieviel näher steht uns der Hund als die Insekten!

Zweitens darf man nicht, wie dies Léon Dufour*), Paasch (l. c.), Landois**) und Andere beständig thun, und wie es selbst einmal Lubbock***) passirt ist, die Wirkung mechanischer Erschütterungen auf die Tastnerven mit Gehörsempfindungen verwechseln. Dazu gehören allerdings sehr sorgfältige Experimente, und ich kann nur Jedem die Lektüre der gerade in dieser Hinsicht äusserst klaren und genauen Experimente Graber's (l. c. am Schluss) empfehlen.

5) Endlich ist der Nachweis eines peripheren Nervenendorganes an der experimentell als Sitz einer Sinnesempfindung nachgewiesenen Körperstelle eine recht nothwendige Bestätigung. Jedoch muss man die positive Wichtigkeit dieses Nachweises nicht überschätzen, und aus demselben gleich Schlüsse auf die Funktion ziehen, denn solche Nervenendorgane kommen so häufig und in so merkwürdigen Variationen an allen möglichen Stellen des Insektenleibes vor, dass man

*) Léon Dufour: Quelques mots sur l'organe de l'odorat et sur celui de l'ouïe dans les insectes. Actes de la Soc. Lin. de Bordeaux. t. XVI. livr. 3 et 4. 1850.

**) H. Landois: Thierstimmen; Freiburg i. B. 1874, p. 129—134. Auch den ersten Fehler hat Landois (Archiv f. microsc. Anatomie v. Schulze. Bd IV. p. 88) begangen.

***) Lubbock: On some points in the Anatomy of Ants. The monthly microscopical journal, Sept. 1877. p. 132--133. Lubbock citirt hier einige von meinen Beobachtungen, aus welchen er gegen mich (Fourmis de la Suisse, p. 121) schliessen zu können glaubt, dass die Ameisen hören. Nun erklären sich, nach meiner, wie ich hier wohl behaupten zu dürfen glaube, massgebenderen Erfahrung, alle diese meine Beobachtungen sehr gut theils durch Gesichtswahrnehmungen (der Bewegungen), theils durch mechanische Erschütterung der Unterlage, theils durch rasch einander mitgetheilte Berührungen. Und ich kann Lubbock erwidern, dass es vielmehr seine eigenen Beobachtungen sind, (Linnean Society's Journal. V. XII: observ. on Bees and Wasps), wonach er fand, dass der grösste Lärm, den er machte, von Bienen und Wespen nicht bemerkt wurde, welche gegen seine jetzige Ansicht sprechen.

stets in Verlegenheit ist, eine Bestimmung für sie zu finden. Dass aber, wenn ein Sinnesapparat wirklich Sitz einer bestimmten Empfindung ist, derselbe bei denjenigen Insektenarten stärker entwickelt sein muss, bei welchen das betreffende Sinnesempfindungsvermögen stärker vorhanden ist, dies ist eine Forderung, deren Berechtigung kaum angezweifelt werden dürfte. Wie oft jedoch dieselbe nicht geachtet wird, werden wir zur Genüge sehen.

Die constantesten und wichtigsten sensiblen Nervenendorgane finden wir 1) in den Netzaugen, 2) in den Antennen. Einem jeden dieser Apparate kommt ein dicker Nerv und eine eigene Anschwellung des Gehirnes zu, was sie von allen anderen unterscheidet. Ferner finden wir solche 3) in den Ocellen, 4) in den Palpen, 5) in verschiedenen Nervenpapillen der Mundorgane, besonders der Zunge, des Unterkiefers, des Pharynx. Ausserdem kommen Nervenendorgane oft in den Tarsen, an der Basis der Flügel, an der Seite des Leibes, in den Vorder-tibien etc. vor.

6) Je nach den Familien, Gattungen und Arten der Insekten sind verschiedene Sinnesvermögen ganz verschieden entwickelt. Es kommen in dieser Beziehung die grössten Gegensätze vor, was durchaus nicht genug hervorgehoben worden ist. Gewisse Insekten (Libellen z. B.) leben fast nur durch ihren Gesichtssinn. Andere sind blind oder nahezu blind und sind fast ausschliesslich Geruchs- und Gefühlsthier (Höhleninsekten, die meisten Ameisenarbeiter etc.). Der Gehörssinn ist bei gewissen Formen gut entwickelt, bei den meisten jedoch gar nicht oder mindestens sehr schwach. Bei fast allen aber, auch durch den dicksten Chitinpanzer hindurch, ist ein ungemein feines Tastvermögen vorhanden, bei den meisten auch sicher Geschmacksempfindung. Die Raupen scheinen hauptsächlich durch Geschmacks- und Tastempfindung sich zurecht zu finden.

So gross nun die Literatur unseres Gegenstandes ist, so besteht sie leider grösstentheils nur aus theoretischen Auseinandersetzungen, kühnen Hypothesen und, wie Lubbock (l. c. Obs. on Bees etc.) richtig bemerkt, aus neuen Abschriften einzelner alter Beobachtungen, die seit fast einem Jahrhundert in allen Schriften herumkursiren. Folgende Mittheilungen, die sich auf das sachlich und gut Beobachtete beschränken sollen, dürften daher nicht ohne Nutzen sein.

1. Gesichtssinn.

Hier haben wir einen bestimmten adäquaten Reiz, das Licht, mit zwei Modifikationen desselben: die Farben und die Bewegung. Die entsprechenden Sinnesorgane sind bekanntlich zweierlei: das Facettenauge und das einfache Auge (Stemma, Ocelle). In neuester Zeit sind hier wesentliche Fortschritte unserer Erkenntniss gemacht worden.

