Kleinere Mitteilungen.

Über spontane Fremdbefruchtung bei Bohnen.

(Mit Bemerkungen zur Psychologie und Erkenntnistheorie der biologischen Forschung.)

Von Dr. F. Lenz, Privatdozent für Hygiene an der Universität München.

(Eingegangen 5. September 1920).

Wenn ich es wage, hier zu einer Frage der Pflanzenphysiologie Stellung zu nehmen, so muß ich mich gewissermaßen vor den eigentlichen Fachleuten entschuldigen. Es handelt sich um eine Angelegenheit, deren methodologische Behandlung genauere botanische Fachkenntnisse nicht voraussetzt, die aber andererseits von sehr weittragender allgemeinbiologischer Bedeutung ist und deren richtige Lösung mir von vielen Botanikern merkwürdigerweise bisher verfehlt worden zu sein scheint. Viele, vielleicht die meisten, Botaniker scheinen der Ansicht zu sein, daß unsere Gartenbohnen obligate Selbstbefruchter seien. So auch Johannsen, der auf diese Voraussetzung seine epochemachenden Versuche über „Erblichkeit in Populationen und reinen Linien“ (1903) gegründet hat. Johannsen hat durch seine Forschungen und durch sein bekanntes Lehrbuch wie kaum ein zweiter die moderne Erblichkeitsforschung gefördert, und die Grundlage seines Lebenswerkes und seines Ruhmes liegt eben in seinen Bohnenversuchen.

Als Hygieniker bin ich natürlich an den Ergebnissen der Forschung auf allgemeinbiologischem Gebiet auf das unmittelbarste interessiert; hängt davon doch die Entscheidung über viele Grundfragen der Hygiene ab. Auch ich zweifelte früher nicht, daß die Voraussetzung der Experimente Johannsens, die obligate Selbstbefruchtung der Bohnen, sichergestellt sei, bis mir einige zufällige Beobachtungen in den letzten Jahren Anlaß gaben, diese Annahme der Botaniker in Frage zu stellen. Aus rein praktischen Gründen, die mit der schwierigen Ernährungslage in Deutschland zusammenhängen, fing ich vor einigen Jahren an, das Gemüse für den Bedarf meiner Familie im Garten selber zu züchten. Von Bohnen baute ich gewöhnliche weiße Buschbohnen, weiße Stangenbohnen und rote Feuerbohnen an, alle in demselben Garten und nur wenige Meter voneinander entfernt. Die Aussaat für das

nächste Jahr gewann ich selbst. Da zeigte sich nun, daß unter den Nachkommen der Buschbohnen mehrere windende Pflanzen waren, was mich auf die Vermutung einer Fremdbestäubung durch Insekten brachte. Diese Erscheinung beobachtete ich sowohl im Jahre 1918 als auch 1919. Darauf wandte ich mich brieflich an Johannsen mit der Frage, ob es sich bei diesen Erfahrungen wohl nicht um Fremdbefruchtung handeln könne. Eine Antwort habe ich nicht erhalten. Von einem andern Botaniker, auf dessen Urteil ich bauen zu können glaubte, erhielt ich die Antwort, es müsse sich wohl um Mutationen handeln; denn Bohnen seien wirklich obligate Selbstbefruchter. Die Annahme von Mutationen wollte mir aber gar nicht einleuchten; nach allem, was wir sonst über Mutationen wissen, wäre es doch sehr merkwürdig gewesen, daß in zwei verschiedenen Jahren bei einer Anzahl meiner Buschbohnen überall dieselbe Mutation aufgetreten sein sollte. Wenn aus windenden Bohnen nichtwindende geworden wären, so wäre mir das vielleicht eher annehmbar gewesen, da es sich dann um gleichartige Defektmutationen hätte handeln können. Die windende Form aber möchte ich auch bei *Phaseolus vulgaris* als die ursprüngliche ansehen. So beschloß ich also, selber die Entscheidung durch weitere Beobachtungen zu suchen: und ich erhielt im Sommer 1920 dann auch Ergebnisse, die einen weiteren Zweifel an der Fremdbestäubung von Bohnen durch Insekten als unberechtigt erscheinen lassen.

