

Zeitschrift:	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
Herausgeber:	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
Band:	89 (1906)
Artikel:	Die Bedeutung der Missbildungen für die Botanik, früher und heutzutage
Autor:	Goebel, K.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-90140

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Bedeutung der Missbildungen für die Botanik, früher und heutzutage.

Von *K. Goebel*, München.

Wenn ein Nichtbotaniker die botanische Literatur der letzten 100 Jahre durchsieht, so muss ihm als eine der auffallendsten Tatsachen dabei die ungeheure Zahl der Abhandlungen erscheinen, welche sich mit „Abnormitäten“ oder „Missbildungen“ befassen. Zunächst handelte es sich dabei um die Abnormitäten in der größeren Gestaltung; erst später zog man auch die des inneren Aufbaus in Betracht. Da die Probleme, welche die pathologische Pflanzenanatomie zu behandeln hat, aber im wesentlichen dieselben sind, welche sich auch bei der pathologischen Morphologie ergeben haben, so möchte ich mich bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit der Hauptsache nach auf die letztere beschränken. Wenn sich dabei eine besondere Disziplin, die „Teratologie“, herausgebildet hat, so fragt es sich zunächst, wie wir deren Gebiet umgrenzen können, was wir also eigentlich unter einer Missbildung verstehen sollen. Es ist selbstverständlich, dass eine derartige Definition stets mehr oder minder willkürlich bleiben muss. Denn es gibt keine scharfe Grenze zwischen dem Normalen und dem Abnormalen, weil das Normale selbst keine konstante Größe ist; die Missbildungen fallen also in das Gebiet der Variationen

überhaupt. Wir werden aber nicht jede beliebige Variation als eine Missbildung bezeichnen, es liegt schon im Worte Missbildung, dass sie mit einer — grösseren oder kleineren — Störung der normalen Funktion des von der Missbildung betroffenen Pflanzenteils oder selbst der ganzen Pflanze verknüpft ist, und auch Teratologie heisst ja eigentlich die Lehre von dem Wunderbaren, von dem also, was von dem Gewöhnlichen weit abliegt und deshalb uns als etwas Besonderes erscheint. So halten wir uns also an die auch von Darwin betonte Fassung, dass wir von einer Missbildung dann sprechen, wenn die Gestaltung, sei es die äussere, sei es die innere, so verändert ist, dass dadurch eine Abweichung von der normalen *Funktion* der betroffenen Organe bedingt ist.

Solche Missbildungen kommen bei Pflanzen in grosser Zahl vor, und darin ist es wohl auch begründet, dass sie in viel grösserem Masse als in der Zoologie Gegenstand der Beschreibung und der wissenschaftlichen Verwertung gewesen sind. Fast könnte man sich versucht fühlen, den alten Spruch: „amamus monstra in hortis, horremus in animalibus“, auch auf die wissenschaftliche Schätzung der Monstrositäten in Botanik und Zoologie anzuwenden.

Freilich hat auch in der Botanik die Wertschätzung der Monstrositäten geschwankt. Gleichgültig, selbst unbehaglich waren sie im allgemeinen den Systematikern. So sagt Linné in seiner prägnanten Art¹⁾: „Demandur

¹⁾ *Philosophia botanica* 271. — Betreffs der in den vorliegenden Ausführungen mitgeteilten Anschauungen des Verfassers vergl. auch dessen „Organographie“; Jena, G. Fischer, 1898—1901, sowie „Teratology in modern botany“. *Science progress, new series*, vol. I, Nr. 1. London 1896.

e botanica flores majores, multiplicati, pleni, proliferi et exulabit numerosa grex, quæ botanicen diu oneravit.“ Er betrachtete also die Blütenmissbildungen geradezu als eine Last, die er gern losgeworden wäre. Aber gerade ein Forscher, der das Werk Linnés, in welchem sich der erwähnte Ausspruch befindet, die „philosophia botanica“, besonders hochschätzte, nämlich Goethe war es, welcher am meisten dazu beitrug, die Periode der Teratologie herbeizuführen, welche ich als die formal-morphologische bezeichnen möchte, die Periode also, in welcher man die Missbildungen zu verwenden suchte zur Lösung morphologischer Fragen, anfangs wesentlich im Sinne der idealistischen Morphologie, später nach dem siegreichen Auftreten der Deszendenztheorie mit phylogenetischer Deutung.

Die Geschichte der Morphologie zeigt, dass tatsächlich Abnormitäten namentlich in der Zeit, in welcher die entwicklungsgeschichtliche Methode noch unbekannt war, ein wichtiges Material für morphologische Untersuchungen darstellten. So führte die Tatsache, dass die Blüten, in denen die Sprossachse im normalen Zustande bei den Angiospermen kaum erkennbar ist, zuweilen vegetativ „durchwachsen“, zur Erkenntnis, dass die Blüte ein Spross ist, und die Umbildung der Staubblätter in Blumenblätter, des Fruchtknotens in Laubblätter zeigen, dass zwischen diesen Organen und den gewöhnlichen Blättern offenbar eine nahe Verwandtschaft besteht, die man dahin ausdrückte, dass man sagte, Staubblätter und Fruchtblätter seien „metamorphosierte“ Blätter. Auch sah man Teile, die normal verwachsen, in abnormen Fällen oft getrennt, und solche, welche normal getrennt sind, verwachsen, was die Bedeutung der Verwachsungen augenfällig machte.

Selbst nachdem, namentlich durch K. F. Wolff, Robert Brown und Schleiden, die Entwicklungsgeschichte in die Botanik eingeführt worden war, zeigten sich Missbildungen als für die Auffassung normaler Gestaltungen lehrreich. Es sei nur erinnert an die Diskussionen über den unterständigen Fruchtknoten. Die ersten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen waren zu dem Resultat gekommen, dass dieser unterständige Fruchtknoten lediglich die hohl gewordene Blütenachse darstelle und dass die Beteiligung der Fruchtblätter oder Karpelle am Aufbau dieses Fruchtknotens sich auf die Ausbildung des Griffels und der Narben beschränke. Missbildungen, wie sie z. B. Cramer¹⁾ bei Umbelliferen beobachtete, zeigten dagegen, dass dabei freie Fruchtblätter sich ausgliedern, welche die verkümmerten Samenanlagen tragen. Nun kann in der Deutung der Gestaltungsverhältnisse natürlich kein Widerspruch sich ergeben, wenn die verschiedenen Untersuchungsmethoden richtig angewandt sind. Es zeigte sich denn auch, dass jene erste entwicklungsgeschichtliche Deutung nicht zutreffend war: wohl ist eine ausgehöhlte Blütenachse vorhanden, aber sie ist von den basalen Teilen der Fruchtblätter ausgekleidet, welche dann gemeinschaftlich mit der hohlen Blütenachse wachsen. In den abnormen, vergrünten Umbelliferenblüten unterbleibt das Wachstum der Blütenachse, während sich die Fruchtblätter abnorm vergrössern. Es stimmen also die Resultate der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung mit dem Verhalten der missgebildeten Blüten überein. Die Abnormalität

¹⁾ C. Cramer, Bildungsabweichungen bei einigen wichtigeren Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzen-
eies. Zürich 1864.

lässt sich aber andererseits in ihrem Zustandekommen nur bei genauer Kenntnis des normalen Entwicklungsganges verstehen und das ist ein Prinzip, welches allgemein bei teratologischen Erscheinungen festzuhalten ist.