Grenacher*) hat zunächst in Folge grosser umsichtiger Untersuchungen endgiltig nachgewiesen, dass Facettenaugen und Ocellen morphologisch aus einem und demselben Gebilde entstehen, erstere durch vielfache Wiederholung desselben, letztere durch einfache Vermehrung seiner histologischen Elemente.***) Er hat gezeigt, dass die Facettenaugen verschiedener Insekten sehr verschieden gebaut sind und durch alle Uebergänge zur Ocelle zurückzuführen sind. Man glaubte früher, alle Facettenaugen hätten Krystallkegel und einen centralen Sehstab (Rhabdom) in der Retinula einer jeden Facette. Grenacher weist nach, dass dem nicht so ist, dass bei den Wanzen, den Nemoceren, den niederen Käfern, kein Krystallkegel vorhanden ist, und jede Zelle der Retinula, wie bei den Ocellen, ihr eigenes Stäbchen hat, dass die dabei immer vorhandenen vier Matrixzellen des fehlenden Krystallkegels einer jeden Facette, den sogenannten Glaskörperzellen einer Ocelle entsprechen, dass die Retinula einer jeden Facette dieses von ihm „acones Auge“ genannten Netzauges

*) Grenacher: Zur Morphol. und Physiol. des facett. Arthrop. Auges. Vorl. Mittheilung, in Nachr. v. d. K. Gesellsch. der Wissensch. a. d. G. A. Universität zu Göttingen. Nro. 26, 23. Dezember 1874. Ferner: Grenacher: Untersuchungen über das Arthropodenauge im Auszuge mitgetheilt. — Beilageheft zu den Klin. Monatsblättern für Augenheilkunde, Mai-Heft XV. Jahrgang Rostock 1877.

**) Grenacher führt nebenbei an, dass die Ocellen nicht immer einen morphologisch anderen Sitz haben, als die Netzaugen, dass der Floh z. B. Ocellen an der Stelle der Netzaugen hat. Dasselbe kann ich von der amerikanischen Ameisengattung *Eciton* anführen, deren allein bekannte Arbeiter, bei den meisten Arten, an Ort und Stelle eines jeden Netzauges je eine grosse schöne Ocelle mit ganz grosser fast kugeliger Cornea besitzen, während die nächst verwandten Gattungen gewöhnliche Netzaugen haben oder ganz blind sind. Stirnocellen haben aber die *Eciton* nicht.

der Retina einer Ocelle ebenfalls vollkommen entspricht, und endlich, dass die Glaskörper, resp. Krystallzellen, sowie die Retinazellen (wenigstens deren periphere Stäbchenhälfte) alle nur modificirte, eingestülpte und abgeschnürte Matrixzellen der äusseren Chitinhaut sind, gerade so wie die Cornea nichts anderes ist, als die modificirte Chitinhaut selbst. Bei den Augen mit gewöhnlichem Krystallkegel (eucone Augen) lässt das die einzelnen Facetten isolirende Pigment an der hinteren Spitze eines jeden Krystallkegels nur ein winziges Löchlein zum Durchtritt des Lichtes, und die Retinula einer Facette besteht nur aus ganz wenig (4 bis 8) Zellen, die centralwärts sich in Nervenfasern fortsetzen und deren periphere Stäbchen zu einem grossen Stabe (Rhabdom) verschmelzen.

In Folge aller dieser Verhältnisse sind sowohl Projektion des allenfalls durch die Cornea*) hervorgebrachten umgekehrten Bildchens eines Gegenstandes, als Empfindung eines solchen durch die mit zu wenigen Elementen versehene Retinula Dinge der Unmöglichkeit.

Letztere Verhältnisse sind, unabhängig von Grenacher, in einer Arbeit des Physiologen Exner**) auf das schönste aufgeklärt worden, und die völlige Uebereinstimmung der Resultate dieser beiden, von ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus unternommenen, Arbeiten ist der beste Beweis ihrer Richtigkeit. Exner weist nach, dass das Bildchen, das in der That von der Cornea der Facetten hervorgerufen wird, durch den Krystallkegel zerstört wird, und dass der ganze Apparat nur dazu dient, möglichst viel Licht auf einen Punkt, nämlich auf das hintere Ende des Krystallkegels durch vielfache Reflexion der Lichtstrahlen zu concentriren. Exner bestimmt das Brechungsvermögen, die Brennpunkte etc. der Facettencornea des *Hydrophilus piccus*, und zeigt, dass selbst wenn durch den Krystallkegel hindurch ein deutliches Bildchen noch entstehen könnte, dasselbe weit hinter der Retina zu liegen kommen würde. Er weist ferner durch Versuche nach, dass die Bewegungsempfindung auch beim Menschenauge eine Em-

*) Grenacher macht darauf aufmerksam, dass die Hyperiden, die doch recht gut sehen, flache Corneae besitzen, die daher kein Bildchen hervorrufen.

**) Dr. Sigmund Exner: Ueber das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Aus dem LXXII. Bde. der Sitzb. der K. Akad. der Wissensch. III. Abth. Juli-Heft. 1875.

pfung für sich ist, dass dieselbe aber vornehmlich in den seitlichen Feldern der menschlichen Retina stattfindet und durchaus unabhängig ist vom scharfen Sehen. Beim Facettenauge, das also nicht ein Bild auf eine Stelle einer Retina projicirt, sondern in seinen vielfachen Retinulae Licht aus vielen verschiedenen Punkten erhält, wird somit jede Bewegung eines Objectes in vielen Facetten durch vermehrte, verminderte, oder qualitativ veränderte Lichtzufuhr empfunden, und demnach muss dieses Auge, durch die Vielheit der zugleich in ihrem Erregungszustand veränderten Elemente, für Empfindung der Bewegung äusserst günstig sein. Endlich hat kürzlich Oscar Schmidt*), ohne die Arbeiten Grenacher's und Exner's zu kennen, eine Mittheilung über gewisse Arthropodenaugen gemacht, in welcher er ebenfalls zu dem Schluss kommt, dass kein Bild durch die Krystallkegel hindurch zur Retinula gelangen kann.

Exner und Grenacher müssen somit beide auf die alte Theorie vom musivischen Sehen, von Johannes Müller**), zurückkommen. Es sieht eben nicht jede Facette ein Bild, sondern das Thier erhält nur dadurch ein mehr oder weniger deutliches mosaikartiges Bild, dass jede Facette einen anderen Theil der vom Objekt entsendeten Lichtstrahlen empfindet.