Das von mir im Jahre 1920 verwandte Saatgut war folgendes: 1. Die Buschbohne „Hinrichs Riesen“, 2. die Stangenbohne „Zeppelin“, beide zur Spezies *Phaseolus vulgaris* gehörig; 3. gewöhnliche Feuerbohne (*Phaseolus multiflorus*). Das Saatgut war von mir seit zwei Jahren im eigenen Garten gewonnen worden; die Buschbohnen Samen waren nur von nichtwindenden Pflanzen gewonnen. Das Saatgut der Feuerbohne war insofern nicht ganz einheitlich, als einige Pflanzen statt der gewöhnlichen einfarbig zinnoberroten Blüten zweifarbige mit roter „Fahne“ und weißen „Flügeln“ hatten. Im Jahre 1918 bis 1919 hatten die Elternpflanzen auf verschiedenen Beeten gestanden; die Beete waren aber nur einige Meter voneinander entfernt. Irgendwelche Versuche künstlicher Bestäubung wurden nicht gemacht. Die Ergebnisse des Jahres 1920 waren folgende:

Buschbohnen wurden im ganzen etwa 900 Stück ausgesät. Die übergroße Mehrzahl ergab Pflanzen vom Typus der elterlichen „Hinrichs Riesen“, also nichtwindende. 12 Stück dagegen waren windend; und zwar waren 11 übereinstimmend so gestaltet, wie man es von dem Bastard „Zeppelin“ ♂ × „Hinrichs Riesen“ ♀ wohl erwarten durfte. Diese Pflanzen kletterten, aber weniger hoch wie Zeppelin. Während Zeppelin etwa 4 m hoch wurde, erreichten diese nur 2—3 m. An den Blättern zeigte sich nichts Besonderes; die Blattform von Zeppelin und Hinrichs Riesen unterscheidet sich überhaupt nicht sehr. Die Blüten waren rein weiß wie die von Zeppelin, während Hinrichs Riesen mehr oder weniger violett angehauchte Blüten haben. Die

Hülsen waren so lang wie die von Hinrichs Riesen, nämlich 10—12 cm, während die von Zeppelin doppelt so lang sind. In der Breite übertrafen die Hülsen jedoch Hinrichs Riesen und erreichten die Breite der Zeppelin. Die Hülsen waren zuerst grün mit grauvioletter und später weißlich mit rotvioletter Marmorierung, wie das bei Hinrichs Riesen die Regel ist, während die Zeppelin einfarbig grün und später weißlich sind. Alle diese 11 Pflanzen waren gleichförmig gestaltet, so daß man sie wohl als F_1 -Generation der Kreuzung Zeppelin ♂ $\times$ Hinrichs Riesen ♀ ansehen darf. Die Nachzucht im nächsten Jahr (F_2) wird weitere Aufschlüsse geben. Unter den Nachkommen der Zeppelin in weiblicher Linie habe ich Bastarde nicht sicher beobachtet; allerdings war die Zahl der ausgesäten Stangenbohnen auch sehr viel geringer, nur etwa 100, so daß nach dem Durchschnitt der Nachkommen von Hinrichs Riesen auch nur einer oder höchstens zwei Bastarde hätten erwartet werden dürfen.

Außer den geschilderten 11 Rassenbastarden erhielt ich nun aber aus Samen, die von Hinrichs Riesen geerntet wurden, auch einen unzweifelhaften Speziesbastard, also Feuerbohne ♂ $\times$ Hinrichs Riesen ♀. Dieser Bastard erreichte nur eine viel geringere Höhe als die Feuerbohnen, knapp $2\frac{1}{2}$ m gegen 4—5 m. Aus dem Grundstamm gingen drei windende Stengel hervor, deren jeder wieder eine Anzahl nichtwindende Seitensprosse von 30—50 cm Länge trieb. Bei der Feuerbohne dagegen winden auch die Seitensprosse. Die Seitensprosse des Bastards hatten je eine lange Blütentraube am Ende; außerdem saßen kurzgestielte Blüten in den Blattwinkeln nach Art von *Phaseolus vulgaris*. Die Blütenfarbe war heller als bei der Feuerbohne, nicht gelblichrot, sondern einfach hellrot, nach Rosa neigend. Die Blüten setzten regelmäßiger Frucht an als bei Feuerbohnen. Die einzelnen Hülsen enthielten aber nur wenige Samen, 1, 2, auch 3, während Hinrichs Riesen 6—8—10 Samen in einer Hülse haben und auch die Feuerbohne wenigstens 3 im Durchschnitt, oft aber auch 4—6. Dieser schlechte Samenansatz dürfte auf die Bastardnatur zurückzuführen sein. Die Hülsen machen den Eindruck krankhafter Störung; wo die Samen sitzen, sind sie bauchig aufgetrieben und dann wieder auf längere Strecken ganz dünn. Die Samen sehen aus wie etwas verkümmerte Feuerbohnen Samen. Die Hülsen sind außen tintenschwarz marmoriert, während die von Hinrichs Riesen viel blasser (violett) marmoriert und die der Feuerbohne einfach grün sind. In dieser Hinsicht liegt also offenbar eine „Kreuzungsneuheit“ vor. Die Oberfläche der Hülse ist nicht so rauhaarig wie bei der Feuerbohne, aber auch nicht so glatt wie bei Hinrichs Riesen. Die Blätter ähneln mehr denen der Feuerbohne.