Abgesehen von derartigen Erscheinungen, wie sie im Getrenntbleiben normal verwachsener Organe und in der Entwicklung sonst gehemmter Anlagen vorliegen, war es aber vor allem die Bestimmung des sogenannten *morphologischen* Wertes eines Organes, welchen man durch Missbildungen zu bestimmen suchte. Man argumentierte dabei folgendermassen: „Wenn ein Organ *a* bei Betrachtung einer abnormen Entwicklungsreihe in ein anderes *b* durch Zwischenstufen übergeht, hat *a* den morphologischen Wert von *b*.“ Unter morphologischem Wert verstand man dabei¹⁾ „den Verzweigungsrang im ganzen Sprossbau“, eine recht abstrakte und formelle Fassung, welche durch einige Beispiele deutlicher werden wird.

Namentlich handelte es sich dabei um das Verhältnis der Fortpflanzungsorgane gegenüber den vegetativen. Die Morphologen gelangten dabei zu der merkwürdigen Auffassung, dass das „normale Reproduktionsorgan nur seine physiologische Bedeutung klar zur Schau trägt, seine morphologische Bedeutung aber verbirgt“²⁾. Diese soll erst in den vegetativen Umbildungen resp. Missbildungen hervortreten. Dabei glaubte man, den aus der Betrachtung solcher Missbildungen abgeleiteten Schlüssen eine ganz besondere Bedeutung dadurch geben zu können, dass man annahm, es handle sich dabei um Rückschläge, also phy-

¹⁾ Celakovsky, die Gymnospermen, p. 61.

²⁾ Celakovsky, a. a. O., p. 60.

logenetisch bedeutsame Erscheinungen. Speziell sollte dies gelten für die sogenannten Vergrünungen von Staubblättern, Samenanlagen und den Fruchtschuppen in Zapfen der Nadelhölzer. Wie schwankend aber der Boden ist, auf dem man sich dabei bewegt, mögen die Wandlungen in den Anschauungen desjenigen Botanikers zeigen, welcher mit der grössten Konsequenz und erheblichem Scharfsinn die grosse Bedeutung der Teratologie für die Morphologie verfochten hat. Es ist Ladislaw Celakovsky. Nehmen wir dabei als Beispiele die Pollensäcke und die Samenanlagen der Angiospermen. Die vergleichende Entwicklungsgeschichte, nicht die Teratologie, hatte zu dem fundamental wichtigen Ergebnis geführt, dass die Pollensäcke den Mikrosporangien der heterosporen Pteridophyten homolog sind, der Nucellus der Samenanlagen einem Makrosporangium. Das genügte aber den Teratologen nicht, sie suchten auch die „morphologische Bedeutung“ beider Organe zu ermitteln. Im Jahre 1874 sagt Celakovsky¹⁾: „Für die uns unzugängliche phylogenetische Entwicklung haben wir aber in betreff der morphologischen Deutung — der Samenanlagen — vollauf genügenden Ersatz von der Natur erhalten, das sind die Anamorphosen — so nennt Celakovsky die Vergrünungen —, welche in verschiedenen kleinen Schritten den Weg wieder zurücklegen, den die phylogenetische Entwicklung einmal, wenn auch vielleicht nicht in ganz gleicher Weise gemacht hat.“ Wir sehen nämlich bei diesen „Anamorphosen“, dass die Samenanlagen schrittweise verlauben, bis schliesslich statt ihrer nur ein kleines grünes Blättchen, oft nur ein kleiner Höcker vorhanden

¹⁾ Celakovsky, Über die morphologische Bedeutung der Samenknoten, Flora 1874.

ist. Da nun „die Verwandten der ältesten Ahnen unserer Samenpflanzen, die Farne, geöffnete grüne Sporophylle besitzen“, folgert Celakovsky, dass auch die Ausbreitung der Fruchtblätter und der Ersatz der Samenanlagen durch Blattzipfel eine atavistische Erscheinung sei!

Dagegen wurde eingewandt, dass ein Vorgang, bei welchem der wichtigste Teil der Samenanlage, der Nucellus, verschwinde, doch nicht ein atavistischer sein könne; bei einem solchen müsste man vielmehr erwarten, dass statt des Nucellus ein wirkliches Makrosporangium auftrete; es handle sich also bei der Vergrünung nur um ein Vegetativwerden der Hüllen der Samenanlage, während der Nucellus verkümmere. Dass die Vorfahren unserer Samenpflanzen den Farnen geglichen haben, ist ja möglich und nach den neueren Entdeckungen über die Pteridospermen der Carbonzeit selbst wahrscheinlich, aber jedenfalls kennen wir sie nicht und werden sie auch wahrscheinlich nie kennen lernen, müssen also mit der Annahme von Rückschlagsbildung äusserst vorsichtig sein. Die ganze Folgerung, dass die Vergrünungen atavistische Erscheinungen seien, steht aber vollständig in der Luft, die phylogenetische Interpretierung war nur eine Äusserung der Zeitströmung, verbunden mit der alten irrgigen Meinung, dass die Fortpflanzungsorgane aus einer Umbildung der Vegetationsorgane entstanden seien.

Sehen wir uns die späteren Schriften desselben Teratologen an, so finden wir einen vollständigen Frontwechsel, der sich unter dem Einfluss von Naegeli's mechanischer Theorie der Abstammungslehre vollzogen hat. Noch 1882 war es Celakovsky gewiss, dass die vegetativen Formen eines Fruktifikationsblattes — Sporophylls — früher da waren, als die zu blos reprodu-

duktiven Zwecken metamorphosierten. Wenige Jahre später aber gelangt er zu ganz anderen Anschauungen. „Nicht das Vegetative ist das Ursprüngliche, sondern die Vegetationsorgane sind durch Sterilwerden der Fortpflanzungsorgane, speziell der Sporangien, entstanden“, also gerade das Gegenteil seiner früheren Meinungen. Während er früher mit Schärfe die bekämpft hatte, welche nicht glauben wollten, dass die bei der Vergrünung von Antheren auftretenden doppelspreitigen Blätter etwas anderes seien als pathologische Erscheinungen ohne jede phylogenetische Bedeutung, sagt er später selbst: „Es ist nun richtig, dass die angiospermen Antheren aus keinem doppelspreitigen Blatte, das Ovulum aus keinem vegetativen Blättchen entstanden ist. Das genetische Verhalten ist gerade umgekehrt. Aber die Homologie, die morphologische Gleichwertigkeit, besteht dennoch zwischen den produktiven und den vegetativen Formen“, das Ovulum — die Samenanlage — sei seinem Ursprung nach ein Sporangium, aber es sei homolog und von gleichem morphologischem Wert mit jenem vegetativen Gebilde, in das es sich durch Vegetativwerden seines sporogenen Gewebes umbilden kann.

Sehen wir uns diese Anschauung näher an, so zerfällt sie in drei Annahmen, von denen zwei eigentlich miteinander identisch sind, nämlich folgende:

1. Ein Pollensack oder eine Samenanlage kann sich in ein Blättchen und nur in ein solches verwandeln.
2. Deshalb haben diese Organe den morphologischen Wert eines Blättchens (was eigentlich nur ein anderer Ausdruck für die in 1. gemachte Annahme ist).