Es folgt nun daraus nothwendig, wie es auch J. Müller (l. c. p. 373) schon sagt, Folgendes: Da das deutliche Sehen, das Lokalisiren, nur durch die Gesammtheit der gesonderten Wirkungen einzelner Facetten ermöglicht wird, muss vor Allem dafür die Zahl der Facetten massgebend sein. Ferner aber, je kleiner die Facette, und je länger der Krystallkegel, desto weniger, aber auch desto bestimmtere Lichtstrahlen, desto begrenztere Theile der Aussenwelt wird sie empfinden; je grösser sie ist und je kürzer ihr Krystallkegel, desto mehr Lichtstrahlen, also desto in- und extensiver, aber auch desto diffuser wird sie empfinden. Also viele kleine Facetten vermindern zwar die Intensität des Lichtes, vergrössern aber dafür die Deutlichkeit des Sehens, die Lokalisation. Wenn nun dazu das ganze Auge nicht flach, sondern stark gewölbt ist, kann es Licht aus um

*) Oscar Schmidt: Vortrag der Sektion für Zoologie in der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München, 1877.

**) J. Müller: Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes; Leipzig 1826.

so verschiedenere Einfallswinkeln erhalten. Dadurch wird das gemeinsame Gesichtsfeld grösser, und werden auch, wie ich meine, weniger Facetten von den Lichtstrahlen eines und desselben Punktes eines Objectes betroffen; das Gesichtsfeld jeder Facette scheidet sich mehr von dem der anderen, was noch deutlicheres Sehen zur Folge haben muss. Max Schulze*) führt an (Exner), dass die Nachtschmetterlinge grössere Facetten haben als die Tagschmetterlinge, was mit obiger Ansicht völlig übereinstimmt. Dieselben brauchen eben nachts mehr Lichtstrahlen, um überhaupt das Licht in einer Facette zu empfinden. Dasselbe bewirken wir durch Erweiterung unserer Pupillen.

Wenn dieses alles nun richtig ist, müssen wir durch die Beobachtung nachweisen können, dass diejenigen Insekten, welche viele kleine Facetten und stark gewölbte Netzaugen haben, am deutlichsten sehen, da bei letzteren zugleich auch meistens die längsten Krystallkegel vorkommen. Und dass dieses der Fall ist, kann ich aus meinen eigenen Beobachtungen bestätigen, sowie auch, dass von den Insekten im Allgemeinen ganz besonders die Bewegungen empfunden werden. Ein sehr deutliches Sehen ist bei den allerwenigsten Insekten vorhanden.

Ich beobachtete z. B. eines Tages eine *Vespa germanica*, die, wie so oft im Spätsommer und Herbst an der Wand einer Veranda, nach Fliegen jagte. Sie stürzte sich mit ungestümem Flug auf die an der Wand sitzenden Fliegen (*Musca domestica* und *Stomoxys calcitrans*), die jedoch meist entkamen. Trotzdem setzte sie mit merkwürdiger Ausdauer ihre Jagd immer fort und fing auch einige Male eine Fliege, die sie tödtete, verstümmelte, und in ihr Nest trug. Sie kam aber stets bald darauf wieder, und jagte weiter. Es sass nun an einer Stelle der Wand eingestochen ein schwarzer Nagel, der gerade die Grösse einer Fliege hatte, und ich beobachtete wie die Wespe, dadurch getäuscht, sich sehr oft auf diesen Nagel stürzte, denselben aber sofort nach der Berührung wieder verliess. Sie wurde indessen doch nach kurzer Zeit durch denselben wieder irre geführt. Aehnliche Beobachtungen habe ich oft genug gemacht. Man kann in diesem Fall mit aller Sicherheit sagen, dass die Wespe einen Gegenstand von der Grösse einer Fliege sehen konnte, die Details

*) Die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten. Bonn 1868.

desselben aber nicht unterschied, folglich, dass sie denselben ungenau sah. Eine Wespe sieht also nicht nur Bewegungen, sondern auch begrenzte Gegenstände. Als ich einer anderen Wespe auf einem Tisch getödtete Fliegen vorlegte, holte sie dieselben nach einander ab, sowie Spinnen und andere Insekten von nicht zu verschiedener Grösse. Viel grössere und kleinere Insekten beachtete sie dagegen nicht. Dieses letztere Experiment ist auch sehr günstig, um nebenbei Wespen mit leblosen Gegenständen von Grösse und Farbe einer Fliege zu täuschen.

Wie fein und sicher die Libellen, die gewiss von allen unseren Insekten am besten sehen, und auch die meisten Facetten an ihren colossalen Augen haben, die kleinsten Thierchen im Flug unterscheiden, dieselben verfolgen und fangen, ist eine von den meisten Entomologen beobachtete Thatsache.*) Man kann sie hiebei am besten mit den Schwalben vergleichen. Wie sehr derjenige, der sie fangen will, (ich spreche besonders von *Aeschna*, *Gomphus*, *Libellula* u. dgl.) von ihnen gefoppt wird, und wie genau diese Thierchen dabei die Entfernungen bemessen,**) davon kann sich Jeder leicht überzeugen.

Dass Männchen und Weibchen von Bienen und Ameisen im Flug einander sehen, beweisen ihre Schwärme, wo sich selten ein Individuum vom Haufen verliert; und dass dies nicht etwa auf Geruchsvermögen beruhen kann, werden wir später zur Genüge nachweisen.

*) Vergl. Meyer-Dür in: Mittheilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft. Vol. IV. Nro. 6. 1874. S. 320 und 337. Mit ausgezeichneter Sachkenntniss und Wahrheit beschreibt M. D. das Treiben der Libelluliden und ihr scharfes Sehvermögen; ich kann seinen Angaben aus eigener Erfahrung nur beistimmen.