Selbst wenn man an der Bastardnatur der oben geschilderten windenden Abkömmlinge von Hinrichs Riesen noch zweifeln wollte, so läßt doch dieser offenbare Bastard zwischen zwei verschiedenen guten Arten keinen Zweifel mehr zu, daß spontane Fremdbefruchtung auch bei *Phaseolus vulgaris* vorkommt. Dann aber kommen natürlich auch zwischen den verschiedenen

Linien der Buschbohnen spontane Kreuzungen vor; und ich glaube schließen zu dürfen, daß zwischen den Pflanzen desselben Beetes Fremdbefruchtung durch Insekten erheblich häufiger vorkommt als zwischen Buschbohnen und Stangenbohnen, die auf verschiedenen Beeten stehen. Die Häufigkeit der Bastarde unter den aus Samen der Buschbohnen hervorgegangenen Pflanzen war unter den Bedingungen meines Versuches $1,3 \pm 1,1\%$, wenn man mit dreifachem Standardfehler rechnet. Ich möchte also vermuten, daß ein erheblicher Bruchteil der Samen von Buschbohnen außerdem aus Fremdbestäubung zwischen den verschiedenen Pflanzen desselben Beetes hervorgegangen sei. Im Jahre 1919 war der Prozentsatz der windenden Bohnen (aus Saat von 1918) nach meiner Schätzung erheblich größer. Die Anordnung der Beete im Jahre 1919 war leider nur nach gartentechnischen Gesichtspunkten ohne Rücksicht auf den Versuch erfolgt; sonst hätte sich wohl auch ein höherer Prozentsatz für 1920 erzielen lassen. Ich möchte heute zum Nachweis von Fremdbestäubung folgende Anordnung der Beete für die zweckmäßigste halten: eine lange Wand von Stangenbohnen in westöstlicher Richtung und unmittelbar vor der südlichen Front ein Beet mit Buschbohnen, die etwas später gesät werden, weil sie im Durchschnitt schneller zur Blüte kommen als die Stangenbohnen. Da in meinem Garten Buschbohnen und Stangenbohnen zu gleicher Zeit ausgesät wurden, so dürfte auch das zur Herabdrückung des Kreuzungsprozentes beigetragen haben.

Unter den in diesem Jahre gewonnenen Samen von Hinrichs Riesen befinden sich 13 Stück, welche nicht einfach weiß wie die Samen der Mutterpflanze sind, sondern schwarz marmoriert wie die der Feuerbohne. Im übrigen sind diese Samen nur so groß wie die von Hinrichs Riesen, während die der Feuerbohne 4—6 mal so schwer sind. Wie diese Samen entstanden sind, weiß ich nicht. Die Nachzucht im nächsten Jahr wird wohl Aufschluß geben.