3. Das zeigt uns, dass Blätter phylogenetisch aus Sporangien hervorgegangen sind.

Die erste Annahme ist eine entwicklungsgeschichtliche, man sollte also denken, dass sie der Ausdruck entwicklungsgeschichtlicher Beobachtung sei. Diese wäre um so notwendiger, als wir in den Sporangien zweierlei Teile zu unterscheiden haben: die, aus denen die Sporen hervorgehen, und die sterilen, nur indirekt an der Aufgabe der Sporangien beteiligten. Wenn letztere sich vegetativ weiter entwickeln, erstere fehlschlagen, werden wir zwar auch von einer Umbildung der Sporangien sprechen können, aber in anderem Sinne als die Teratologen. Diese haben niemals die Entwicklungsgeschichte einer Vergrünung wirklich beobachtet, sondern aus den verschiedenen, im fertigen Zustande vorgefundenen Umbildungsformen kombiniert. Tatsächlich ist es auch nicht leicht, geeignetes Material für eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Vergrünungen zu erhalten, da diese nur sporadisch auftreten. Sehen wir uns deshalb einen andern Fall einer Sporangienumbildung an, der leicht und sicher zu beobachten ist. Er bezieht sich auf die Sporangien eines Farnkrautes, *Athyrium filix femina f. clarissima*. An den Farnsporangien sehen wir besonders deutlich die beiden oben unterschiedenen Teile: ein junges Farnsporangium zeigt die Anlage eines Stieles und im oberen Teile eine einzige tetraëdrische Zelle, welche man als Archespor bezeichnet hat, weil aus ihr alle sporenbildenden Zellen hervorgehen. Dazu kommt es aber bei der genannten Farnform nicht. Sie bildet überhaupt keine Sporen mehr aus, aus denen Prothalien hervorgehen. Die Sporenbildung ist vielmehr ganz unterdrückt, die Pflanze ist „*apospor*“ geworden und

zwar geht der Gametophyt, das Prothallium, hier direkt aus dem Sporangium hervor. Bei den von mir untersuchten Sporangien trat stets zunächst der gewöhnliche Entwicklungsgang ein, auch wurde das Archespor angelegt. Dann aber blieb es stehen (gelegentlich treten noch Teilungen ein), während das Sporangium in seinen sonstigen Teilen zu einem zum Prothallium auswachsenden Zellkörper wurde. Wir sehen also hier die ohnedies sterilen, nicht an der Sporenbildung beteiligten Partien des jungen Sporangiums eine andere Entwicklung einschlagen, den am meisten charakteristischen Teil, das Archespor aber fehlschlagen; es konnte nicht beobachtet werden, dass es als vegetative Zelle sich am Aufbau des Prothalliums beteiligt hätte. Denkbar wäre ein solcher Vorgang ebenso wie der, dass die Sporangienanlage schon vor der Anlegung des Archespors zum Prothallium auswächst, und das um so mehr, als bei demselben Farn selbst die Blattspitzen zu Prothallien auswachsen können. Aber gewöhnlich treten diese Fälle offenbar nicht ein, und ebenso liegt offenbar bei der Vergrünung der Antheren und der Samenanlagen meist nur eine Weiterentwicklung der ohnedies schon rein vegetativen Teile unter Verkümmерung der sporenbildenden vor. Die Annahme der Teratologen, dass bei den Vergrünungen die Reproduktionsorgane vegetativ werden, ist also weder erwiesen noch irgend wahrscheinlich; nicht der Pollensack oder die Samenanlage werden bei den „Anamorphosen“ zu einem Blättchen, sondern ihre ohnedies vegetativen Teile wachsen blattartig aus.

Damit ist auch der zweite Satz, soweit er nicht eine Tautologie enthält, hinfällig oder doch nur auf einen Teil der missgebildeten Organe anwendbar. Richtig

ist, dass bei pathologischen Umbildungen die Umbildungsmöglichkeit gewöhnlich eine begrenzte ist, offenbar deshalb, weil frühzeitig schon der Charakter eines Organes sozusagen festgelegt wird, d. h. nur noch innerhalb bestimmter Grenzen abgeändert werden kann. Deshalb erscheint es unmöglich, dass eine Blattanlage je in einen Spross oder eine Wurzel pathologisch verändert werden könnte, und doch führt die Natur, und zwar nicht pathologisch, sondern normal auch solche Heteromorphosen aus. Wir sehen ein Beispiel dafür bei den oben angeführten Sporangien und wissen, dass auch sonst sich eine Wurzel an ihrer Spitze in einen Spross verwandeln kann oder ein Blatt in einen Spross, wie bei manchen Farnen. Wenn die Faktoren vorhanden sind, um eine „Umstimmung“ der Organentwicklung herbeizuführen, kümmert sich die Natur also nichts um unsere Organkategorien, nur sind dazu tiefer greifende Einflüsse erforderlich, als sie bei den Vergrünungen auftreten. Der dritte Celakovsky'sche Satz sucht eine phylogenetische Hypothese durch eine, wie wir sahen, unhaltbare und sicher unbewiesene ontogenetische Vorstellung zu stützen, ein luftiges Gebäude mit einem imaginären Fundament zu begaben.

So ist die phylogenetische Verwertung der Vergrünungen meiner Ansicht nach eine ganz erfolglose geblieben. Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht bei Missbildungen Erscheinungen auftreten könnten, welche man als atavistische bezeichnen kann. Aber es sind nur verhältnismässig wenig derartige Fälle bekannt, und sie sind nicht von besonderer Bedeutung, weil sie den Schlüssen, die sich auch ohnedies aus der vergleichenden Untersuchung der normalen Formenreihen ergeben, weder einen strengen Beweis, noch

etwas Neues hinzufügen. Von Interesse sind sie nicht für die Morphologie, sondern für die später zu erwähnende Lehre von der Latenz bestimmter Charaktere. Nur wenige Beispiele seien angeführt.

Um was es sich dabei handelt, geht wohl am deutlichsten aus einer Beobachtung hervor, welche Mangin an *Lychnis vespertina* machte. Diese Pflanze ist diöcisch, wenn aber ihre Blüten von *Ustilago antherarum* infiziert sind, entwickeln sich die gewöhnlich als mit blossem Auge nicht mehr sichtbare Höcker vorhandenen Staubblattanlagen weiter. Wenn man nur die äussere Gestalt der Staubblätter in Betracht zieht, könnte man hier von einer durch den Pilz veranlassten Rückschlagsbildung reden, da die diöcischen Blüten zweifellos von Zwitterblüten abzuleiten sind.

Ebenso wie hier noch sichtbare, aber normal latent bleibende Anlagen durch den von einem Pilze ausgeübten (hauptsächlich wohl in einer starken Nährstoffzufuhr bestehenden) Reiz aktiviert werden, kann dies bei solchen „Anlagen“ der Fall sein, die äusserlich nicht mehr sichtbar sind. Bekanntlich haben die Blüten vieler Kompositen statt des Kelches einen Pappus. Wenn nun z. B. statt des Pappus an den durch *Aulax Hieracii* vergrünten Blüten von *Hieracium* ein fünfblättriger Kelch auftritt, so kann man dies als eine atavistische Erscheinung bezeichnen, weil wir allen Grund haben, anzunehmen, dass ein solcher Kelch bei den Vorfahren von *Hieracium* vorhanden war. Aber diese Annahme war eine allgemeine, längst ehe man diese Vergrünung kannte, und sicher haben zahlreiche andere Vergrünungen — es soll unten noch ein Beispiel angeführt werden — keine atavistische Bedeutung, auch nicht die Pelorien, welche man teilweise als Rück-

schlag auf die ursprünglich radiäre Form typisch dorsiventraler Blüten auffasste, eine Meinung, welche schon deshalb nicht haltbar erscheint, weil diese Pelorien meist gänzlich unfruchtbar sind. Und wenn ein neuerer Schriftsteller daraus, dass bei der Erdbeere, statt der gewöhnlich dreizähligem Blätter gelegentlich gefiederte wie bei anderen Rosaceen auftreten, schliesst, es liege bei dieser abnormen Ausbildung (die wir nach der früher gegebenen Definition freilich nicht als Missbildung bezeichnen können) ein Rückschlag vor, die dreizähligem normalen Blätter seien durch Verkümmern der unteren Fiederblättchen entstanden, so wird der nüchterne Beurteiler nur sagen können: woher weiss denn Velenovsky, wie die Blattform der Vorfahren der Erdbeeren ausgesehen hat? Kann die dreizählige Blattform von *Fragaria* und einigen *Potentilla*-arten nicht auch dadurch entstanden sein, dass diese Blätter auf einer Entwicklungsstufe stehen blieben, welche auch bei den Keimpflanzen von Rosaceen mit gefiederten Blättern auftritt, aber dann durch die höher gegliederte Blattform verdrängt wird? Können also diese abnormen Erdbeerblätter ebenso wie die vier- und noch mehrzähligen Kleeblätter nicht ebenso gut progressive als atavistische Bildungen sein?