**) Dieses ist eine sichere Thatsache. Die Libellen richten sich immer so ein, knapp an den Bereich, wo man sie fangen kann, heranzufiegen, und machen dabei recht wohl den Unterschied, ob man mit einem Netz bewaffnet ist oder nur mit seiner Hand. Am besten lässt sich dies beobachten, wenn man um einen Teich herum jagt. Eine optische Erklärung hiefür kann ich nicht wagen, und nur bemerken, dass das aus einem Punkte ausgehende Licht desto mehr Facettenretinulae treffen wird, je entfernter dieser Punkt sein wird, was, wie schon Johannes Müller (l. c. p. 378) sagt, ein allmähliches Diffuserwerden des Sehens bei wachsender Entfernung bewirken muss. Möglicherweise wird die Entfernung daraus berechnet, und zwar bei grösserer Nähe am besten.

Bei allen ähnlichen Beobachtungen ist es ferner leicht zu sehen, dass die Insekten weder überhaupt Myop, noch Hypermetrop sind, sondern dass sie aus sehr verschiedenen Entfernungen Objekte sehen können, trotzdem dass sie keine Accommodation besitzen. Dieses weist wieder auf die Richtigkeit der Müller'schen Theorie und der Resultate Grenacher's und Exner's hin.

Dass Insekten, deren Netzaugen wenig Facetten haben, undeutlich sehen, ist für mich schon lange eine ausgemachte Thatsache, die ich auch früher in Bezug auf Ameisen aussprach.*) Ich setzte damals einen grossen Haufen an Schatten gewohnter Ameisen (*Lasius fuliginosus*) plötzlich mitten auf eine sonnige Allee und hockte dann selbst in der Nähe nieder. Ohne sich miteinander zu verständigen, liefen sofort alle Ameisen mit gehobenen Fühlhörnern, wie von mir magnetisirt, auf mich zu, obwohl, da es Mittag war, kein Schatten vorhanden war. Ich rückte nun etwas weiter, und sofort folgten mir wieder alle Thierchen. Ich setzte mich nun auf die entgegengesetzte Seite ihres Haufens. Sie kehrten dann sofort alle um und liefen wieder zurück, gerade auf mich zu. Und so wurde ich weiter trotz meiner Ortsveränderungen verfolgt, bis die Ameisen 5 Meter entfernt von ihrem ursprünglichen Sitz kamen. Erst als ich mich dann an einem danebenliegenden Lustwäldchen anlehnte, verliessen mich die Thierchen und gingen in dasselbe. Es wurde mir nun klar, dass ich von den Ameisen zwar bemerkt, aber verkannt, und für einen Baum oder so etwas gehalten worden war, das sie als Schutz gegen die Sonnenstrahlen erreichen wollten. Von solchen Ameisen werden kleinere Gegenstände sonst, wenn nicht gerade vor ihren Augen bewegt, gar nicht bemerkt.

Bei den Ameisen haben, wie ich früher (l. c.) gezeigt habe, die Männchen die grösste Anzahl Facetten und zugleich die am stärksten gewölbten Augen. Sie müssen aber auch im Flug ihre Weibchen verfolgen. Letztere, die nur sehr kurze Zeit in der Luft leben, und dort nur eine passive Rolle spielen, haben schon viel weniger Facetten und flachere Augen. Die flachsten und facettenärmsten Augen haben die Arbeiter, die stets am Boden, oft grösstentheils unterirdisch leben.

*) A. Forel. Les fourmis de la Suisse. Neue Denkschriften der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Vol. XXVI. 1874. p. 118, 120, 121.

Dies stimmt wieder mit den anatomischen und physiologischen Ergebnissen überein. Allerdings muss hier nicht vergessen werden, dass, alle Verhältnisse sonst gleich vorausgesetzt, die absolute Grösse des Körpers immer eine Vermehrung der histologischen Elemente überhaupt und somit auch der Augenfacetten*) zur Folge hat. Es mag dieses Verhältniss durch folgende Tabelle, wobei die Facetten von mir so gut wie möglich gezählt wurden, versinnlicht werden:

	Formica pratensis			Solenopsis fugax			Aphaenogaster barbara	
	grosser Arbeiter	Weibchen	Männchen	Arbeiter	Weibchen	Männchen	Kleiner Arbeiter	Grosser Arbeiter
Körperlänge . .	9 Mill.	10 Mill.	10 Mill.	2 Mill.	6,5 Mill.	4,2 Mill.	4 Mill.	12 Mill.
Zahl der Facetten	600	830	1200	6—9	200	400	90	230

Es sei noch hiezu bemerkt, dass kleine und grosse Arbeiter von *A. barbara* alle beide in gleicher Weise ausgehen und am Licht arbeiten, während der Arbeiter von *S. fugax* nahezu immer unter der Erde lebt. Das Männchen von *S. fugax*, das sein Weibchen in der Luft und zwar oft sehr hoch verfolgt, hat also nur 400 Facetten, somit weniger als der flügellose aber grössere Arbeiter der *F. pratensis*. Das Auge des *S. fugax*-Männchens ist aber halbkugelig, das des *F. pratensis*-Arbeiters dagegen ziemlich flach. Uebrigens ist der letztere einer der am besten sehenden Ameisenarbeiter.

Man kann an Ameisenarbeitern, welche in Glaskästen eingesperrt sind, besonders an *Formica*-Arten (*rufa* etc.), leicht beobachten, wie dieselben durch das Glas jede Bewegung merken, und wie sie darauf sofort mit ihrer bekannten Kampfstellung (auf den Hinterbeinen) antworten. Bewegungslose Gegenstände bemerken sie viel weniger, obwohl die vorige Beobachtung zeigt, dass sie solche auch sehen. Wie oft Ameisen (*F. rufa*) z. B. ihre ganz nahe zerstreuten und in

*) Indem ja die Zahl der Elemente einer Facette nicht erheblich vermehrt werden kann, ohne ihre optischen Verhältnisse zu ändern. Die Krystallzellen sind immer 4 an Zahl.

ihrem Gesichtsfeld liegenden Puppen oder Larven, die sie doch mit grosser Geduld suchen, übersehen, habe ich tausendmal beobachtet. Bewegt man dieselben etwas, so werden die Ameisen eher darauf aufmerksam. Ganz kleine Gegenstände, sehr kleine andere Ameisen, oder parasitische Fliegen, von welchen sie oft verfolgt werden, sehen sie sehr schlecht oder nicht.