Unter den Feuerbohnen, welche ich im Jahre 1919 als Saatgut gewann, waren mehrere porzellanglänzend weiß, aber von der Größe gewöhnlicher Feuerbohnen. Die Mutterpflanzen waren sicher aus Feuerbohnen Samen hervorgegangen, die wie gewöhnlich violett mit schwarzer Marmorierung waren. Aus diesen weißen Feuerbohnen Samen entwickelten sich in diesem Jahre meist rotblühende Feuerbohnen, zum kleineren Teil aber auch weißblühende und zum noch kleineren rot-weiß blühende. Ich möchte diese weißsamigen Feuerbohnen nicht für Speziesbastarde halten, weil der Typus der Pflanzen sonst ganz dem gewöhnlicher Feuerbohnen entspricht. Daß dieses Auftreten weißer Samen und weißer Blüten als Mutation zu deuten sei, möchte ich auch nicht annehmen; da ich in benachbarten Gärten mehrfach weiße Feuerbohnen gesehen habe, führe ich deren Auftreten in meinem Garten vielmehr einfach auf Fremdbestäubung durch Insekten aus anderen Gärten zurück. Das offenbare Aufspalten in diesem Jahre spricht ja ziemlich eindeutig

dafür; ebenso der Umstand, daß auch aus gewöhnlichen Feuerbohnen zwei weißblühende Pflanzen hervorgingen.

Noch eine andere abweichende Samenform trat 1919 unter meinen Feuerbohnen auf, obwohl ich sowohl 1918 wie 1919 ausschließlich solche von violetter Grundfarbe und schwarzer Marmorierung ausgesät hatte, nämlich bräunlichweiße mit brauner Marmorierung, die durchschnittlich kleiner sind als gewöhnliche Feuerbohnen Samen. Die aus diesen braungefleckten kleinen Samen hervorgegangenen Pflanzen blühten alle rot. Auch sonst war im Typus der Pflanzen kein Unterschied gegenüber gewöhnlichen Feuerbohnen zu bemerken. Da auch diese Samenform bei Bohnen in Gärten der Nachbarschaft vorkommt, führe ich ihr Auftreten in meinem Garten ebenfalls auf Übertragung von Pollen durch Insekten zurück. Schließlich beobachtete ich noch das Auftreten einer Feuerbohne mit rosa Blüten ohne gelben Ton; vielleicht handelt es sich hier um eine Mutation.

Die aus den weißen Samen hervorgegangenen Pflanzen lieferten nur zum kleinen Teil wieder weiße Samen; die große Mehrzahl dagegen Samen von der gewöhnlichen Farbe der Feuerbohne. Das spricht dafür, daß Fremdbestäubung bei *Ph. multiflorus* ganz überwiegt und daß jene ungewöhnlichen Samenfarben auf rezessiven Anlagen beruhen. Die weißblühenden Exemplare der Feuerbohne ergaben ausschließlich auch weiße Samen, die rot-weiß blühenden weißliche braun gefleckte Samen. Die Samenfarbe folgt also stets der Blütenfarbe; sie wird ausschließlich von der Mutterpflanze bestimmt. Dagegen können aus gleich gefärbten Samen Pflanzen mit verschiedener Blütenfarbe hervorgehen.

Meine Feuerbohnen und auch meine Gartenbohnen wurden von Insekten stark befliegen, in erster Linie von Bienen, sodann von Hummeln, seltener von Schmetterlingen und Fliegen. Allerdings setzen sich die Bienen und Hummeln gewöhnlich nicht auf die sogenannten „Flügel“ der Blüte, sondern die Hummeln beißen von hinten ein Loch durch den Kelch und verschaffen sich auf diese Weise Zugang zum Nektar. Die Bienen lecken dann die Reste aus, welche die Hummeln übrig gelassen haben, auch versuchen die Bienen, selbständig Löcher zu nagen oder doch vorhandene zu erweitern. Sehr wichtig ist nun weiter die Beobachtung, welche ich in einer ganzen Anzahl von Fällen machen konnte, daß die Bienen sich gelegentlich auch auf die „Flügel“ der Blüte setzen und von dort aus zum Nektar vorzudringen suchen. Dabei dürfte die Fremdbestäubung zustandekommen. Von Hause aus ist die Bohnenblüte ganz offensichtlich auf Fremdbestäubung eingerichtet. Staubfäden und Stempel liegen in einem doppelt gewundenen schneckenhausartigen Behälter, welcher dem „Schiffchen“ in der Erbsenblüte entspricht und welchen ich die „Schnecke“ nennen möchte. Wenn man die Blüte von vorn betrachtet, so ist die „Schnecke“ nach links gewunden. Am Ende der zweiten, kleineren Windung liegt eine Öffnung, aus der die Geschlechtsorgane der Blüte bei leichtem Druck auf die „Flügel“,

