

Verzeichnis
der Vorlesungen

an der

Staatl. Akademie zu Braunschweig

im Wintersemester 1932/33

mit einer Abhandlung

„Der pflanzliche Formwechsel und speziell die Baumgestaltung
im Lichte der biologischen Feldtheorie“

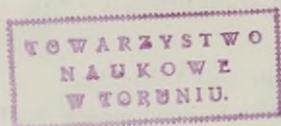
von Prof. Dr. Hans André

Braunschweig



Ehrenmitglied der Akademie:

Domdechant Prälat Dr. Wichert-Frauenburg



*byznia
1933.11.20*

Behörden

Kurator

Dr. jur. h. c. Siehr, Ernst, Oberpräsident der Provinz Ostpreußen,
Königsberg Pr., Oberpräsidium.

Rektor

(F. 360)

Prof. André (15. 10. 32—15. 10. 33), Prorektor: Prof. Eschweiler.

Dekane

Theol. Fakultät:
Prof. Dürr (15. 10. 32—15. 10. 33), Prodekan: Prof. Lortz.

Phil. Fakultät:
Prof. Switalski (15. 10. 32—15. 10. 33), Prodekan: Prof. Laum.

Senat

Der Rektor, der Prorektor, die beiden Dekane.

Weiterer Senat

Die ordentlichen Professoren.

Akademiekasse

Kassenführer: Oberrentmeister Zorn, Staatl. Kreis- und Forstkasse,
Braunsberg.

Lehrkörper

1. Theologische Fakultät

a) Ordentliche Professoren

Steinmann, Alphons, Dr. theol., Ritterstr. 71, F. 588. Neutestamentliche Exegese.

Jedzink, Paul, Dr. theol., Bahnhofstraße 51, F. 295. Moraltheologie.

Dürr, Lorenz, Dr. theol., Dr. phil., Arendtstraße 30, F. 300. Alttestamentliche Exegese.

Eschweiler, Carl, Dr. theol. Dr. phil., Kanonenberg. Dogmatik und Apologetik.

Lortz, Joseph, Dr. theol., Dr. phil., Arendtstraße 32. Kirchengeschichte und Kirchenrecht.

b) Honorarprofessor

Dubowy, Ernst, Dr. theol., Dr. phil., Kollegienstraße 2, F. 287. Pastoraltheologie.

c) Privatdozent

Barion, Hans, Dr. theol., Stadtpark 5. Kirchenrecht und Patrologie.

2. Philosophische Fakultät

a) Ordentliche Professoren

Niedenzu, Franz, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Am Stadtpark 3, F. 415 (von den amtlichen Verpflichtungen entbunden; liest nicht).
Mathematik und Naturwissenschaften.

Switalski, Wladislaus, Dr. phil., Dr. theol. h. c., Langgasse 13, F. 502.
Philosophie und Pädagogik.

Laum, Berhard, Dr. phil., Arendtstraße 34, F. 460. Klassische Altertumswissenschaft.

Baron, Johannes, Dr. phil., Dr. med., Mehlem, Rolandstraße 3, (von den amtlichen Verpflichtungen entbunden; liest nicht). Allgemeine Biologie.

Hefeke, Herman, Dr. phil., Am Adler 2. Geschichte und neuere deutsche Literaturgeschichte.

André, Hans, Dr. phil., Malzstraße 40. Allgemeine Biologie.

b) Privatdozent

Keilhacker, Martin, Dr. phil., Königsberg, Am Rhesianum 4. Pädagogik und Psychologie.

c) Lektor

Schwanzitz, Paul, Studienreferendar, Braunsberg. Polnische Sprache.

d) Beauftragte

Kreth, Werner, Domvikar, Frauenburg. Choralgesang und Kirchenmusik.

Schlaadt, Theodor, Studienrat, Malzstraße 11. Griechische und lateinische Sprache.

Will, Edmund, Dr. phil., Bibliotheksrat, Ritterstraße 1. Wissenschaftliche Propädeutik.

Akademischer Turn- und Sportlehrer

Knoblauch, Aloysius, Studienrat, Vorstädt. Markt 5. Beauftragt mit der Pflege der Leibesübungen.

Akademische Kommissionen

Gebührenausschuß

Der Rektor,
von der Theologischen Fakultät: der Dekan,
von der Philosophischen Fakultät: der Dekan,
als Vertrauensmann der Studierenden: Prof. Lortz,
von den Studierenden: stud. theol. Krause.

Akademischer Ausschuß für Leibesübungen

Verwaltungsaufsicht und ärztliche Überwachung der Studierenden:
Medizinalrat Dr. Janz, Braunsberg.

Der akademische Turn- und Sportlehrer: Studienrat Knoblauch,
von den Studierenden: stud. phil. Parschau und Blank.

Vertreter zum Verband der Deutschen Hochschulen

Der Rektor.

Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

Vertrauensmann: Prof. Steinmann.

Stellvertreter: Prof. Laum.

Institute

Akademie-Bibliothek

Bibliotheksrat: Der Rektor,
Prof. D. Dr. Lortz,
Prof. Dr. Hefele,
Dr. Diesch, Direktor der Staats- und Universitäts-
bibliothek, Königsberg (Pr.).

Verwaltung: Dr. phil. Edmund Will, Bibliotheksrat, Ritterstraße 1.
Geschäftszimmer: Zweiter Stock, F. 360.

Ausleihe: Werktäglich von 11-13 Uhr. Bestellungen, die bis 9 Uhr
aufgegeben sind, werden bis 11 Uhr erledigt.

Lesezimmer: Werktäglich von 10-14 Uhr und nachmittags, außer
Sonnabend, von 17-19 Uhr geöffnet.

Katalogzimmer: Werktäglich von 9-13 Uhr geöffnet.

Theologisches Seminar

Abteilungen für alttestamentl. Exegese, neutestamentl. Exegese,
Kirchengeschichte, Kirchenrecht, system. Theologie und Moral.

Direktor: Prof. D. Dr. Dürr.

Seminar der Philosophischen Fakultät: Historische Abteilung
Leiter: Prof. Dr. Hefele.

Institut für Leibesübungen

Leiter: Akadem. Turn- und Sportlehrer Studienrat Knoblauch.

Naturwissenschaftliches Kabinett

Leiter: Prof. Dr. André.

Archäologische Sammlung

Leiter: Prof. Dr. Laum.

Christliche Kunstsammlung

Leiter: Prof. D. Dr. Lortz.

Botanischer Garten

Leiter: Prof. Dr. André.

Münzsammlung

Leiter: Prof. Dr. Laum.

Vorlesungsverzeichnis

Theologische Fakultät

- | | |
|--|---------------|
| 1. Leben Jesu III . . . Mo. 11-12, Do. bis Sbd. 10-11 | D. Steinmann |
| 2. Einführung in die paulinischen Briefe | „ „ |
| Sbd. 11-12 | |
| 3. Neutestamentliche Seminarübungen Fr. 17-19 | „ „ |
| 4. Besondere Moraltheologie Di. bis Fr. 9-10 | D. Jedzink |
| 5. Moraltheologische Übungen im Anschluß an
Thomas, Summa Theologica II. 2 . . . Sbd. 8-10 | „ „ |
| 6. Erklärung ausgewählter Psalmen | D. Dürr |
| Di. bis Do. 11-12 | |
| 7. Hebräisch II Mo. 14-15, Di. u. Do. 10-11 | „ „ |
| 8. Assyrisch II Mo. 15-16, Do. 17-18 | „ „ |
| 9. Alttestamentl. Seminar: Übersetzung schwieriger
Vulgatapsalmen mit Einführung in das Latein der
Vulgata Do. 18-19 | „ „ |
| 10. Fundamental-Theologie: Die christliche Offenbarung
. Mo. u. Mi. 11-12 | D. Eschweiler |
| 11. Dogmatik: Einleitung in die Dogmatik und
Lehre von Gott . . . Mo. bis Mi. 10-11, Do. 8-9 | „ „ |

12. Systematisch-theologisches Seminar: Die Texte des hl. Thomas über das Wesen der Theologie und des göttlichen Glaubens Mi. 17-19 D. Eschweiler
13. Kirchengeschichte III: Spätes Mittelalter und Reformationszeit Mo. 8-10, Di. 8-9 D. Lortz
14. Kirchengeschichtliches Seminar: Quellen zur Geschichte der Reformation Mo. 17-19 " "
15. Homiletik Mi. u. Fr. 8-9 D. Dubowy
16. Kirchenrecht III Mo., Di., Do. 12-13 D. Barion
17. Patrologie III Fr. 11-12 " "
18. Kirchenrechtliches Seminar: Kirchenrecht in der Urkirche " "
- In zwei noch zu bestimmenden Stunden

Philosophische Fakultät

1. Psychologie II Mo., Mi. u. Fr. 10-11 Dr. Switalski
2. Logik I Di. u. Do. 9-10 " "
3. Philosophische Übungen. Th. Aqu. de ente et essentia Sbd. 9-10 " "
4. Augustinus und Thomas v. Aquino. " "
- In einer noch zu bestimmenden Stunde
5. Die Volkswirtschaft im 19. Jahrhundert Dr. Laum
- Mi. u. Sbd. 8-9
6. Arbeitsgemeinschaft: Die berufsständische Wirtschaftsordnung Do. 17-19 " "
7. Deutsche Geschichte im Zeitalter der französischen Revolution Di., Do., Fr. 11-12 Dr. Hefe
8. Historisches Seminar " "
- In einer noch zu bestimmenden Stunde
9. Einführung in den Aufbau des Zentralnervensystems Do. 8-9, Fr. 9-10 Dr. André
10. Mikroskopisches Praktikum Sbd. 8-9 " "
11. Einführung in die Abstammungslehre der Organismen publ. Fr. 18-19 " "
12. Grundzüge einer systematischen Pädagogik auf psychologischer Grundlage Sbd. 10-12 Dr. Keilhacker
1. Mündliche und schriftliche Übungen im Polnischen. Weiterführung der grammatischen Grundlagen. Grzegorzewski, Teil I. Grammatik . . Lektor Schwanitz
- Mo. u. Do. 17-18

2. Vertiefung und Weiterführung der grammatischen Kenntnisse im Polnischen. Konversation aus dem Gebiete der praktischen Seelsorge und schriftliche Übungen. Grzegorzewski, Teil II. Grammatik Mo. u. Do. 18-19 Lektor Schwanitz
3. Sonderkursus für polnische Konversation
In einer noch zu bestimmenden Stunde
4. Überblick über die Geschichte der katholischen Kirchenmusik vom Beginn der Mehrstimmigkeit bis zur Gründung des Cäcilienvereins einschließlich Do. 13-14 Domvikar Kreth
5. Praktische Übungen im gregorianischen Gesang
Do. 14-15 " "
6. Übungen im Griechischen II (für Fortgeschrittene) Mo. u. Fr. 8-9, Mi. 14-15 Stud.-Rat Schlaadt
7. Übungen im Lateinischen II (für Fortgeschrittene) Mo. u. Fr. 14-15, Mi. 8-9 " "
8. Einführung in die Methodik und Technik der wissenschaftlichen Arbeit II. Dr. Will
In einer noch zu bestimmenden Stunde
9. Praktische Leibesübungen Stud.-Rat Knoblauch
Di. u. Do. in noch zu bestimmenden Stunden
10. Die geschichtliche Entwicklung der Leibesübungen. Die Turnsprache (mit Demonstrationen) Vierzehntäglich, in einer noch zu bestimmenden Stunde

Preisaufgaben

Für das Jahr 1932 sind folgende Aufgaben zur Preisbewerbung gestellt:

1. Von der Theologischen Fakultät:
Quellen und Methode der Apologetik der Kirche bei Thomas Clagius.
2. Von der Philosophischen Fakultät:
Die ermländische Staatstitulatur.
3. Aus der Scheill-Busse-Stiftung:
Stanislaus Hosius und die Kirchengeschichte.

Die Bearbeitungen sind mit Kennwort versehen bis zum 1. Dezember 1932 dem Rektor einzureichen.

Der pflanzliche Formwechsel
und speziell die
Baumgestaltung
im Lichte der biologischen
Feldtheorie

Nebst Beschreibung einer Totalreparation
bei der Roßkastanie

Von

Prof. Dr. Hans André
Braunsberg

Druck von R. Oldenbourg, München und Berlin 1932

„Es ist eine unerläßliche Anforderung an den akademischen Lehrer, daß er die Idee in vollkommener Klarheit und als Idee erfaßt habe, und den besonderen Lehrzweig, den er etwa vorträgt, in der Idee erfaßt habe, und aus ihr verstehe, was dieser Lehrzweig eigentlich sei, bedeute und wolle.“

Joh. Gottlieb Fichte

Vorwort.