Wie schlecht eigentlich die kleinen, nur mit einfachen Augen (Ocellen) bewaffneten Springspinnen sehen, kann man recht gut beobachten, wenn eine solche auf einer Fensterscheibe nach einer Fliege jagt. Weiter als 2—3 Zoll sieht sie ihre ersehnte Beute nicht mehr, die doch in der Richtung ihrer Augen ruhig spaziert; sie sucht dieselbe in ganz falschen Richtungen etc. Und wenn die Fliege ruhig sitzt, kann sie noch viel näher unbemerkt sitzen bleiben. Wären die Fliegen nicht so dumm und so unvorsichtig, so würden sie sich nie fangen lassen. Einer anderen Springspinne, die ihren weissen Eiersack auf dem Rücken trägt, nehme man denselben ab und werfe ihn ganz in die Nähe (2—3 Zoll entfernt). Sofort wird die Spinne anfangen, denselben überall zu suchen, und man wird sehen, wie lange sie gewöhnlich dazu braucht, um ihn wieder zu finden. Johannes Müller (l. c.) meint, dass die Ocellen für das deutliche Sehen in nächster Nähe eingerichtet seien, was recht plausibel erscheint. Ich kann indessen nichts Sicheres darüber sagen, da bei grosser Nähe andere Sinnesorgane dem Experiment sehr störend in den Weg treten. Dugès (l. c.) findet wie Réaumur und Marcel de Serres*), dass bei Insekten, welche Ocellen und Netzaugen besitzen, der Verlust der ersteren fast ohne Folgen bleibt, der der letzteren dagegen von schweren Folgen begleitet wird. Ich kann dies nur bestätigen. Nach Extirpation oder Bedeckung der Ocellen finden sich Wespen, Hummeln, Ameisen etc. im Flug wie am Boden gerade so gut zurecht wie vorher, soweit ich darüber urtheilen konnte.

Ganz anders war es nach Bedeckung oder Extirpation der Netzaugen bei fliegenden Insekten.

Am 2. Oktober 1877, einem sonnigen Tage, flogen viele Dip-
teren herum, u. A. *Calliphora vomitoria*, *Lucilia caesar* und noch ein

*) Marcel de Serres: Mémoire sur les yeux composés et les yeux lisses des Insectes. Montpellier 1813.

Muscid. Da diese Thiere das Wegrasiren der Augen schwer ertragen, bedeckte ich ihnen dieselben total mit einem undurchsichtigen Lack, wonach die Vorderbeine abgeschnitten wurden, um das Wegputzen desselben zu verhindern. Das Resultat dieses sehr oft wiederholten Experimentes war fast stets dasselbe. Die Thiere, am Boden gelassen, flogen nicht fort. In die Luft geworfen, fingen sie an, rasch hin und her, seitlich oder nach unten zu fliegen, um entweder an den Boden oder an die Mauer des Hauses zu stossen. Im letzteren Falle stürmten sie so heftig dagegen, dass sie sich nie setzen konnten, sondern stets an den Boden geworfen wurden und dort still blieben, oder mit den Flügeln flatterten, oder auch etwas zu gehen anfangen. Beim Gehen am Boden verhielten sie sich ähnlich wie normale Fliegen, aber etwas langsamer und vorsichtiger. Als ich jedoch eine solche Fliege wiederholt wieder aufhob, und nach Besichtigung der Augen, nöthigenfalls auch nach frischer Bedeckung mit Lack, dieselbe immer wieder in die Luft warf, erfolgte meist entweder schon beim zweiten oft aber erst beim 4., 5., auch wohl erst nach dem 10. Male, wo sie immer wieder am Boden oder an der Mauer angestossen war, etwas anderes. Das Thier flog wieder hastig, zuerst unsicher und zickzackartig, sehr bald aber direkt in die Höhe, und behielt dann dabei, entweder schnurgerade fliegend oder schraubenförmig rotirend, ziemlich dieselbe Richtung, bald mehr schief, bald mehr senkrecht gegen den Himmel, und zwar bis zu einer solchen Höhe, dass es der Entfernung halber, trotzdem, dass ich recht scharfe emetropische Augen habe, als immer kleiner werdender Punkt für mich unsichtbar wurde. Ich konnte dennoch grosse *Calliphora vomitoria*, die sich besonders gut zu diesem Experiment eignen, schon beträchtlich hoch in dieser Weise verfolgen. Denselben Erfolg hatte ich mit einem Schmetterling (*Noctua gamma*) und mit einer Hummel, die beide auf dieselbe Weise in den blauen Himmel verschwanden, nachdem sie oft auf den Boden gestürzt waren. Nun fliegen alle diese Thiere, wenn sie ihre Augen haben, nie gegen den freien Himmel zu, wo sie zu leicht Beute der Vögel

*) Daraus ersieht man auch sofort, dass eine im raschen Flug begriffene Fliege, die an eine Mauer fliegt und sich doch dort ganz geschickt setzt, nicht nur sehen, sondern auch die Entfernung der Mauer gut berechnen können muss.

werden, sondern zwischen Laub und Mauern in horizontaler Richtung; ihre Blindheit allein kann dieses Gebahren erklären.