wie ihm die Bienen beim Niedersetzen ausüben, spiralig hervortreten. Wenn der Druck nachläßt, so ziehen sich der Stempel und die ihn scheidenförmig umgebenden Staubfäden wieder in das Innere der Schnecke zurück, so daß sie z. B. gegen Regen geschützt sind. Es ist ein außerordentlich sinnreicher Mechanismus, der ganz offenbar der Fremdbestäubung dient. Allerdings glaube ich, daß die Bohnenblüte nicht in erster Linie an Insekten angepaßt ist, sondern an — Kolibris. Beide Bohnenarten stammen ja aus dem tropischen Amerika, wo sie als Schlingpflanzen in den Bäumen klettern; und es ist bekannt, daß die Kolibris gerade an den Blüten von Schlingpflanzen mit Vorliebe saugen, ähnlich wie Sphingiden. Gegen eine eigentliche Insektenanpassung spricht auch die zinnoberrote Farbe der Feuerbohne; denn es ist meines Erachtens durch v. Frisch und Knoll endgültig erwiesen, daß Bienen und andere Insekten jene langwelligen Lichtstrahlen, die wir als Rot empfinden, nicht als Farbe sehen. Bei uns lassen sich die Bienen durch die Gelbkomponente der Blütenfarbe von *Ph. multiflorus* leiten, was aber nur ein kümmerlicher Ersatz ist, während das leuchtende Rot durch Kolibris gezüchtet worden sein dürfte, für welche sich diese Farbe viel besser von dem Grün der Blätter abhebt. Die Bienen dienen der Feuerbohne bei uns also wohl nur als technische Nothilfe der Befruchtung, und damit hängt es auch wohl zusammen, daß bei uns die meisten Blüten der Feuerbohnen überhaupt unbefruchtet abfallen. Aus diesem Grunde glaube ich auch, daß Selbstbestäubung bei Feuerbohnen kaum vorkommt, jedenfalls nur als Ausnahme.

Bei *Phaseolus vulgaris* dagegen ist Selbstbestäubung sicher die Regel. Jede Blüte setzt hier in der Regel auch Frucht an, obwohl nur ein kleiner Teil durch Insekten befruchtet wird. Daß auch bei der wilden Stammform der gewöhnlichen Gartenbohne Selbstbefruchtung die Regel sei, möchte ich bezweifeln. Dagegen spricht der erwähnte komplizierte Mechanismus der Anpassung an die Fremdbestäubung. Bei vielen unserer Kulturpflanzen aber wirkt dauernd Selektion auf die Züchtung von selbstbestäubenden Rassen hin. Linien mit Anlage zur Selbstbestäubung werden eben ganz von selber bei der künstlichen Zucht bevorzugt, weil sie auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen noch Samen tragen. Darum ist bei den meisten unserer wichtigen Kulturpflanzen Selbstbestäubung die Regel geworden, wenn auch nicht ausnahmslose Regel. Bei Erbsen, die ich seit Jahren in größerem Maßstabe als Bohnen züchte, habe ich nie auch nur eine Andeutung von Fremdbestäubung beobachtet. Saatgut von Erbsen ergab mir stets ausnahmslos Pflanzen vom Typus der Mutterpflanze. Ob selbstbestäubende Pflanzen auch in der freien Natur, wo sie der schützenden Hand des Züchters entzogen sind, sich auf die Dauer im Kampfe ums Dasein behaupten können, erscheint mir zweifelhaft. Ja, ich zweifle sogar, ob nicht auch unsere selbstbefruchtenden Kulturpflanzen schließlich entarten werden, weil krankhafte Abartungen einzelner Erbeinheiten ohne Amphimixis niemals

wieder aus einem Stamme herausgebracht werden können. Ich sehe den Sinn der *Amphimixis* überhaupt darin, daß sie die Kombination von Anpassungen erleichtert und damit die Erhaltung und Steigerung der Gesamtanpassung im Zusammenwirken mit der natürlichen Auslese.