Die vorliegende Abhandlung bringt eine Erweiterung und Vertiefung der Gedankengänge, die ich in meiner Arbeit „Über die kausale und teleologische Deutung der Jahresbildung des Stammes“ (Die Naturwissenschaften 1920, Heft 51 und 52) sowie in meinem Buch: Über künstliche Blatt- und Blütenmetamorphosen bei der Schneebeere (*Symph. rac. Michx*) nebst Versuch einer charakterologischen Analyse der pflanzlichen Lebenserscheinungen (Schaxels *Abh. z. theoret. Biologie*, Heft 25, Berlin 1927) entwickelt habe. Der Fall einer prächtig gelungenen Totalreparation einer Roßkastanie (*Aesculus Hippocastanum* L.) im Botanischen Garten unserer Staatlichen Akademie, den ich in nachfolgender Arbeit kurz beschrieben habe, regte mich an, die entwicklungsphysiologischen Probleme der Botanik unter der in den letzten Jahren so mächtig erweiterten Perspektive des biologischen Denkens erneut und gegenstandsgerechter zu formulieren, um den Ansatzpunkt zu neuen experimentellen Fragestellungen zu gewinnen. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß gegenüber dem ganz neuen Problemaufriß in der tierischen Entwicklungsphysiologie, gegenüber den fruchtbaren Forschungsimpulsen, die dieselbe durch Spemanns Organisatorenlehre und Gurwitschs biologische Feldtheorie empfangen hat, die pflanzliche Entwicklungsphysiologie ein wenig ins Hintertreffen geraten ist. Es erschien mir deshalb wertvoll, ihre Probleme einmal in engstem Zusammenhang mit den Problemen ihrer Schwesterwissenschaft zu durchdenken. Den Gegenstand der Feldtheorie fasse ich dabei etwas weiter und absichtlich unbestimmter, als dies meistens geschieht. Ich begreife darunter einfach das „morphogene Reizfeld“ der Pflanze in der ontischen Doppelverfassung eines Material- und Verwirklichungsfeldes der gestaltlichen Assimilation. Diese allgemeinste Fassung erlaubt es dann, ohne konstruktive Vereinfachungen die Wesenszüge des Feldgeschehens immer bestimmter herauszufassen und in den grundlegenden Seins- und Wesenskonstituenten

IV

der Pflanze wie in ihrem Urmodell einsichtig zu verankern. Wenn Schiller zu dem im Prinzip ähnlichen (aber noch ganz unzulänglichen) Versuch Goethes (in dessen Modell der „Urpflanze“) sagte: „Das ist keine Erfahrung, das ist eine Idee!“ — so glaube ich umgekehrt feststellen zu müssen, daß nur durch die urphänomenologische Methode die größtmögliche Übereinstimmung mit dem Erfahrungsgegenstande selbst (die *adaequatio cum re*) zu erreichen ist. Ich weise nur auf ein ganz simples Beispiel hin. Solange man nicht erkannte, daß zu den Wesenskonstituenten des Waldes der ökologische Kreisprozeß gehört und die Forstwissenschaft nicht nach einem beweglichen (d. h. mannigfach abwandlungsfähigen) „Urmodell“ des Waldes fragte, hat man oft nach einer materialistischen Abstraktion „Balkenfelder“ angelegt, die nicht von Dauer waren, weil ihnen die schöpferische Selbsterneuerung fehlte. Die *adaequatio cum re* war also nicht gefunden. Ungleich geschlossener und komplizierter als in der Lebensgemeinschaft ist der vitale Kreislaufprozeß, wie er dem Entstehungs- und Funktionsplan des Individuums selbst zugrunde liegt. Ohne tieferes Eindringen in denselben bleibt die Physiologie von derselben Grobklotzigkeit und Abstraktheit wie die „Balkenfeldwirtschaft“ des Waldes.

Die Auseinandersetzung zwischen Goethe und Schiller über das pflanzliche Urmodell ist zum Symbol geworden. Schiller, der Goethe entgegenhielt, wie jeweils eine Erfahrung gegeben werden könne, die einer Idee angemessen sei, übersieht, daß unsere menschlichen Ideen von den Dingen ebenso unabgeschlossen und immer weiter vollendbar sind wie unsere Erfahrung, und daß in diesem unvollendeten Erkennen wohl eine gewisse Deckungseinheit zwischen Idee und Erfahrung herzustellen ist. Goethe selbst deutet Schiller gegenüber das richtige Verhältnis zwischen Idee und Erfahrung an, wenn er im Anschluß an jenes Gespräch sagt: „Wenn Schiller das für eine Idee hielt, was ich als Erfahrung ansprach, so mußte doch zwischen beiden etwas Vermittelndes, Bezügliches obwalten.“ Die Lösung dieses von Goethe gesehenen Problems hatte schon die alte Scholastik versucht. Unser Verstand hat nach ihr das Vermögen, das Wesen der Dinge wie durch eine Art geistiges Licht immer mehr offenbar zu machen oder zu enthüllen. Dabei ist er aber abhängig von den bildhaften Stoffquellen der Erfahrung, die unter seinem idealen-intentionalen Einfluß gleichsam zum Leuchtstoff für diesen geistigen Enthüllungsgang werden, so daß — bildlich gesprochen — die Natur der Dinge

darin offenbar wird, wie etwa die Natur des Natriums, das durch die Flamme dissoziiert wird, in dem gelben, die des Kaliums in dem blauen Streifen des Spektrums. Der Verstand versteht also wohl durch sich selbst, ist sein eigener Lehrer, und ist doch zugleich wahrhaft (nicht bloß dem Scheine nach) Schüler der Erfahrung und der bildhaften Stoffquellen, aus denen er den Wesenkern aufleuchten läßt. Man darf sich hier an der metaphorischen, wechselseitigen Verdeutlichung (die ein erlaubter Zirkel ist) nicht stoßen, sondern muß ihren ganz tiefen Sinn und ihre eminente Tragweite herauszulösen versuchen. Sie trägt zugleich in das Verhältnis von Idee und Anschauung eine perspektivische Relativität hinein, ein Akkomodationsverhältnis, das Goethe geahnt hat, als er gerade das unbewaffnete Auge wegen seiner übersichtlichen Zusammenschau das vollkommenste und feinste Instrument der Erkenntnis nannte. Goethes Ablehnung des Mikroskopes war gewiß unberechtigt. Ein richtiger Sinn lag ihr aber trotzdem zugrunde. Der Sinn des Mikroskopierens ist die immer weiter fortschreitende Auflösung des Gegenstandes in seine Letztbestandteile, seine Elemente. Aber nur indem dieser Auflösung in allen möglichen Abstufungen der Beobachtung bis zum normalen optischen Gesamtüberblick die Zusammenfügung wieder entgegengesetzt wird, wird der Gliedbau des Lebewesens mit seinen einander sich übergreifenden Form- und Funktionswerten erkennbar. Die ganze Heidenhainsche Formsynthesiologie basiert heute auf dieser wichtigen Tiefenakkomodation an das Objekt, die seither eine mehr abstrakt flächenhafte war. Danach ist die werdende Pflanze nicht als ein Zellenstaat zu betrachten, sondern als eine immer mehr sich in sich selbst unterscheidende Einheit, die in fortschreitender Durchgliederung von oben herunter sich in immer neue einander einschließende Unterabteilungen (enkaptische Ordnungen) von Organen, Geweben, Zellen und Zellorganen differenziert. Das Verhalten dieses Ganzen erweist sich nicht als bloßes Zusammenwirken der Elementarfunktionen seiner Elemente, sondern entwickelt sich durch Besonderung der Funktionen innerhalb einer primären Einheit, so daß ein das Ganze erhaltender bzw. immer weiter entwickelnder Funktionskreis geschlossen wird, der im Fortpflanzungsakt vollkommen zu sich selber, d. h. einem der Art nach gleichen Funktionskreis zurückkehrt. Dieser Kreisprozeß ist dem Ganzen und zugleich dem kleinsten lebenden Plasmapartikelchen eigentümlich, dessen Teilung in dem inneren Aufspaltungs- und Synthetisierungsprozeß

VI

den untersten Rhythmus darstellt. Der Makrokosmos der Pflanze spiegelt also ihren Mikrokosmos getreulich wider.

Die Bedeutung der von uns befolgten allseits anschauungsbedingten und perspektivischen Betrachtungsweise wird in der Gegenwart immer mehr ersichtlich. Es ist ja eben evident, daß für den Biologen und Anthropologen, soweit er den lebendigen Organismus und den lebendigen Menschen zum Gegenstande hat, diejenigen Erscheinungen, welche die Wesenszüge am deutlichsten offenbaren, keineswegs gleichgültig sind. Schellers Versuch z. B., die physiologischen und morphologischen Monopole des homo sapiens festzustellen, hat die Neurologie mächtig gefördert. Wir nennen nur einen besonders charakteristischen Punkt. Der Mensch vermag dadurch, daß er sich selbst zu objektivieren vermag, sich auch aktiv beherrschend gegenüberzutreten und kann, was kein Tier vermag, dem biologischen Imperativ der Sättigung und des Fortpflanzungstriebes widerstehen, also, wie Scheler sagt, durch den moralischen Imperativ Neinsager zum bloß biologischen Leben werden. Das fordert bei ihm den Besitz von besonderen dem Willen unterworfenen Hemmungszentren, die der physiologische Ausdruck des Konfliktes zwischen Affekt und Liebe (kantisch: Neigung und Pflicht) sind und dem Tier wesensmäßig fehlen. Und so muß der Biologe auch in der Sphäre des tierischen und pflanzlichen Lebens aus der Masse der Erscheinungen diejenigen herauszusondern versuchen, die für das Wesen durchsichtig sind — in unserer vorliegenden Studie das Wesen der Formgestaltung in Reindarstellung vor die Augen führen. Die Entwicklungsphysiologie führt uns heute von selbst dazu hin, indem sie zwischen Entwicklungs- und Funktionsplan eine sinn-gesetzliche Deckungseinheit herstellt. Der Entwicklungsplan von Regenwurmfragmenten, die zuerst einen Kopf bilden und dann in der Entwicklung vom Kopf zum Schwanzende fortschreiten, sowie die vom Ascarisei, in dem ein Differenzierungsgefälle vom sensorischen zum vegetativen Pol hin besteht, bringt deutlich die Bedeutung des sensorischen Zentrums auch im Funktionsplan des Tieres zum Ausdruck. Eine theoretisch außerordentlich bedeutungsvolle Bestätigung für den Primat des Typischen brachte das Ergebnis, daß bei Überpflanzungsversuchen bei Molchkeimen die Formbildung „embryonaler Körper“, der Typus „Embryo“, über das Substrat dominiert. Bei der Pflanze, die in einem ganz nach außen gerichteten Bildungsprozeß über den beblätterten

Sproß hinaus in der Blüten- und Fruchtbildung abschließt, liegt das Zentrum, auf das sich diese fortschreitende Metamorphose ihrem Ursprunge nach in allen ihren Teilen vollzieht in dem Vegetationspunkt der Knospe. Ihrem Funktionsplan ist es entsprechend, daß wir auch in ihrem Entwicklungsplan diesen Zentren eine beherrschende Stellung eingeräumt haben. In der Bildung der Karpelle (Fruchtknoten) tritt von der Spitze des Blütenvegetationspunktes aus ein neues meristematisches Bildungsprinzip in Kraft (das eine Art Synthese von Sproß und Blatt schafft), und es entspricht dies ganz der dominierenden Stellung des Fruchtknotens im Funktionsplan der Blüte und seiner herrschenden Stellung unter den systematischen Gruppenstanten in der Hierarchie der systematischen Charaktere. Hatte das künstliche System auf Charaktere geachtet, die sich in der Natur der lebenden Pflanze oft ebensowenig als ursprünglich und wirksam erwiesen, wie etwa der Name „Großer Bär“ in der Natur des Sternbildes, so dringt die neue Betrachtungsweise in den Systemplan ein und stellt Zusammenhänge heraus, wie sie auf anderem Gebiete (in der Volkswirtschaft) heute die Ganzheitslehre Othmar Spanns mit ihrer gliedlich-teleologischen, ganzheitlichen Kausation herauszufassen versteht. Ich empfehle deshalb Spanns prinzipielle Erörterungen zur Ganzheitslehre, wie sie in: „Der Schöpfungsgang des Geistes“ (Bd. I, 1928) und in „Tote und lebendige Wissenschaft“ (1925) entwickelt worden sind, angelegentlichst auch dem Biologen zum Studium. Sie leiten ihn an, auch auf seinem Gebiete die Ganzheit als das Wesenhafte zu erblicken und zeigt, wie in jeder Ganzheit nur sinnvoll bestimmte Teile, z. B. „normativ“ nach Rang und Wert oder nach Zweckmäßigkeit bestimmte Teile und Zusammenhänge bestehen können. Vom Standpunkt der philosophischen Biologie aus war es für mich besonders überraschend, wie wahrhaft Endgültiges z. B. Spann in der Kritik der wirkursächlichen Auffassung der Entelechie gesagt hat und damit unmittelbar an der Formalursächlichkeit im thomistischen Sinne steht. Und wie fein hat er gesehen, daß zwar nicht Drieschs Entelechiebegriff, wohl aber sein Begriff des harmonischgleichvermögenden Systems ein für die Biologie erkenntnisauflaubender Begriff ist. Hier liegen ja wahrhaft die Ansatzpunkte des praktischen Vitalismus der biologischen Feldtheorie von heute. Die Möglichkeit einer Neukonstituierung des biologischen Aristotelismus

VIII

in Anlehnung an die Kontinuitätsphysik (namentlich in der Fassung Erwin Lohrs als „Anzeichenphysik“) hat niemand klarer durchschaut als Spann, obwohl er selbst nicht eigentlich Aristoteliker ist¹⁾.

