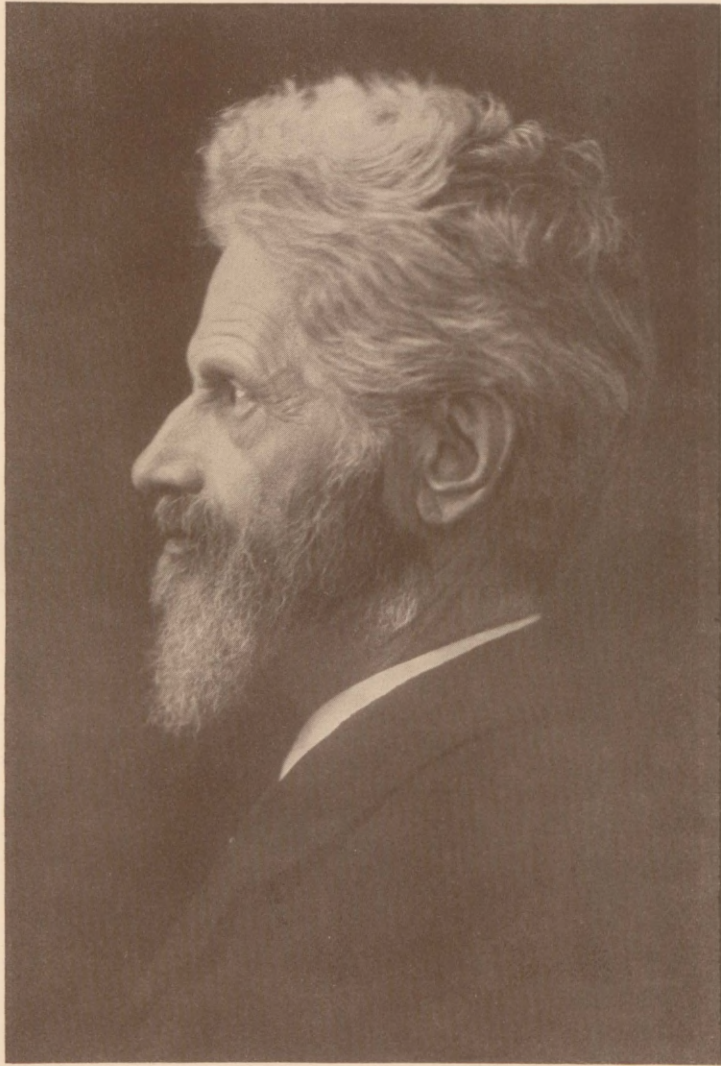




Stadt-  
bäckerei  
Elbing



*J. Gubelmann*



# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang

28. November 1924

Heft 48

Gottlieb Haberlandt

zum siebzigsten Geburtstage am 28. November 1924.

Von C. CORRENS, Berlin-Dahlem.

Im Jahre 1877 war DE BARYS „Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne“ erschienen, eine überaus sorgfältige Zusammenfassung alles dessen, was die Pflanzenanatomie bis dahin geleistet hatte. Fast 12 Jahre hatte der Verfasser, freilich nicht ausschließlich, daran gearbeitet. Sich widersprechende und zweifelhafte Angaben waren, wo immer möglich, gründlich nachgeprüft und viele eigene Untersuchungen hineinverarbeitet worden. Die zahlreichen Abbildungen sind fast ausschließlich Originale. So stand das umfangreiche Buch auf einem hohen Grade der Vollkommenheit: Der Stoff ist nach *rein deskriptiven, topographischen Gesichtspunkten* angeordnet und behandelt. Erst werden die Gewebearten besprochen: Zellengewebe (Epidermis, Kork, Parenchym), Sklerenchym, Sekretbehälter, Tracheen, Siebröhren, Milchröhren, Interzellulare, dann ihre Anordnung, erst die primäre, dann die sekundären Veränderungen.

Drei Jahre vorher hatte SCHWENDENER sein „Mechanisches Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen, mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen“ erscheinen lassen. Nicht zufrieden mit der deskriptiven und entwicklungsgeschichtlichen Behandlung, hatte er hier die Anordnung der mechanisch wirksamen Elemente mit physiologischen Verhältnissen — der mechanischen Inanspruchnahme der Organe, auf Biegsamkeit, Zugfestigkeit usw. — in glücklichster Weise in Verbindung gebracht. Damit war eine neue Richtung in der Pflanzenanatomie begründet. Nicht als ob sich nicht schon vorher hie und da die Beziehungen zwischen Bau und Funktion in besonders klaren Fällen aufgedrängt hätten; hier waren sie aber zum erstenmal konsequent für eine bestimmte Funktion durchforscht und klar dargestellt worden.

DE BARY spendete in der „Vergleichenden Anatomie“ SCHWENDENER zwar hohes Lob; auf das Werk selbst hatte das „Mechanische Prinzip“ aber gar keinen Einfluß. Schon aus dem äußerlichen Grunde, daß im Jahre 1874 DE BARY die Materialsammlung dafür im wesentlichen abgeschlossen hatte, wie er in der Vorrede erzählt. Dann war ihm auch wohl die topographische Behandlungsweise zu sehr in Fleisch und Blut übergegangen, als daß eine Umstellung möglich gewesen wäre. SCHWENDENER hatte aber zweifellos von Anfang an — ohne es freilich zunächst ausdrücklich zu sagen — seine Bearbeitung des mecha-

nischen Systems nur als ein *Programm* angesehen, als den Anfang einer Behandlung der gesamten Anatomie von dem Gesichtspunkt der physiologischen Leistungen der Gewebe aus. Im „Mikroskop“ (1877) findet sich freilich — wohl unter dem Einfluß des Mitverfassers NÄGELI — dem mechanischen System nur ein „ernährungsphysiologisches“ gegenübergestellt. Aber seine Antrittsrede in der Berliner Akademie (1880) bezeichnet als Ziel eine analog dem mechanischen System durchgeführte, anatomisch-physiologische Betrachtung sämtlicher Gewebesysteme, „mit Einschluß der Apparate zu bestimmten Zwecken“. In dieser Richtung bewegten sich nun viele seiner eigenen Untersuchungen und solche seiner Schüler; ich nenne nur WESTERMAIER, AMBRONN, TSCHIRCH, VOLKENS, ZIMMERMANN. Auf HABERLANDT aber, der 1877 kurze Zeit bei SCHWENDENER, noch in Tübingen, gewilt hatte, beruht der Erfolg, den die Richtung gehabt hat; er nahm als erster, und mit voller Begeisterung und jugendlicher Kraft die Anregung auf.

Sie mußte bei ihm um so mehr auf fruchtbaren Boden fallen, als er — angeregt von DARWIN und gewiß auch von seinem Vater, dem trefflichen Agrikulturbotaniker F. HABERLANDT — schon in seiner ersten größeren Arbeit, den „Schutzrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze“ (1877), bestrebt gewesen war, Bau und Leistung in Verbindung zu bringen.

Schon 1882 erschien in SCHENCKS Handbuch der Botanik aus HABERLANDTS Feder die erste zusammenfassende Darstellung dessen, was bis dahin die neue Richtung hervorgebracht hatte: „Die physiologischen Leistungen der Pflanzengewebe.“ Hier wird, nach einer methodologischen Einleitung, das Hautsystem, das Skelettsystem und das Ernährungssystem besprochen, dieses letztere aber gleich wieder untergeteilt in Absorptionssystem, Assimilationssystem, Leitungssystem, Speichersystem und Durchlüftungssystem. Nur 2 Jahre später (1884) kam dann die erste Auflage der „Physiologischen Pflanzenanatomie“ heraus, die das Hauptwerk der ganzen Richtung wurde und bis auf den heutigen Tag geblieben ist. Die Gewebesysteme, die in den „Physiologischen Leistungen“ angenommen waren, finden sich hier wieder, nur daß die Zusammenfassung der letzten fünf unter dem Gesamttitel „Ernährungssystem“ wegfällt, und sie dem Hautsystem und dem Skelettsystem gleichwertig behandelt werden. Voran geht



jetzt ein Abschnitt über die Zellen und Gewebe und einer über die Bildungsgewebe, und es folgen noch drei weitere, einer über die Sekretionsorgane und Exkretbehälter und je einer über das normale und das abnormale sekundäre Dickenwachstum der Stämme und Wurzeln, die in der zweiten und den folgenden Auflagen in einen Abschnitt verschmolzen sind.

Es war ein noch ziemlich schwächtiger „Grundriß“ von nicht ganz 400 Seiten, aber reich an neuen Ideen und Anregungen und an eigenen Untersuchungen. Nimmt man dazu die damals noch frische, originelle Einteilung des Stoffes und die fesselnde Darstellung, so ist der Eindruck, den das Buch hervorrief, begreiflich. Der Schreiber dieser Zeilen hat ihn als Student an sich selbst erfahren. Er hatte zunächst die „Vergleichende Anatomie“ DE BARYS durchgenommen, zu seiner Schande sei es gesagt, recht mühsam und in mehreren Anläufen. Bald nach ihrem Erscheinen kam ihm dann die „Physiologische Anatomie“ HABERLANDTS in die Hand; er hat sie mit wirklichem Genuß, in einem Zuge, durchstudiert. Sie las sich „wie ein Roman“, wie man zu sagen pflegt. Und diesen Gegensatz wird auch heute wohl jeder empfinden, der einen Abschnitt der so verdienstvollen „Vergleichenden“ und dann einen aus der ersten Auflage der „Physiologischen Anatomie“ liest.

Gerade in dieser besonderen Zugkraft des Buches lag aber eine Gefahr, die HABERLANDT durchaus selbst gefühlt und anerkannt hat. „Die physiologische Pflanzenanatomie hat“, so sagt er im Vorwort, „besondere Ursache, in das „Gott schütze mich vor meinen Freunden“ einzustimmen. Es seien deshalb die noch hypothetischen Dinge stets ausdrücklich als solche bezeichnet oder doch wenigstens als spezielle Ansichten der betreffenden Forscher hingestellt worden.

Daß das Buch nicht überall willkommen geheißen wurde, war zu erwarten; und die Besprechung, die es, wie spätere Arbeiten HABERLANDTS, in der Botanischen Zeitung fand, zeigte das auch deutlich. Und es ist charakteristisch, wenn ein älterer, sehr verdienter Forscher (nicht NÄGELI) im Gespräch das Buch zwar lobte, es aber im „Giftschrank“ des Instituts aufbewahrt wissen wollte, weil alle jungen Leute nun in dieser Richtung arbeiten wollten.

Von den Untersuchungen HABERLANDTS, die vor dem Erscheinen der „Physiologischen Anatomie“ veröffentlicht worden waren, sind die über die Keimpflanze (1877) und die „Physiologischen Leistungen“ (1882) schon erwähnt. Aber auch seine erste Arbeit, die „Beiträge zur Kenntnis der Lenticellen“ (1875), behandelt physiologische und anatomische Fragen. Wichtig war die Studie über „die Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems“ (1879), in der unter anderem der interessante, damals sehr auffallende Nachweis erbracht wurde, daß aus dem Dermatogen (den jungen Oberhautzellen) auch Stränge typischer mechanischer Zellen, „Bastbündel“, ent-

stehen können. Dann ganz besonders die „Untersuchungen über das assimilatorische Gewebesystem“ (1881), ferner die „physiologische Anatomie der Milchröhren“ (1883).

Im Jahre 1896, also nach 12 Jahren, war eine neue Auflage der „Physiologischen Pflanzenanatomie“ nötig geworden. Sie erschien in wesentlich erweitertem Umfang; die Seitenzahl war von 398 auf 550, die Zahl der Abbildungen — wieder ganz überwiegend Originale — von 140 auf 235 gestiegen. Aus dem Grundriß war ein *Lehrbuch* geworden. Die Vermehrung des Inhaltes ist ein Maßstab dafür, wie sehr die Anregungen der ersten Auflage auf guten Boden gefallen waren. Es konnte nun auch schon vielfach über die Blütenpflanzen und Farne hinausgegriffen werden.

Ein guter Teil des Neuen beruht wieder auf eigenen Untersuchungen, die HABERLANDT inzwischen ausgeführt hatte. Es sei vor allem auf drei große Arbeiten hingewiesen: Die „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose“ (1886), die „Studien über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes“ (1887) und „das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze“. HABERLANDT fand das letztere in langen, schlauchartigen Zellen, die in den Leptomteilen der Gefäßbündel Längsreihen bilden. Es ist das bis jetzt das einzige Beispiel eines reizleitenden Systems im Pflanzenreich geblieben und funktioniert auch nicht wie ein tierisches Nervensystem, sondern braucht — unter normalen Bedingungen — bloß die Störungen des hydrostatischen Druckes weiter zu geben. Es gab mit den Anlaß, zu den bisherigen, beibehaltenen Abschnitten des Buches einen neuen über „Apparate und Gewebe für besondere Leistungen“ einzuschalten, der „Bewegungsgewebe“ und neben dem „reizleitenden System“ auch schon „reizperzipierende Organe“ umfaßt, auf Grund damals noch unveröffentlichter Untersuchungen.

Daneben liefen zahlreiche kleinere Veröffentlichungen her, die besonders interessante Details brachten. So eine über die pflanzlichen Brennhaare (1886), in der der wunderbar fein angepaßte Bau der Spitze des Brennesselhaares zum erstenmal beschrieben und gedeutet wird, eine über die Zotten auf den Blättern mancher Begonien (1888), die, von spezifisch mechanischen Zellen, Bastfasern, durchzogen, ein richtiges Skelett besitzen, eine über die Kleberschicht des Grasendosperms als Diastase ausscheidendes Drüsengewebe (1890) und eine (später, 1898, erschienene) über den Entleerungsapparat der inneren Drüsen der Rutaceen. Solche Arbeiten zeigen besonders gut zwei Eigenschaften HABERLANDTS, auf denen ein großer Teil seiner Erfolge beruht: das außerordentlich scharfe Beobachtungsvermögen und die liebevolle Vertiefung in das Gesehene.