Wenn ich der Meinung bin, dass die phylogenetische Verwertung der Missbildungen zu keinerlei positiven Resultaten geführt hat, so befindet ich mich dabei in Übereinstimmung mit einem der bedeutendsten Vertreter der formalen Morphologie, mit A. Braun¹⁾. Dieser sagt: „Noch viel weniger zutreffend ist es endlich, wenn

¹⁾ A. Braun, Die Frage nach der Gymnospermie der Cycadeen, Monatsberichte der kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. April (1875), pag 251.

der wissenschaftliche Wert der Bildungsabweichungen allein oder auch nur vorzugsweise in ihrer phylogenetischen Bedeutung gesucht wird, indem dieselben als atavistische Rückschläge betrachtet werden. Ich finde keinen ausreichenden Grund, dieselben in der Mehrzahl der Fälle für mehr als individuelle Erscheinungen zu halten, sie beruhen grossenteils auf Missverhältnissen der individuellen Metamorphose, auf Hemmungen und Verschiebungen, welch letztere ebensowohl vorgreifend als rückgreifend sein können.“

Gegen die phylogenetische Bedeutung der Missbildungen spricht namentlich auch die Tatsache, dass sie nur selten ein Zurückgreifen auf eine phylogenetisch tiefere Stufe der Organbildung erkennen lassen¹⁾. Wenn eine Droserablüte z. B. vergrünt, so erscheinen an Stelle der Blumenblätter Blätter, welche die charakteristischen Tentakeln der Droserablätter aufweisen. Diese aber sind doch offenbar nichts Ursprüngliches, sondern verhältnismässig spät aufgetretene Organe. Mit anderen Worten, bei Missbildungen handelt es sich meist um eine andere Kombination normal in der Pflanze vorhandener Gestaltungen, ausserdem treten noch Formbildung auf, welche gewöhnlich im „latenten“ Zustand sich befinden.

Die Missbildungen werden also in erster Linie nicht ein phylogenetisches, sondern ein ontogenetisches Problem darstellen. Ihre Verwertung für die formale Morphologie, welche ich bisher kurz zu schildern versucht habe, gehört im wesentlichen der Vergangenheit an, wenn diese auch naturgemäss vielfach noch in die Gegenwart hineinragt.

¹⁾ Vgl. Goebel, Teratology in modern botany, Science progress, 1896, 1. p. 84 ff.

Aber das Studium der Missbildungen hat auch, nachdem die formal-morphologische Periode der Botanik zur Rüste gegangen ist, nicht an Bedeutung verloren, im Gegenteil, es hat für die neuauftretende *kausale* Richtung eine ganz besondere Bedeutung. In erster Linie deshalb, weil es uns zeigt, dass die sogenannte normale Entwicklung keineswegs alle Entwicklungsmöglichkeiten erschöpft. Die Missbildungen sind, wie schon oben bemerkt wurde, nur ein Spezialfall des grossen Gebietes der Variation im weitesten Sinne. Zur Kenntnis einer bestimmten Pflanzenform aber gehört die Gesamtheit aller Entwicklungsmöglichkeiten, die in der normalen Entwicklung nie vollständig realisiert sind. Die Missbildungen bieten nun der experimentellen Morphologie zwei Forschungsgebiete dar: einerseits die Lehre von den gewöhnlich latent bleibenden Eigenschaften, andererseits die Frage nach den Ursachen, welche das Zutagetreten dieser Eigenschaften bedingen. Endlich tritt bei Missbildungen besonders deutlich hervor ihr unzweckmässiger Charakter, trotzdem auch sie, wie wir annehmen dürfen, eine Reaktion der Pflanzen auf bestimmte äussere Reize darstellen. Auch sehen wir, dass bei Missbildungen, die erblich sind, die Umänderung der Gestaltung keineswegs in *einer* bestimmten Richtnung sich bewegt, sondern nach verschiedenen Seiten hin ausstrahlt.

Solche allgemeine Sätze haben aber naturgemäß etwas Unanschauliches. Es mag deshalb gestattet sein, zwei Einzelbeispiele hier kurz zu erörtern; das eine handelt von erblichen Missbildungen, das andere von im Verlaufe der Einzelentwicklung induzierten.

Das erste bezieht sich auf unsere europäischen Farnkräuter, die vielfach Variationen aufweisen, welche wir

als Missbildungen bezeichnen können. Sie scheinen betreffs ihres Vorkommens ungleich verteilt zu sein, am meisten kommen sie offenbar in England vor, wo man das Aufsuchen derartiger Formen freilich auch am eifrigsten, ich möchte sagen in sportmässiger Weise, betrieben hat. Dass es sich dabei nicht etwa um in der Kultur entstandene Formen handelt, wie selbst neuerdings noch behauptet wurde, bedarf kaum der Erwähnung. Vielmehr stellen diese Formen Mutationen dar, teilweise auch Halb- und Mittelrassen, welche bald kleinere, bald grössere Abweichungen von dem normalen Verhalten zeigen. Diese Abweichungen führen zu einer Funktionsstörung z. B. da, wo die Bildung der Fortpflanzungsorgane unterdrückt ist, oder bei solchen Formen, die eine für die Aussenwelt unzweckmässige Blattform erhalten haben. So gibt es Formen von *Athyrium filix femina*, welche an der Spitze ihrer Blätter so dichte Knäuel von Blättchen bilden, dass die Blätter dadurch nicht nur in ihrer Assimulationsarbeit gestört sind, sondern auch vom Regen leicht niedergeschlagen werden.

Sehen wir uns die Art der Abnormitäten näher an, so finden wir, dass am häufigsten eine Erscheinung auftritt, die auch in den normalen Entwicklungsgang der Farnblätter gehört: die gabelige Verzweigung. Diese tritt ganz allgemein bei den ersten Blättern, bei manchen Farnen auch späterhin auf, und die Abnormalität besteht nur darin, dass sie viel tiefergreifend einsetzt und dadurch dem Blatte oft ein sehr eigen-tümliches Aussehen verleiht. Ausserdem finden sich aber noch eine Reihe anderer Abänderungen: es wird nämlich verändert Richtung und Grösse der Blattfiedern, es bilden sich (z. B. bei *Scolopendrium vulgare*

f. marginatum) Auswüchse parallel dem Blattrand, es verändert sich die Konsistenz des Blattgewebes (das z. B. bei *Athyrium filix femina f. clarissima* an die der Hymenophyllumblätter erinnert). Bei manchen dieser Formen entstehen zuweilen Rückschläge auf die normale Gestaltung, die unter bestimmten äusseren Bedingungen auftreten, eine Erscheinung, auf die später zurückzukommen sein wird. Hier sollen diese Farne nur ein Beispiel abgeben für Abnormitäten, welche nach verschiedenen Richtungen hin von der normalen Form abweichen und diese Abweichungen auf ihre Nachkommen vererben.