In der Biologie selbst ist der Spann'schen Methode wohl am meisten konform v. Uexkülls Planbiologie sowie die physiologische Ganzheitsmethode, wie sie von dem Utrechter Physiologen Jordan in seiner „Allgemeinen Physiologie“ grundgelegt wurde. Auch Wolterecks „Grundzüge einer allgemeinen Biologie“ liegen in der Linie. Problemgeschichtlich habe ich in meinem Buch „Urbild und Ursache in der Biologie“ (Oldenbourg, München) die Ganzheitsfrage beleuchtet und zu einer biologischen Verfahrenlehre ausgebaut.

Braunsberg, Ostpr., den 27. Juni 1932.

Prof. Dr. Hans André.

¹⁾ Ich verweise auf die Schrift von E. Lohr: Atomismus und Kontinuitätstheorie in der neuzeitlichen Physik (B. G. Teubner, Berlin 1926) mit großem Nachdruck, da sie für den von mir eingeführten Dualismus von Material- und Verwirklichungsfeld (im aristotelischen Sinne) auch von der Physik aus Raum schafft. Ganz zutreffend bemerkt Spann: „Ohne daß Mach und Jaumann (auf die Lohr aufbaut) von der aristotelisch-scholastischen Naturphilosophie eine Ahnung hatten, haben sie, so darf man in dem eben erläuterten Sinne sagen, deren philosophische Grundsätze in ihrer Kontinuitätsphysik zu einer physikalischen Verfahrenlehre umgebildet.“ Mein Buch: Urbild und Ursache in der Biologie (Oldenbourg, München) und die vorliegende Arbeit geben ihre Umbildung zu einer biologischen Verfahrenlehre. Für die Leser des ersten sei noch darauf hingewiesen, daß auch mein Verfahren der sog. „entsprechungsverbürgenden Analysen“, das chemisch-strukturelle Verhältnisse auch wesensgesetzlich zu interpretieren versucht (siehe pag. 109 ff.), neue Bestätigung in der Hormonforschung gefunden hat. Das weibliche Follikelhormon hat im Gegensatz zum männlichen Testikelhormon „ungesättigten“ Charakter. Seine potentiell-materiale Komponente ist verstärkt. Zu meiner Auffassung der Hypertelie des Lebendigen vergl. auch Buytendijks neues herrliches Buch: Het spel van Mensch en Dier (Amsterdam 1932).

I. Vorbetrachtung über den Aufbau und den Entstehungs- und Funktionsplan der Baumgestalt.

Wenn wir die Pflanzenwelt, die uns umgibt, betrachten, so gewahren wir eine unerschöpfliche Fülle von Formen, die unter sich sehr verschiedenartig sind. Wie verschieden ist z. B. die schirmförmige Gestalt eines Pilzes von der Form eines Farnkrautes und wie sehr unterscheidet sich wiederum ein Farn etwa von einem unserer Obstbäume. Aber auch die Glieder der Gruppen selbst, zu denen die Pflanzen gehören, sind unter sich verschieden. Unter den Pilzen finden wir eine entzückende Mannigfaltigkeit in der Figur und Farbe, trotzdem alle durch ihre Erscheinung ihre Zugehörigkeit zu derselben Gruppe von Pflanzen verraten. Bei den Farnen haben wir einen großen Reichtum in der Form der wunderbar ausgezackten und gefiederten Blattwedel, die an die schönsten Spitzenmuster erinnern. Bei unseren Obstbäumen wird das geübte Auge des Obstzüchters schon in der allerengsten Verwandtschaftsgruppe hunderterlei Spielarten entdecken. Hundert Kleinigkeiten, wie Aststellung, Laubform, Blüte, Fruchtgestalt, Färbung, Wuchs usw. bedingen sofort den verschiedensten Ausdruck. Da aber das Künstler- und Völkerauge mehr das Allgemeinere in der Natur anschaut, hat man schon frühzeitig bestimmte Formtypen bei den Pflanzen unterschieden, die einen ähnlichen gestaltlichen Ausdruck aufweisen sollen. Dazu gehören z. B. die Palmenform, die Bananenform, die Orchideenform, die Lilien- und Aroideenform, die Grasform, die Farnform, Moosform und Flechtenform, die Pilzform, die Nadelholzform, die Weidenform, die Kaktusform, die Form der Lippenblütler usw. Aber diese Einteilung, die sich mehr auf die äußere Physiognomie der Gewächse gründet, gibt uns noch keinerlei Einblicke in den Bauplan der Pflanze als solchen. Diesen Bauplan können wir nur in Zusammenhang mit den Lebensleistungen der Pflanze, in Zusammenhang mit ihren Funktionen verstehen.

Wenn wir die äußere Form der höheren Pflanzen betrachten, so können wir überall in ihrem Aufbau einen gewissen Grundplan finden. Wie eine reguläre Blüte, deren Wirtel ungleichartig sind, an der Basis und Spitze verschieden ist, so läßt auch die Pflanze als Ganzes Basis und Spitze als ungleichartige Pole klar und deutlich unterscheiden. Die Symmetrie in bezug auf die horizontale Fläche, die den oberen und unteren Teil scheidet, ist ihr also untersagt. Die verschiedenartige Ausbildung ihrer Pole verstehen wir vorerst nur im Zusammenhang mit den Ernährungsvorgängen in der Pflanze. Ihre Ernährung ist, wie allgemein bekannt, von der Kohlensäure und vom Licht in der Atmosphäre, von Salzen und vom Wasser im Erdboden abhängig. Ganz entsprechend der Lage dieser Ernährungsbedingungen hat der Pflanzenkörper seine zwei wesentlichen Teile ausgebildet: den Sproßteil, der in günstigster Weise gegen das Licht und gegen die Schwerkraft sich einstellt, und den Wurzelteil, der vom Lichte sich abkehrt und der Richtung der Erdschwere folgt. An dem Sproßteil befinden sich als Anhangsorgane die Blätter, in denen die Pflanze mit Hilfe des Lichtes aus der Kohlensäure der Luft die sog. Kohlehydrate: Zucker, Stärke und Zellulose, aufbaut. Durch den Wurzelteil nimmt sie Wasser und Mineralsalze aus dem Boden auf. Die Mineralsalze haben außer der ernährenden auch eine regulierende Funktion in der Pflanze. Sie verhindern durch ihre gegenseitige Ergänzung, daß im Innern der Pflanze stoffliche Veränderungen eintreten, welche sie schwer schädigen würden.

Die niederen Pflanzen zeigen noch keine solche Gliederung in einen beblätterten Sproß und in eine ausgebildete Wurzel. Die Lebermoose z. B. stellen nur ein blattartiges Lager, einen sog. Thallus dar, der auf der Unterseite wurzelähnliche Haare, sog. Rhizoiden, entwickelt. Aber der prinzipielle Gegensatz von oben und unten tritt doch auch hier in die Erscheinung. Er zeigt sich sogar bei den Algen. Bestimmte Meeresalgen weisen eine Gliederung auf in ein wurzelähnliches Gebilde, das als Haftorgan dient, und in ein stengel- und blattartiges Gebilde. Aber mit einer echten Wurzel und einem echten beblätterten Sproß haben diese Gebilde nichts zu tun. Das zeigt sich an ihrem inneren Bau und an ihrem ganzen Entstehungsplan.

Mit der Feststellung, daß die Pflanzen in der Regel polar gegliedert sind, ist natürlich erst ihr Bauplan nur ganz allgemein

umrissen. Will man die Frage, warum denn die Pflanze gerade diese Gestalt hat, warum sie eine so oder anders beschaffene Gliederung aufweist, beantworten, so muß man von der Annahme ausgehen, daß die höheren Pflanzen aus einfacher gebauten Vorfahren hervorgegangen sind und im Laufe einer derartigen Entstehungsgeschichte durch allerlei Umstände die bestimmte Gestalt der gerade vorliegenden Pflanze, z. B. eines Rosenstockes oder eines Kirschbaumes, herausgebildet hat. Wir können die Notwendigkeit vermittelnder Vorfahrenformen nach Carl Mez treffend mit der Notwendigkeit der vermittelnden „Erfindungen“ vergleichen, welche die heutige Höhe der Technik allererst ermöglicht haben. Die erste „Erfindung“, durch die sich die Urpflanzen von der unrentablen Verbrennung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff frei machten, war das Chlorophyll, das an der Grenze von Bakterien und blaugrünen Algen sich gebildet hat. Dann folgte die Differenzierung in geschlossenen Zellkern und Protoplasma bei den Grünalgen, die in ihren einfachsten Formen runde Bläschen darstellen. Bleibt eine Grünalgenzelle nicht kugelig rund, sondern verlängert sie sich fadenförmig, so entsteht ein einfacher Zellschlauch. Die einzelligen Algen, die nur solche Zellschläuche darstellen, sind die Siphoneen.

Bei einer höheren Stufe der Ausbildung bleibt die Pflanze nicht mehr auf dem Einzellerstadium stehen, sondern der bisher einzellige Schlauch teilt sich durch Querwände in eine Reihe aufeinanderfolgender Einzelzellen. Es ist dann kein einfacher Schlauch mehr vorhanden, sondern eine mit dem einen Ende festsitzende Zellkette. Weiter legen sich dann auch die Zellen zu flächenförmigen Gebilden zusammen, wie bei dem sog. Meersalat, einer grünen, blattartig ausgebildeten Pflanze, die dem Botaniker unter dem Namen *Ulva* bekannt ist. Endlich können aus einer Keimzelle auch räumlich nach Länge, Breite und Tiefe sich ausdehnende Zellorganisationen hervorgehen, die die Grundlage zu einer mannigfacheren und reicheren Formorganisation abgeben, als dies früher bei den einfachen Grundlagen möglich war. An der Spitze solcher Zellorganisationen steht jetzt nicht mehr eine einzige weiterwachsende Zelle, sondern ein ganzes Bündel solcher Zellen. Man nennt diese zusammen den Vegetationskegel. Hier, am Vegetationskegel, werden also immer neue Zellen abgegliedert, und dadurch wächst die Pflanze, d. h. streckt sich noch immer mehr und

mehr in die Länge. Jeder beblätterte Sproß nimmt seinen Ursprung aus einem solchen Vegetationskegel, der in der Knospe eingeschlossen ist. Betrachten wir einen solchen Vegetationskegel bei stärkerer Vergrößerung, so sehen wir daran (im Umkreis des Scheitels oder unter ihm) seitlich als kleine Höcker die jugendlichen Blattanlagen sitzen. In deren Achseln befinden sich bereits die Anlagen zu neuen Knospen. Indem dieser Kegel sich streckt, rücken die Blattanlagen auseinander, die Blätter wachsen aus, und so entsteht der regelrechte, beblätterte Sproß. Die Gesamtheit der Zellen des Vegetationspunktes, die in lebhafter Teilung begriffen sind, nennen wir ein embryonales Gewebe. Über das spätere Schicksal dieser Zellen werden wir uns klar, wenn wir in der Betrachtung von der Stengelspitze nach abwärts schreiten. Die tiefer liegenden Zellen haben auch einmal in der Nähe der Spitze gelegen, sie sind aus embryonalen Zellen durch Teilung hervorgegangen. Durch Streckung in der Längsrichtung und Querrichtung bewirken sie, daß der Stengel immer länger und gleichzeitig von oben nach unten immer dicker wird. Beobachten wir diesen Vorgang noch genauer, so sehen wir im Innern des Vegetationskegels sich Wasserleitungsröhren ausbilden, die sog. Gefäße. Sie sollen das Wasser und die Nährsalze, die aus dem Boden aufgenommen werden, den Blättern zuführen. Bei den im Wasser lebenden Meeresalgen finden wir diese Gefäße noch nicht, weil hier ja noch die Pflanze von ihrer ganzen Oberfläche das Wasser und die Nährsalze aufnehmen kann. Die Wasserleitungsröhren entstehen, indem in einer ganzen Reihe länglicher, hintereinanderliegender Zellen die Zwischenwände wegfallen. Gewöhnlich sind die Gefäße zu Strängen oder Bündeln vereinigt, die das Blatt der höheren Pflanze als sog. Blattrippen durchziehen. Die Blätter der Algen haben noch keine Gefäße und Blattrippen, sondern stellen nur eigentümlich geformte Lappen dar.