Damit bin ich bei dem gegenwärtig so unbeliebten Thema der natürlichen Auslese angekommen. Die Abneigung gegen die Darwinsche Selektionstheorie kommt ja überall in Johannsens Lebenswerk zum Ausdruck; und man kann wohl sagen, daß der äußere Erfolg seines Werkes zum großen Teil weniger auf die gewiß außerordentlich große sachliche Bedeutung als vielmehr eben auf diese Absage gegen den „Darwinismus“ zurückzuführen ist, wenigstens bei vielen Geistern zweiten und folgenden Ranges. Wie aber nun, wenn eine unentbehrliche Voraussetzung der Johannsenschen Bohnenversuche fällt, werden damit nicht auch seine Einwände gegen die Darwinsche Selektionstheorie gegenstandslos? Über eines ist für mich kein Zweifel mehr. Die Johannsenschen Bohnenversuche, welche in allen Lehrbüchern eine so große Rolle spielen, sind als beweisende Belege für seine theoretischen Lehren nicht verwendbar. In der zweiten Auflage der „Elemente“ ist allerdings nirgends direkt ausgesprochen, daß die Bohnen obligate Selbstbefruchter seien; aber das Verhalten „reiner Linien“ ist an Bohnen demonstriert. Nun ist aber Johannsens Definition der „reinen Linie“ auf sein klassisches Versuchsobjekt, die Buschbohne in gewöhnlicher Gartenkultur, nicht anwendbar, weil er den Begriff der „reinen Linie“ ausdrücklich von der Bedingung der absoluten Selbstbefruchtung abhängig gemacht hat. Darum brauchen diese theoretischen Vorstellungen freilich nicht falsch zu sein; und ich stehe nicht an, mich nach wie vor sowohl zu Johannsen als auch zu Darwin zu bekennen, obwohl das heute vielen als ein Widerspruch erscheinen wird.

Es ist ja möglich, daß Johannsen in seinen Prinzeßbohnen zufällig eine obligat selbstbefruchtende Bohnenrasse hatte; denn es ist durchaus vorstellbar, daß es eine solche geben mag. Vielleicht flogen dort, wo er seine Versuche durchführte, auch so wenige Bienen, daß Fremdbefruchtung praktisch keine Rolle spielte. Ja, auch bei einer Häufigkeit der Fremdbefruchtung, wie ich sie fand, überwiegt offenbar die Selbstbefruchtung bei Buschbohnen immerhin so sehr, daß man sich nicht zu wundern braucht, wie Johannsen trotz seiner irrigen Voraussetzung zu seinen Resultaten, die ich theoretisch für durchaus richtig halte, gekommen ist. Man brauchte nur anzunehmen, daß er zufällig keine fremdbestäubten Bohnen zur Weiterzucht verwandt habe, wofür eine nicht ganz geringe Wahrscheinlichkeit spricht. Das alles aber ändert nichts an der Schlußfolgerung, daß er zufälligerweise durch Fremdbestäubung auch ganz andere Resultate hätte haben können. Angenommen nun, Johannsen hätte unter der Voraussetzung obligater Selbstbefruchtung mit reinen Bohnen andere Ergebnisse

gehabt, hätte er dann wohl geschlossen, daß Selektion doch typenverschiebend wirke? Daß also Darwin recht hatte?? Wer nur einigermaßen die Psychologie der großen Forscher kennt, weiß, daß diese Frage unbedingt mit Nein zu beantworten ist. Johannsen wäre durch ein Ergebnis infolge zufälliger Fremdbestäubung nicht irregeführt worden; sondern er hätte sich dann wohl veranlaßt gesehen, die Annahme der obligaten Selbstbestäubung der Bohnen einer Nachprüfung zu unterziehen.