Das andere Beispiel für ontogenetisch induzierte Missbildungen betrifft *Gentiana acaulis*. Auf den feuchten Wiesen der oberbayrischen Hochebene zeigen die Blüten dieser Pflanze ausserordentlich häufig Missbildungen. Diese sind durch eine Gallmilbe hervorgerufen, einen Phytoptus, welcher in die jungen Blütenknospen einwandert und in ihnen Veränderungen hervorruft, von denen einige genannt seien. Sie sind verschieden stark, offenbar je nach dem Alter, in welchem die Blütenknospe befallen wird, vielleicht auch nach der Stärke der Infektion. Statt der schön blauen Blüten-glocken finden sich in ganz extremen Fällen ganz vergrünte Blüten, die so unregelmässig gestaltet sind, dass man die normale Anordnung der Organe nicht mehr herausfinden kann. Andere zeigen geringfügigere Änderungen. Wir sehen am Kelch, dass die Zahl der Kelchblätter zuweilen auf sechs steigt und dass blättchenförmige Auswüchse an ihm auftreten neben feineren „Emergenzen“, welche wahrscheinlich von den Phytopten als Nahrung benutzt werden. Die Blumenkrone ist zuweilen tiefgespalten, in anderen Fällen mit blauen

Auswüchsen versehen, welche an die sogenannte Katakorolle, die bei manchen Gesneriaformen auftritt, erinnert, in letzterem Falle aber ohne Einwirkung von Tieren entsteht.

Die Staubblätter bilden sich oft zu Blumenblättern um, in verschiedenen Ausbildungsstufen, so dass die Blüten gefüllt erscheinen, auch sie zeigen vielfach fadenförmige, tiefblau gefärbte Auswüchse. Der Fruchtknoten ist oft oben in zwei Teile gespalten, oder die sonst zum Fruchtknoten verwachsenen Fruchtblätter sind ganz flach ausgebreitet und zwischen ihnen wächst die Blütenachse als vegetativer Spross durch. In einem Falle wurden statt zwei fünf Fruchtblätter beobachtet, was manche vielleicht als atavistische Erscheinung anzusehen geneigt sein werden¹⁾). Auch die Samenanlagen zeigten, soweit sie überhaupt noch vorhanden waren, öfters Formveränderungen, auf welche aber nicht näher eingegangen werden soll.

Hier haben wir also einen Fall, in welchem wir die Ursache der Missbildung kennen, wenngleich wir die Reize, welche hiebei von dem Tiere ausgeübt werden, bis jetzt ebenso wenig genau präzisieren können, als bei den merkwürdigen Vorgängen der Gallenbildung, die ja gleichfalls durch Tiere veranlasst werden.

Peyritsch war es, der zum erstenmale experimentell nachwies²⁾, dass eine Anzahl von Missbildungen durch

¹⁾ Dagegen spricht aber die Tatsache, dass auch andere Blattkreise der Blüte, wie z. B. der Kelch, Vermehrung ihrer Gliederzahl zeigen können.

²⁾ Peyritsch, Zur Ätiologie der Chlorantien einiger Arabisarten, Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, XIII, 1882. Über künstliche Erzeugung von gefüllten Blüten und anderen Bildungsabweichungen. Sitzungsberichte der k. k. Akademie in Wien, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse. Bd. XCVIII, 1888.

Tiere, speziell Phytopten und Aphiden bewirkt wird. Er infizierte Knospen von Valerianen und Cruciferen mit Phytoptus, Knospen von Arabis mit Aphis und erhielt Missbildungen sowohl an Blättern wie an Blüten. Leider hat er, vom Tod abgerufen, den geplanten ausführlichen Bericht über seine Forschungen nicht mehr veröffentlichten können. Aber auch seine kurzen Mitteilungen haben meiner Ansicht nach mehr wissenschaftlichen Wert als alle die voluminösen Veröffentlichungen der formalen Teratologen. Er erhielt Vergrünungen und Füllungen der Blüten, auch Sprossbildung in diesen und, was besonders bemerkenswert ist, auch Organe, die sonst verkümmert sind, wie die Deckblätter der Blüten in den Blütenständen der Cruciferen, entwickelten sich. Dass der Reiz, welchen die Tiere ausüben, ein stofflicher ist, wird wahrscheinlich, wenn wir andere Fälle betrachten, in denen die experimentelle Hervorrufung von Missbildungen gelungen ist.

Bei den höheren Pflanzen ist dies der Fall namentlich bei den Fasciationen oder Verbänderungen, welche zu den häufigsten Abnormitäten gehören. Sie lassen sich bei einigen krautigen sowohl als bei Holzpflanzen künstlich hervorrufen, z. B. bei *Phaseolus multiflorus*. Wenn man den Hauptspross einer Keimpflanze früh genug abschneidet¹⁾, treiben die sonst unentwickelt bleibenden Achselsprosse der Kotyledonen aus und sind sehr häufig verbändert. Die Zweige werden so breit,

¹⁾ Sachs, Physiologische Versuche über die Keimung der Schminkbohne (*Phaseolus multiflorus*), Gesammelte Abhandlungen I, pag. 597. Vgl. auch Lopriore, Verbänderung infolge des Köpfens, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 22, pag. 304.

dass sie bandartig aussehen, und tragen eine grosse Zahl von Vegetationspunkten, an denen sich eine Menge sehr kleiner Blättchen entwickelt. Unterbleibt die Sprossverbänderung, so sind häufig die ersten Blätter dieser Achselsprosse anormal entwickelt. Auch an Wurzeln lässt sich ganz ähnlich Verbänderung hervorrufen. Dasselbe ist bei manchen Stockausschlägen von Holzpflanzen der Fall, offenbar handelt es sich dabei um eine rasche und ausgiebige Stoffzufuhr, welche die Missbildung bedingt. Schon hier sehen wir, dass nicht alle Pflanzen einer Art gleich reagieren (bei Phaseolus sind es etwa 12%, welche Fasciationen ergeben), und verschiedene Arten sich verschieden verhalten; was bei Phaseolus z. B. leicht gelingt, ist bei Vicia Faba nicht oder doch nur in seltenen Fällen erreichbar.

Ebenso gelang es, bei einigen Labiaten die Missbildung künstlich hervorzurufen, die wir als Pelorien bezeichnen, wobei die Blüten radiär statt dorsiventral sind¹⁾. Peyritsch erreichte dies, indem er vorher schattig gewachsene Pflanzen an einen stärker beleuchteten Standort verpflanzte. Auch hier liegt offenbar eine durch die stärkere Beleuchtung veranlasste stärkere Produktion organischer Substanzen, also eine Ernährungsmodifikation vor, welche das Auftreten der abnormen Bildung bedingt, eine Tatsache, die ganz im Einklang steht mit dem soeben für die Fasciation von Phaseolus Angeführten und mit dem weiterhin zu Erwähnenden.

Plastischer als die höheren Pflanzen sind im allgemeinen die einfacher organisierten niederer,

¹⁾ Dass sich bei einigen, z. B. *Mentha aquatica*, terminale Pelorien auch normal finden, ändert den obigen Satz nicht wesentlich.

Thallophyten, von denen ich ein Beispiel anführen möchte.