In diesem Frühjahr (1878) wiederholte ich dieselben Experimente an Maikäfern und erhielt dabei dieselben Resultate. Nur waren diese grossen Thiere bei ihrem langsamen Flug viel leichter in der Luft zu verfolgen. Den einen nahm ich beide Fühlhörner fort. Sie flogen wie gewöhnlich von meinem Finger weg und erreichten sehr bald das Laub eines Baumes, wo sie sich niedersetzten; es war gar nichts abnormes an denselben zu bemerken. Den anderen wurden die Netzaugen gefirnisst. Diese flogen ebenso schnell fort wie die ersten. Als sie aber in der Luft waren, konnten sie sich nicht mehr dirigiren und flogen entweder bald abwärts um zu Boden zu fallen, oder mehr in die Höhe, schraubenförmig, genau so, wie die gefirnissten Fliegen, aber so langsam, dass man alle Spiralturen sehen konnte. Dazwischen flogen sie wieder unregelmässig, doch meist so, dass sie wieder mehr oder weniger an den alten Punkt zurückkamen. Sie stiessen auch oft an der Anstaltsmauer an, und fielen schliesslich zu Boden, jedoch oft erst nach mehreren Minuten. Einmal gelangte ein solcher Maikäfer zufällig in's Laub eines Baumes, stiess mehrmals an den Aesten und Blättern an, war jedoch nicht fähig sich darauf zu setzen und kam schliesslich auf der anderen Seite wieder hinaus. Sobald der Firniss von den Augen entfernt wurde, flogen die Thiere wieder richtig zum Laub hin, worauf sie sich setzten.

Die an der Oberfläche einer Pfütze befindlichen Wasserwanzen (*Hydrometra lacustris*), die bekanntlich sehr schnell rudern und sehr scharf sehen sind, wurden ganz unfähig, einen Feind zu bemerken, als sie auf obige Weise geblendet worden waren. Sie konnten zwar ebenso schnell rudern wie vorher, blieben jedoch ruhig bis man sie berührte und liessen sich fangen wie Schnecken.

Die geblendeten Wespen und Hummeln sind seltener als die Dipteren zum Fliegen gegen den Himmel zu bringen; sie stossen fast stets gleich in der Nähe an, oder fallen. Beobachtet man nun das Gebahren aller so erblindeten Insekten am Boden, so ist dasselbe ganz anders als im Flug. Sie sind zwar gemessener, langsamer in ihren Bewegungen, aber finden sich meist mit Hilfe ihrer Fühlhörner, Palpen und Tarsen, je nach der besseren oder schlechteren Entwicklung der entsprechenden Sinnesorgane, mehr oder weniger gut zurecht.

Gerne suchen sie sich dann Schlupfwinkel auf, um sich darin zu verstecken. Auf die erwähnten Weisen geblendete Fliegen, Wespen etc. die ich im Zimmer fliegen liess, flogen nie mehr wie früher gegen das Fenster, sondern irgend wo gegen die Wand oder gegen den Boden, ein Beweis, dass sie wirklich keinen Lichtschein mehr hatten; anders ging es natürlich bei unvollständiger Operation.

Eine interessante Illustration zu unserem Thema bietet die amerikanische Ameisengattung *Eciton* (*Army Ant*, *driver Ant*, *Taioca*). Die *Eciton*-Arten führen ein Nomadenleben, sind carnivor, und jagen in grossen Heeren nach Käfern, Orthopteren, anderen Ameisen etc. Die meisten dieser Arten haben, wie oben gesagt, zwei Ocellen statt Netzaugen; einige aber sind augenlos. Während nun erstere (*E. hamatum* etc.) im offenen Feld jagen, jagt die blinde Art *E. coecum* Latr. (= *vastator* Smith) nach Bates*) stets in überwölbten Gängen, die sie mit reissender Schnelligkeit über Wege und Lichtungen baut, bis sie verwitterte Stämme u. dgl. erreicht, in deren Höhlungen und Spalten sie ihre Beute findet.

Insekten, die sehr grosse Augen haben und exquisite Luftthiere sind, (*Libellula*, *Tabanus*, *Bombylius* etc.), haben meist sehr schwach entwickelte Fühlhörner und sind in der Dunkelheit total unbeholfen. Sie trauen sich dann kaum zu gehen. Aehnlich geht es den Tag-schmetterlingen. Bei anderen Insekten dagegen, wie bei den Ameisenarbeitern, spielen die Augen eine untergeordnete Rolle; es sind dies Antennenthier (vgl. später Exper. mit Abnahme der Fühlhörner). Daher arbeiten dieselben bei tiefster Nacht und unterirdisch so gut wie am Tag, was ich wiederholt beobachtet habe (l. c.).

Es ist bekannt, dass viele Insekten nachts blindlings gegen ein Licht zu fliegen und stets wieder sich darauf stürzen, bis sie verbrennen. Dies wird oft mit Unrecht als Blendung bezeichnet. Solche Lichter, wie unsere, sind in der Natur kaum vorhanden. Das Tageslicht ist aber nicht so auf einem Punkt concentrirt, und die Thierchen sind daran gewöhnt, wenn sie im Dunkeln (in der Erde, unter Rinde etc.) sind und nach dem Licht streben, in's Freie zu gerathen, wo das Licht überall zerstreut ist. Nachts nun meinen sie

*) Bates: Der Naturforscher am Amazonenstrom. Deutsche Uebersetzung. Leipzig 1866. p. 388.

offenbar, wenn sie auf eine Lampe zu fliegen, aus einem dunkeln Ort an das Tageslicht zu gelangen, und begreifen diese auf einem Punkt concentrirte Lichtquelle durchaus nicht. Daher die wiederholten misslungenen Versuche, welche die armen Verirrten allseits wieder in das Dunkle, dann aber immer wieder auf die Flamme führen, und schliesslich meist Verbrennung zur Folge haben. Insekten, die infolge allmählich vererbter Anpassung an das künstliche Licht gewöhnt sind (Hausfliege, *Musca domestica*), werden durch dasselbe nicht mehr getäuscht.

Höhleninsekten sind blind. Blinde Arthropoden, z. B. eine blinde Varietät oder Subspecies des *Gammarus pulex* Koch, finden sich in grossen Tiefen der Seen, wo das Licht nicht mehr eindringt, sowie in unterirdischen Gewässern. Die ausschliesslich unterirdisch lebenden Thiere, z. B. gewisse Ameisenarbeiter, werden auch blind oder nahezu, und wir sehen bei den europäischen Arten der letzteren die Facettenzahl von 600 bis zu 30, 6, 4, 1 und schliesslich bis 0 (bei *Leptanilla* Emery u. A.) hinabsteigen.