Besonderen Einfluß hatte die Tropennatur, die HABERLANDT durch seinen Aufenthalt in Buitenzorg auf Java im Winter 1891/92 und auf der Hin- und Zurückreise kennen lernen durfte. Er hat seine Eindrücke in der „Botanischen Tropenreise“



(1893) niedergelegt, in der aber nicht nur, wie der Titel vermuten ließe, von der Pflanzenwelt die Rede ist, sondern die auch der Tierwelt und Land und Leuten gerecht zu werden strebt. HABERLANDT zeigt sich in ihr nicht nur als scharfer und origineller Beobachter; auch seine hervorragende schriftstellerische Begabung tritt stark hervor, und die zur Illustration verwendeten zahlreichen, an Ort und Stelle fertig gemachten Zeichnungen vertragen auch dem Fernerstehenden eine ungewöhnliche und auch gut ausgebildete künstlerische Veranlagung. Sie sollen das Charakteristische am Gesehenen schärfer hervortreten lassen, als es die Photographie zu tun pflegt, die alles Detail bringt. 1910 konnte eine zweite, wenig veränderte Auflage des liebenswürdigen Buches erscheinen, in der auch einige von den vielen Aquarellen reproduziert sind, die zu der Ausbeute der Reise gehörten und ebenfalls an Ort und Stelle gleich fertig gemalt worden waren.

Der Aufenthalt in den Tropen hat das Material für eine Reihe von anatomischen und physiologischen „Untersuchungen über das tropische Laubblatt“ geliefert (1892, 1894, 1895), vor allem über seine wassersezernierenden und -absorbierenden Organe, die „Hydathoden“, ferner über Ernährung der Mangrovekeimlinge und anderes.

Nach weiteren 8 Jahren (1904) war die dritte Auflage der Physiologischen Pflanzenanatomie nötig geworden. Wieder ist durch Änderungen und die Einfügung neuer Tatsachen der Umfang des Buches und die Zahl der Abbildungen gewachsen, während die Disposition die gleiche geblieben ist. Nur an Stelle des einen Abschnittes über Apparate und Gewebe zu besonderen Leistungen sind drei neue getreten: das Bewegungssystem, die Sinnesorgane und die Einrichtungen für die Reizleitung.

In den ersten Jahren, die zwischen dem Erscheinen der zweiten und dritten Auflage liegen, standen vorwiegend bei HABERLANDT noch Probleme im Vordergrund, die die Tropenreise angeregt hatte [fortgesetzte Studien über die Hydathoden (1897) und „über die experimentelle Hervorrufung eines neuen Hydathoden-Organes bei *Conocephalus ovatus* Tréc.“ (1899), „über die Größe der Transpiration im feuchten Tropenklima“ (1897)]. Mit dem Schlusse des Jahrhunderts treten aber neue Fragen in den Vordergrund. Die anatomisch-physiologischen Untersuchungen, die bis dahin vorwiegend der Ernährungsphysiologie gegolten hatten, wenden sich nun fast ausschließlich den *Reizvorgängen* zu. Es beginnen die besonders schwierigen, aber auch schwerwiegenden Untersuchungen über die *Sinnesorgane* der Pflanzen.

Tastende Vorstöße in dieses Gebiet hatte HABERLANDT schon vor mehr als einem Jahrzehnt gemacht, und in der zweiten Auflage der Physiologischen Pflanzenanatomie finden sich bereits Angaben über die Fühlpapillen der Staubgefäße von *Opuntia* und *Portulaca*, über die Fühlborsten der Insektivoren *Dionaea* und *Aldrovandia* und die

Fühltüpfel der Ranken (die schon PFEFFER gesehen hatte).

„Sinnesorgane“ bei Pflanzen! Diese Bezeichnung hat oft Anstoß gegeben; O. BÜTSCHLI hat sich z. B. scharf gegen sie gewendet. Seitdem aber die Schranke, die zwischen Tier und Pflanze aufgerichtet worden war — man erinnere sich an LINNÉ'S Definitionen: „*plantae crescunt et vivunt, animalia crescunt, vivunt et sentiunt*“ —, durch den Nachweis der allgemeinen Reizbarkeit der Pflanzen gefallen war, und die prinzipielle Übereinstimmung der Reizerscheinungen im Tier- und Pflanzenreich feststand, lag es nicht mehr fern, auch bei den Pflanzen nach Perzeptionsorganen für die verschiedenen Reize zu suchen. Und wenn diese Perzeptionsorgane auch natürlich nicht den Sinnesorganen der höheren Tiere gleichwertig sind und sein können: der Unterschied ist doch nur noch ein gradueller, kein prinzipieller. Man darf nur nicht in die Definition eines Sinnesorganes Nervensystem und Bewußtsein aufnehmen wollen. — Schon 1904 konnte HABERLANDT in einer allgemeinen Sitzung der Naturforscherversammlung in Breslau nach seinen Untersuchungen einen vorläufigen, zusammenfassenden Bericht „über die Sinnesorgane der Pflanzen“ abstaten.

Zunächst hatte er die Studien über die Organe fortgesetzt, die zur Wahrnehmung von mechanischen Reizen dienen sollen. Als solche kamen, außer den schon oben genannten, die Fühlborsten der *Mimosa pudica* und des *Biophytum sensitivum* in Betracht — die trotz der fehlenden Verwandtschaft überraschend ähnlich gebaut sind —, ferner die Fühlhaare und Fühlpapillen so mancher reizbarer Blütenorgane. Sie alle werden in den „Sinnesorganen im Pflanzenreich zur Perzeption mechanischer Reize“ (1901) in Wort und Bild eingehend geschildert und ihre Funktion experimentell geprüft. Schon bald (1906) konnte davon eine zweite, beträchtlich erweiterte Auflage erscheinen.

Fast zur gleichen Zeit wurden Sinnesorgane zur Wahrnehmung des *Schwerkraftreizes*, die „Statolithenapparate“, entdeckt. Sie entsprechen den Oto- oder Statolithenapparaten, die für manche Tiere (z. B. Krebse) längst bekannt waren, und die ihnen die Wahrnehmung der Lage vermitteln. Der Druck, den die beweglichen, der Schwerkraft folgenden Statolithenkörperchen auf den sensiblen Teil der Statocystenblase ausüben, ermöglicht dem Tier die Orientierung im Raum. Schon NOLL hatte solche Strukturen für geotropische Pflanzenorgane postuliert; sie sollten aber jenseits der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit liegen. HABERLANDT und gleichzeitig mit ihm BOG. NEMEČ entdeckten den Apparat 1900 in der Columella der Wurzelhaube und in der Stärkescheide vieler Stengel, als ganze Zellen mit leicht beweglichen Stärkekörnern, die, als „Statolithen“ dem Zuge der Schwerkraft folgend, die wandständigen Plasmahäute drücken und so reizen, sobald sie durch eine Lageänderung des ganzen Organes aus ihrer gewöhnlichen Lage (in der sie nicht reizend wirken)



gebracht werden. NEMEČ hat das Problem nicht weiter verfolgt; die ganze Schwere der Verteidigung der zunächst viel angegriffenen Hypothese fiel auf die Schultern HABERLANDTS.

Etwas später folgten die Untersuchungen über die *Lichtsinneseorgane*, die er bei vielen Pflanzen, vor allem bei Schattenbewohnern, in den Laubblättern auffand, wenn sich diese mit ihren Spreiten senkrecht zur Richtung des stärksten (diffusen) einfallenden Lichtes stellen. Es sind in den einfachsten Fällen Epidermiszellen der Oberseite, die wie plankonvexe Linsen wirken, wie der „Linsenversuch“ mit der abgezogenen Epidermis zeigt. Dann wird bei Lichteinfall *senkrecht* zur Blattfläche die Mitte der Innenwände am stärksten beleuchtet, und bei *schiefem* Lichteinfall dieses helle Feld seitlich verschoben. Die ungewohnte Lichtverteilung wird als Reiz empfunden, der durch Drehung der Spreite bis zur Rückkehr der normalen Lichtverteilung wieder aufgehoben wird. In einer stattlichen Monographie, den „Lichtsinneseorganen der Laubblätter“ (1905) ist das bis dahin gesammelte Tatsachenmaterial, darunter auch allerlei andere, zum Teil sehr merkwürdig abweichende Bautypen, dargestellt.

Auch für die Lichtsinneseorgane hatte HABERLANDT schwer zu kämpfen, und die nächsten Jahre, die bis zum Erscheinen der *vierten* (1909) und *fünften* Auflage (1917) der Physiologischen Pflanzenanatomie verstrichen, wurden zum großen Teil dem Ausbau und der Vertiefung unserer Kenntnisse von den Sinnesorganen und der Verteidigung gegen allerlei Einwände und Angriffe gewidmet.

Für HABERLANDT liegt schon in der *anatomischen Struktur* ein Beweis für, oder doch wenigstens ein Hinweis auf die physiologische Funktion des Organes. Wenn er Statolithenstärke überall da nachweisen kann, wo ein Organ (höherer Gewächse) auf den Schwerkraftreiz reagiert — auch dann, wenn die Pflanze sonst keine Stärke ausbildet, wie es z. B. bei Liliaceen vorkommt —, wenn geotropisch nicht reizbare Wurzeln (beim Efeu) und Zweige (bei der Mistel) keine Statolithenorgane besitzen, so ist ihm das kein Zufall mehr, sondern beweist den Zusammenhang zwischen geotropischer Reizung und Statolithen. Ebenso, wenn die Epidermiszellen der transversalheliotropischen Blätter die oben angedeutete Linsenwirkung haben, während in den tieferliegenden Schichten die Bedingungen für eine Wahrnehmung der Lichtrichtung, d. h. für eine Linsenwirkung, viel ungünstiger sind, so spricht das schon an sich für eine Funktion der Epidermiszellen als Lichtsinneseorgane. Daneben hat HABERLANDT aber auch stets das Experiment herbeigezogen und hat teils selbst, teils durch Schüler, mit unermüdlichem Scharfsinn die Einwände der Gegner nachgeprüft und durch neue Versuchsanordnungen zu widerlegen und unsere Kenntnis zu erweitern und zu vertiefen gestrebt. Für die Statolithen geben auch die früheren Hauptgegner das Funktionieren zu, so wie HABERLANDT es annimmt, und können nur noch darauf

verweisen, daß es Pflanzen gibt (z. B. Pilze), die geotropisch reagieren, *ohne* Statolithenstärke zu besitzen — oder mit Perzeptionsorganen, die wir nicht kennen. Über die Lichtsinneseorgane herrscht noch keine Einigkeit. Das Eintreten einer positiven Reaktion bei Ausschaltungs- und Resektionsversuchen hält HABERLANDT, gewiß mit Recht, nicht für streng beweisend, weil ein anderes Gewebe die Funktion des eigentlichen, wirkungslos gemachten Sinngewebes, wenn auch nicht so vollkommen, übernehmen könnte.

Bis jetzt hatte sich HABERLANDT fast ausschließlich mit physiologischer Anatomie beschäftigt, und die aufeinanderfolgenden Auflagen des Lehrbuches — die *sechste* wird in Kürze erscheinen — spiegeln seine wissenschaftliche Arbeit getreu wieder; seine Geschichte ist auch die Geschichte der Entwicklung und des Strebens seines Verfassers. Zwischen dem Erscheinen der vierten und fünften Auflage, seit der Übernahme des Lehrstuhles SCHWENDENERS, wandte HABERLANDT sich aber einem neuen Gebiete zu, der *Entwicklungsphysiologie*. Nicht als ob die großen Probleme auf seinem alten Arbeitsgebiete erschöpft wären; er selbst hat bei seiner Antrittsrede in der Berliner Akademie (1912) darauf hingewiesen, daß die physiologische Anatomie der Fortpflanzungsorgane kaum in Angriff genommen sei, daß ihre Ausdehnung auf die Pathologie noch ausstehe, und daß sie aus dem Bau der vorweltlichen Pflanzen, viel mehr als bisher, Schlüsse auf ihre Lebensvorgänge und Lebensbedingungen zutage zu fördern habe. Es war die Rückkehr zu Fragen, die ihn schon früher beschäftigt hatten, die wieder auftauchten, sich von nun ab immer mehr in den Vordergrund seines Interesses drängten, und denen er, in seinem siebenten Jahrzehnt, noch unerwartet reiche und vielseitige Resultate und Ausblicke abrang.

Schon im Jahre 1902 hatte er Kulturversuche mit isolierten Pflanzenzellen, vor allem aus den Hochblättern des *Lamium purpureum*, beschrieben. Es war bei ihnen zwar ein sehr auffallendes *Wachstum* der Zellen aufgetreten; Zellteilungen hatten sich aber niemals eingestellt. Die Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen auch die *Teilung* eintritt, bezeichnete er schon damals als die künftige Aufgabe solcher Versuche; ihr wendete er sich nun zu.

In einer ersten Mitteilung (1913) zeigte er zunächst, daß in kleinen dünnen Blättchen aus dem Marke der Kartoffelknolle nur dann Zellteilungen auftreten, wenn sie noch ein Leitbündelfragment, und zwar Leptom, enthalten. Die Siebröhren und Geleitzellen können also einen Reizstoff, ein „*Leptohormon*“ ausscheiden, das mit dem Wundreiz zusammen die Zellen zur Teilung anregt. Diese Entdeckung war der Ausgang all der wichtigen Arbeiten über Zellteilungshormone, die wir größtenteils HABERLANDT selbst, zum Teil auch Schülern HABERLANDTS verdanken.

Zunächst ließen sich die Leptohormone bei Pflanzen aus den verschiedensten Verwandtschafts-



kreisen und bei verschiedenen Organen nachweisen (1915). Es konnte aber auch gezeigt werden, daß durch *Plasmolyse*, und nachträgliche Aufhebung derselben, Zellteilungen hervorgerufen werden können (1919, 1920). HABERLANDT erklärt diesen Erfolg so, daß er *normale Teilungshormone* annimmt, die in Bildungsgeweben (Embryonen, Meristemen und Kambien) stets vorhanden sind und hier die Teilungen veranlassen. Die Plasmolyse konzentriert die Reste dieser Hormone — die sonst nicht mehr wirksam sind, ihrer zu großen Verdünnung wegen — und ruft so wieder Teilungen in älteren Zellen hervor.