Basidiobolus ist ein Pilz, dessen Hyphen aus zylindrischen, mit einem Zellkern versehenen Zellen aufgebaut sind. Der Pilz lässt sich leicht kultivieren und verschiedenen Bedingungen aussetzen. In den Kulturen, welche Raciborski¹⁾ im Münchener Laboratorium ausführte, zeigte sich, dass wenn man Basidiobolus eine 10%ige Glyzerinlösung als Kohlenstoffquelle gibt und die Kultur bei 30 Grad hält, oft Riesenzellen von annähernd kugeliger Gestalt und 60 μ Durchmesser auftreten, die zahlreiche Zellkerne enthalten. Zwischen diesen treten zuweilen zarte Zellwände auf, die aber, statt quer, schief oder selbst in der Längsrichtung orientiert sind. Ja bei der Kultur in 1%igem Ammoniumsulfat oder 10%igem Ammoniumchlorid trat sogar ein bei anderen Pilzen unbekanntes Palmellastadium auf. Es bildeten sich Zellen mit dicker geschichteter Wand, die sich von einander isolieren; die geschlechtliche Fortpflanzung sowohl wie die Conidienbildung aber sind ganz unterdrückt. Es ist nach den Erfahrungen bei anderen niederen Pflanzen wahrscheinlich, dass das Palmellastadium hervorgerufen wird durch die Einwirkung einer Nährösung von hohem osmotischem Druck.

Dieses Palmellastadium, das bei Basidiobolus unter „normalen“ Verhältnissen — soweit wir bis jetzt wissen — ganz latent bleibt, ist bei Algen ziemlich verbreitet und gehört bei manchen sozusagen in den normalen Entwicklungsgang. Mit Recht sagt Sachs von der-

¹⁾ Raciborski, Über den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Wachstumsweise des Basidiobolus ranarum, Flora, Bd. 82, 1896, pag. 107 ff.

artigen Fällen ¹⁾): „Nun meine ich, wenn es noch jetzt, wo die organische Welt alt geworden ist, wo die Einzel-formen (Spezies) durch lange Gewöhnung erblich und konstant geworden sind — wenn es noch jetzt möglich ist, durch sehr einfache aber grobe und einseitig che-mische Eingriffe so weitgehende Veränderungen an einfachen Pflanzen zu erzielen, dies auch zu jener Zeit möglich gewesen sein kann, wo die ersten organischen Formen als mikroskopisch kleine Wesen vom ein-fachsten Bau allein das Pflanzenreich darstellten, aus denen sich dann die ersten typisch erblichen Formen als Vorläufer der Architypen entwickeln konnten.“

Ehe wir indes näher auf die Erblichkeitsfrage ein-treten, sei nur noch darauf hingewiesen, wie besonders deutlich die erwähnten, künstlich hervorgerufenen Miss-bildungen zeigen, dass die Meinung derer irrig ist, welche glauben, es sei eine Eigentümlichkeit der Or-ganismen, auf äussere Einflüsse in stets zweckmässiger Weise zu reagieren. Keine der soeben erwähnten Reak-tionen trägt den Charakter der Zweckmässigkeit an sich, es entstehen Zwangsvormen als Reaktionen auf äussere Einwirkungen, welche für die Pflanze selbst durchaus nicht vorteilhaft sind. Denn die Annahme, die man allenfalls machen könnte, die Palmellaform von Basidiobolus sei dadurch vorteilhaft, dass sie die Pflanze durch Verminderung der Oberfläche (gegen-über der sonst zylindrischen Gestalt) vor zu raschem und starkem Wasserverlust in der hypertonischen Nähr-lösung schütze, trifft schon deshalb nicht zu, weil tat-sächlich die Oberfläche dieser kugeligen Zellen eine grössere ist als die der zylindrischen, welche einen kleineren Querdurchmesser haben. Dass die Fasciation

¹⁾ J. Sachs, Physiologische Notizen, Flora 1896, pag. 213.

der Bohnenstengel eine zweckmässige Reaktion sei, wird ohnedies niemand behaupten wollen.

Dasselbe ergibt sich, wenn wir zu den erblichen Missbildungen übergehen. Dass solche bei Pflanzen sich vielfach vorfinden, hat uns die gärtnerische Erfahrung seit langer Zeit gelehrt, wir haben oben ja für die abnormen Farne schon ein Beispiel angeführt. Aber auch unter den Samenpflanzen sind erbliche „monstra in hortis“ bekannt genug. Abgesehen vom Blumenkohl, sei hier erinnert an den Hahnenkamm, eine erbliche Fasciation, an die gefüllt blühenden Levkojen, die erblichen Pelorien des Fingerhutes und anderes. In neuerer Zeit hat insbesondere de Vries der Erblichkeitsfrage eine eingehende Analyse gewidmet¹⁾.

Hier kann nur, soweit Missbildungen in Betracht kommen, kurz einiges angedeutet werden.

Von Wichtigkeit ist namentlich, dass die Vererbungsfähigkeit der Missbildungen eine sehr ungleich grosse ist. Die Fasciation der Blütenstände von *Celosia cristata* fand ich selbst bei Kultur in sterilem Boden — wengleich ungleich stark — auftreten, und de Vries gibt übereinstimmende Angaben. Hier sind offenbar schon im Embryo die Veränderungen vor sich gegangen oder eingeleitet worden, die zur Fasciation führen, Veränderungen, die wir als mit denen wesensgleich betrachten, welche die oben erwähnte künstlich induzierte Fasciation bedingen. Wir wollen diese Veränderung als x bezeichnen und sagen, dass dies neu hinzu gekommene x hier mit der „normalen“ Eizelle (n) schon in fester Verbindung auftritt und nur schwer

¹⁾ Vergl. darüber und für das Folgende die Zusammenfassung in de Vries, die Mutationstheorie I und II.

abgespalten werden kann. Die Abspaltung würde die normale Form n ergeben. In anderen Fällen aber ist die Bindung x+n eine lockere, oder x erreicht nur eine unbedeutende Grösse. In diesem Falle ist das Auftreten der Missbildung von Ernährungseinflüssen abhängig, und es scheint sehr wahrscheinlich, dass auch der als x bezeichnete Faktor nichts ist als eine — hier nur schon während des Embryonallebens auftretende — Ernährungsmodifikation. Beispiele dafür finden wir schon bei den Farnen. Die Polypodium-Arten mit reichgeteilten aber sterilen Blättern bringen auf für sie ungünstigem Boden oft wieder normale Blätter und an diesen Sporangien hervor; die normale Form ist hier latent noch vorhanden, kommt aber nur unter bestimmten Bedingungen zum Vorschein. Ebenso schlagen Pflanzen mit vollständig gefüllten Blüten in einfachblühende Pflanzen zurück, wie ich dies bei *Ranunculus repens* und *Cardamine pratensis* beobachtet habe¹⁾. Ferner zeigt sich bei der Mohnform, die dadurch ausgezeichnet ist, dass ein Teil der Staubblätter in Fruchtblätter umgewandelt ist, nicht nur dass hier eine vererbbar Missbildung vorliegt — was schon Hofmeister nachgewiesen hat —, sondern dass alle ungünstigen Ernährungsbedingungen das Auftreten der Missbildung hemmen, alle günstigen sie zahlreicher auftreten lassen. Es sind also im Grunde dieselben Faktoren, die wir auch bei Entstehung der induzierten Missbildungen kennen gelernt haben. Ein prinzipieller Unterschied zwischen vererbten und induzierten Missbildungen besteht nicht, das zeigen gerade die Mittelrassen, wie sie beim vielköpfigen Mohn vorliegen.