Lubbock hat durch sehr fleissige und sinureiche Experimente (l. c. obs. on Bees etc. Pt. 1 und 2) das Farbenunterscheidungsvermögen der Bienen und Wespen nachgewiesen. Er nahm gleichmässige rothe, gelbe, grüne, blaue etc. Scheiben, legte z. B. auf eine rothe etwas Honig, und dazu eine Biene, die er mit Oelfarbe markirte. Die Biene flog fort zu ihrem Nest, kam aber bald nach Entleerung ihres Vormagens zurück und ging stets gerade auf die rothe Scheibe. Nun nahm L. während ihrer Abwesenheit die rothe Scheibe fort, setzte an deren Stelle eine blaue Scheibe mit Honig und eine andere rothe, der ersten gleich, aber ohne Honig, daneben. Die Biene kam zurück, ging aber stets zur rothen Scheibe, wo sie nichts fand, und war absolut nicht im Stande, den Honig auf der nebenstehenden blauen zu finden. Dies ist zugleich ein Beweis ihres schlechten Geruchsvermögens. Es zeigen die in dieser Weise weiter variirten Experimente von Lubbock, dass die Bienen alle Farben unterscheiden und nur blau und grün mit einander verwechseln, während die Wespen auf Farbenunterschiede fast gar nicht reagiren, umso mehr aber die Form des Gegenstandes, den Platz, wo der Honig liegt, bemerken, so wenigstens, dass der Wechsel der Farben sie nicht stört. Auch riechen sie feiner als die Bienen.

Diesen schönen Resultaten scheinbar widersprechend sind Experimente von Plateau*), der durch sehr gut nachgemachte künstliche Blumen Insekten (Bienen, Schmetterlinge u. A.) zu täuschen versuchte, was ihm jedoch fast nie gelang. Die Thiere flogen nahezu immer, ohne diese Kunstprodukte zu beachten, darüber hinweg. Abgesehen von dem geringeren Werth eines negativen Resultates ist hier noch manches, was das Experiment unrein macht, besonders aber der Umstand, dass, so genau auch die Nachahmung unseren Augen erscheinen mag, es immer noch möglich ist, dass die Nuancen und Formen von dem Insektenauge zum Theil auf qualitativ andere Weise unterschieden werden, und dass dasselbe da Unterschiede wahrnimmt, wo wir es nicht thun. Ausserdem fehlt der Geruch, was übrigens, wie wir sahen und gleich noch sehen werden, nicht massgebend ist. Ferner zeigen die Experimente Lubbocks, wie sehr die Bienen und Wespen an den gewohnten, von ihnen gekannten Wegen und Orten sich gerne halten, so dass deshalb plötzlich neu erscheinende Blumen, ihre Aufmerksamkeit weniger fesseln dürften, als die alten, bekannten.

Ein Hummelnest, das ich vor Jahren auf einem Fenster der Façade eines Hauses aufgestellt hatte, gab mir Gelegenheit zu sehen, welche Mühe die von ihren Ausflügen zurückkommenden Hummeln hatten, um das richtige Fenster von den anderen zu unterscheiden. Besonders die ersten Male flogen sie lange Zeit an falschen Fenstern herum, bis sie das richtige fanden. Lubbock (l. c.) erwähnt manche ähnliche Beobachtungen.

Am 1. September 1877, einem halb schönen Tag nach längerer Regenzeit, befanden sich auf zwei rechts und links von dem Irrenanstaltsthor gelegenen, hauptsächlich aus rothen, weissen und blauen Windenblüthen bestehenden Blumengruppe viele Hummeln (*Bombus terrestris*, *pratorum* etc.), Arbeiter, Weibchen und Männchen, welche sehr hungrig zu sein schienen und besonders die Windenblüthen besuchten. Sechs derselben wurden gefangen; ich schnitt ihnen die beiden Fühlhörner an der Basis ab und liess sie wieder fliegen. Nach

*) Plateau: L'instinct etc. mis en défaut p. l. fleurs artificielles? Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Clermont. Ferrand. 1876.

5 Minuten kam eine derselben (ein ♂) zurück und saugte an 8 bis 10 Windenblüthen nach einander. Jedesmal flog sie ganz direkt, ohne eine Sekunde zu schwanken, in die nächste Blüthe. Ich fing sie wieder, constatirte nochmals, dass nichts mehr von den Fühlern vorhanden war, und lies sie wieder los. Sie flog diesmal nur in kurzem Schwung nach oben und kam sofort wieder zu den Blüthen, wo sie weiter saugte, wie zuvor.

Ich fing nun andere Hummeln und schnitt denselben mit der Scheere den ganzen Vorderkopf bis zu den Netzaugen ab. Nach dieser Operation zog ich den Rest der zurückgezogenen Unterlippe mit dem Nagel heraus und excidirte denselben mitsammt dem ganzen Pharynx*) mit spitzen Scheeren. Die so verstümmelten Thiere wurden wieder frei gelassen und flogen fort. Zwei derselben, zwei Männchen, kamen jedoch nach einiger Zeit wieder und fingen wieder an, genau so wie normale, von Blüthe zu Blüthe zu fliegen, blieben aber nur ganz kurz in jeder Blüthe. Die armen Geschöpfe konnten natürlich trotz allen Hungers nichts essen, erkannten aber den Grund davon nicht, und verliessen immer wieder die einzelnen Blüthen, um zu andern zu fliegen.

Zu gleicher Zeit kamen noch mehrere von den Hummeln mit abgeschnittenen Fühlhörnern zu den Windenblüthen zurück und gingen wo möglich noch sicherer und direkter von Blüthe zu Blüthe als die normalen.