HABERLANDT ist aber auch der Nachweis gelungen, daß der Wundreiz chemischer Natur ist und durch Zersetzungsprodukte der zerstörten Zellen zustande kommt, die auf die unverletztgebliebenen anstoßenden teilungsanregend wirken, durch Wundreizstoffe oder *Wundhormone*. Man kann sie von den frischen Wundflächen abspülen, wenigstens zum größten Teil. Sehr hübsch lassen sie sich nachweisen, wenn man passende Objekte (Crassulaceenblätter) teils zerreißt, teils zerschneidet. Im ersteren Falle trennen sich die Zellen fast immer intakt voneinander und wachsen dann zwar heran, teilen sich aber nicht; im letzteren Fall, wo die Zellen zerschnitten werden, treten in den angrenzenden lebenden zahlreiche Teilungen auf. Durch geeignete Behandlung ließ sich auch in beschädigten, aber noch am Leben gebliebenen Zellen von Haaren und Epidermen Zellteilungen hervorrufen (1919, 1920).

Weiter hat HABERLANDT die Wundreizstoffe mit der Entwicklungsanregung bei der natürlichen *Befruchtung* sowohl im Tier- als im Pflanzenreich und mit der künstlich hervorgerufenen *Parthenogenese* in Verbindung gebracht. Die befruchtete Eizelle teilt sich, weil sie beim Eindringen des Spermatozoons oder des Spermakernes mechanisch verletzt worden ist und daraufhin teilungsanregende Wundhormone gebildet hat. Dieselben Folgen hat z. B. in den bekannten Versuchen BATAILLONS der Nadelstich in das Froschei. HABERLANDT stützt sich dabei auf Versuche, in denen die Fruchtknoten, und damit auch die Samenanlagen, in sorgfältig kastrierten Blüten von *Oenothera Lamarckiana* durch Anstich oder Quetschen verletzt wurden. Es ließ sich dann eine gewisse Weiterentwicklung der Eizellen, auch ihre Teilung, beobachten, ferner adventive Bildungen aus dem Nucellus in den Embryosack hinein, die ganz das Aussehen junger Embryonen annahmen, und die Bildung von Wundendosperm.

Endlich hat HABERLANDT auch die *habituelle Parthenogenese* („Apogamie“) mancher Pflanzen, z. B. des Löwenzahns, vieler Hieracien, der *Antennaria alpina*, untersucht und nachgewiesen, daß hier in der Umgebung der vegetativ werdenden Embryosäcke stets reichlich absterbende Zellen vorhanden sind, die sich bei den verwandten, auf Befruchtung angewiesenen Arten nicht oder erst

viel später finden. Die Reizstoffe, die diese spontan, ohne erkennbaren äußeren Anlaß, absterbenden Zellen abscheiden, nennt HABERLANDT „*Nekrohormone*“, um sie von denen zu unterscheiden, die auf Verwundungen entstehen.

Hier konnten natürlich nur einige Hauptpunkte dieser entwicklungsphysiologischen Studien berührt werden; das Gesagte zeigt, welche wichtige Rolle auch hier, besonders bei den letztgenannten Problemen, das anatomische Bild spielt. Ein Sammelbericht mit vielen Abbildungen aus HABERLANDTS eigener Feder findet sich im Biologischen Zentralblatt 1922, S. 145—172. Es ist tief zu bedauern, daß die Emeritierung und der erst seitdem schwankende Gesundheitszustand die Fortsetzung dieser bahnbrechenden Untersuchungen erschweren wird, hoffentlich nicht so, daß wir nicht noch viele wichtigen Tatsachen und viele anregenden Ausblicke mitgeteilt erhalten. Dies ist der herzliche Wunsch, den alle Kollegen, Schüler und Freunde HABERLANDT beim Eintritt in sein einundsiebzigstes Lebensjahr darbringen.

Es würde uns viel zu weit führen, sollte hier auch noch auf das Interesse eingegangen werden, das er allgemeinen Fragen entgegengebracht hat und das sich z. B. in der wiederholten Beschäftigung mit den botanischen Arbeiten Goethes vertrat — erst kürzlich (1923) erschien die kleine Gelegenheitsschrift „Goethe und die Pflanzenphysiologie“ —, auf seine Bemühungen für die Volksernährung während des Krieges oder auf seine Verdienste als akademischer Lehrer, seine geistvolle Vorlesung und die Ausbildung zahlreicher Schüler, die durch stetige, gedankensprühende Anregung und durch scharfe Kritik gefördert wurden, wie es der Schreiber dieser Zeilen an sich selbst erfahren hat. Es sollen nur noch einige biographische Daten gegeben werden. HABERLANDTS Vater FRIEDRICH war ein ebenso vielseitiger wie origineller Agrikulturbotaniker, zuletzt Professor des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Sein Sohn GOTTLIEB wurde ihm geboren, als er noch an der landwirtschaftlichen Schule in Ungarisch Altenburg Professor war, studierte in Wien, wo, außer dem Vater, hauptsächlich JULIUS WIESNER sein Lehrer war. Der kurze Aufenthalt in Tübingen bei SCHWENDENER, 1877, wurde schon erwähnt. 1878 habilitierte er sich an der Universität Wien, wurde schon 1880 supplierender Professor der Botanik an der technischen Hochschule in Graz, 1884 a. o. Professor an der Universität Graz und 1888, als Nachfolger H. LEITGEBES, ordentlicher Professor und Direktor des botanischen Instituts und Gartens dort. 1910 leistete er einem Ruf nach Berlin auf das durch SCHWENDENERS Rücktritt erledigte Ordinariat Folge; das neue pflanzenphysiologische Institut in Dahlem wurde nach seinen Angaben erbaut und kurz vor Ausbruch des Weltkrieges von ihm in Betrieb genommen.



## Über Organisatoren in der tierischen Entwicklung.

Von H. SPEMANN, Freiburg i. B.

Als *Organisator* läßt sich ein Keimteil bezeichnen, welcher andere indifferentere Teile in ihrer weiteren Entwicklung bestimmt. Dieses gegenseitige Verhältnis von determinierenden und determinierten Teilen wurde durch ihre Verlagerung in frühen Entwicklungsstadien, durch *embryonale Transplantation*, festgestellt. Die Experimente sind den Lesern dieser Blätter bekannt (vgl. Naturwissenschaften 7. 1919 u. 12. 1924). So ließ sich zeigen, daß von jungen Tritonkeimen zu Beginn der Gastrulation Stücke aus der oberen Urmundlippe die Fähigkeit besitzen, in indifferente Gegend desselben oder eines anderen Keimes verpflanzt, dort eine sekundäre Embryonalanlage zu induzieren, mit Medullarrohr, Hörblasen, Chorda, Urwirbeln, Vornierengängen. Diese Teile waren nicht etwa ganz aus dem Material des implantierten Stückes aufgebaut, vielmehr zum Teil aus diesem, zum Teil aus dem Material des Wirts. Es ließ sich dies dadurch mit einer jeden Zweifel ausschließenden Sicherheit feststellen, daß der Organisator von einer anderen Tritonspezies genommen wurde, als der Wirtkeim, in welchem er seine organisierende Wirkung entfalten sollte; auch zwischen diesen (SPEMANN 1921), ja selbst zwischen Keimen von geschwänzten und ungeschwänzten Amphibien („xenoplastisch“ B. GEINITZ) ist Austausch und Wechselwirkung möglich. Wenn nun die Keime sich stark unterscheiden, z. B. durch den Besitz oder Mangel von Pigment, wie es bei Triton cristatus und taeniatus der Fall ist, so läßt sich der Anteil jedes der beiden Bestandteile bis auf die Zelle genau erkennen (H. SPEMANN und HILDE MANGOLD 1924).

Den Keimbereich, wo diese Organisatoren zu Beginn der Gastrulation beisammenliegen, kann man als *Organisationszentrum* bezeichnen.

Durch dieselbe Methode der heteroplastischen Transplantation wurden nun auch die anderen Bereiche der Gastrula auf ihre Potenz geprüft, mit überraschendem Ergebnis. Nachdem sich zuerst die gegenseitige Vertretbarkeit von Teilen des späteren Ektoderms gezeigt hatte, von präsumptiver Medullarplatte und präsumptiver Epidermis (SPEMANN 1921), dehnte O. MANGOLD (1923) die Untersuchung auf Teile verschiedener Keimblätter aus. Dabei fand er, daß z. B. präsumptives Ektoderm, welches an Ort und Stelle Medullarplatte oder Epidermis geliefert hätte, durch geeignete Transplantation veranlaßt werden kann, die Invagination der Gastrula mitzumachen und dann Urwirbel, Vornierenkanälchen, Darmwand zu bilden, also Organe, die in der normalen Entwicklung Abkömmlinge eines anderen Keimblattes sind.

Die durch diese Experimente begonnene Analyse ist nun im vergangenen Sommer von uns weitergetrieben worden; über die eingeschlagenen Richtungen und die bisher dabei gewonnenen Ergebnisse soll jetzt kurz berichtet werden.

Zunächst wurde die Methode weiter ausgebildet.

Wenn es darauf ankommt, Keimteile oder auch andere Gewebstücke von frühesten Entwicklungsstadien an unter das Ektoderm zu bringen, so kann man das damit erreichen, daß man sie in die Furchungshöhle der Blastula oder frühen Gastrula einführt. Wie O. MANGOLD (1923) nach dieser von mir angegebenen Methode gezeigt hat, verhindern solche implantierten Stücke, falls sie nicht zu groß sind, die Gastrulation nicht und gelangen in ihrem Ablauf ganz von selbst zwischen die Keimblätter. Davon wurde bei mehreren der folgenden Experimente Gebrauch gemacht.

Zunächst konnte B. GEINITZ im vergangenen Sommer zeigen, daß ein Stück aus der oberen Urmundlippe auch dann eine Medullarplatte zu induzieren vermag, wenn es nicht in den Zusammenhang des Ektoderms implantiert, sondern nach der eben geschilderten Methode *unter* das Ektoderm gebracht wird. Und zwar gelingt auch hier die Beeinflussung nicht nur zwischen Keimen derselben Art oder Gattung, sondern sogar zwischen Urodelen und Anuren. Das bedeutet zunächst einmal eine technische Vereinfachung, da dieses Experiment sehr viel leichter und rascher auszuführen ist als eine regelrechte Implantation. Die nächstliegende Frage nach dem Umfang des Organisationszentrums (von OTTO und HILDE MANGOLD bereits in Angriff genommen) wird sich so wohl ohne Schwierigkeiten lösen lassen. Dann aber eröffnet die Methode der weiteren Analyse neue Möglichkeiten.

Jene Stücke aus der oberen Urmundlippe, welche eine sekundäre Embryonalanlage induzierten, bestanden ganz oder mindestens zum Teil aus präsumptivem Ento-Mesoderm, also aus Zellen, welche im Lauf der Gastrulation ins Innere des Keims gelangen und dort das Urdarmdach bilden. Dadurch wurde eine Möglichkeit, welche sich mir schon bei meinen ersten Experimenten an Tritoneiern aufgedrängt hatte, von neuem nahegelegt, daß nämlich die Medullarplatte vom Urdarmdach aus determiniert wird. Diese Annahme ließ sich nun ganz exakt als richtig erweisen. A. MARX hat im vergangenen Sommer ein Stückchen Urdarmdach aus einer vollendeten Gastrula in die Furchungshöhle eines anderen Keims implantiert und auch dadurch Induktion einer Medullarplatte bewirkt. Ein Stückchen reines präsumptives Ektoderm, welches zur Kontrolle in gleicher Weise implantiert wurde, blieb ohne Erfolg. Wenn ein Stück Ento-Mesoderm diese Wirkung auf das überlagerte Ektoderm ausüben kann, so ist es wahrscheinlich, daß die induzierende Wirkung jener Stücke der oberen Urmundlippe von diesem Bestandteil derselben ausgeht, und daß auch bei der normalen Entwicklung die Medullarplatte durch die Unterlagerung des Ento-Mesoderms determiniert wird. Ob die Determination auch von anderer Seite her erfolgen kann, ob also ein Fall „doppelter



Sicherung“ vorliegt, bleibt noch zu prüfen. B. GEINITZ hat dieses Experiment mit gleichem Erfolg wiederholt, und zwar homöoplastisch, heteroplastisch und xenoplastisch.

So wären es in jenen frühen Entwicklungsstadien vor allem die Zellen des Urdarmdaches und vielleicht auch schon ihre Vorfahren in der frühen Gastrula, denen die organisatorische Wirkung zukommt, welche Wirkung sich nun aber, das ist wohl zu beachten, nicht auf die Induktion der Medullarplatte beschränkt, sondern sich auch in den anstoßenden Zellen des Ento-Mesoderms ausbreiten kann. Die sekundären Embryonalanlagen der Experimente von H. MANGOLD konnten in allen ihren Teilen chimärisch zusammengesetzt sein; die Grenze zwischen den induzierten taeniatus-Zellen und den induzierenden cristatus-Zellen konnte mitten durch einen Urwirbel, durch die Chorda hindurchgehen. Solch eine sekundäre Embryonalanlage sieht aus, als wäre sie von einer übergeordneten Kraft aus dem gerade vorhandenen Material aufgebaut, ohne Rücksicht auf seine Herkunft und Artzugehörigkeit.

Von besonderem Interesse ist die weitere Frage, wodurch die Richtung bestimmt wird, in welcher die Determination vom implantierten Organisator aus fortschreitet, ob sie in diesem letzteren selbst liegt oder in einer Struktur des Wirtskeims, in den er verpflanzt wurde. Dies läßt sich dadurch prüfen, daß man dem verpflanzten Stück eine Form gibt, nach der es leicht und sicher orientiert werden kann. Die Versuche (von B. GEINITZ angestellt) haben noch kein völlig eindeutiges Ergebnis gezeigt, doch läßt sich jetzt schon sagen, daß der Wirtskeim beim Zustandekommen der Richtung der sekundären Embryonalanlage zum mindesten mitwirkt. Darüber erhebt sich die allgemeinere Frage, welche Rolle überhaupt der Wirtskeim als Ganzes beim Zustandekommen der sekundären Embryonalanlage, ihrer Größe und Gliederung spielt.