¹⁾ Vergl. Goebel, Zur Biologie von *Cardamine pratensis*, Festschrift für Rosenthal, 1906, pag. 1 ff.

Überall handelt es sich um zwei Faktoren: einerseits die Reaktionsfähigkeit der Pflanze, andererseits um Ernährungsverhältnisse, die in ungewöhnlicher Weise einwirken; vererbt erscheint die Missbildung, wenn diese Einwirkung in hinreichender Stärke schon embryonal erfolgt. Besonders wichtig ist dabei der Nachweis, dass bei Formen, wie die oben erwähnte Mohnrasse, die Einwirkung, welche bestimmt, ob resp. in welcher Menge die Missbildung auftritt, während einer bestimmten Zeit der Entwicklung der Keimpflanze stattfinden muss, welche de Vries als die „Sensibilitätsperiode“ bezeichnet hat. Hier finden die Einwirkungen statt, welche entscheidend sind, später kann auch eine sehr üppige Ernährung nicht mehr die Entwicklung der Abnormalität auslösen. Bei den Missbildungen, welche als anscheinend konstante Rassenmerkmale vererbt werden, wie z. B. die Fasciation beim Hahnenkamm, ist die Sensibilitätsperiode offenbar in die Keimentwicklung verlegt, und wenn wir eine Beeinflussung hier erreichen wollen, muss sie während der Samenentwicklung vor sich gehen. Das ist aber ein noch kaum betretenes Gebiet, welches überraschende Aufschlüsse verspricht. Die Wege, die dahin führen, sind noch nicht abgesteckt, aber wir sehen das Problem doch vor uns. Freilich sind der Schwierigkeiten hier nicht wenige. Wir wissen z. B., dass die Missbildung der Levkojen, welche als vollständige Füllung der Blüten auftritt, die Samenbildung bei diesen einjährigen Pflanzen ausschliesst. Sie sind nur dadurch existenzfähig, dass es Rassen gibt, welche neben gefüllten stets auch einen bestimmten Prozentsatz einfach blühender, also fortpflanzungsfähiger Pflanzen hervorbringen, die Füllung lässt sich meist nicht auf über 60—70 % steigern.

Dass sie im Samen schon bestimmt ist, ist sicher, es zeigt sich das schon darin, dass die Samen, welche gefüllt blühende Pflanzen liefern, rascher keimen (wenigstens bei Aussaat auf Filtrierpapier) als die, aus denen einfache Pflanzen hervorgehen. Ebenso ist unzweifelhaft, dass die beiderlei Samen in einer Frucht reifen können, innerhalb derer sie also verschiedenen Beeinflussungen ausgesetzt sein müssen; es wird also nicht ganz leicht sein, die Ernährungsbedingungen so zu variieren, dass *alle* Samen einer Frucht die Missbildung in Gestalt gefüllter Blüten hervorbringen. Was diese Rasse vor anderen lediglich einfach blühenden unterscheidet, ist aber eben die Reaktionsfähigkeit auf bestimmte Ernährungseinflüsse. Welche diese sind, muss eine eingehende, namentlich auch chemische Untersuchung zeigen; hier wie überall geht die morphologische Forschung über zur physiologischen.

Die Ermittlung der bedingenden Faktoren bei Missbildungen wird aber auch aus dem Grunde wichtig sein, weil gerade das Abnorme vielfach Aussicht gibt, in die Entstehungsbedingungen des Normalen einen Einblick zu gewinnen. Denn vielfach ist das, was bei einer Pflanze als Abnormität auftritt, bei einer andern das Normale. Schon Goethe hat diesen Gedanken geäusserzt, wenn er sagt, man könne die Orchideen als „abnorm gewordene Liliaceen“ auffassen, und noch mehr erinnern solche sonderbaren Blütengestaltungen, wie sie bei den Cannaceen und Zingiberaceen sich finden, an Füllungsscheinungen, wie sie in den Blüten anderer Monokotylen als Abnormität auftreten. Vilimorin hat eine Form von *Papaver bracteatum* beobachtet, bei welcher die vier Blumenblätter verwachsen, die Korollen also sympetal sind. Sie ist sehr unbeständig.

Aber sie gibt uns einen Anhaltspunkt für die Untersuchung des Auftretens sympetaler Blumenkronen überhaupt. Zunächst lässt sie als wahrscheinlich erscheinen, dass dies nicht zustande kam durch allmäßige Summierung kleiner nützlicher Variationen in der Gestaltung der ursprünglich choripetalen Blumenkrone, sondern durch plötzliches Auftreten. Ferner haben wir hier auch eher Aussicht, die Bedingungen dieses Wachstumsvorganges kennen zu lernen, als bei Pflanzen, bei denen er schon fest in den Entwicklungsgang eingefügt ist. Noch zwei weitere Beispiele seien genannt: Die eigentümlichen, gefransten Gebilde, die bei den bekannten, durch Rhodites rosæ hervorgerufenen Gallen an Rosen auftreten, stimmen der Hauptsache nach überein mit denen, die an der als „Moosrose“ bezeichneten Form normal auftreten. Sie sind also auch bei der gewöhnlichen Rosa canina vorhanden, nur latent. Ebenso erinnern die Schlauchblätter, welche bei Linden, Magnolien und anderen Pflanzen als gelegentliche Abnormitäten auftreten, an die normal bei Sarracenia, Cephalotus und anderen Insektivoren vorhandenen.

So kann das Studium der Missbildungen vielleicht auch ein Licht werfen auf die vielumstrittene Frage, wie so merkwürdige Anpassungen, wie wir sie bei den genannten Insektivoren finden, zustande gekommen sind; sie sprechen nicht für die Anschauungen der Lamarckisten, wonach das Bedürfnis als Reiz wirken soll. Vielmehr zeigen uns die Missbildungen, dass die Pflanzen ausser ihren normal zutage tretenden Eigenschaften auch noch solche haben, die „latent“ vorhanden sind und bald scheinbar unabhängig von äusseren Einwirkungen, bald infolge bestimmter Reize sichtbar werden können, ganz ohne Rücksicht auf einen etwaigen

Nutzen. Welcher Art die Reize sind, die entweder auf die Eizelle oder auf jugendliche Gewebezellen einwirkend, das Auftreten von Missbildungen veranlassen, können wir freilich bis jetzt meist nicht genauer angeben. Jedenfalls aber können wir so viel sagen, dass die Anstösse, welche bestimmte Gestaltungsverhältnisse zur Folge haben, nur dadurch wirken, dass sie die im Protoplasma vorhandenen Potenzen in Tätigkeit setzen, d. h. also auslösend wirken. Dabei können natürlich verschiedenartige äussere Faktoren auf das Protoplasma dieselbe Wirkung ausüben, indem sie dieselbe innere Veränderung des Protoplasmas hervorrufen. Ein gut durchgearbeitetes Beispiel bieten uns die Erscheinungen des Polymorphismus bei einer leider nicht näher bestimmten, von Livingston untersuchten Art der Grünalge *Stigeoclonium*. Wir wissen, dass eine und dieselbe *Stigeoclonium*-art entweder in Form verzweigter Fäden, deren Zellen sich nur nach einer Richtung des Raumes teilen, auftreten oder als annähernd kugelige, nach drei Richtungen hin sich teilende und sich von einander trennende Zellen mit vergallerten Zellhüllen. Die letztere Form, die *Palmella*-form, tritt auf in Lösungen von verhältnismässig hohem, die erstere in solchen von verhältnismässig niedrigem osmotischem Druck. Die *Palmella*-form tritt aber auch auf bei starker Temperaturerniedrigung, von der wir annehmen dürfen, dass sie durch Wasseraustritt den osmotischen Druck in der Zelle erhöht, und ebenso bei Zusatz kleiner Mengen von Metallsalzen, die in höherer Konzentration giftig sind. In all diesen Fällen dürfte es sich um einen Wasseraustritt aus der Zelle handeln, der als auslösender Reiz für das Auftreten der *Palmella*-form dient. Dieser Wasseraustritt kann entweder direkt osmotisch