Die mit Stengel, Blatt und Gefäßen versehenen Gliederpflanzen oder Kormophyten stellt man den hauptsächlich im Wasser lebenden Lagerpflanzen, den Thallophyten, gegenüber. Erst mit der Ausbildung der Gefäße konnten die Pflanzen ans Land steigen. Unter den Landpflanzen lassen sich wieder verschiedene Stufen unterscheiden: die Moose, Farnpflanzen, die nacktsamigen Blütenpflanzen und die bedecktsamigen Blütenpflanzen. Die Ausbildung der Gefäße und die Anpassung an das Landleben konnte natürlich

nur allmählich erfolgen. Daher finden wir, daß bei der untersten Abteilung der Landpflanzen, den Moosen, noch die Gefäßbündel fehlen, während sie bei den Farnpflanzen schon vorhanden sind. Eine weitere Stufenfolge zeigt sich in der Anordnung der Gefäße im Innern. Bei den niederen Landpflanzen bis zu den älteren Gruppen der Nacktsamer einschließlich zeigen sich die Gefäßbündel noch durch den ganzen Stamm zerstreut, die höheren dagegen von den jüngeren Nacktsamern, den Nadelhölzern, anfangend, haben sie schön in einem Kreise im Stamme angeordnet. Zwischen Rinde und Holz liegt innerhalb dieses Kreises eine embryonale Zellschicht, das sog. Kambium, von wo aus der Stamm periodisch immer einen neuen Jahresring ansetzt.

Der beblätterte Sproß der Pflanze hat in erster Linie die Aufgabe, die Pflanze zu ernähren. Die Laubblätter enthalten das Chlorophyll, das in Verbindung mit einem Ferment die Fähigkeit hat, die Kohlensäure der Luft zu spalten und aus Kohlenstoff und Wasser die sog. Kohlehydrate: Zucker und Stärke, aufzubauen. Die Kohlensäure der Luft dringt auf der Unterseite des Blattes durch sog. Spaltöffnungen ein. Außerdem sind die Laubblätter, wie wir schon wissen, von den Blattrippen und von einem feinen Adernetz durchzogen. Durch dieses werden ihm die gelösten Nährsalze, insbesondere Stickstoffsalze, zugeführt, die es in Verbindung mit den Kohlehydraten zu Eiweißstoffen verarbeitet. Wir sehen, die Laubblätter haben in erster Linie die Aufgabe, die Baustoffe herzustellen, aus denen sich der Pflanzenkörper zusammensetzt. Die unmittelbare Ausnutzung von Licht und Kohlensäure und von Nährsalzen im Boden erreicht die höher organisierte Pflanze vornehmlich vermittelt des Holzes. Auf der periodisch in die Dicke wachsenden Holzsäule des Stammes hebt sie die Krone zum Licht empor und mit ihren holzigen Wurzeln dringt sie in immer tiefere Schichten des Erdreichs. Krone und Wurzeln sind durch das Leitungssystem verbunden. Außer der Wasserleitung hat aber das Holz auch die Aufgabe, die Festigung des Pflanzenkörpers herbeizuführen, gleichsam sein Knochengüst, sein Skelett, zu bilden. Daher finden wir außer den Wasserleitungsröhren im Holz noch besondere Festigungselemente, die sog. Holzfasern, ausgebildet. Die sog. Markstrahlen des Holzes, die radial von innen nach außen ziehen, dienen besonders zur Aufspeicherung von Reservestoffen. Auch stellen die Markstrahlen

die Verbindung des Markgewebes mit dem Bast und der Rinde dar, die gleichfalls viele dünnwandige parenchymatische Zellen wie die Markstrahlen enthält. Im Bast, welcher der vom Kambium aus nach außen gerichtete Teil der Gefäßbündel ist, ziehen Röhren, die ihren Zellcharakter noch deutlich zeigen, die sog. Siebröhren. In ihnen verläuft der absteigende Saftstrom im Baume, der die in den Blättern durch die Assimilation gebildeten Kohlehydrate in Form gelösten Zuckers dem Stamm und der Wurzel zuführt und die Ablagerung ihres Überflusses in Form von Stärke in den Reservezellen des Holzes und der Rinde ermöglicht. Später (mit sinkender Jahrestemperatur) wird die Stärke umgewandelt in Zucker oder Fett. Vollständige Umwandlung in Fett zeigen z. B. die meisten Nadelbäume, auch Weiden, einige Birkenarten und die Linde. Bei Ulme, Platane, Ahorn, Esche, Eiche usw. bleibt die Stärke wenigstens im Holz erhalten.

Verbreitet ist die Ansicht, daß der Zuwachs des Holzkörpers an Jahresschichten, das sog. Dickenwachstum, ganz allgemein dadurch zustandekommt, daß schon im ersten Jahre alle Kambiumstreifen der ringförmig angeordneten Gefäßbündel durch Neubildung eines Kambiums im Parenchym zwischen den Gefäßbündeln, das sog. Interfaszikularkambium, zu einem Kambiumzylinder sich schließen, der nach innen neue Holz-, nach außen neue Bastzellen entstehen läßt und auch die Markstrahlen nach außen fortführt. Diese Auffassung ist nach Kostytschew zu berichtigen. Die überwiegende Mehrzahl der dikotylen Pflanzen besitzt schon einen geschlossenen Prokambiumring, der wenige Millimeter hinter der wachsenden Sproßspitze sich bildet und zum Ursprung der Hauptmasse des künftigen Stammes wird. Bei unseren Waldbäumen kommen nach Hartig die zartwandigen, plasmareichen, das Mark zylindrisch umschließenden Prokambiumzellen dadurch zustande, daß sich die fast kubischen embryonalen Zellen des Urgewebes durch schräge Wände teilen, wonach die Tochterzellen durch gleitendes Spitzenwachstum, sich aneinander vorbeischiebend, zu im Sproßquerschnitt unregelmäßig angeordneten Prosenchymzellen auswachsen. Entweder verwandelt sich der Prokambiumring ohne weiteres in Dauergewebe, oder es wird in ihm ein Ring von Reihenkambium angelegt (vor Ausbildung oder gar Anlage der Blattspuren), der regelmäßige Schichten von Holz und Bast bildet. Ein später aus dem Parenchym hervorge-

gangenes Interfaszikularkambium bildet nur wieder Parenchym. Die vom Ursprungsherd der Holzbildung aus millionenfach sich wiederholenden Teilungen erzeugen die mannigfaltigsten Formelemente, die in Abhängigkeit von der Verfassung der Gesamtpflanze synthetisch sich zusammenfügen, zunächst zu den einzelnen Gefäßbündeln mit der bestimmten Anordnung der Gefäße selber und ihrer bestimmten Reihenfolge von innen nach außen (von Ring-, Spiral-, Netz- und Tüpfelgefäßen) führen. In Vereinigung mit Holzfasern und Holzparenchym entstehen als Formwerte höherer Ordnung die Jahresringe, die wiederum zum Holzkörper sich vereinigen, der mit der Rinde durch die Markstrahlen in Verbindung tritt und so auch Anschluß an den absteigenden Saftstrom gewinnt, wie er selbst den aufsteigenden Saftstrom von der Wurzel bis zur Krone ermöglicht und dem Stamm die nötige Festigkeit verleiht. So stellt der ganze Baum dann schließlich in klassischer Weise ein Histosystem im Sinne Heidenhains (23) dar, bei dem vorwiegend von den äußersten Vegetationsspitzen aus, also von oben herunter, eine fortschreitende Durchgliederung in immer neue einander einschließende Unterabteilungen (enkaptische Ordnungen) von Organen, Geweben, Zellen und Zellorganen erfolgt.

Auch in seiner ganzen morphologischen Gliederung bildet der Baum ein seine Teile harmonisch sich unterordnendes Ganzes. Die architektonische Einheit in seinem Gliedbau ist der Jahrestrieb, d. h. der aus der Knospe hervorgegangene beblätterte Sproß, der im Laufe des Sommers sich entwickelt und nach Bildung neuer Knospen im Herbst in den Ruhezustand eintritt. In der Sproßspitze geht die Anlage von Neubildungen vor sich, während der Jahrestrieb zeitweilig gleichmäßiges Wachstum in der ganzen Länge und lokale und zeitliche Differenz der Wachstumsintensität in mannigfachen Kombinationen zeigt. Bei der Roßkastanie (*Aesculus Hippocastanum*), die wir wegen der später anschließenden Untersuchung als Beispiel für die Durchgliederung der Krone betrachten wollen, nehmen die Stengelglieder bis ungefähr zur Mitte des Jahrestriebes zu und von da an wieder ab. Sie tragen je zwei auf gleicher Höhe einander gegenüberstehende Blätter. Das zweite Blattpaar kreuzt sich mit dem ersten, das dritte steht wieder über dem ersten usw., die Blattstellung ist also opponiert. Da die durchschnittliche Länge der Internodien relativ groß ist,

die Blätter also sehr entfernt stehen, wird die dadurch bedingte mangelnde Fülle der Krone durch um so größere ausgebildete Blattformen ersetzt. Die Verteilung der Seitenachsen erfolgt meist nach demselben Gesetz der opponierten Stellung wie bei den Blättern. Wenn dabei auch die sukzessiven Achsen nach Länge und Stärke sich allmählich abstufen, so kommt dadurch doch ein wenig gesammeltes Gefüge zustande. Wir finden aber auch gewisse eigentümliche Zweige bei der Roßkastanie, welche jährlich nur 1—3 mehr oder weniger verkürzte Stengelglieder treiben und daher oft bei einem Alter von 14 Jahren nur etwa 20 cm lang werden. Sie sind viel dünner als andere Achsen von gleichem Alter und fast oder ganz unverzweigt, so daß sie auf den ersten Blick einfache Achsen vortäuschen. Es sind aber echte Sympodien, die dadurch zustande kommen, daß bei 1- oder 2jähriger Einschaltung eines Blütentriebes dieser immer durch Entwicklung eines der beiden obersten gegenständigen Seitentriebe in fast gerader Linie und gleicher Stärke fortgesetzt wird. Sämtliche aufeinanderfolgende Generationen werden hier von der ersten Generation gleichsam in übermäßiger Zentralisation verschlungen. Wie sehr eine noch weiter gesteigerte Verschiedenheit der Triebe den Habitus eines Baumes bestimmen kann, sehen wir besonders deutlich bei der Birke. Der Kombination von Langtrieben mit zahlreichen, fast immer nur 2 oder höchstens 3 Blätter tragenden Kurztrieben, dankt die Birke, daß sie nicht ganz und gar wie eine durchsichtige Trauerweide aussieht. Auch die Anordnung und Stellung der Blätter an den Trieben ist ins Auge zu fassen. Im Gegensatz etwa zur Buche stehen die Blätter bei der Eiche an den Spitzen der Triebe gehäuft zusammen, wodurch die büschelige Zusammensetzung der Krone bedingt ist. Interessant ist, sagt Velenovský, „daß der Winkel, in welchem die Zweige sich verzweigen, ebenso die Anzahl und Länge der Zweige häufig den Nerven in den Blättern entsprechen, so daß der Verzweigungstypus der Krone auch in der Nervatur der Blätter ausgeprägt zu sein pflegt (bei der Eiche, Ulme, Weide, Roßkastanie)“. Sowohl am Stamm im großen wie an jedem Ast zeigt sich das Gesetz der bis zu einem gewissen Maximum zunehmenden und von da an bis zum Erlöschen abnehmenden Länge der einzelnen Jahrestriebe; daraus resultiert für jede Art und für den ganzen Baum ein einheitliches Gesetz der Begrenzung, d. h. das Wachstum

und demgemäß die Gestalt findet in sich selbst ihren Abschluß.