Durch Implantation in die Furchungshöhle wird sich ferner prüfen lassen, ob nur die lebenden Zellen des Organisators zu induzieren vermögen oder auch ein aus ihnen hergestellter strukturloser Brei oder Extrakt. Damit hängt die weitere Frage zusammen, in welchem Stadium der Entwicklung diese Zellen die organisatorische Fähigkeit erlangen. Die Keimregion, aus der sie entstehen, ist bei Froscheiern schon vor Beginn der Furchung an ihrer eigentümlichen Farbe zu erkennen, als sog. graues Feld. Nimmt man einem Ei diesen Teil, bei Froscheiern durch Anstich (MoskowsKI 1902), bei Tritoneiern durch Schnürung vor der Furchung (SPEMANN 1914), so entwickelt sich keine Embryonalanlage. Kann man nun vielleicht durch Implantation eines Stückchens des grauen Feldes, etwa mit einem überzähligen Spermakern, eine sekundäre Embryonalanlage induzieren? Diesem Experiment kommt die schon erwähnte wichtige Tatsache entgegen, daß organisatorische Wechselwirkungen nicht nur zwischen verschiedenen Spe-

zies von Urodelen, sondern auch zwischen Urodelen und Anuren möglich ist.

So bieten sich neue Möglichkeiten in Fülle, und es empfiehlt sich wohl, das Ergebnis dieser und ähnlicher Versuche abzuwarten, ehe man sich daran macht, die neuen Tatsachen zu theoretischen Schlüssen allgemeiner Art zu verwerten. Immerhin läßt sich jetzt schon die Frage aufwerfen, welcher Geltungsbereich dem neuen Entwicklungsprinzip zukommt, und zwar sowohl innerhalb der einzelnen Abteilungen des Tierreiches als auch innerhalb der Entwicklung der einzelnen Tierform. Es liegen schon einige Tatsachen vor, welche zur Beantwortung dieser Frage dienen können; hier sollen nur zwei angeführt werden, die sich auf spätere Entwicklungsstadien des Amphibienkeims beziehen.

Die Induktion der Medullarplatte durch das unterlagerte Ento-Mesoderm erinnert an einen anderen Entwicklungsvorgang, der auch an Amphibienkeimen festgestellt wurde, an die Induktion der Augenlinse in der Epidermis durch den sie berührenden Augenbecher. Es ist für verschiedene Amphibienarten von mehreren Autoren festgestellt, daß die Bildung der Linse verhindert oder zum mindesten erschwert wird, wenn der Augenbecher fehlt, und daß der Augenbecher hinwiederum befähigt ist, indifferente Epidermis der näheren oder gar entfernteren Umgebung zur Bildung einer Linse zu veranlassen. Man könnte also in diesen Fällen den Augenbecher als *Organisator der Linse* bezeichnen. Nun entwickelt sich aber der Augenbecher und seine organisierende Fähigkeit nicht rein aus sich selbst, durch Selbstdifferenzierung einer Anlage in der frühen Gastrula, vielmehr wird diese Anlage selbst erst später von außen her determiniert. Die präsumptive Augenanlage kann ja, wie wir gesehen haben, im frühen Gastrulastadium durch präsumptive Epidermis ersetzt werden, und man könnte diese letztere gerade so wählen, daß sie die Stelle der späteren Linsenbildung enthält. Dann würden die beiden Teile des Ektoderms ihre Rolle in der Entwicklung geradezu vertauschen, der induzierende Teil würde zum induzierten.

Unter diesem Gesichtspunkt könnte man den Augenbecher einen „*Organisator 2. Ordnung*“ nennen.

Dasselbe Verhältnis läßt sich nun auch bei der Induktion der Medullarplatte durch das Urdarmdach experimentell herstellen.

Wir haben gesehen, daß man ein Stück präsumptives Ektoderm, etwa präsumptive Medullarplatte, dadurch zu Urdarmdach machen kann, daß man es in die obere Urmundlippe eines anderen Keims pflanzt und so zur Einstülpung bringt. Wir haben ferner gesehen, daß man durch Implantation eines Stückes aus dem Urdarmdach in die Furchungshöhle eine sekundäre Medullarplatte in indifferenter Epidermis induzieren kann. Beide Experimente hat nun B. GEINITZ im vergangenen Sommer kombiniert. Einem vital stark gefärbten Keim von Triton taeniatus wurde zu Beginn der



Gastrulation ein Stückchen präsumptives Ektoderm entnommen; dieses wurde einem zweiten gleich alten ungefärbten Keim so in die obere Urmundlippe gepflanzt, daß es durch die Invagination ins Innere kam und einen Teil des Urdarmdachs bildete. Hierauf wurde es wieder ausgeschnitten und einem dritten Keim zu Beginn der Gastrulation in die Furchungshöhle gebracht. Mit deren Verdrängung kam es im Lauf der Gastrulation unter das Ektoderm zu liegen und induzierte nun in diesem eine sekundäre Medullarplatte. Dieses zweimal verpflanzte Stückchen wäre an Ort und Stelle gelassen zu Epidermis oder unter dem Einfluß des Urdarmdachs zu Medullarplatte, vielleicht zu Auge und dadurch zum Organisator einer Linse geworden; jetzt aber, in der neuen Umgebung, wird es seinerseits zum Organisator eines Stückes der Medullarplatte.

Bei dieser völligen Analogie der beiden Fälle ist wohl anzunehmen, daß das *Prinzip der fortschreitenden Determination durch Organisatoren steigender Ordnung* zum mindesten für die erste Entwicklung der Amphibien weitreichende Geltung besitzt. Durch Ausdehnung der Untersuchung auf

weitere Entwicklungsprozesse und neue Objekte wird sich mit denselben oder ähnlichen Methoden sein Bereich exakt abstecken lassen.

#### Literaturverzeichnis:

- MANGOLD, O., Transplantationsversuche zur Frage der Spezifität und Bildung der Keimblätter bei Triton. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entwicklungsmech. 100. 1923.
- MOSKOWSKI, M., Zur Analysis der Schwerkraftswirkung auf die Entwicklung des Froscheies. Arch. f. mikroskop. Anat. 61. 1902.
- SPEMANN, H., Über verzögerte Kernversorgung von Keimteilen. Verhandl. D. Zool. Ges. Freiburg 1914.
- SPEMANN, H., Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem. Naturwissenschaften 7. 1919.
- SPEMANN, H., Die Erzeugung tierischer Chimären durch heteroplastische embryonale Transplantation zwischen Triton cristatus und taeniatus. Arch. f. Entwicklungsmech. 48. 1921.
- SPEMANN, H., Vererbung und Entwicklungsmechanik. Naturwissenschaften 12. 1924.
- SPEMANN, H. und HILDE MANGOLD, Über Induktion von Embryonalanlagen durch Implantation artfremder Organisatoren. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entwicklungsmech. 100. 1924.

## Wahrscheinlichkeitsgrad und Wahrscheinlichkeitszahl.

Von C. THAER, Greifswald.

### I.

Über Geschehen, das unmittelbarer Beobachtung noch nicht zugänglich ist, wagt der Mensch doch manches auszusagen; jedenfalls muß er oft handeln, als ob er es täte. Bei der Urteilsbildung läßt er sich von seiner Erfahrung leiten, schließt in erster Linie nach Analogie. In der Regel bewährt sich das Urteil, es fällt auf, wenn die Erwartung trägt. Findet in solchem Fall der Mensch dann nicht den Grund der Enttäuschung in der Benutzung einer falschen Analogie, der er eine andere, die die Frage richtig beantwortete, gegenüberstellen kann, so wird die Tatsache, die er anerkennen muß, für ihn zum *Zufall*.

Der Zweifel an dem Wert der leitenden Analogie kann auch schon ohne Feststellung des Mißerfolgs entstehen; dann verliert das etwa trotzdem gebildete Urteil den Charakter subjektiver Gewißheit; wird es nicht verneint, so sinkt es auf die Stufe bloßer *Wahrscheinlichkeit*. So haben Zufall und Wahrscheinlichkeit für den Menschen gleichen Ursprung; zugrunde liegt beiden das Fehlen einer als bindend anerkannten leitenden Analogie.

Für das wissenschaftliche Denken tritt an die Stelle bloßer Analogie die Subsumption unter den gleichen Begriff. Soweit sie gelingt, wird das Geschehen gesetzmäßig; soweit sie mißlingt — und ein solcher Rest findet sich immer —, bleibt es zufällig. Zufällig an einer Erscheinung ist, was mit dem Inhalt des Begriffs<sup>1)</sup>, unter dem die Erscheinung betrachtet wird, keinen erkennbaren Zu-

sammenhang hat. Dem Gelingen oder Mißlingen derselben Subsumption entsprechend wird die — jedenfalls aufrechterhaltene — Behauptung über zu Erwartendes, das mit dem Begriff wie ein Merkmal verknüpft ist, gewiß oder bloß wahrscheinlich.

Nun ist aber Begreifbarkeit alles Geschehens die erste Voraussetzung der Wissenschaft. An sich soll die Subsumption restlos durchführbar sein. So muß ihr Mißlingen in den Mängeln des einzelnen Urteilenden begründet sein, Wahrscheinlichkeit ist stets nur etwas Subjektives, Zufall bloßer Schein. Ein absoluter Zufall wäre nur zu retten unter Aufgabe der Idee der Wissenschaft — Wirklichkeit allerdings wäre es nicht, was man aufgäbe.

### II.

Wird ein bestimmtes Einzelnes als wahrscheinlich behauptet, so hat dieses Urteil praktischen Wert; es gibt dem Handeln dieselbe Richtung, wie ein mit Gewißheit verbundenes Urteil gleichen Inhalts tun würde. Aber nur in unmittelbarer Verbindung zwischen Überlegung und Handlung folgt aus dem theoretischen: „Dies ist wahrscheinlich“, das praktische: „Wenn du vernünftig handeln willst, so handle, als ob dies so wäre!“ Es folgt nicht, sobald andere Wahrscheinlichkeitsurteile dazwischentreten. Und wo mehrere Wahrscheinlichkeitsurteile mit gleichem Anspruch auf Geltung nebeneinanderstehen, da folgt überhaupt nichts. Eine Mehrheit von solchen bildet kein System, weil Wahrscheinlichkeitsurteile nicht unter dem Satz vom Widerspruch stehen.

Daß die gewöhnliche Logik der sicheren Urteile

<sup>1)</sup> Vergleiche W. WINDELBAND, Die Lehren vom Zufall. Göttinger Diss. Berlin 1870, S. 70.



sich nicht übertragen läßt, zeigt ein Beispiel. Beim einmaligen Wurf mit einem guten Würfel fällt wahrscheinlich nicht gerade die Augenzahl Eins, es fällt wahrscheinlich nicht Zwei, es fällt wahrscheinlich nicht Drei, es fällt wahrscheinlich nicht Vier, es fällt wahrscheinlich nicht Fünf, es fällt wahrscheinlich nicht Sechs. Die Zusammenfassung, nach der wahrscheinlich weder Eins noch Zwei noch Drei noch Vier noch Fünf noch Sechs fiele, ist aber offenbar falsch.

Trotz dieser logischen Wertlosigkeit kann psychologisch zwischen Wahrscheinlichkeitsurteilen genau derselbe Zusammenhang bestehen wie zwischen den einen Syllogismus bildenden sicheren Urteilen. Wenn der Philologe etwa in einem sonst zuverlässigen alten Historiker eine Lücke da findet, wo andere über Cäsars Tod berichten, so wird er wohl nach folgendem Gedankengang ergänzen: Wahrscheinlich hat in der Lücke gestanden, was wirklich geschehen ist; nun ist wahrscheinlich Cäsar ermordet worden; also hat wahrscheinlich in der Lücke gestanden, daß Cäsar ermordet wurde.

Für streng logische Betrachtung besteht die scheinbare Kette aus unverbundenen Gliedern. Daß sie nicht reißt, kommt daher, daß hinter den Wahrscheinlichkeitsurteilen Tatsachen stehen, die durch einen entsprechenden Zusammenhang verbunden sind, etwa folgenden: Der Schriftsteller stimmt sonst in allen wesentlichen Punkten mit den als zuverlässig anerkannten Quellen überein; nun melden die guten Quellen übereinstimmend Cäsars Ermordung; also kann gleichmäßiges Verhalten des Schriftstellers zu den guten Quellen nur bestehen, wenn die Lücke durch Fortfallen des Berichts von Cäsars Ermordung entstanden ist.

Der kurze Scheinschluß in Wahrscheinlichkeitsurteilen gilt aber wohl weniger darum als zulässig, weil man sich dieser Möglichkeit einer strengen Deduktion bewußt wäre, als weil die angeblichen Prämissen durch einen besonders hohen Grad von *Wahrscheinlichkeit* ausgezeichnet sind. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Schriftsteller in der Lücke das wirklich Geschehene berichtet hat; es ist sehr wahrscheinlich, daß Cäsar ermordet wurde; also ist wenigstens ziemlich wahrscheinlich, daß die Lücke durch den Bericht über Cäsars Ermordung auszufüllen ist.

Psychologisch ist durch den Wahrscheinlichkeitsgrad die Kette gesichert; logisch ist sie es nur durch die dahinterstehende Kette von sicheren Urteilen — es müßte denn der Wahrscheinlichkeitsgrad sich etwa als ein Faktor nachweisen lassen, der unmittelbar Wahrscheinlichkeitsurteilen logischen Wert gäbe.