oder durch die chemische Einwirkung der Kationen von Kupfer, Kobalt u. a. erfolgen¹⁾. Wie es sich hier einerseits um osmotische, andererseits um chemische Reize handelt, so dürften auch in anderen Fällen chemische Reize in Betracht kommen. Sehen wir ab von den zunächst rein hypothetischen „Wuchsenzymen“, denen man eine gestaltbeeinflussende Wirkung in der normalen und abnormen Entwicklung zugeschrieben hat, so kann es doch nicht zweifelhaft sein, dass z. B. die durch Insekten bewirkten Missbildungen durch Stoffwechselstörungen zustande kommen. Denn ganz ähnliche Erscheinungen lassen sich auch ohne Insekten erzielen. Eine „Vergrünung“ von Blüten tritt z. B. bei *Campanula pyramidalis* (wenigstens teilweise) ein²⁾, wenn man Blütenstände mit jungen Blüten als Stecklinge einpflanzt. Das Abschneiden der Inflorescenz stört natürlich die normale Entwicklung der Blüten. Wenn sie bewurzelt ist, wird die vegetative Entwicklung angeregt, wahrscheinlich durch eine relative Verminderung der organischen, eine relative Vermehrung der anorganischen Substanzen und des Wassergehaltes. Wenn die Blütenanlagen noch jung genug sind, wachsen dann die Kelchblattanlagen zu Laubblättern aus. Benutzt man zu solchen Kulturen Inflorescenzen von *Veronica Beccabunga*, so lässt sich die Hemmung der Blüten in den verschiedensten Stadien nachweisen. Sind die Blüten schon der Hauptsache nach fertig, so

¹⁾ Vergl. Livingston, Chemical stimulation of a green alga. Bulletin of the Torrey botanical club 32, 1—33, 1905. Daselbst weitere Literatur.

²⁾ Vergl. Dingler, Rückschlag der Kelchblätter eines Blütenstandstecklings zur Primärblattform, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 15, pag. 333, 1897.

entfalten sie sich normal. Jüngere Blüten zeigen statt der normal himmelblauen Färbung der Blumenkrone eine weisse, noch jüngere lassen die Blumenkrone zu einem ganz unscheinbaren Gebilde verkümmern, ähnlich wie bei den kleistogamen Blüten, während die übrigen Teile noch funktionsfähig bleiben können. Das Ende der Inflorescenz aber wächst als Laubspross weiter. In diesen Fällen sind Wirkungen rein mechanischer Art ausgeschlossen, die anderwärts in Betracht kommen mögen, wie als auslösende Faktoren auch in der normalen Organbildung bei Entstehung von Haftscheiben an Ranken, von Haustorien an Parasiten Reibungsreize in Wirkung treten. Eine genauere Analyse der bedingenden Faktoren lässt sich leichter bei einfacheren Fällen durchführen. So ist es bei verschiedenen Pflanzen gelungen, durch Hemmung der Transpiration bei Vorhandensein der nötigen Nährstoffe und günstigen Aussenbedingungen Intumescenzen an den Blättern hervorzurufen, und ähnliche „hyperhydrische“ Bildungen sind die oft beschriebenen Lenticellenwucherungen. Hier handelt es sich wie bei *Stigeoclonium* offenbar um osmotische Reize; eine abnorme Turgorsteigerung in einzelnen Zellgruppen veranlasst diese, über den Verband der übrigen hinaus zu einem pathologischen Gebilde heranzuwachsen¹⁾. Zwischen diesen und den merkwürdigsten aller Missbildungen, den Gallen, ist offenbar keine unüberbrückbare Kluft, und es ist gewiss nur eine Frage der Zeit, dass die künstliche Hervorrufung der Gallen gelingen wird. Freilich ist der

¹⁾ Vgl. Küster, pathologische Pflanzenanatomie, ferner Miss E. Dale, further experiments and histological investigations on intumescences, Phil. transactions of the royal society of London Ser. B. Vol. 198, pag. 221 ff., 1906.

Reizanstoss hier wahrscheinlich ein verwickelterer als bei den soeben besprochenen einfachen Fällen. Aber die Übereinstimmung besteht doch darin, dass durch äussere Anstösse wie in anderen Fällen sonst latent bleibende Fähigkeiten der Zellen zur Entfaltung gebracht werden. Der Einfluss, den das die Galle veranlassende Tier ausübt, kann in verschiedenen Fällen ein verschiedener sein, ein chemischer oder ein physikalischer. Aber die Reaktion der Pflanze scheint in allen Fällen darin zu bestehen, dass zunächst ein Zustrom von Baustoffen nach der gereizten Stelle hin stattfindet. Dies ist besonders klar bei den einfachen Gallenbildungen, welche durch die Rotatorie *Notommata Werneckii* auf *Vau-cheriafäden*¹⁾ erzeugt wird; während sonst die Fäden einen dünnen Protoplasmabelag aufweisen, ist dieser in dem zur Galle umgebildeten Seitenast sehr dick und man kann deutlich verfolgen, wie die benachbarten Fadenteile zu Gunsten der Galle entleert werden, wozu ein Reibungsreiz des Parasiten vielleicht ursprünglich den Anstoss gibt. Eine solche Anhäufung von Bau-stoffen kann weiterhin bei höheren Pflanzen die Art und Weise der Ausbildung der Zellen in der Galle beeinflussen, ähnlich wie wir dies beim Heranreifen der Früchte gleichfalls beobachten können.

Indes auch hier muss ich mich mit Andeutungen begnügen; es lag mir wesentlich nur daran, zu zeigen, welche Stellung die alte und welche die neue Botanik gegenüber den Missbildungen eingenommen hat.

Wir können sagen: Die Haltung der alten Botanik war eine passive. Sie lauschte den Missbildungen wie

¹⁾ Vgl. W. Rothert, Über die Gallen der Rotatorie *Notom-mata Werneckii*. Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik XXIX, pag. 525 ff., 1896.

Offenbarungen aus einer geheimnisvollen, uns sonst verschlossenen Welt. Dass sie sich dabei recht oft verhört hat, ist selbstverständlich, jedes Orakel ist ja nur dann verwertbar, wenn man es „zu deuten weiss“. Die neue Botanik tritt den Missbildungen aktiv gegenüber. Sie will sie beherrschen lernen, indem sie die Gesetze ihres Auftretens ermittelt. Das Wunderbare, das den Missbildungen anhaftet, wird dabei allmälig schwinden, auch sie werden sich nicht als „Irrtümer der Natur“, wie Aristoteles sie auffasste, oder als „ludibria“, wie Plinius sie nannte, sondern als Gesetzmässigkeiten erweisen. Wenn Plinius weiter sagt, für uns seien die Missbildungen miracula, so gilt dies vor allem auch immer noch von der normalen Entwicklung.

Wie diese, ist auch die Teratologie nur ein Ausdruck dafür:

„Wie Natur im Schaffen lebt,
Immer wechselnd, fest sich haltend
Nah und fern, und fern und nah,
So gestaltend umgestaltend —
Zum Erstaunen bin ich da!“