Bei der Roßkastanie sind die jungen Triebe in die Winterknospen wie in eine feste Kapsel eingeschlossen. 7—8 Paare von Knospenschuppen (Niederblättern) schließen einen wohlentwickelten Schößling mit 3—4 Laubblattpaaren ein. Die Niederblätter der Roßkastanie mahnen zur Vorsicht in der morphologischen Deutung der Knospenschuppen. Deshalb werden die sich darauf beziehenden Untersuchungen Fosters (16) vielleicht einmal von allgemeinerer Bedeutung für die Lehre von der Blattmetamorphose überhaupt. Foster unterscheidet drei Formen: 1. die oberen Übergangsformen, 2. die eigentlichen Knospenschuppen und 3. die unteren Übergangsformen. Die oberen Übergangsformen besetzen den Knoten unmittelbar über dem letzten Paar der Laubblätter. Sie bestehen aus einer kleinen grünen Spreite, einem kurzen ventral gerinnten Stiel und einer basalen Scheide. Auf sie folgen die eigentlichen Knospenschuppen, welche nur aus 2 Elementen bestehen, nämlich einer breiten eiförmigen Scheide, an der 5—7 winzige Blattrudimente sitzen. Die unteren Übergangsformen sitzen an dem Knoten direkt unter dem ersten Laubblattpaar und sind gebildet von einer relativ wohl entwickelten Spreite von 5—7 Blättchen, die auf einer ovalen Scheide sitzen. Sowohl bei den eigentlichen Knospenschuppen wie bei den unteren Übergangsformen ist die verschieden entwickelte Spreite homolog mit dem Blatt des Laubblattes. Ihre charakteristische, vielgestaltige Scheide indessen zeigt eine mehr oder weniger verdickte mittlere zentrale Region, in welcher die zu den Blättchen führenden Bündel sich ausbreiten und ein paar seitlicher Lappen mit reichlich sich verzweigenden und anastomisierenden Nerven, die bei den niederen Übergangsformen den extremen Ausdruck einer charakteristischen Flügelentwicklung der eigentlichen Knospenschuppen darstellen, also eine im Vergleich zum Laubblatt fast vollständige Umkehrung in den Wachstumsverhältnissen zwischen Spreite und Hypopodium. Die Auffassung des Niederblattes als „Hemmungsbildung“ wird diesem Antagonismus in keiner Weise gerecht und erweist sich als viel zu einfach. Über die determinierenden Faktoren, welche die jährliche periodische Änderung von Knospenschuppen und Laubblättern beherrschen, wissen wir noch so gut wie nichts. Schuepp hat bei den Knospen vom Ahorn

baum gezeigt, daß nahezu gleichzeitig mit dem äußeren Sichtbarwerden der Blatthöcker am Vegetationspunkt die Bestimmung einer Anlage zur Laubblattanlage oder Schuppenanlage erfolgt. Infolge der schon begonnenen „morphologischen Assimilation“ in bestimmter Richtung ist eine vollständige Umstimmung und Umwandlung in den entgegengesetzten Blatttypus nicht mehr möglich.

Von der Niederblattformation steigt in der Regel die Metamorphose, wenn sie vollständig ist, zur Formation des Laubblattes und dann beim Übergang von der vegetativen Region in die Region der Blüte zur Hochblattformation auf. Wie der beblätterte Sproß, so geht auch die Blüte aus dem embryonalen Kegel einer Knospe hervor, nur unterbleibt hier die Streckung in der Längsrichtung, und aus den aus dem Kegel hervortretenden Anlagen gehen keine Laubblätter, sondern die Kelchblätter, Kronblätter, Staubblätter und die den Fruchtknoten zusammensetzenden Karpelle hervor. Nach der bisherigen Auffassung sollte der embryonale Kegel einer Blüte dieselbe meristematische Funktion haben wie ein gewöhnlicher vegetativer Kegel und die Glieder der verschiedenen Blütenkreise bis zu den Karpellen hinauf als „metamorphisierte Blätter“ auf dem Umkreis des Scheitels oder unterhalb desselben aus sich hervorgehen lassen. Das scheint aber nach den fundamental wichtigen Untersuchungen von Grégoire (20) nicht der Fall zu sein. Nach den Ergebnissen von Grégoire müßte z. B. in dem Falle, wo ein beblätterter Sproß mit einer Blüte abschließt, das ganze Prinzip im Aufbau und im Funktionsplan des embryonalen Kegels in einem gegebenen Augenblick sich ändern, um anstatt einer Fortsetzung des beblätterten Sprosses die Blüte aus sich hervorgehen zu lassen. Diese Verschiedenheit im Aufbau und im Funktionsplan soll in folgendem bestehen: Bei dem vegetativen Kegel treten in der Spitze mehrere embryonale Zellen auf, die sog. Initialzellen, die zunächst den drei regelmäßig schalenförmig angeordneten Schichten des Scheitels, dem Dermatogen, Periblem und Plerom, den Ursprung geben. Erst unter diesem Scheitel pflegt durch örtliche Vermehrung der äußersten Periblemschichten die Bildung der Blattanlagen eingeleitet zu werden. Dieser Aufbau und Entstehungsplan führen zur akropetalen Entstehung der Blattanlagen. Davon sind aber

die Konstitution und der Bildungsplan in einem Gipfel, der die Karpelle der Blüte hervorbringt, prinzipiell verschieden. Das meristematische Gewebe, aus welchem z. B. die Karpelle von Ranunkulus hervorgehen, zeigt auf seiner ganzen Ausdehnung eine identische Konstitution. Die Teilungen vollziehen sich hier überall in gleichem Maße, sowohl in den Flanken wie im Gipfel, ohne daß irgendwie eine apikale Initialregion vom Umkreis und dem darunter liegenden Teil zu unterscheiden wäre. Mit der Bildung eines solchen besonderen Meristems, das radikal verschieden ist von dem Meristem eines vegetativen Kegels, hängt es auch zusammen, daß, wie Grégoire bei den verschiedensten Pflanzengruppen nachweist, der zentrale Teil des Blütenbodens vollständig zum Aufbau der Karpelle verwendet wird oder die Karpelle in ihren Anlagen als die Verlängerung des ganzen Gewebes eines Sektors des Blütenbodens erscheinen. Deshalb können auch die Karpelle den Blättern nicht homolog sein, es sind Organe sui generis, gewissermaßen eine auf die „Entzweiung“ in Blatt und Sproß folgende Synthese beider. Wo es sich um echte Monstrositäten von Karpellen handelt, entsteht deshalb auch nie ein Blatt. Hübsch zeigten das von mir beobachtete Blütenverlaubungen bei *Mimulus Tilingii*, die durch Blattläuse bewirkt wurden. Wie Abb. 1 zeigt, ist an der Monstrosität noch die Narbe zu erkennen, ferner erscheint die Plazenta als merkwürdiger Auswuchs mit rudimentären Samenanlagen (Abb. 1 a).

Wir wenden uns nun zum Aufbau und Funktionsplan des vegetativen Kegels wieder zurück. Die Anordnung der Blattanlagen erfolgt an ihm nach ganz bestimmten Gesetzen, von denen eine umfassende Theorie im Sinne der möglichen Anordnungstypen Schuepp (47) zu geben versuchte. Schuepp geht von der Voraussetzung aus, daß jede Anlage zu ihren Nachbaranlagen in derselben Lagebeziehung steht, daß die Blattanlagen bei konstanter relativer Wachstumsgeschwindigkeit und gleichen Altersabständen (Plastochron) ähnlich sind und zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gliedern der Reihe ein konstantes Größenverhältnis besteht. Die Stellungssysteme, die so entstehen, bezeichnet er mit Iterson als „ähnliche Systeme“ und die Anlagen als „Teilkörper“ dieser Systeme. Bestimmend für die aus einem solchen ähnlichen System hervorgehenden Blattstellungstypen wird die Form der Teilkörper. Ist die Scheide vollkommen symmetrisch, so entsteht eine zweizeilig

symmetrische Blattstellung oder es entstehen alternierende Quirle. Sind in den aufeinanderfolgenden Scheiden die Flanken gleichsinnig asymmetrisch, so entsteht die Spiralstellung. Ist die Asymmetrie der Scheidenränder so, daß der größere Flügel abwechselnd rechts und links fällt, so führt dies zur zweizeilig dorsiventralen Stellung. Alle diese Typen werden als grundsätzlich gleichberechtigte Lösungen des Problems angesehen, einen Sproß aus regelmäßig angeordneten Sproßgliedern aufzubauen. Dieses System kann durch

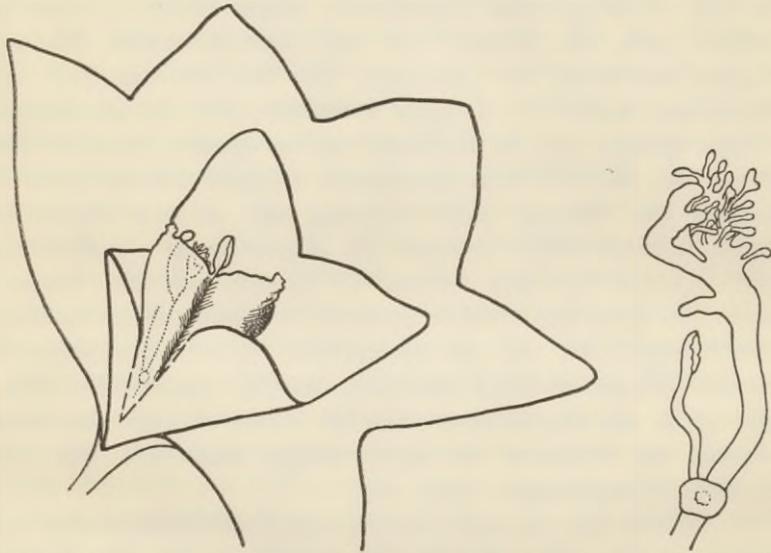


Abb. 1 und 1a. (Nach André).

verschiedene Übergangsformen von weniger streng gesetzmäßigem Aufbau bereichert werden. So kann die Stellung bei *Galium silvaticum* aufgefaßt werden als einfache Spiralstellung mit einer starken Annäherung an die symmetrische sechszählige Quirlstellung. Stellungsgesetze mit niedrigem Symmetriegrad treten nach Schuepp nur selten klar als eigene Stellungsgesetze hervor (wie z. B. bei *Costus*), sondern nähern entsprechend dem soeben erwähnten Beispiel meistens einem Stellungsgesetz mit höherem Symmetriegrad sich stark an. Dafür spricht auch die große Annäherung an die Orthostichie, die unter der großen Zahl möglicher Divergenzwinkel bevorzugt auftritt und auf der Grundlage

der einfachen Spiralstellung bis zu der großen Regelmäßigkeit von *Fontinalis* oder *Carex* führt.

Im Gegensatz zu Schuepp wollen Hirmer und Schoute einen einzelnen der genannten Stellungstypen als normal zugrunde legen und die anderen Typen daraus ableiten. Sie lassen aber dabei nach Schuepp im abgeleiteten Typ so viel von den Eigenschaften der Ausgangsstellung verschwinden und neue Elemente hinzutreten, daß der abgeleitete Typ als ein eigenes Stellungsgesetz gelten muß. Indem sie ferner einen verschiedenen Ausgangspunkt wählen (Hirmer leitet die Spiralstellung aus der regulären Wirtelstellung ab, nach Schoute bilden sich aus der Spiralstellung über die sog. „Bindungswirtel“ symmetrische alternierende Quirle heraus), gelangen sie in unauflösliche Widersprüche zueinander, die sich bei der beweglicheren ungezwungeneren Fassung Schuepps vermeiden lassen. Wie dem auch sei, entscheidend ist, daß sowohl Schuepp, wie Hirmer und Schoute für die mathematische Regelmäßigkeit der Blattstellungen nicht die Raumverhältnisse und den gegenseitigen Druck der Anlagen am Vegetationskegel verantwortlich machen, da eine solche Beziehung in der Natur oft nicht zu erkennen ist. Schuepp trifft in seinen Anschauungen mit plausiblen Analogien aus der Strukturphysik zusammen. So besteht z. B. zwischen der Spiralstellung im Aufbau des Sprosses und der Kristalle eine merkwürdige Analogie, auf die F. Haber in Berlin in der Festnummer der „Naturwissenschaften“ (1926, Nr. 38) hingewiesen hat. Die Kristallgitter vieler Kohlenstoffverbindungen ließen sich zum Teil sehr gut auf die Mikroarchitektur der Moleküle zurückführen, die aus einem asymmetrischen C-Atom und vier in Tetraederform darum gruppierten voneinander verschiedenen Atomen oder Atomgruppen bestehen. Diese Theorie erklärt das optisch verschiedene Verhalten der Kristalle bei den Rechts- und Linksverbindungen und viele andere Erscheinungen. Haben wir nun ein C-Atom, das mit vier gleichen Atomen oder Atomgruppen verbunden ist, z. B. die Verbindung $C(CH_2OH)_4$, so sollte man annehmen, daß ein vollkommen tetraedrisch symmetrisches Molekül entsteht, das in die Kristallgitter des regulären Systems sich einordnet. Das ist aber bei der Verbindung $C(CH_2OH)_4$ nicht der Fall. Sie kristallisiert niedriger symmetrisch, nämlich tetragonal. Man nimmt daher eine Anordnung an, in denen alle gleichen Atome gleichberechtigte Lagen annehmen, worunter

auch die ist, daß das mittlere C-Atom die Spitze einer vierseitigen Pyramide ist, die vier anderen die Ecken von deren Grundfläche einnehmen. In anderen verwickelteren Fällen stimmt dagegen die Ordnung der Moleküle in ihrer Symmetrie nicht mit der des Moleküls selbst überein, sondern die Moleküle werden hier nach der beliebtesten Anordnung der Natur, nach dem Schraubenprinzip geordnet. Längs einer geraden Linie folgt immer ein Molekül, um einen Schraubengang getrennt, dem andern auf derselben Seite der Schraube, während auf der andern Seite der Schraube eine gleiche Reihe von Molekülen um 180° verschieden auf derselben Höhe der Schraubengänge sitzt. Haber weist nun darauf hin, daß diese Anordnung, die z. B. bei Stärke, Zellulose u. a. Stoffen röntgenologisch sich ergibt, auch morphologisch in der Architektur eines Sprosses, z. B. in der Anordnung der Blätter an einem Buchenzweig, hervortritt. Doch liegt der Vergleichspunkt hier lediglich in der gleichen Tendenz zur spiraligen Anordnung, die Ursachen, die dieser Tendenz im Vegetationspunkt und in der chemischen Substanz zugrundeliegen, werden recht verschiedene sein, was auch Schuepp betont.