### III.

Der *Wahrscheinlichkeitsgrad* hat seinem Ursprung nach nur psychologische, nicht logische Bedeutung. Andererseits haben gewisse objektive Regelmäßigkeiten Veranlassung dazu gegeben, daß man mit mathematischen, also logischen Mitteln

den Begriff der *Wahrscheinlichkeitszahl* konstruierte. Bei dem großen Interesse, das an dem Nachweis, daß der Wahrscheinlichkeitsgrad auch ein logischer Faktor sei, bestehen würde, liegt eine Gleichsetzung von Wahrscheinlichkeitsgrad und Wahrscheinlichkeitszahl, die wegen der zwischen beiden in mancher Hinsicht zweifellos bestehenden Parallelität möglich erschien, nahe. Diese Gleichsetzung ist in der Geschichte der Wahrscheinlichkeitsrechnung früh erfolgt, schon bei JACOB BERNOULLI<sup>1)</sup> finden wir sie vollzogen. Nur ihr entstammt auch der irreführende Name Wahrscheinlichkeit für die Zahl.

Es stellte sich dann aber heraus, daß hierdurch der Anschluß an die Anwendungen von objektiver Bedeutung gelockert worden war; man hat durch Theoreme und Hypothesen versucht, die Verbindung wieder zu sichern; konsequente Anhänger der Identitätslehre<sup>2)</sup> haben es vorgezogen, die Anwendbarkeit zu opfern, die Wahrscheinlichkeitsrechnung aufzufassen als mathematische Durchbildung der Lehre vom disjunktiven Urteil.

Wenn wir demgegenüber behaupten, daß die Wahrscheinlichkeitszahl durch ihren Ursprung mit den Anwendungen unlösbar verbunden sei, so müssen wir unsere Ansicht belegen.

Die ersten erfolgreichen Versuche, mit der Wahrscheinlichkeitszahl zu arbeiten, beziehen sich auf die Abschätzung von Spielwerten. Der Chevalier de Méré legte PASCAL mehrere Probleme vor; bei einem derselben<sup>3)</sup> wird die Erklärung von beim Würfelspiel gemachten Beobachtungen, also von Tatsachen, gefordert. Der Fragesteller weiß, daß einerseits bei einem aus 4 einfachen Würfeln bestehenden Spiel vorteilhaft ist zu wetten, man werde mindestens einmal Sechs werfen, daß andererseits bei einem aus 24 Doppelwürfeln bestehenden Spiel die Wette, man werde mindestens einen Sechserpasch werfen, nachteilig ist. Er sieht hierin, wo doch die Anzahl 24 der erlaubten Doppelwürfe zur Anzahl 36 der möglichen das gleiche Verhältnis zeige wie die Anzahl 4 der erlaubten Einzelwürfe zur Anzahl 6 der möglichen, einen Widerspruch, von dem er bezweifelt, daß Pascal ihn lösen könne.

Hier steht der Wert und Unwert der Wetten für de Méré nach einfacher Analogie mit seiner Erfahrung fest; diese Erfahrung, die ihm eben paradox erscheint, kann nur den Inhalt gehabt haben, daß in langen Reihen von solchen Spielen jedesmal das als vorteilhaft Bezeichnete häufiger eingetreten ist als sein Gegenteil. Mit Wahrscheinlichkeit hat die Tatsache, die Pascal erklären soll, nichts zu tun; also können auch die Zahlen, die zur Erklärung benutzt werden, mit Wahrscheinlichkeitsgraden nicht gleichdefiniert sein. Auf die

<sup>1)</sup> *Ars conjectandi* Basel 1713, S. 211; deutsch von HAUSSNER. Ostwalds Klassiker Nr. 107 u. 108. Leipzig 1899, Bd. 2, S. 72.

<sup>2)</sup> C. STUMPF, Über den Begriff der mathematischen Wahrscheinlichkeit. Sitzungsber. d. phil. Kl. d. k. b. Akad. d. Wiss. 1892. München 1893.

<sup>3)</sup> *Oeuvres de Blaise Pascal* III. Hachette, Paris 1908, S. 388.



Lösung des Problems<sup>1)</sup> brauchen wir nicht näher einzugehen; sie kommt auf das Bestehen von

$$\left(\frac{5}{6}\right)^4 < \frac{1}{2} < \left(\frac{9}{10}\right)^{24}$$

heraus. Wesentlich für uns ist, was sich schon aus der Fragestellung entnehmen läßt, daß die Zahlen, mit denen gearbeitet wird, Verhältnisse wiedergeben sollen, die bei vielfacher Wiederholung des Spiels eintreten.

Wohl rechnen wir mit größerem Zutrauen auf Eintreten im Einzelfall, wo häufigeres Eintreten bei Wiederholung feststeht. Aber eine Wahrscheinlichkeitszahl, die die Häufigkeit des Eintretens bei Wiederholung regelt, ist vom Wahrscheinlichkeitsgrad im Ursprung jedenfalls verschieden. Die Behauptung der Wesensgleichheit müßte bewiesen werden. Solange der Beweis nicht erbracht ist, kann man die Identität bestreiten, die Parallelität dabei anerkennen; deren Erklärung ist dann aber ein psychologisches, kein logisches Problem mehr.

#### IV.

Wo unter anscheinend gleichen Vorbedingungen bei Wiederholung doch Verschiedenes eingetreten ist, da versagt, wenn es gilt, eine Erwartung zu bilden, die einfache Analogie; sie führt zu widersprechenden Urteilen je nach der Einzelerfahrung, die zugrunde gelegt wird. Für ein Denken, dem Schließen nur so weit als berechtigt gilt, wie es aus Gesetzen erfolgt, fällt die Möglichkeit des Schließens überhaupt: die nach der Gleichheit der Vorbedingungen angenommene Verwandtschaft der Vorgänge war Schein; die Unregelmäßigkeit der Ergebnisse hat ihn zerstört, den Kosmos ins Chaos aufgelöst.

Aber der handelnde Mensch hat nie darauf verzichtet, doch zu mutmaßen, d. h. auch hier noch Verwandtschaft anzuerkennen. Und es ist uralte Weisheit, daß es dann auf die Häufigkeit ankomme, mit der die verschiedenen Ergebnisse auftreten. Die Anfänge der Statistik gehen in vorgeschichtliche Zeiten zurück.

Schon unter primitiven wirtschaftlichen Verhältnissen zeigt sich gelegentlich ein Bedürfnis von Ertragsschätzungen. Solche Schätzungen stützen sich auf bekannte Ergebnisse anderer Ernten. Daß man dabei, um brauchbare Resultate zu erhalten, den Ertrag nicht absolut, sondern auf Erntefläche oder Aussaat bezogen zu übertragen habe, wird man bald erkannt haben. So bezeichnet HERODOT<sup>2)</sup> als normale Ernte in Babylonien das Zweihundertfache der Aussaat, und das Gleichnis vom Sämann<sup>3)</sup> würde nicht von hundertfältiger Frucht sprechen, wenn nicht die genäherte Konstanz solcher Verhältnisse als selbstverständlich gegolten hätte. Die Vorstellung von der Übertragbarkeit statistischer Verhältniszahlen beschränkt sich aber keineswegs auf Ernteergebnisse, sie besteht auch da, wo

aus einer natürlichen Gruppe ein Teil der Exemplare durch eine besondere Eigenschaft herausgehoben wird.

CÄSAR gibt an einer Stelle<sup>1)</sup> Zahlen aus einer Liste, die man im Lager der geschlagenen Helvetier gefunden habe. Dieselbe sei in 4 Rubriken geteilt gewesen: waffenfähige Männer, Kinder, alte Leute, Frauen. Die Kopffzahl sei mit 368 000, die Zahl der Waffenfähigen mit 92 000 angegeben. Auffällig ist, daß das Verhältnis dieser Zahlen genau mit der Anzahl der Rubriken stimmt, auch genau mit den rohen Schätzungen des Verhältnisses der Anzahl der Waffenfähigen zur Gesamtbevölkerung, die sich anderswo finden; so geben z. B. Bändchen des Gothaer Hofkalenders aus dem 18. Jahrhundert hierfür den gleichen Wert  $\frac{1}{4}$ . Daher ist wohl der Verdacht nicht abzuweisen, daß auch der Helvetische Statistiker die eine Zahl aus der anderen nach dem bekannten Verhältnis berechnet habe. Wie es sich mit diesen Angaben aber auch verhalten mag, sogar, wo der Zufall so blind waltet wie über den Tod in der Schlacht, ist die Vorstellung eines konstanten Verhältnisses dem Altertum nicht fremd. HOMER<sup>2)</sup> gibt eine Sterbenswahrscheinlichkeit, wenn er im Kampf mit den Kikonen aus jedem Schiff 6 Mann fallen läßt.

#### V.

Um übertragbare Verhältniszahlen zu erhalten, kann man Abzählungsergebnisse auf verschiedene Weisen miteinander verbinden; von diesen führt die wichtigste auf die Häufigkeitszahl.

Statistische Feststellungen haben nur da Sinn, wo wir es mit vielen Exemplaren zu tun haben, die irgendwie miteinander verwandt sind, die, wie wir sagen wollen, zu derselben *Art* gehören. Aus einer solchen Art, die dem Umfang nach nicht abgegrenzt ist, werden Gruppen von Exemplaren, wir wollen sagen *Proben*, entnommen. Ein Teil der Exemplare sei durch eine besondere Eigenschaft ausgezeichnet. Das Verhältnis der Anzahl der ausgezeichneten Exemplare in einer Probe zur Gesamtzahl der Exemplare in derselben nennen wir die relative Häufigkeit oder die *Häufigkeitszahl* für die Eigenschaft in der Probe. Diese Häufigkeitszahl übertragen wir nun von einer Probe, die für uns die Art vertritt, auf die andere, ähnlich wie wir gesetzmäßig anhaftende Eigenschaften von einem Exemplar auf das andere übertragen.

Dieses Übertragen der Häufigkeitszahl hat sich in der Erfahrung als wertvolles Analogieprinzip bewährt. Ja, unser Vertrauen auf dasselbe geht so weit, daß wir wesentliche Abweichungen der Wirklichkeit von seinen Folgerungen durch Irrtum darüber, ob die Probe die Art recht vertrete, zu erklären pflegen, nicht durch Irrtum im Prinzip. Diese Tatsache des unverletzten Ausweichens spricht dafür, daß unser Analogieprinzip, wenn es auch sicher erst an der Erfahrung bewußt geworden ist, doch

<sup>1)</sup> S. z. B. E. CZUBER, Wahrscheinlichkeitsrechnung I, 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1908, S. 35.

<sup>2)</sup> I 193.

<sup>3)</sup> Lukas 8, 8.

<sup>1)</sup> Gallischer Krieg I, 29.

<sup>2)</sup> Odyssee IX, 60.



schon vor aller Erfahrung im menschlichen Geiste angelegt war, daß es einen apriorischen Bestandteil enthält.

## VI.

Das Übertragen der Häufigkeitszahl wird ermöglicht durch die Auswahl der Proben aus derselben Art. FECHNER<sup>1)</sup> benutzt für dasselbe, was wir hier mit Art und Probe bezeichnen, den Namen *Kollektivgegenstand*. Daß wir abweichend benennen, hat seine Absicht; es geschieht, um das Naturgegebene, nicht Künstliche der die Exemplare zusammenhaltenden Verwandtschaft hervorzuheben, während als Kollektivgegenstand wegen der Anwendbarkeit gleicher mathematischer Methoden auch willkürlich Ersonnenes<sup>2)</sup> zulässig ist.

Mit dem Begriff *Art* dagegen ist wohl stets die Vorstellung von etwas Naturgegebenem verbunden worden, so, wenn LINNÉ<sup>3)</sup> sagt, es gebe soviel Arten, wie Gott verschiedene konstante Formen geschaffen habe. Wenn die moderne Biologie auch die Linnésche Fassung ablehnt, der Artbegriff im Sinne der natürlichen Einheit über dem Individuum bleibt ihr unentbehrlich, mag sie ihn nun zur Reinen Linie der Erblichkeitsforscher zusammenziehen oder in der Deszendenztheorie über Gattungen und Klassen hinaus zum Reich des Lebendigen erweitern. Während die exakte Naturwissenschaft durch ihre Forderung der Gesetzmäßigkeit alles Geschehens die Vorstellung erwecken konnte, als sei an den Einzeldingen nur das wesentlich, was in ihnen mit anderen gleich, nicht bloß ähnlich sei, hat die Biologie stets die echte Verwandtschaft auch des Nichtidentischen anerkannt. Auch die Physik kommt aber, wie das Eindringen der Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt, um diese Anerkennung nicht herum.

Die Idee der Wissenschaft enthält als Grundforderung die Einheit von Denken und Sein. Wirklich ist dieselbe nie; käme uns nicht die Natur entgegen, so könnten wir nicht einmal hoffen, uns ihr auch nur merklich zu nähern. Aber die Natur kommt entgegen; ihr Weg erscheint uns, als führe er vom Individuum über die Art. Der Weg des Geistes vom gestaltlos Allgemeinen in der Richtung auf das Einzelne führt über den Begriff. Im Entsprechen von Begriff und Art kreuzen sich die Wege; aber sie fließen nicht ineinander. Der Begriff wird aufgebaut aus seinen Merkmalen, zu denen Existenz nicht gehört; die Art wird aufgebaut aus ihren wirklichen Exemplaren, deren gemeinsame Merkmale zu ihr nur als Ergebnis der Abstraktion, nicht wesentlich gehören. Unter den Begriff Pferd fällt, wenn wir nicht gerade die Vierbeinigkeit in die Definition ziehen, auch das Roß des wilden Jägers, zur Art gehört es nicht, weil es nie existiert hat und nie existieren wird. Andererseits

<sup>1)</sup> G. TH. FECHNER, Kollektivmaßlehre. Herausgegeben von G. F. LIPPS. Leipzig 1897.

<sup>2)</sup> H. BRUNS, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmaßlehre. Leipzig und Berlin 1906, S. 98.

<sup>3)</sup> Genera Plantarum, ed. VI. Stockholm 1764. Einleitung.

dürfte kaum gelingen, einen brauchbaren Begriff Mensch zu bilden, unter den auch alle Krüppel fielen.