Im übrigen sprechen auch Johannsens Ergebnisse in ihrer tatsächlichen Form durchaus nicht gegen Darwins Lehre. Darwin selber hat ja gar nicht behauptet, daß durch Selektion direkt neue Idiovariationen entstehen. Durch die verschiedene Erhaltungswahrscheinlichkeit und die verschiedene Vermehrung, d. h. eben durch Selektion, werden aber jene Biotypen ausgewählt, auf denen neue Idiovariationen entstehen. Und da die Natur neuer Idiovariationen sehr wesentlich von dem Mutterboden abhängt, auf dem sie entstehen, so wird indirekt durch Selektion auch deren Natur entscheidend mitbestimmt. Durch diese Bestimmung des Mutterbodens der Mutationen sowie durch die verschiedene Erhaltungswahrscheinlichkeit der Kombinationen entsteht die erbliche Anpassung der Lebewesen. Die Selektionstheorie bietet die einzige mit der mechanistischen Gesetzlichkeit der Natur vereinbare Erklärung der Anpassung. Das Zustandekommen der Anpassung im allgemeinen und im besonderen aber ist das eigentliche Zentralproblem der Biologie, welches sie von der Physik und Chemie unterscheidet. Man kann die Anpassung nicht durch Anpassung erklären, wie die Lamarckianer, wenn auch mit verhüllenden Worten tun, und wie im Grunde auch Johannsen tut, wenn er sagt, daß „Zweckmäßigkeit“ offenbar mit „Organisation“ überhaupt gegeben sei. Daß diese beiden Worte im Grunde nur dasselbe besagen, bestätigt uns Johannsen selber, indem er sagt, daß ein durchgeführt „unzweckmäßiger Organismus“ ein Widerspruch in sich selber sei. Und wenn er weiter sagt, daß ein normaler Organismus eben zweckmäßig, d. h. selbsterhaltend reagieren müsse, weil er andernfalls nicht im „dynamischen Gleichgewicht“ sei, so verbirgt sich hinter diesen Worten eine, wenn auch nicht weiter ausgeführte Selektionstheorie. (Elemente, 2. Aufl., S. 463/64.)

Derartige Überlegungen pflegt Johannsen freilich als „Spekulation“ abzutun, und er führt dieses Schlagwort mit Vorliebe auch gegen die Anhänger der Darwinschen Selektionstheorie ins Feld. Wenn aber die Bohnen keine obligaten Selbstbefruchter sind, so folgt daraus, daß auch die von ihm errungenen Erkenntnisse, die ich, wie gesagt, sehr hoch anschlage, nicht auf reiner induktiver Erfahrung beruhen, sondern zum guten Teil eben auf — Spekulation. Das ist nach meiner Ansicht kein Tadel. Johannsens Lehre vom Phaenotypus und Genotypus, seine Darlegungen über Erbllichkeit in reinen Linien und in Populationen, seine Kritik der biometrischen Schule, seine lichtvolle Darstellung der Variationsstatistik und vieles andere mehr

werden bleibende Bedeutung haben, ganz unabhängig davon, ob das besondere Material, an dem diese Erkenntnisse dargelegt wurden, dazu geeignet war oder nicht. Der Kliniker Martius sieht in seinem Buche „Konstitution und Vererbung“ das Verdienst Johannsens in dessen „Begriffs-konstruktionen“, und er hat nicht so unrecht damit.

Gewiß kann eine Spekulation falsch sein; aber das kann auch bei einer Induktion vorkommen; und wenn man einem Naturforscher aus der „Spekulation“ als solcher einen Vorwurf macht, wie das heute üblich ist, so zeugt das von ungenügender Kenntnis der erkenntnistheoretischen und psychologischen Bedingungen naturwissenschaftlicher Forschung. Reine Spekulation kann Erkenntnis liefern, wie das Beispiel der Mathematik zeigt; reine Induktion aber niemals. Es gibt überhaupt keine reine Induktion ohne spekulative Voraussetzungen. Schon die Grundlagen der induktiven Methode als solcher sind nie und nimmer induktiv beweisbar. Daß wir durch die induktive Methode gesicherte Erkenntnis gewinnen können, ist eine metaphysische Hypothese. Ich wähle absichtlich das Wort „metaphysisch“, obwohl es auf viele Zeitgenossen wirkt wie das rote Tuch auf ein bekanntes Tier. Metaphysisch ist alles, was nicht beweisbar ist. Das aber gilt von den Voraussetzungen der induktiven Methode. Es gilt sogar von den mathematischen Axiomen. Auch diese sind unbewiesen und unbeweisbar, eben weil sie die Voraussetzung aller Beweise sind. Ja, aber sie sind unmittelbar gewiß, wird man mir vielleicht einwenden. Dagegen ist aber zu erinnern, daß die moderne Mathematik die euklidischen Axiome durchaus problematisch nimmt. Axiome sind Hypothesen, sagt der Bonner Mathematiker Study in seinem Buche über das Raumproblem. Kant hat hier von „Erkenntnis a priori“ gesprochen und eine solche durch seine „transzendente Methode“ sicherstellen wollen. Es ist ihm nicht gelungen. Er setzte den Erkenntniswert der Mathematik und der exakten Wissenschaft eben schon voraus. Dagegen ist auch nichts zu sagen, solange man sich des hypothetischen Charakters dieser Voraussetzungen bewußt bleibt. Auch die Gesetzmäßigkeit der Natur und die Kausalität alles Geschehens sind derartige metaphysische Voraussetzungen. Die bloße Induktion zeigt uns nur ein Neben- und Nacheinander von Erscheinungen; die ursächliche Verknüpfung denken wir in die Erscheinungen erst hinein. Gewisse Forscher, welche die reine Induktion überschätzen, wie Verworn, haben daher den Ursachenbegriff aus der Naturforschung überhaupt ausschließen wollen, offenbar zu Unrecht. Aber wir sollten uns einmal klar machen, daß er im Grunde metaphysisch, weil aus Erfahrung nicht beweisbar ist. Dasselbe gilt von manchen andern Dingen, die uns selbstverständlich sind. Daß unsere Mitmenschen ein seelisches Innenleben haben wie wir und nicht bloße Automaten sind, ist unbeweisbar. Dasselbe gilt sogar vom Dasein der Welt. Und wenn wir doch nicht an allen diesen Dingen zweifeln, so ist das eben ein metaphysischer Glaube.