Wenn wir die ordnungsvolle Stellung der Knospen am Triebe, der Triebe am Zweige und der Blätter am Trieb, das gesetzmäßige Werden dieses Triebes einerseits und der Blüte andererseits aus zwei ganz verschiedenen Aufbauprinzipien und Funktionsplänen der embryonalen Kegel beachten, wenn wir weiterhin auch die Ordnung ins Auge fassen, durch die von den Vegetationsspitzen herunter auch größtenteils die Kambiumtätigkeit und der konzentrische Aufbau des Holzkörpers beherrscht wird, so haben wir noch keineswegs die Entfaltung des Baumes biologisch begriffen und die Notwendigkeit der Modifikationen seines Aufbaues in Zusammenhang mit den äußeren Verhältnissen dargelegt. Es gilt also jetzt, den biologischen Funktionsplan des Baumes kurz zu charakterisieren und in Zusammenhang damit seine Form und Struktur, also zu untersuchen, inwiefern letztere im Dienst der Erhaltung des Individuums und der Art stehen.

Da ist zunächst der Stamm selbst mit seinem feineren anatomischen Aufbau zu betrachten. Er hat für den Baum vor allem dreierlei Anforderungen zu entsprechen: 1. der Reservestoffspeicherung und Wasserbindung in Zeiten der Trockenheit, 2. den Anforderungen mechanischer Festigung und

3. dem Säftekreislauf von unten nach oben und von oben nach unten.

Was die Reservestoffspeicherung angeht, so dient derselben vor allem die Parenchymbildung im Stamm, die dem Bedürfnis entsprechend gesteigert und herabgesetzt werden kann. Meine Versuche mit *Sparmannia africana* (2) zeigten ganz eindeutig, daß gute äußere Ernährungs- und günstige Assimilationsverhältnisse, welche die Notwendigkeit zur Folge haben, viel Reservematerial zu speichern, zu einer starken Vermehrung des Holzparenchyms mit relativer Einschränkung des Holzskelettes führen. Das Holzskelett verstärkt sich hingegen und die Parenchymbildung tritt zurück bei schlechter Ernährung, so daß jetzt den Anforderungen erhöhter Festigung Rechnung getragen wird. Doch davon später. Wichtig ist, daß in den Skelettelementen des Stammes je nach der Stärke der Verholzung durch Ligninbildung (die durch die immer tiefere rosenrote Färbung bei der Phlorogluzin-Salzsäurereaktion hervortritt) ein auch immer stärkeres Wasserbindungsvermögen hervortritt (46). Wenn zwei Blätter gleich schweren Zellulose- und Zeitungspapiers mit der gleichen Menge Wassers getränkt werden, so zeigt sich eine merklich langsamere Wasserabgabe beim holzstoffreichen Zeitungspapier. Besonders holzstoffreich sind nun die engporigen Fasern in der dunklen Zone des Jahresringes. Diese bilden sich aber dem Bedürfnis stärkerer Wasserbindung entsprechend auch bei Trockenhaltung der Pflanze. Wie meine Versuche mit der Wandelblüte (*Lantana camara*) zeigten, kann man bei ihr durch periodische Trockenhaltung beliebig viele solcher stark wasserbindenden Engholzringe künstlich erzeugen. Eine größere Anzahl der Gefäße hingegen, verbunden mit der größeren Weite und geringeren Verholzung der übrigen wasserleitenden Organe wurde immer bei günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens und günstiger Nährstoffversorgung und Assimilation gebildet.

Zieht man die zwei Hauptanforderungen: die Anforderung möglichst günstiger Wasserleitung und die Anforderung möglichst maximaler Festigung in Betracht, so fragt sich, welcher dieser beiden Forderungen die Struktur und Größe des Jahreszuwachses am besten entspricht. Was die mechanische Festigung angeht, so liegt es nahe, sie mit dem Prinzip des kleinsten Aufwandes, sei es an Kraft oder an Stoff, in Zusammenhang zu bringen. Ganz

klar tritt dieses Gesetz in dem geringsten Materialaufwand zutage, der im mechanischen System der Blätter und Sproßachsen verwirklicht ist. Metzger will ähnliche Beziehungen auch am Baumstamm festgestellt haben. Nach seiner Auffassung würde der Stamm vom Winde auf Zug und Druck in Anspruch genommen, und er würde unter Vermeidung jeder überflüssigen Verstärkung den Stamm von der Befestigungsstelle aus (wo die maximale Bruchgefahr besteht) nach oben sich verzüngen lassen. Die Verzüngung wäre zudem noch so gewählt, daß der Schaft auf seiner ganzen Länge einer am Ende angreifenden biegenden Kraft denselben Widerstand entgegensetzt, also einen „Träger gleichen Widerstandes“ darstellt. Man kann zugeben, daß in der Metzgerschen Theorie so viel Richtiges ist, daß man sagen kann: der Baum begegnet den mechanischen Einflüssen in ökonomischer Weise insoweit, als es mit den Anforderungen der Wasserzirkulation in Einklang zu bringen ist. Diese scheinen aber noch entscheidender die Baumform zu bedingen, ja Abweichungen von der Vollholzigkeit des Baumstammes können, wie Jaccard (25 u. 26) gezeigt hat, ohne Rücksicht auf die Wirkungen des Windes durch die Ernährungs- und Transpirationsverhältnisse der Krone gedeutet werden. Zunächst muß, da die Luft und das Licht, welche die Atmung und die Assimilation bedingen, die Krone gleichmäßig und symmetrisch umgeben, der Schaft notgedrungen eine symmetrisch radiale Struktur annehmen. Die Entwicklung der Leitungsschicht muß mit derjenigen der Verdunstungsorgane in Einklang stehen. Für eine vollholzige Tanne oder Fichte ergibt sich daraus ein rascheres Dickenwachstum derjenigen Stammportionen, die der Krone am nächsten liegen, weil ja der zuletzt gebildete Jahresring, in welchem der größte Teil des Wassertransportes stattfindet, nur dann eine gleichmäßige Leitungskapazität haben kann, wenn er im oberen, engeren Teil des Schaftes eine größere Breite erreicht hat als unten, wo der Stammdurchmesser größer ist. Die fortlaufende Dickenzunahme des Stammes von oben nach unten verträgt sich natürlich mit dieser Annahme sehr wohl, denn sie hängt nicht nur von der Ringbreite, zumal der letzten Ringe, sondern auch von der Anzahl der Ringe ab. Die Verschmälerung des äußersten Jahresringes von oben nach unten geht aber nur bis zu einer gewissen Tiefe hinab, auf der der „minimale relative Durchmesser“ liegt, identisch mit der Bruchstelle der Bäume

beim Sturm. Von da ab erfolgt wieder eine Ausbreitung des Ringes bis zum Wurzelanlauf, wo infolge der Richtungsänderung der Wasserbahnen beim Übergang aus der Wurzel in den Stamm eine Verlangsamung der Wasserströmung verursacht wird, die ihrerseits eine Erweiterung der Bahnen fordert. Die innere Anpassung des Leitungsgewebes an den Wasserhaushalt der Pflanze setzt sich aber, wie namentlich die geistvollen Untersuchungen Hubers (24) gezeigt haben, auch in die Krone hinein fort. Da in der oberen, die Sonnenblätter tragenden Wipfelregion die Ernährungstätigkeit keineswegs gehemmt, sondern eher gesteigert ist, darf ihnen das Wasser von den unteren Teilen der Krone nicht gewissermaßen abgesaugt werden. Diesen untersten Teilen wird daher die Wasserzufuhr durch weniger zahlreiche und schlechter leitende Gefäße wie durch einen vorgeschalteten Widerstand erschwert, während die Sonnenblätter des Wipfels durch verhältnismäßig mehr Leitgewebe und weitere Gefäße versorgt werden. Hand in Hand damit geht in der ganzen Baumkrone von unten nach oben hin die Erhöhung der Konzentration des Zellsaftes der Blätter und damit auch die Größe der saugenden Kraft. Die Ausbildung von weiter oben sitzenden, dicken, derben Sonnenblättern mit verstärkter Chlorophyllschicht und weiter unten sitzenden, großen, zarten Schattenblättern mit verdünnter Chlorophyllschicht, ferner die Ausbildung dickerer Zweige oben und dünnerer Zweige unten sowie die verschiedene Richtung der Zweige, all das ist ernährungsphysiologisch und durch das Bedürfnis bester Lichtausnutzung tief begründet. Auch die Größe und Gestalt der Blätter hängt damit zusammen. Geteilt sind überhaupt nur große Blätter, die kleinen bleiben einfach. Das hat zur Folge, daß sie sich nicht gegenseitig das Licht rauben. Wie bei der Roßkastanie oder beim Ahorn zu ersehen ist, sind die äußersten Blätter eines schräg stehenden Zweiges oft besonders groß; wären die nach innen stehenden ebenso groß, so würden sie sich gegenseitig beschatten. Da die Blätter zudem in vielen Fällen lichtwendig sind, kommt im Blätterdach oft eine Anordnung zustande, das sog. Blattmosaik, in dem keine Lücke vorhanden ist. Wie Huber neuerdings gezeigt hat, besteht auch in der Belaubungsfolge zwischen Treibwilligkeit und Sonnenblättrigkeit eine enge Korrelation.

II. Das Problem des Autotropismus als grundlegendes Problem der Gestaltungsphysiologie des Baumes. Die Priorität des Autotropismus vor den Heterotropismen.