Nur, was in allen Exemplaren der Art gleich erscheint, vermag der Begriff als mögliches Merkmal anzuerkennen, im Gesetz mit anderen Merkmalen zu verbinden. Weil die Physik sich lange Zeit vorwiegend mit den Eigenschaften der Dinge beschäftigte, in denen die Art durch den Begriff gedeckt wurde, entstand der Anschein, als sei ihr Gegenstand überhaupt nicht Art. Wohl erlebte der Physiker, daß der Begriff seinen Gegenstand nicht erschöpfe, bei jedem Experiment in der Tücke des Objekts; er vergaß es aber leicht, wenn er sich an den Schreibtisch setzte. Das meiste, was Chemiker und Physiker etwa vom Wasserstoff zu berichten haben, ist allgemeingültig, gesetzmäßig, haftet am Begriff. Aber hinter dieser Gleichheit im Groben steht doch auch für die Physik die absolute Verschiedenheit der einen Wasserstoffmolekel von der anderen, daß die eine eben schlechthin nicht die andere ist, als Einzelwesen, fensterlose Monade, nichts mit ihr gemein hätte, nicht einmal soviel wie ein Pferd mit dem anderen; diese könnten doch blutsverwandt sein. Auch die Gesetze könnten über den Wasserstoff nur Scheinweisheit lehren, wenn die getrennten Wasserstoffmolekel nicht in der Art vereinigt wären. Weil die Art als Wirklichkeit die Grenzen des Begriffs überschreitet, gibt es neben dem echten Gesetz noch ein Wissen aus anderer Quelle, wie es etwa die kinetische Gastheorie, an das Prinzip von der Übertragbarkeit der Häufigkeitszahl anlehnd, entwickelt.

## VII.

Die einzelne Probe, deren Ergebnis die Häufigkeitszahl ist, steht neben einer anderen Probe genau so ohne Berührung wie ein Exemplar neben dem anderen; als Verbindendes steht hinter ihnen die Art. Nun bewährt sich das Analogieprinzip von der Übertragbarkeit der Häufigkeitszahl an der Erfahrung. Weil unser ganzes Denken unter dem Satze vom Grunde steht, müssen wir hinter dieser subjektiven Regel der Erwartungsbildung etwas Objektives suchen, das die Wirklichkeit mit unserer Erwartung zum Einklang bringt. Das Gesuchte können wir nur an dem Zusammenhaltenden, an der Art finden: zu ihr gehört die *Wahrscheinlichkeitszahl* — nicht, wie Induktionslogiker<sup>1)</sup> meinten, zur Probe. Daß dies so ist, zeigt auch die unser Analogieprinzip ergänzende Bevorzugung der langen Proben.

Haben wir etwa aus einer Urne, die weiße und schwarze Kugeln enthält, zwei Reihen von Zügen getan, eine zu 10 und eine zu 1000 Zügen, und wir wollen für eine neue Reihe von gleichfalls 10 Zügen die Anzahl der herauskommenden weißen Kugeln abschätzen, so legen wir der Erwartungsbildung nicht die kurze Probe zugrunde, obwohl sie durch die Gleichheit der Länge der neuen Probe direkt ähn-

<sup>1)</sup> J. VENN, The logic of chance. 2 ed. London 1876.



licher wäre; sondern wir schließen auf Grund des Ergebnisses der langen Probe, weil diese sich der unbegrenzten Art durch ihre größere Länge mehr nähert. Die Bevorzugung der längeren Probe ist eine Tatsache unserer Erwartungsbildung, die sich an der Erfahrung bewährt; sie wäre unverständlich, wenn die Verbindung zwischen Probe und Probe nicht der Vermittelung durch die Art bedürfte.

Die Tatsache, daß das Analogieprinzip von der Übertragbarkeit der Häufigkeitszahl unter Bevorzugung der langen Proben sich bewährt, läßt sich mit dem Satze vom Grunde nur dadurch in Einklang bringen, daß wir, wo gesetzmäßige, völlig bestimmende Abhängigkeit nicht besteht, den doch nicht schlechthin freien, vielmehr in der Art gebundenen Zufall, den *Verteilungszufall*, unter ein Postulat stellen, das sich etwa folgendermaßen fassen läßt:

*Jeder Art kommt in bezug auf jede auszeichnende Eigenschaft eine bestimmte Zahl des abgeschlossenen Intervalls von 0 bis 1 als Wahrscheinlichkeitszahl für die Eigenschaft in der Art zu. Diese tritt in Erscheinung durch Vermittelung des Verteilungszufalls in Proben, indem ihr genähert gleiche Häufigkeitszahlen auftreten; und zwar strebt bei typischer Auswahl der Proben mit wachsender Länge derselben die Häufigkeitszahl zur Wahrscheinlichkeitszahl als Grenze.*

Unter *typischer Auswahl* ist dabei eine solche zu verstehen, bei der die entstehende Probe die Art selbst, nicht eine Unterart vertritt; in erster Linie also, daß die auszeichnende Eigenschaft auf die Auswahl keinen Einfluß über darf. Jede andere Auswahl gilt zunächst als typisch; der Zusatz soll aber auch das Hintertürchen öffnen, durch das das Postulat sich rettet, wenn die Erfahrungen ihm zu widersprechen scheinen.

### VIII.

Diesem *Existenzpostulat* der Wahrscheinlichkeitszahl verwandte Sätze sind meist gemeint, wo von einem *Gesetz der großen Zahlen* gesprochen wird, manchmal allerdings auch bloße Theoreme wie die Sätze von BERNOULLI und POISSON. Wer in der Wahrscheinlichkeitszahl ein Maß vernünftiger Erwartung sieht und doch die Anwendungen nicht aufgeben will, der braucht ein solches vermittelndes Gesetz ebenso wie der, für den die Wahrscheinlichkeitszahl eine *objektive Möglichkeit*<sup>1)</sup> mißt. Die letztere Ansicht widerspricht der hier entwickelten, die Wesentliches vor allem FRIES<sup>2)</sup>, LEXIS<sup>3)</sup> und BRUNS<sup>4)</sup> verdankt, nicht; doch

<sup>1)</sup> A. COURNOT, Exposition de la théorie des chances et des probabilités. Paris 1843, deutsch von SCHNUSE. Braunschweig 1849. S. auch A. MEINONG, Über Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1915, und E. CZUBER, Die philosophischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Leipzig und Berlin 1923.

<sup>2)</sup> J. F. FRIES, Versuch einer Kritik der Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Braunschweig 1842.

<sup>3)</sup> W. LEXIS, Zur Theorie der Massenerscheinungen in der menschlichen Gesellschaft. Programm. Freiburg i. B. 1877.

<sup>4)</sup> l. c.

scheint mir leichter möglich, klare Anschauungen vom aktuellen Enthaltensein der Exemplare in der Art als vom bloß potentiellen der Art im Exemplar aus zu gewinnen.

Man kann fragen, ob das Existenzpostulat mit seiner exakten Wahrscheinlichkeitszahl nicht zuviel fordere. Für manche Zwecke würde es zweifellos genügen, der Eigenschaft ein schmales Teilintervall statt der diskreten Zahl zuzuordnen; man bliebe so der schwankenden Erfahrung an Proben näher. Hier ist wohl die mathematische Einfachheit der bestimmten Zahl ausschlaggebend, wie ja die theoretische Physik auch Differentialgleichungen selbst da den Vorzug zu geben pflegt, wo sie die Behandlung durch Differenzgleichungen als dem Problem eigentlich angemessener anerkennt.

Eine ernste Schwierigkeit liegt in dem benutzten Grenzbegriff. Daß er über den Bereich möglicher Erfahrung hinausführt, hat bei dem metaphysischen Charakter des Postulats kein Bedenken, wohl aber, daß er sich mit dem in der Analysis sonst üblichen Grenzbegriff nicht deckt. Nach diesem müßte man in der als Reihe geordneten un abgeschlossenen Probe eine bestimmte Gliednummer angeben können, so daß bei weiterer Fortsetzung die Schwankung der Häufigkeitszahl auf ein vorgegebenes Intervall eingengt bliebe. Die Annahme der Möglichkeit der Angabe einer solchen Gliednummer würde aber zu Widersprüchen mit Folgerungen aus der Grundvoraussetzung eines gesetzblosen Verteilungszufalls führen. Dies bringt auch die Nachkonstruktion der Art, die v. MISES<sup>1)</sup> in seinem Kollektiv gegeben hat, in Widerstreit mit anerkannten Vorsichtsregeln der Mengenlehre. Über die Zulässigkeit der mathematischen Form läßt sich streiten; die Anerkennung des eigentümlichen Grenzüberganges, der übrigens, wenn auch gesetzblos, doch nicht regellos ist, ist eine Notwendigkeit, sollte sie selbst eine echte Fiktion im Sinne VAHINGERS schaffen.

### IX.

Das Existenzpostulat ermöglicht, wo ausreichende Erfahrung vorliegt, die in einer unbekanntem Probe zu erwartende Häufigkeit einer Eigenschaft zu schätzen. Hierbei wird zuerst die empirische Häufigkeitszahl exakt berechnet; sie wird dann als Wahrscheinlichkeitszahl auf die Art übertragen. Der Wert dieser ist hierdurch nicht mit Sicherheit bestimmt; aber es handelt sich nur um die gleiche Unsicherheit, wie sie auch den empirisch bestimmten Konstanten eines physikalischen Gesetzes anhaftet; der logische Wert der Bestimmung wird durch sie nicht berührt. Soll die Häufigkeit einer zusammengesetzten Eigenschaft geschätzt werden, so ist die gefundene Wahrscheinlichkeitszahl nun mit anderen zu vereinigen; die Regeln dieser Vereinigung, und nichts weiter, liefert die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dann ist

<sup>1)</sup> R. v. MISES, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Math. Zeitschr. 5. Berlin 1919.



die endgültige Wahrscheinlichkeitszahl wieder als Häufigkeitszahl auf die zu beurteilende Probe zu übertragen. Auch diese Übertragung ist unsicher; genau kann sie in der Regel gar nicht erfolgen, schon weil bei  $n$  Exemplaren ja nur  $n + 1$  Werte für die Häufigkeitszahl möglich sind. Auf diese Weise entsteht ein Endurteil von der Form: „Die Häufigkeitszahl für die beachtete Eigenschaft hat in dieser Probe wahrscheinlich ungefähr diesen Wert.“

Es hindert nichts, die zu beurteilende Probe aus einem einzigen Exemplar bestehen zu lassen; die Häufigkeitszahl kann dann nur 0 oder 1 sein. Grund der Erwartung des Eintretens ist dabei etwa eine Wahrscheinlichkeitszahl  $> \frac{1}{2}$ ; je größer sie ist, desto höher pflegt auch der Wahrscheinlichkeitsgrad zu steigen. Der psychologisch zulässige Scheinschluß, daß, weil 2 Ereignisse einzeln sehr wahrscheinlich sind, auch ihr Zusammentreffen ziemlich wahrscheinlich sei, kann wohl von einer entsprechenden Abhängigkeit zwischen Wahrscheinlichkeitszahlen begleitet sein; er würde aber hierdurch immer nur im Ergebnis, nicht der Form nach logisch gerechtfertigt. Und es gibt Fälle, wie unser Beispiel mit der Überlieferung von Cäsars Tod, wo Wahrscheinlichkeitszahlen, die die Wahrscheinlichkeitsgrade

stützten, fehlen. Zwischen beiden besteht bloße Parallelität, nicht Identität.

Es könnte scheinen, als hätten wir in dieser Darlegung Wesentliches ausgelassen. Es gibt Wahrscheinlichkeitsbildungen ohne spezielle Erfahrungsgrundlage. Solche Ansätze beherrschen die Theorie der Glücksspiele und vor allem auch die physikalischen Anwendungen. Daß die Grundlage aber auch hier keine andere ist, daß die Ansätze nach der klassischen Definition der Wahrscheinlichkeitszahl als Verhältnis der Anzahl der günstigen Fälle zur Anzahl der möglichen, wo spezielle Erfahrung fehlt, auf allgemeiner Erfahrung und gewissen einfachen Voraussetzungen über den Mechanismus des Zustandekommens beruhen, hat im wesentlichen J. v. KRIES in seinen Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung<sup>1)</sup> gezeigt; auf sie möge hierfür verwiesen sein.

<sup>1)</sup> Freiburg i. B. 1886. Siehe auch H. REICHENBACH, Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. Zeitschr. f. Philos. u. philos. Kritik 161. Leipzig 1916; u. M. v. SMOLUCHOWSKI, Über den Begriff des Zufalls und den Ursprung der Wahrscheinlichkeitsgesetze in der Physik. Die Naturwissenschaften 6. Berlin 1918.