Es ist nicht meine Absicht, hier für Dogmatismus oder Skeptizismus einzutreten; ich wollte nur ein wenig den Glauben erschüttern, daß reine Induktion die allein Erkenntnis machende Methode sei, indem ich daran erinnerte, daß jede Induktion nichtinduktive Voraussetzungen machen muß. Ich unterschätze ganz gewiß nicht den Wert der induktiven Methode; aber man soll auch den Wert der Spekulation nicht so unterschätzen, wie das heute modern ist. Die mathematischen Axiome, die Gesetzmäßigkeit der Natur sind unsere gewissesten Erkenntnisse, obwohl sie nur durch „Spekulation“ erschlossen werden können. Alle induktive Erkenntnis ist demgegenüber sekundär, weil sie von der Richtigkeit jener primären Hypothesen abhängig ist, und für den praktischen Bedarf genügt ihre Sicherheit. Die größten Erkenntnisse werden durch das Zusammenwirken vorsichtiger Spekulation und vorsichtiger Induktion gewonnen, wie wir auch an dem Beispiel der großen Biologen, an Darwin, Weismann, Johannsen verfolgen können. Und wenn jeder von ihnen Fehler gemacht hat, so können wir uns trösten mit dem Worte Voltaires: Es ist das Vorrecht des Genies, große Fehler zu machen.

Die größten Entdeckungen und Erfindungen sind in der Regel nicht die Folge strenger Induktion, sondern sie pflegen von ihren Schöpfern in einer Art intuitiver Erleuchtung erfaßt zu werden. Der große Mathematiker Gauss hat einmal gesagt, seine Resultate habe er schon; er wisse nur noch nicht, wie er zu ihnen gelangen werde. Wenn die Theologen von „Offenbarung“ reden, so ist das auch nicht schlechter und nicht besser. Den großen Forschern aber dient die induktive Arbeit dazu, das Erschaute zu belegen und andern Menschen zugänglich zu machen, was erfahrungsgemäß noch dazu nur unvollkommen zu gelingen pflegt.

Die bloßen Tatsachensammler sind nie die größten Forscher gewesen und die Zeiten der bloßen Induktion nicht die großen Epochen in der Geschichte der Wissenschaften. Als Johannsen die Biologie auf den Weg der exakten Wissenschaften wies, da schwebten ihm Physik und Chemie als Vorbilder vor. Nun, Physik und Chemie sind heute unverkennbar in ein spekulatives Stadium getreten, in dem die induktive Arbeit freilich unentbehrliche Handlangerdienste leistet. Die Biologie wird ihnen auf diesem Wege folgen, und Johannsen ist seiner Zeit darin vorausgegangen. Daß seine induktive Arbeit nicht einwandfrei war, kann der allgemeinen Wahrheit der von ihm erschauten Erkenntnisse keinen Eintrag tun. Ja, wenn wir annehmen müßten, daß ohne seinen Irrtum im Falle der Bohnenbefruchtung sein großes Werk nicht zustande gekommen wäre, so müßten wir dem glücklichen Zufall seiner Selbsttäuschung dankbar sein.