Wenn wir rückblickend den Aufbau und die Struktur der Baumgestalt im Zusammenhang mit dem ontogenetischen Entstehungsplan und dem biologischen Funktionsplan noch einmal überschauen, so sehen wir, wie bei einer oft weitgehenden artlichen und in Zusammenhang damit wohl auch stofflichen Verschiedenheit fundamentale Übereinstimmungen bestehen. So etwa im meristematischen Bildungsprinzip des Sprosses und — wenn die Auffassung von Grégoire sich voll bestätigen sollte — auch im meristematischen Bildungsprinzip der von den Karpellen gekrönten Blüte. Weitgehend gleich ist auch das meristematische Prinzip des Dickenwachstums bei den Dikotylen. Die überwiegende Mehrzahl der Dikotylen besitzt schon einen geschlossenen Prokambiumring, der zum Ursprung der Hauptmasse des künftigen Stammes wird. Entweder verwandelt sich der Prokambiumring ohne weiteres in Dauergewebe, oder es wird in ihm ein Ring von Reihenkambium angelegt, der regelmäßige Schichten von Holz und Bast bildet. Hinzugefügt sei an dieser Stelle noch der von J. W. Bailey gebrachte Nachweis, daß bei den Gymnospermen und den hinsichtlich ihrer Holzstruktur wenig spezialisierten Dikotylen und den höher differenzierten Dikotylen ein prinzipiell verschiedenes Teilungsprinzip der meristematischen Zellen durchgeführt ist: bei jenen teilen sie sich mehr oder weniger transversal und die Tochterzellen verlängern sich und gleiten aneinander vorbei, bei diesen streng radial, wobei die Zellen sich dann nur in tangentialer Richtung vergrößern. Trotz weitgehender artlicher Verschiedenheit sind also die Pflanzen innerhalb jedes dieser beiden Teilungsmodi durch denselben Entstehungsplan ihres Dickenzuwachses verbunden. Noch strengere Übereinstimmungen zeigt der allgemein bekannte prinzipiell gleiche Entstehungsplan der haploiden aus der diploiden Phase durch die sog. Reduktionsteilung usw. Es bleibt noch eingehenden Untersuchungen vorbehalten, zu entscheiden, inwieweit auch der im engeren Sinne biologische Funktionsplan im Aufbau des Stammes zu allgemeinen Gesetzmäßigkeiten führt, z. B. was den

von Jaccard und Huber untersuchten Innenbau des Leitgewebes (zur Sicherung der Wasserversorgung) und die Verteilung der Saugkräfte angeht. Wenn solche im wesentlichen gleiche Entstehungs- und Funktionspläne bei artlich ganz verschiedenen Individuen, also bei unzweifelhaft großer Verschiedenheit der stofflichen Zusammensetzung, zu analogen Form- und Strukturresultaten führten, dann darf man die Verkettung von Stoff und Form und Funktion nicht zu eng fügen. „Die Form eines Organismus, sagt Fernand Lataste (33), hängt auch nicht ab von den Formen, die von seinen Organen erstrebt werden; sie ist auch nicht eine einfache Resultante dieser, sondern im Gegenteil, die Form jedes Organes wird bestimmt durch die Notwendigkeit mit der allgemeinen Form zu konkurrieren; es ist so, als wenn ein Gebäude sich erheben würde nach einem Plan, der ganz unabhängig von der Form der Materialien, die es zusammensetzen, ist, und die Materialien, im Gegensatz dazu, die oder jene Form entsprechend dem Platz empfangen würden, den sie im Gebäude einnehmen; ferner, daß dieser Plan notwendig Rechnung trägt den physikalischen Gesetzen, wie etwa denjenigen der Gravitation und Bewegung. „Aber aus der Tatsache, daß etwa die Wirkungen der Schwerkraft (wir fügen hinzu: auch des Lichtes, des Windes usw.) vorgesehen sind in diesem Plane, darf man nicht schließen, daß sie es sind, welche die Konstruktionen und Umformungen dirigieren.“

Besonders deutlich wird dies beim höher entwickelten Tier, in dessen individueller Entwicklung der Einfluß der Schwere auf die Bewegungen in der Ausbildung der Bewegungsorgane vorgesehen ist, ohne daß die Gravitation selbst die durch sie geforderten Formungen auslöst. Bei den Formharmonien der Pflanze finden wir Analogien. So reagieren z. B. die noch in der Knospelage befindlichen oder eben aus dieser hervortretenden Stengel und Blätter zumeist noch nicht geotropisch, und doch ist z. B. die als Glied harmonisch sich ins Ganze fügende symmetrische Bildung der wedelförmigen Seitenzweige größtenteils schon weitgehend in dieser ursprünglichen Anlage des einzelnen Stengelgliedes und in der Art, wie die ersten zwei Glieder sich aneinanderreihen, begründet. Ebenso werden die Sonnen- und Schattenblätter in ihrer Verteilung und Ausbildung nicht unmittelbar durch die Be-

leuchtung induziert, sondern das alles ist schon in den Knospen vorgebildet. Die Analogie zum Tier kann aber noch weiter geführt werden. Die von den äußeren Reizen ausgelösten Bewegungen des Tieres sind auch im Falle der sog. Reflexbewegungen extrem spezialisierte oder vereinfachte Handlungen des Ganzen. So ist auch die Theorie des Geotropismus unzureichend in dem Anspruch, die Richtungen der verschiedenen Teile des Baumes zu erklären, und die heute erwiesene Unhaltbarkeit der reinen Reflexologie legt die Frage nahe, ob nicht auch die sog. Tropismen extrem spezialisierte oder vereinfachte Autotropismen sind, also Wachstumsphänomene, denen in den „plastischen Bewegungen“ der pflanzlichen Selbstgestaltung die „einfachste Reizgestalt“ zugrunde liegt.

Die Tropismentheorie in ihrer extremen Form ist ähnlich wie die Reflextheorie in ihrer extremen Form ein methodisch sehr wertvoller Versuch, Elementarreaktionen aus dem verwickelten organischen Geschehen herauszulösen, um womöglich durch Erfassung quantitativer Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Reiz und Reaktion sie auch willkürlich beherrschen zu können. Auf diese Weise wurden in der Tat wichtige quantitativ formulierbare Gesetzmäßigkeiten entdeckt: das Reizmengengesetz, das Talbotsche Gesetz, Weber-Fechnersche Gesetz usw. Bei der Avena-Coleoptile konnte Went zeigen, daß die Lichtwendigkeit derselben durch die Wuchshormone erklärt werden kann, indem die von der Spitze abströmenden Hormone an der beschatteten Seite in größerer Menge abfließen, hier also stärkeres Wachstum und damit Krümmung zum Licht hin erzeugen. Durch Hineindiffundierenlassen dieser Wuchsstoffe in Gelatinescheibchen von der abgeschnittenen und in verschiedener Intensität bestrahlten Spitze aus, konnten sogar bei Auflegen dieser Scheibchen (an Stelle der Spitze) quantitativ abgestufte Abhängigkeiten zwischen der Stärke der Beleuchtung und Menge der Hormone und der Stärke der Krümmung festgestellt werden. Interessant ist, daß mit der Beraubung der die Hormone produzierenden Spitze die Lichtwendigkeit nicht endgültig erlischt, sondern durch selbsttätige Wiederbildung einer produzierenden Spitze wieder neu hergestellt werden kann. Im übrigen scheinen auch die Vegetationskegel beherrschende Zentren für die Lichtwendigkeit zu

sein. Entfernt man bei dikotylen Keimpflanzen alle Knospen, in denen die Wuchsstoffe gebildet werden, so erlischt 1. die Fähigkeit zu tropistischen Krümmungen und 2. bleiben die Stengelorgane sehr zurück, während die Blätter besonders groß werden; diese scheinen eigene Wuchsstoffe zu produzieren. Cholodny untersuchte bei Keimpflanzen von Lupinen die geotropische Aufwärtskrümmung umgelegter Pflanzen. Auch hierbei werden hauptsächlich von der Spitze ausströmende, normalerweise gleichmäßig verteilte, das Wachstum fördernde Stoffe nach der Unterflanke abgelenkt und bewirken so ein einseitig verstärktes Wachstum, wodurch eben die Aufkrümmung zustande kommt. Was uns hier vor allem interessiert, ist, daß in beiden Fällen, beim Phototropismus und beim Geotropismus, die Pflanzen sich in einer ganz bestimmten Richtung zum einwirkenden Reiz einstellen, nämlich in die Richtung des Lichtstrahls und genau entgegen der Richtung der Schwerkraft. Die Schnelligkeit der Zellteilungen ist an allen Stellen so bemessen, daß diese Einstellung erreicht wird und sei es auch, wie bei der geotropischen Überkrümmung, durch eine nachfolgende ausgleichende Gegenreaktion. Die Reizwirkungen werden also von den beherrschenden Zentren aus so kombiniert und ausgeglichen, daß die einzelnen Zellen sukzessive in einer Weise an den Zellteilungen teilnehmen, die dem Zustandekommen der dem Bedürfnis des Ganzen, des Individuums, entsprechenden Stellung des Stengels entspricht. Der Reiz muß also „individualisiert“, er muß zu einer, wenn auch hier relativ einfachen und extrem spezialisierten „Reizgestalt“ werden, wenn er eine „gestaltete“ Reaktion zur Folge haben soll.

Die Licht- und Erdwendigkeit von Sprossen offenbaren sich aber als spezialisierte Grenzfälle der plastischen Bewegungen des Wachstums und der Entwicklung überhaupt, insofern sie 1. wie diese selbst Wachstumsbewegungen darstellen, und 2. es von den Wachstums- und Differenzierungsprozessen selbst abhängt, ob und wie die tropistischen Reize perzipiert oder wirksam werden. „So reagieren z. B. die noch in der Knospenlage befindlichen oder eben aus diesen hervortretenden Stengel und Blätter zumeist noch nicht geotropisch und heliotropisch. Auch pflegen die Stengelknoten erst mit einer gewissen Entwicklung die geotropische Reaktionsfähigkeit zu gewinnen, die sich in dem Stengelknoten

von *Dianthus bannaticus* sogar erst einstellt, nachdem er seine volle Größe erreicht hat“ (Pfeffer). Geotrope Wachstums- und plastische Entwicklungsbewegungen durchlaufen zusammen und in gegenseitiger Abhängigkeit verschiedene Phasen, genau so wie nach dem neuesten Studium der Verhaltungsweise der Tiere die extrem spezialisierten mehr oder weniger „reflexartig“ erscheinenden und die „eigentlichen“ im eminenten Sinne gestalteten Handlungen. Bei Befreiung niederer Tiere aus Fesselungen treten, wie Buytendijk gezeigt hat, Reflexe gar nicht auf. Was für das Tier eine Fesselung ist, das ist für die Pflanze eine Kultur im Dunkeln. Etiolierende Keimlinge von *Faba faba* L legen sich im dunkeln und feuchten Raum, anstatt aufwärts zu wachsen, nieder, führen unregelmäßige Krümmungen aus und erst, wenn sie den Rand des Topfes berührt haben, richten sie sich wieder auf. Knollen der orientalischen Hyazinthe, die in einem vollständig dunkeln, sehr feuchten Raum mit der Spitze nach unten gekehrt werden, entwickeln Blätter und Blütensproß auch geradewegs nach unten und erst nachdem diese eine ganz erhebliche Länge erreicht haben, macht sich der Einfluß der Schwerkraft in den Blattspitzen ein klein wenig geltend. Das schnelle Wachstum scheint hier einen Mangel an Straffheit zu bedingen, so daß die Pflanze (entgegen ihrem sonst negativen Geotropismus) dem Zug des eigenen Gewichtes folgt. Im übrigen wird auch die Abweichung von der normalen Form und den normalen Lagebeziehungen, die der Pflanze zunächst äußerlich induziert oder beigebracht worden sind, nach Aufhören der modifizierenden Ursache von der Pflanze wie eine „Zwangsgestalt“ empfunden, aus der sie sich zu befreien sucht. Derselbe Autotropismus, der bewirkt, daß an jungen Keimlingen, die am Klinostaten aus dem Samen entstanden sind, die Teile eine gesetzmäßige Lage zueinander gewinnen, bewirkt nach einer geotropischen Krümmung bei darauf folgendem Ausschluß des Geotropismus, wiederum das physiologische Verhältnis der Teile zueinander, die Wiedereinstellung der jüngeren Zonen in die Richtung der alten, also Aufhebung bestehender Krümmungen. Diese besondere Äußerungsweise des Autotropismus bezeichnet man auch als Rekti-

petalität (Vöchting). Sie gleicht in genau entsprechender Weise auch mechanisch bewirkte Biegungen wachsender Pflanzenteile aus, und ihr ist es zu verdanken, daß ein Sproß, eine Wurzel, ein Blatt usw. aus inneren Gründen geradlinig fortwächst, sich also autoorthotrop verhält. Ganz deutlich wird der Primat der plastischen Selbstbewegung, von der das geotrope Verhalten nur ein spezialisierter Grenzfall ist, bei gewissen Verstümmelungen der Pflanze. Wird die Spitze der Hauptwurzel einer Keimpflanze der Lupine oder Erbse abgeschnitten, so ändert, falls keine Regeneration statthat, eine der Seitenwurzeln ihre Richtung und ersetzt die Hauptwurzel, indem sie in ihrer Richtung fortwächst. Die Richtungsänderung der Ersatzwurzeln vollzieht sich, wie Nordhausen (39) gezeigt hat, auch bei Ausschaltung einseitiger Schwerkraftwirkung am Klinostaten, muß also unabhängig von ihrem Geotropismus durch die plastischen Wachstumsbewegungen der Pflanze hervorgerufen werden, von denen der Tropismus wie der Reflex von der Handlung nur ein extrem spezialisierter Grenzfall ist. Tatsächlich tritt nach Einleitung der Formregulation die spezialisierte Einstellung wieder in Kraft, denn die endgültige Scharfeinstellung der Ersatzwurzel wird durch den Schwerkraftsreiz wiederum begünstigt, wie Nordhausen festgestellt hat.