## Botanische Mitteilungen.

Die Windschutzeinrichtungen an den Spaltöffnungen der Pflanzen. Man trifft sehr häufig bei Pflanzen trockener Standorte eine Verlagerung der Spaltöffnungen nach der Tiefe an. Darüber, daß diese Versenkung die Transpiration herabsetzen soll, herrscht Einigkeit in der Auffassung. Nur ist nicht ohne weiteres einzusehen, warum die Pflanze nicht den einfacheren Weg einschlägt und die Spaltweite verringert oder die Zahl der Spaltöffnungen verkleinert. Dieses Problem sucht GRADMANN (Jahrb. f. wiss. Bot. 62. 1923) auf experimentellem Wege zu lösen. Es ist ohne weiteres klar, daß, wenn sich die Pflanze eines der beiden letzten Wege bediente, die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme ebenso gehemmt würde wie die Wasserabgabe, ein Nebenerfolg, der ungemein störend auf die Assimilation wirken würde. Das ist nun nach den Versuchen GRADMANN'S bei der Spaltenversenkung nicht der Fall. Von dem Gedanken ausgehend, daß die durch die Versenkung erzielten Vorhöfe einen Windschutz darstellen, konstruierte er physikalische Modelle, welche die natürlichen Verhältnisse nachahmen sollten. Zwei mit  $\text{CO}_2$ -absorbierender Lauge gefüllte Glaszylinder wurden ans offene Fenster gestellt. Das eine Glas wurde durch eine oben offene Glasglocke gegen Wind geschützt, das andere frei aufgestellt, nachdem durch ein aufgelegtes durchlochtetes Uhrglas dafür gesorgt war, daß die Verdunstung etwa gleich groß war. Hierauf wurde gleichzeitig in regelmäßigen Intervallen die Wasserabgabe und die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme bestimmt, und zwar sowohl bei ruhiger Luft wie auch bei bewegter Luft, wobei durch einen Ventilator beliebige Windgeschwindigkeiten hergestellt wurden. Es ergab sich nun ganz eindeutig, daß die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme im Verhältnis zur Verdunstung um so geringer wird, je stärker der Wind ansteigt, oder mit anderen Worten: Windschutz verschiebt das Verhältnis zugunsten der  $\text{CO}_2$ -Aufnahme. Darin wäre also die Bedeutung der Spaltenversenkung zu suchen, wobei freilich noch zu be-

denken ist, ob die Ergebnisse dieser Modellversuche sich so ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse übertragen lassen. GRADMANN unterzieht dann eine Reihe solcher Spaltöffnungstypen der verschiedensten Objekte einer eingehenden Analyse und gelangt zu dem Ergebnis, daß auch die Struktur im einzelnen sowie die gesamte Architektonik des Blattes seiner Deutung günstig ist. Interessant sind in dieser Beziehung einige schematische Darstellungen versenkter Spalten, bei denen vermittels eingetragener Pfeile veranschaulicht wird, wie durch den besonderen Wandverlauf des Vorhofs, Cuticularleisten usw. der Wind von der Richtung des Spaltenporus möglichst abgelenkt und dadurch an einem geradlinigen Eindringen verhindert wird.

Die Wasseraufnahme der höheren Pflanzen durch die Blätter. Durch SCHIMPER sind wir mit tropischen Pflanzen, den epiphytischen Bromeliaceen, bekannt geworden, die vermittels besonderer Saughaare das Wasser durch die Blattoberfläche aufzunehmen vermögen und sich auf diese Weise im engsten Zusammenhang mit den speziellen Standortsbedingungen hinsichtlich der Wasserversorgung vom Wurzelsystem völlig emanzipiert haben. Auch für unsere einheimische Vegetation ist eine Wasseraufnahme durch die Blattoberfläche von verschiedenen Autoren nachgewiesen und daraus gelegentlich der Schluß abgeleitet worden, daß auf diese Weise eine wesentliche Unterstützung der Arbeit des Wurzelsystems in kritischen Fällen erzielt werden könne. Entscheidende Beweise hierfür sind aber keineswegs erbracht worden. Es handelt sich hierbei natürlich um eine sehr wichtige Frage der Ökologie, und deshalb ist es zu begrüßen, daß K. WETZEL diesen Vorgängen in einer breit angelegten Untersuchung nachgeht (Flora 117. 1924). Seine Beobachtungen führen zu dem Ergebnis, daß tatsächlich sehr viele Pflanzen mit ihrer Oberfläche Wasser aufnehmen, vorausgesetzt, daß die Cuticula benetzbar ist. Junge Blätter besitzen diese Eigenschaft in höherem



Maße als ältere. Das Wasser scheint im wesentlichen nur die Cuticula selbst, nicht die Spaltöffnungen zu passieren. Wesentlich aber ist, daß die aufgenommenen Wassermengen sehr gering sind und daß das Wasser nur über äußerst kleine Strecken im Innern weitergeleitet wird. So haben denn auch Freilandversuche an zahlreichen Objekten ergeben, daß die oberirdische Wasseraufnahme keineswegs ausreicht, um den Transpirationsverlust auch nur im entferntesten zu decken. Bei dem nachweisbaren Fehlen spezialisierter Absorptionsorgane, bei dem Mangel subepidermaler Speichergewebe, wie solche dem Bromeliaceen zukommen, und bei der vielfach sehr geringen Dürresistenz muß daher dieser Form der Wasseraufnahme in unserer einheimischen Flora jede größere Bedeutung für die Wasserbilanz abgesprochen werden.

**Über die Auslösung von Zellteilungen durch Injektion von Gewebesäften.** Mannigfache Versuche mit verletzten Pflanzenorganen, die zum Ergebnis hatten, daß die in der Nachbarschaft der Wunde normalerweise auftretenden Zellteilungen zurückgedrängt werden können, wenn man den Zellinhalt der verletzten Zellen sorgfältig abwäscht, daß aber nachträgliches Auftragen des Gewebesafte die unterbliebenen Teilungsvorgänge sofort auslöst, hatten HABERLANDT zu der Auffassung geführt, daß hierbei Diffusion von Wundhormonen eine maßgebende Rolle spielt. Wenn diese Auffassung richtig ist, dann steht zu erwarten, daß auch in unverletzten Gewebepartien Teilungen veranlaßt werden können, wenn man sie mit Wundextrakt in Berührung bringt. Dies ist der Gedanke, welcher der Arbeit einer Schülerin HABERLANDTS, HILDEGARD REICHE, zugrunde liegt. (Zeitschr. f. Bot. 16. 1924.) Durch Zerreiben frischer Pflanzenteile wurde ein Wundextrakt gewonnen, der in das Interzelluläresystem von Stengeln und Blattstielen verschiedener Objekte (Kartoffel, Begonien, Tausendblatt, Seerosen usw.) injiziert wurde. Es traten nun tatsächlich mannigfaltige Zellteilungen auf, aber nur an Stellen, wo sich auch anhaftend Spuren des Gewebesafte nachweisen ließen. In charakteristischer Weise verliefen die neuen Wände senkrecht zu der Richtung, die der Diffusionsstrom beim Eindringen in das Gewebe nehmen mußte. Zu diesem ersten Reaktionstypus gesellte sich noch ein zweiter, der darin bestand, daß an der Einwirkungsstelle thyllenartige Wucherungen entstanden, die sich — wohl sicher auf chemotropischem Wege — um den anhaftenden Gewebesbrei herumlegten. Durch Variation der Versuchsbedingungen konnte gezeigt werden, daß nicht etwa Berührungsreize für diese Vorgänge verantwortlich gemacht werden können. So ist z. B. Injektion von Sandpartikelchen wirkungslos. Offenbar handelt es sich um chemische Reizung, wobei aber die chemische Natur dieser „Wundhormone“ noch gänzlich unklar ist. Es ist das — genau wie beim Traumatotropismus, bei der Traumatotaxis und der Traumatonastie — der brennende Punkt, wo die weitere Untersuchung einsetzen muß.

**Die Schreckung der Oenotherenbastarde.** Schon DE VRIES hat die Beobachtung gemacht, daß reziproke Nachtkerzenbastarde verschieden ausfallen können auch dann, wenn die Bastardkerne genotypisch übereinstimmen, so daß also die bei den Oenotheren verbreitete Heterogamie nicht mit hereinspielt. Die Verschiedenheit äußert sich darin, daß bei der einen Kombination eine normalgrüne, bei der anderen eine gelbe, gescheckte Nachkommenschaft resultiert. RENNER, der jüngst diesen Dingen besonders nachgegangen ist (Biol. Zentralbl. 44. 1914), konnte feststellen, daß es sich hier um eine recht verbreitete Erscheinung handelt,

die bei einem großen Heer von Oenotherenbastarden zutage tritt. Diese Vorgänge lassen sich am besten in folgender Weise erklären: die reziproken Bastarde unterscheiden sich dadurch, daß sich Plasma und Chromatophoren jeweils im wesentlichen von der als Mutter dienenden Art herleiten. Man braucht nun nur anzunehmen, daß die Chromatophoren zu ihrem normalen Gedeihen nicht jede beliebige Kernkombination vertragen, und daß sie sich weiterhin bei den verschiedenen O.-Arten hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an veränderte Kernstruktur unterscheiden, um die geschilderten Kreuzungsergebnisse in befriedigender Weise zu deuten. Verfügen die in der Kreuzung kombinierten Arten in dieser Hinsicht über gegensätzlich gestimmte Chromatophoren, dann wird die eine der reziproken Kombinationen zu gesunden grünen, die andere zu kranken vergilbenden Individuen führen. Allerdings treten im letzten Falle zumeist keine homogenen gelben, sondern gelb und grün gescheckte Formen auf. Das hängt mutmaßlich damit zusammen, daß hier durch den Pollenschlauch wenigstens in geringen Mengen auch Plasma und Chromatophoren des Vaters zugeführt werden<sup>1)</sup>, d. h. jener Art, die beim inversen Versuch zu normal grüner Nachkommenschaft führt. Diese gescheckten Formen verdanken ihre gute Lebensfähigkeit eben dem Besitz normal assimilierender Partien. In derselben Weise ist bei den grünen Formen das gelegentliche Auftreten gelber Felderchen, die allerdings späterhin rasch von dem gesunden Gewebe verdrängt werden, zu erklären. RENNER führt also den ganzen Erscheinungskomplex auf Verschiedenheiten in der Chromatophorenkonstitution zurück und unterstreicht zum Schluß die neuerdings immer mehr hervortretende Tatsache, daß neben dem Zellkern auch Plasma und Chromatophoren als Träger des Erbgutes zu betrachten sind. STARK.

**Der Nachweis von Chloroplasten in den generativen Zellen von Pollenschläuchen.** In der vorstehenden Besprechung wurde auf die Bedeutung hingewiesen, die bei der Befruchtung einem evtl. Übertritt von Plasma und Plastiden aus dem Pollenschlauch zukommt, eine Möglichkeit, auf die vor RENNER schon BAUR bei seinen gescheckten Pelargonien hingewiesen hat. Tatsächlich ist ein solcher Übertritt von Plasma neuerdings von WYLIE bei Vallisneria beobachtet worden. Weiterhin verdienen in diesem Zusammenhang Untersuchungen von RUHLAND und WETZEL (Ber. d. dtsh. bot. Ges. 42. 1924) Beachtung, die sich mit dem Nachweis von Chloroplasten in den generativen Zellen von Pollenschläuchen beschäftigen. Diesen beiden Forschern ist nun ein solcher Nachweis in zweifelsfreier Weise bei 3 Objekten geglückt, bei *Narcissus incomparabilis*, *Crocus vernus* und vor allem der gelben Lupine (*Lupinus luteus*), nachdem schon STRASBURGER solche in Pollenschläuchen entdeckt hat, ohne sie indessen auf die generativen Zellen lokalisieren zu können. Als Indikator werden die durch das Chlorophyll bedingten Fluoreszenzerscheinungen, die sich schon bei den geringsten Spuren von Chlorophyll mit dem Fluoreszenzmikroskop zur Darstellung bringen lassen, benutzt. Tatsächlich stellte sich eine derartige Fluoreszenz genau an der Stelle ein, wo die generativen Zellen liegen, und vermittelst der Molischschen Silberreduktionsmethode konnte dann weiterhin ermittelt werden, daß das Fluoreszieren mit Wahrscheinlichkeit auf kleine Körnchen zurückgeht, die in großer Menge gerade in der generativen Zelle liegen und die demnach als Chloroplasten anzusprechen sind. Daß ihr Vorhandensein

<sup>1)</sup> Die Möglichkeit einer solchen Übertragung wird durch Beobachtungen von ISHIKAWA nahegelegt.



der Forschung bisher entgangen ist, mag damit in Zusammenhang gebracht werden, daß sie die verschwindende Größenordnung von  $0,2-0,3 \mu$  aufweisen. Mit diesen Beobachtungen ist aber die Grundlage gegeben, die eine Beteiligung von Chloroplasten, die durch die männlichen Gameten bei der Bastardierung zugeführt werden, diskutierbar erscheinen läßt.

**Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage.** Unter diesem Titel berichtet F. v. WETTSTEIN (Zeitschr. f. ind. Abstgl. 33. 1924) in einer längeren Abhandlung über sehr beachtenswerte Experimente an Laubmoosen, denen vor allem die beiden Fragenkomplexe zugrunde liegen: zeigen die haploiden Geschlechtspflanzen der Moose die den Mendelschen Gesetzen entsprechenden Aufspaltungserscheinungen? und ferner: welche Veränderungen am Phänotypus bedingt eine quantitative Veränderung der Erbmasse? Weiterhin erfährt dann noch die experimentelle Verschiebung der Geschlechtsverhältnisse eine besondere Behandlung. Zu dem erstgenannten Fragenkomplex ist zu bemerken, daß die Moose gegenüber den höheren Pflanzen viel günstigere Versuchsobjekte darstellen insofern, als hier die Reduktionsteilung nicht zur Bildung einer vergänglichen, unselbständigen, auf wenige Teilungsstufen beschränkten Geschlechtsgeneration führt, die ihr ephemeres Dasein mit dem Befruchtungsakt schließt, daß vielmehr der Reduktionsteilungsakt 4 Sporen das Leben gibt, die sich zu der ansehnlichen Geschlechtsgeneration mit weitgehender anatomischer Differenzierung entwickeln. Und so kann man hier, falls die Mendelschen Gesetze gelten, die Aufspaltung der väterlichen und mütterlichen Eigenschaften im Verhältnis 1 : 1 direkt beobachten, während sie bei den höheren Pflanzen zumeist nur aus dem Verhalten der Kreuzungsprodukte in der nächsten Generation erschlossen werden kann. Die Wettsteinschen Versuche führten zu dem erwarteten Ergebnis, daß ein solches Aufspalten bei der Sporentradenbildung tatsächlich stattfindet, und daß im Einklang mit den höheren Pflanzen eine ganze Fülle mendelnder Merkmalspaare aufgestellt werden kann, die in der nächstfolgenden Generation auch in den möglichen Neukombinationen erscheinen. Durch Störung der Reduktionsteilung gelingt es, bei der Tetradenbildung die zweite Teilung zu unterdrücken; es entstehen dann bloß 2 Sporen mit doppelter Chromosomenzahl, und aus ihrer weiteren Entwicklung läßt sich die wichtige Tatsache entnehmen, daß offenbar die erste Teilung die „heterotypische“ ist, d. h. diejenige, die zu einer Sonderung der Merkmalspaare führt. Der zweite Fragenkomplex beschäftigt sich mit den erblichen Eingriffen in den Chromosomenbestand. Normalerweise findet bei den Moosen ein regelmäßiger Wechsel statt zwischen haploiden Gametophyten und diploiden Sporophyten. Durch besondere Eingriffe gelingt es nun, Formen mit verdoppelter Chromosomengarnitur zu erhalten, z. B. wenn man nach dem Vorgang der GEBR. MARCHAL Sporogone zerstückelt, aus denen sich dann unter Ausfall der Reduktionsteilung *diploide* Gametophyten entwickeln, oder wenn man auf das Moosprotonema Chloralhydrat einwirken läßt. Von diesen diploiden Gametophyten kann man dann zu tetraploiden gelangen usw. Die Vervielfachung des Chromosomenbestandes äußert sich vor allem in einer Vergrößerung des Zellvolumens, einer Vergrößerung der Organe („Gigasformen“), einer Vermehrung der Chloroplastenzahl, vor allem aber in mannigfachen Störungen der Reduktionsteilung, die im Extrem dazu führen, daß statt der zu erwartenden diploiden Sporen haploide auftreten, daß also eine