Am Nachmittag desselben Tages operirte ich wieder viele Hummeln auf die beiden genannten Weisen. Jedoch kam keine zurück.

Der 2. September war ein Regentag. Am 3. September war das Wetter wieder schön, und ich ging zu den Winden zurück wo

*) Somit waren alle Nervenendigungen des Mundes, der Zunge, des Pharynx etc. fortgenommen; ebenso die Taster. Nun soll nach Wolff (loc. cit.) das Riechorgan in den Nervenendigungen des sog. Gaumensegels sich befinden, was, wie wir sehen werden, irrig ist. Das Wolff'sche Riechorgan war natürlich ebenfalls völlig ausgeschnitten und konnte an dem abgetrennten Stück präparirt werden. Ferner aber war durch das Ausschneiden des Pharynx jede Möglichkeit einer Kopffrespiration, wie sie Wolff (loc. cit.) beschreibt, völlig ausgeschlossen. Und dennoch flogen die Thierchen ganz munter herum. Ihre Augen hatten gewiss auch nicht gelitten, sonst hätten sie die Blumen nicht so sicher gefunden.

ich bald mehrere von den Hummeln wieder fand, welchen ich zwei Tage vorher beide Fühlhörner abgeschnitten hatte. Es waren sowohl Arbeiter als Männchen, und sie flogen mit auffallender Raschheit und Sicherheit von Blüthe zu Blüthe.

Nun fing ich einige *Bombi pratorum* ♂, welche sehr selten zu den Winden, fast stets zu den sparsam vorhandenen Blüthen einer exotischen blauen *Veronica* flogen, und schnitt denselben sowohl beide Fühlhörner als den Vorderkopf mit dem Pharynx, wie oben angegeben, ab. Einer derselben, als er losgelassen wurde, flog in die Luft, aber nicht weit, kehrte dann bogenförmig zu den Blumen zurück, und flog direkt zu den blauen Veronicablüthen. Er versuchte nun in denselben zu essen, was ihm nicht gelang, so dass er hastig von einem Blümchen zum andern wanderte und dann zur nächsten Veronicadolde flog. Schliesslich besuchte er noch einige Windenblüthen, ohne indessen in dieselben einzutreten, und flog dann fort. Sein Benehmen war genau dasselbe wie das der früher operirten. Bald darauf kam ein anderer der so operirten *B. pratorum* wieder direkt zu den *Veronicae* geflogen und benahm sich genau so wie der erste; nur ging er nicht zu den Winden. Ich fing ihn und constatirte die Abwesenheit beider Fühlhörner und des Vorderkopfes. Arbeitshummeln, die ich in derselben Weise operirte, kamen nie zurück. Es scheint, dass dieselben mehr Bewusstsein ihrer Verstümmelung hatten, da ja die Arbeiter bei den geselligen Hymenopteren stets viel intelligenter sind als die Männchen. Ich habe auch nachgewiesen, dass das eigentliche Gehirn (*corpora pedunculata*) der Ameisenarbeiter viel grösser ist, als das der Männchen (l. c.).

Ich operirte nun auf dieselbe Weise mehrere *Pollistes gallicus* (eine Wespe), welche Resedablüthen besuchten. Dieselben benahmen sich genau so wie die Hummeln. Einige kamen zurück und flogen direkt zu den Resedablüthen, die sie nacheinander aufsuchten und wo sie vergebens zu essen versuchten.

Bei diesen Versuchen und noch mehr bei Antennendurchschneidungen, die ich früher an Bienen und Wespen vornahm, bemerkte ich gewöhnlich, dass infolge des Verlustes der Fühlhörner diese Thiere nicht etwa unsicherer, sondern im Gegentheil scheinbar sicherer in ihrem Flug werden. Sie schwanken nicht mehr hin und her, bevor sie sich irgendwo niedersetzen, wie man dies ja besonders bei Wespen

meistens beobachtet, sondern fliegen schnurgerade auf einen Punkt und setzen sich sofort nieder, wie die Fliegen und Wasserjungfern. Der Unterschied im Benehmen ist hier besonders bei *Vespa*-Arten (*germanica* u. dgl.) auffallend. Es scheint mir darauf hinzudeuten, dass das Hin- und Herschwanken beim Fliegen den Thieren dazu dient, mittelst ihrer Fühlhörner gewisse Substanzen zu wittern. Daher käme es dann auch, dass dieses Schwanken bei den besser riechenden und schlechter sehenden Wespen viel auffallender als bei den schlechter riechenden und besser sehenden Bienen ist. Es sind dennoch weitere Versuche über diesen Punkt sehr nothwendig.

Aus den beschriebenen Beobachtungen und Versuchen geht nun klar hervor, dass es die Netzaugen allein sind, welche sowohl Fliegen als Schmetterlinge, Maikäfer, Libellen, Hummeln und Wespen in ihrem Flug leiten. Damit allein erkennen sie die Blumen, sowie überhaupt die Gegenstände und ihren Weg in der Luft. Der Geruch kann zwar, wie wir sehen werden, gewisse fliegende Insekten in eine gewisse Richtung locken (so z. B. die oben erwähnte *Calliphora vomitoria*), aber ohne Augen können sie doch nicht fliegend ihren Weg finden, während sie sich, nach Verlust ihrer sonstigen wichtigsten Sinnesorgane, mit den Augen allein vollständig gut im Flug zurecht finden (natürlich aber nicht mehr versteckte Substanzen wittern). Endlich geben uns die erwähnten Thatsachen wenigstens annähernd Aufschluss über den verschiedenen Grad der Deutlichkeit des Sehens bei einigen Insekten, sowie über deren Fähigkeit, Farben zu unterscheiden, in der Nähe und in der Ferne zu sehen, und die Entfernung zu berechnen.

Fortsetzung folgt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen des Münchner Entomologischen Vereins](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [002](#)

Autor(en)/Author(s): Forel August [Auguste] Henry

Artikel/Article: [Beitrag zur Kenntniss der Sinnesempfindungen der Insekten. 1-21](#)