Rückkehr zum Ausgangstypus stattfindet. Auf der Linie zwischen den diploiden und den haploiden Nachkommen liegt aber eine ganze Reihe monströs ausgestalteter Zwischenglieder mit vermittelnder Chromosomenzahl<sup>1)</sup>. Man kann eine Stufenfolge aufstellen von Formen, die fast stets wieder zur Haploidie zurückkehren (Funaria) bis zu solchen, bei denen eine fast normierte diploide Sporenbildung eingetreten ist (Amblystegium serpens), welche letztere sich an die Gigasformen von Solanum anschließen. Sehr interessant ist das geschlechtliche Verhalten der Moose bei den angestellten Versuchen. Schon die GEBR. MARCHAL zeigten, daß bei ihrer Regenerationsmethode, durch welche die Reduktionsteilung eliminiert wird, auch die an diesen Vorgang gekettete Geschlechtstrennung ausbleibt und aus zweihäusigen Formen hermaphroditische hervorgehen. Dies konnte WETTSTEIN für Bryum caespiticium bestätigen. Er stellte hier zwittrige Moosblüten an den künstlich diploiden Geschlechtspflanzen fest. Die Blüten verhielten sich protandrisch, d. h. sie waren erst rein männlich, dann zwittrig und in der zwittrigen Phase kamen 5 Antheridien auf 1 Archegon. Stellt man nun experimentell triploide Geschlechtspflanzen her mit 1 männlichen und 2 weiblichen Chromosomensätzen, dann wird der weibliche Charakter verstärkt, die Blüte wird protogyn und in der zwittrigen Phase ist das Verhältnis zwischen Antheridien und Archegonien 1,37 : 1, also eine deutliche quantitative Verschiebung.

#### Vererbungsstudien an Hutpilzen (Basidiomyceten).

Wie die Moose so stellen auch die Hutpilze günstige Objekte dar, um ein direktes Aufspalten der Mendelschen Faktoren in der haploiden Nachkommenschaft herauszustellen. Für die Geschlechtsfaktoren hat dies ja auch schon KNIEP in einer hier besprochenen Arbeit über Schizophyllum (Spaltlamelle) und Aleurodiscus dargetan. Einem Kniepschüler, FRITZ ZÄTZLER, verdanken wir nun Beobachtungen über andere Merkmale (Zeitschr. f. Bot. 16. 1924). Seine Untersuchungen erstreckten sich wiederum auf Schizophyllum sowie auf Collybia velutipes (sammetfüßiger Rübbling). In Kulturen von Schizophyllum ermittelte ZÄTZLER das Auftreten von besonders gestalteten „Knäuelfruchtkörpern“ mit sammetartiger, von feinen, nahtartigen Linien und Fältelungen durchzogener Oberfläche, an welcher die Basidien frei, also nicht zwischen Lamellen geborgen (wie es der Norm entspricht!) entstehen. Die Erbanalyse zeigte, daß hier ein mendelndes Faktorenpaar im Spiele ist, bei dem *G* normale, *g* Knäuelfruchtkörper bedingt, wobei *G* über *g* dominiert. Fruchtkörper von der Konstitution *GG* liefern lauter *G*-Einspormycelien, die unter sich befruchtet lauter normale Fruchtkörper produzieren, *gg*-Fruchtkörper durchweg *g*-Einspormycelien, die miteinander kopulierend wieder ausschließlich Knäuelfruchtkörper erzeugen; *Gg*-Fruchtkörper endlich spalten zu gleichen Teilen in *G*- und *g*-Einspormycelien auf. Während hier eine einfache unifaktorielle Spaltung vorliegt, liegen die Verhältnisse bei der Mycel- und Fruchtkörperfärbung von Collybia velutipes komplizierter. Hier sind 2 Faktorenpaare für Braunfärbung mit im Spiel: *V* weißbraun (dominant über *v* weiß) und *R* hellbraun (dominant über *r* weiß). *RV* ist intensiv braun. Wir haben hier also gleichsinnige Farbfaktoren wie bei den bunten Weizenrassen. Die ausgeführten Kreuzungen fügen sich in das aufgestellte Schema. Besonders anschaulich kommt dies zum Ausdruck, wenn man die Nachkommen-

<sup>1)</sup> Das erinnert an verwandte Feststellungen von SCHWEIZER (s. Ref. im letzten Jahrgang).



schaft eines doppelt heterozygoten Fruchtkörpers  $RrVv$  untersucht; es entstehen hier zu gleichen Teilen  $RV$  (intensiv braun) +  $Rv$  (hellbraun) +  $rV$  (weißbraun) +  $rv$  (weiß). Es verdient hervorgehoben zu werden, daß weder die Knäuelfruchtkörper von Schizophyllum noch die „Albinos“ von Collybia in der freien Natur beobachtet worden sind. Mußmaßlich ist hier eine Selektionswirkung mit im Spiele.

**Pollenanalytische Untersuchungen im südlichen Schwarzwald.** Über die Waldentwicklung des Schwarzwaldes von der Eiszeit an liegen bislang nur bruchstückweise Angaben vor, die sich vor allem um die in historischer Zeit erfolgten Wandlungen gruppieren. Hier haben nun in der letzten Zeit pollenanalytische Studien wichtige Aufschlüsse gegeben (STARK, Zeitschr. f. Bot. 16. 1924). Die Untersuchung erstreckte sich auf das Moor bei Hinterzarten und das Notschreimoor beim Schauinsland. Beim Notschreimoor (1130 m) heben sich auf Grund der pollenstatistischen Zählungen von unten nach oben folgende Perioden heraus: 1. eine *Kieferbirkenperiode* (90,5% Kiefer, 8,4% Birke, 0,1% Weide, sonst nichts!); 2. eine *Kiefer-Haselperiode* (43% Kiefer, 44,0% Hasel<sup>1)</sup>); ferner 16% Linde, 11% Ulme, 12% Eiche sowie in geringerer Menge Birke, Weide, Esche, Erle und Ahorn); 3. eine *Hasel-Eichenmischwaldperiode* (48% Hasel, 42% Linde, 7% Ulme und 25% Eiche; die drei bilden zusammen mit 74% den Eichenmischwald, zu den übrigen Komponenten haben sich nun in Spuren auch die Tanne und die Fichte eingestellt, die Kiefer sinkt weiter); 4. eine *Tannenperiode* (82,5% Tanne, Hasel auf 4%, Eichenmischwald auf 6,2% gesunken; auch die Buche erscheint); und 5. eine *Tannen-Fichten-Buchenperiode* (mit je ca. 30% Tanne, Buche und Fichte, Hasel fehlt, vom Eichenmischwald nur noch 2,3% Eiche vorhanden). Ganz ähnlich liegen die Dinge in Hinterzarten, nur daß hier die Entwicklung erst mit der Kiefer-Hasel-Periode einsetzt und sich zwischen die beiden letzten Perioden noch eine solche einschleibt, die durch ein sekundäres Kiefermaximum gekennzeichnet ist. Es besteht kein Zweifel, daß die beobachtete Baumfolge auf Temperaturschwankungen hindeutet. Die Zeit, in der bloß Kiefer, Birke und Weide vorhanden waren, steht offenbar noch unter der Nachwirkung des glacialen Klimas. Dagegen deutet das Ansteigen von Hasel, Eiche und Linde weit über ihre gegenwärtige Gebirgsgrenze empor darauf hin, daß hier eine Wärmeperiode vorhanden war, wie sich das ja auch außerhalb des Gebiets [Skandinavien, Böhmen, Ostalpen usw.<sup>2)</sup>] vielfach bekundet hat. Aber auch Hinweise auf Luftfeuchtigkeitsschwankungen treten zutage, besonders deutlich am Hinterzartener Profil. Hier fällt die Haselperiode in den basalen Waldtorf, die Eichenmischwaldperiode in Schilftorf, die Tannenperiode in Scheuchzeriatorf, das sekundäre Kiefermaximum in eine obere Waldtorflage, die Tannen-Fichten-Buchenperiode endlich in Weißmoostorf. Beide Waldhorizonte deuten auf eine Unstetigkeit in der Moorentwicklung hin, besonders der untere, der hier wie auch am Notschrei die Schichtserie einleitet, was der normalen Moorentwicklung zuwider ist. In diesen beiden Waldhorizonten spiegeln sich also offenbar zwei Trockenperioden, und damit

<sup>1)</sup> D. h. 40% Hasel auf 100% andere Pollenkörner; es hat sich die Geflogenheit herausgestellt, die Hasel besonders zu berechnen.

<sup>2)</sup> Siehe diese Zeitschrift, Heft 15, S. 287 und Heft 43, S. 898. 1924.

gewinnen wir eine Handhabe, unsere Schichtfolge in den allgemeinen für das Postglacial gültigen Rahmen einzufügen. Der untere Waldtorf (Haselperiode) ist boreal, der Schilftorf mit der Eichenmischwaldperiode leitet zur feuchten atlantischen Zeit hinüber; vollatlantisch ist die auf starke Vernässung hindeutende Scheuchzeriaphase mit den Tannenmaximum, subboreal der obere, in auffälliger Weise unmittelbar an das Scheuchzerietum anschließende Waldtorf, subatlantisch schließlich die Herrschaft des Weißmooses (Sphagnum), in der sich Tanne, Fichte und Buche in das Waldbild teilen, und die auf eine erneute Zunahme der Luftfeuchtigkeit mit Deutlichkeit hinweist. Wenn gegenwärtig in der Physiognomie des Schwarzwaldes auf weite Strecken die Fichte allein dominiert, so ist dies auf forstliche Eingriffe zurückzuführen.

**Die Pflanzenwelt in der jüngeren Stein- und Bronzezeit der Schweiz.** Seitdem HEER als erster die Pflanzenwelt der Pfahlbauten einer eingehenden Behandlung unterzog (1866), ist viel neues Material gesammelt worden. Einen kurzen Überblick über den derzeitigen Stand der Forschung, soweit sie sich auf die Schweiz erstreckt, gibt E. NEUWEILER, der selbst durch verschiedene Publikationen unsere Erfahrungen auf diesem Gebiet bereichert hat. (Mitt. antiqu. Ges. Zürich 1924.) Hinsichtlich des Baumwuchses ist zu sagen, daß im Palaeolithicum Nadelholz vorherrschte, während vom Neolithicum an die Laubbölzer in den Vordergrund traten. Wichtig ist der Nachweis der wärme liebenden Arten Nußbaum und Kastanie, die also offenbar damals endemisch waren. Unter den Kulturpflanzen ziehen vor allem die Getreidearten die Aufmerksamkeit auf sich. Weizen, Gerste und Hirse finden sich schon in den ältesten Pfahlbauten, und zwar in einer Fülle von Sorten. Hafer ist erst aus der Bronzezeit, Roggen aus den römischen Niederlassungen nachgewiesen. Von Gemüsepflanzen ist Erbse, Saubohne, Linse, Pastinak und Kohl zu nennen. Die Gartenbohne stammt aus Amerika, ist also neueren Ursprungs. Daneben fanden verschiedene Gewächse in der Küche Verwendung, die jetzt als Unkräuter gelten. Als Obstlieferanten dienten in erster Linie Apfel, Mehlbeere, Vogelbeere, Süßkirsche, Schlehe und Traubenkirsche; Birne, Zwetschge und Pflaume sind recht selten; die Rebe ist an zwei Stellen einwandfrei nachgewiesen. Als technische Nutzpflanze spielte der Lein eine wichtige Rolle; Spinnerei, Flechterei und Weberei standen auf einer beachtenswerten Höhe; so waren die Pfahlbauer auch schon mit den Methoden des Färbens bekannt. Zwischen den Resten der Nutzpflanzen finden sich häufig solche von Unkräutern eingestreut, meistens solchen, die uns noch jetzt geläufig sind (Knöterich, Melde, Ackertäschel, Eisenkraut, Klette usw.), und schließlich wird das Bild noch bereichert durch Wiesen-, Moor-, Sumpf- und Wasserpflanzen, die uns eine Vorstellung von der Vegetation der Umgegend geben. Zusammenfassend gelangt NEUWEILER zu der Feststellung, daß die Flora der Pfahlbauten große Übereinstimmung mit der heutigen zeigt, und findet im Gegensatz zu den jüngst geäußerten Auffassungen von GAMS und NORDHAGEN (s. Ref. in dieser Zeitschr.) keine zwingenden Argumente, die auf einen Wechsel des Klimas in den entsprechenden Phasen der Postglacialzeit hindeuten. Diese negative Konstatierung darf aber nicht etwa dahin gedeutet werden, daß dadurch die durch anderes Tatsachenmaterial sehr gut gestützten postglacialen Klimaschwankungen in Frage gestellt wären. P. STARK.