Mit unserer eben entwickelten Auffassung befinden wir uns vielleicht im Gegensatz zu noch weithin herrschenden mechanistischen Meinungen, aber — sofern eine auf vorsichtige Analogieschlüsse gegründete wirklichkeitsnahe Deutung der Lebensphänomene angestrebt werden soll — in vollkommener Übereinstimmung mit der modernsten Kritik der Reflextheorie durch die Tierpsychologen (bes. Buytendijk) und die Neurologen (v. Weizsäcker, Goldstein, Bouman, Grünbaum u. a.) (9—11, 54). Im übrigen ist auch auf botanischer Seite die Notwendigkeit einer mehr biologischen Formulierung des Tropismenproblems und die starke Bedingtheit der Tropismen neuerdings durch J. M. Janse in seiner Arbeit über „Die Suchbewegungen der Pflanzen“ (Flora 1928 u. 29) hervorgehoben worden. Wenn man die oben entwickelten Anschauungen zugibt, dann gewinnt die weitere Annahme Janses, daß die nichtgeotropischen

Reize (z. B. das Licht) hauptsächlich dahin wirken, den Effekt des Schwerkraftreizes zu modifizieren, sehr an Wahrscheinlichkeit. Dasjenige Organ, von dem aus die Krümmungsrichtung sowie deren Größe jeweils so reguliert wird, wie die jeweiligen Umstände es erheischen, ist nach Janse die Statozyste, also der dem tierischen Gleichgewichtsorgan in etwa analoge Apparat. Janse führt für die Statozysten das Prinzip vom „steten Suchen nach kräftiger (für das Licht mehr nach optimaler) Reizung“ in Anlehnung an die Theorie der Chemo- und Phototaxis ein. Nur die transversal-heliotropischen Bewegungen sollen vom Lichtreiz allein beherrscht werden, also extrem phototrop spezialisierte Bewegungen sein, was vermutlich mit der Spezialisierung der Statozysten zu den Haberlandtschen Linsenzellen zusammenhängen soll. Wenn man berücksichtigt, daß die Statozysten in das Gesamtsystem der Pflanzen eingebaut sind und dem morphogenen Reizfeld mit seinen Organisationszentren in der embryonalen Substanz trotz alledem den dominierenden Einfluß zuschreibt, dann scheint mir in Janses Auffassung ein wertvoller Kern zu stecken. Denn der Geotropismus reicht für die Gestaltung, in ihrer Totalität gesehen, nicht aus. Wie kompliziert hier die Dinge liegen, zeigt sich in den „Suchbewegungen“, welche eintreten, wenn man eine Landpflanze in eine sehr ungewöhnliche Zwangslage bringt, d. h. wenn man sie unter Wasser setzt. Meine Versuche mit *Mimulus Tilingii* haben gezeigt, daß dann alle normal plagiotropen Ausläufersprosse negativ geotrop sich aufrichten. Dagegen wenden sich, wenn man die Wassersprosse, wie Tafel I zeigt, oben ins Dunkle wachsen läßt und nur unten beleuchtet, die untersten kleinsten Sprößchen deutlich dem Licht zu, und zwar würde hier (im Sinne Janses) der negative Geotropismus je nach der Intensität der Lichtwirkung graduell (abgestuft) modifiziert.

Auf botanischer Seite hat vor allem Gadeau de Kerville (29) in seinen „Betrachtungen und experimentellen Untersuchungen über die Richtungen der Wurzeln und der Sprosse“ (Paris 1917) die Theorie des Geotropismus als unzureichend erwiesen, um die Richtungen der verschiedenen Teile der Pflanze zu erklären. Seine Hauptgründe dafür sind die folgenden:

1. Die Tatsache, daß bei einer großen Anzahl von Arten die jungen Hauptwurzeln und die jungen Hauptsprosse, sich nicht

gerade entwickeln, die ersteren gegen das Zentrum der Erde und die zweite gegen den Zenith, wie dies unter dem besonderen dirigierenden Einfluß der Schwere sein müßte, sondern in einer spiralen Richtung, die ihnen vorteilhaft ist, um den Widerstand des Erdreichs zu überwinden (Abb. 2 a—d).

2. Die Tatsache, daß bei gewissen Arten die mehr oder weniger große Unterdrückung der Hauptwurzel oder des Hauptstammes eine Veränderung in der Richtung einiger Seitenwurzeln oder

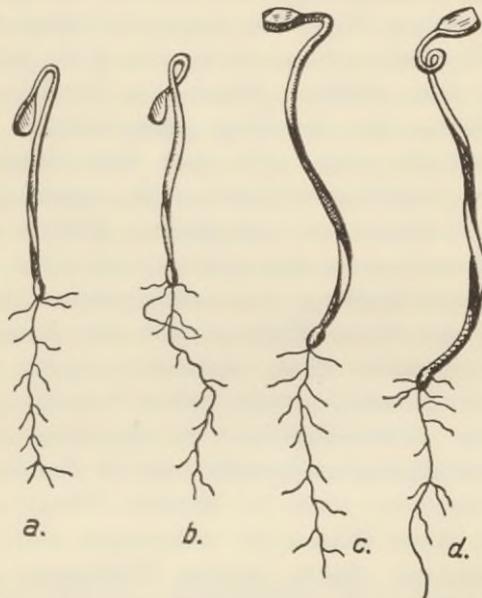


Abb. 2. (Nach Gadeau de Kerville).

Seitenprosse determiniert, die, zuerst schräg gestellt, eine vertikale Richtung einnehmen. Die Struktur eines Ersatzsprosses nähert sich in solchen Fällen der Struktur des Hauptsprosses (Abb. 18). Man kann sogar sagen, daß die Seitenzweige, welche den zerstörten Teil eines Hauptsprosses oder -stammes ersetzen, häufig Modifikationen erleiden, die genügend tiefgreifend sind, um sowohl durch ihre Struktur wie durch ihr äußeres Aussehen der Achse, die sie ersetzen, ähnlicher zu werden, als den Zweigen, denen sie homolog sind.

Man könnte nun freilich sagen, die Einstellung des Seitensprosses in die Richtung des Hauptsprosses beruhte primär auf einer

„Umstimmung“ des geotropen Verhaltens. Diese Ausflucht hat aber schon deshalb wenig Wahrscheinlichkeit, weil, wie wir oben sahen, der analoge Fall der Richtungsänderung der Seitenwurzel sich auch bei Ausschaltung der einseitigen Schwerkraftswirkung am Klinostaten vollzieht. Sekundär wird freilich mit der neu eingeschlagenen Entwicklungsrichtung auch ein geotropes Verhalten des Ersatzsprosses sich neu herauspezialisieren als Grenzfall des plastischen Verhaltens der Pflanze überhaupt. Während der eigentlichen „Umstellung“ der Pflanze, der plastischen auf die Symmetriestörung folgenden Ausgleichsbewegung, dürfte ein geotropisches Verhalten ebensowenig eine Rolle spielen, wie bei der Befreiung eines niederen Tieres aus Fesselungen einseitig spezialisierte Reflexe den Ausschlag geben können.

In der Neurologie erwies sich nach den neueren Versuchen der Begriff des unbedingten Reflexes als unhaltbar (10). Selbst was man als die klassischen unbedingten Reflexe ansah (Knie-sehnen-, Pupillenreflex), erwies sich von so vielen Bedingungen abhängig, daß die Konstanz der reflektorischen Bewegung nur als Spezialfall aus einem Gleichgewicht der inneren Vorgänge aus dem Nervensystem selbst verstanden werden müssen. Und analog wird es auch mit den tropistischen Verhaltensweisen sein. Sie sind in ihrer „Stimmung“ und Umstimmung eine vom Entwicklungsprozeß abhängige Variable, wie ich dies hinsichtlich des Geotropismus besonders schön bei *Mimulus Tilingii* zeigen konnte. Man kann von dieser Pflanze die orthotropen stark negativ geotropen Hauptsprosse durch leichtes Etiollement derart metamorphisieren, daß sie sich umkrümmen und längere Zeit über den Topfrand hinaus substratwärts wachsen, bis sie schließlich mit dem Übergehen in die Blühreife wieder sich aufrichten. Die Abhängigkeit des geotropen Verhaltens von dem Fruktifikationsstadium ist schon durch den klassischen Versuch von Voechting prachttvoll illustriert worden. Die Knospen beim Mohn werden in aufrechter Stellung angelegt, bald aber werden ihre Stiele positiv geotropisch und krümmen sich senkrecht abwärts. Steht dieses Nicken, die Umstimmung des geotropen Verhaltens, in Zusammenhang mit der Blüte? Voechting entfernte die Kelchblätter, die Kronblätter, die Staubblätter, ein Stück des Fruchtknotens — die Abwärtskrümmung war wie normal. Erst wenn der letzte Rest des Fruchtknotens mit jungen Samen entfernt wurde, richtete

der Stiel sich auf. Wahrscheinlich wird also von den Samenknospen aus die Umstimmung des negativen Geotropismus in positiven erfolgen. Wie im Bereich des Blütenstieles das geotrope Verhalten sehr variabel ist, so kann es auch ganz verschwinden. So stellte z. B. Vochting fest, daß die bei schwachem Licht ausgebildeten Blüten von *Impatiens parviflora*, sowie die kleistogamen Blüten von *Linaria spuria* überhaupt kein geotropisches Orientierungsvermögen besitzen. Wie die moderne Neurologie zeigt, ist jede Bewegungsreaktion des Tieres eine gestaltete variable Handlung, welche einer bestimmten, geformten, aber im einzelnen wechselnden Reizgestalt entspricht. Bethe hat bei Käfern festgestellt, daß nach Amputation eines oder einiger Glieder die übrigen zu einer neuen Wirk Ganzheit werden und das nicht nach vorhergehender Übung, sondern sofort. Ebenso ist nun auch jede Wachstums- und Differenzierungsreaktion der Pflanze eine gestaltete variable plastische Bewegung, welche einer bestimmten, geformten aber im einzelnen wechselnden Reizgestalt entspricht. Wird das Rupprechtskraut (*Geranium Robertianum*) seiner Stützblätter beraubt, so senken sich die Grundblätter der Pflanze herab und treten dafür ein. Hierbei vermehren sich die mechanischen Gewebe der Blattstiele außerordentlich, sowohl der periphere Kollenchymring, als die Sklerenchymstränge der Gefäßbündel, so daß die gestörte Funktions Ganzheit wieder vollkommen ausgeglichen ist.

III. Nolls Begriff der „plastischen Bewegung“. Individualisierte Reize oder „Reizgestalten“. Ausblick auf die tierische Entwicklungs- und Verhaltensphysiologie. Primat des Formwechsels über den Stoffwechsel.

Gadeau de Kerville nennt die Gesamtheit der physiologisch leitenden oder richtunggebenden Kräfte „la force autotropique“ (29). Mit dem Namen Autotropismus ist natürlich wenig gewonnen, aber viel, wie wir später sehen werden, mit der Eigenartsanalyse des autotropen Verhaltens. Sachlich in ähnlichen Gedankengängen wie Gadeau de Kerville bewegte sich der deutsche Botaniker F. Noll. In seiner klassischen Abhandlung: „Beobachtungen und Betrachtungen über die em-

bryonale Substanz“ (38) geht er zu dem methodisch außerordentlich wichtigen Schritt über, die Entwicklungsvorgänge in die gleiche Linie mit den durch die Schwerkraft und das Licht bewirkten Bewegungsvorgängen zu stellen. „Die Gestaltungsvorgänge, sagt er, sind ja ebenfalls bestimmte Bewegungserscheinungen der lebenden Substanz, die man als „plastische Bewegungen“ solchen anderer Art gegenüberstellen kann. Bereits Hofmeister (Pflanzenzelle S. 125) hat Wachstums- und Gestaltungsvorgänge am Vegetationspunkt mit Plasmabewegungen verglichen wie sie den Myxomyzeten-Plasmodien eigentümlich sind.“ Beide können bei verschiedener Zerteilung oder Symmetriestörung wie auf einen ausgleichenden „Spannungsreiz“ hin ihre plastischen Bewegungen zu dem qualitativ gleichen Endziel führen. So kann man aus den Protoplasmanmassen der Lohblüte ohne weiteres zwei oder drei Individuen machen, indem man sie in zwei oder drei kleinere Massen zerteilt. Zur Bildung des für die Lohblüte ganz spezifischen, eigentümlich gestalteten Fruchtkörpers trägt jeder Teil des Protoplasmas, je nach dem Orte, den er gerade in dem Moment einnimmt, bei. Aber es konnte auch der Nachweis geliefert werden, daß an Sprossen und Wurzeln durch Spaltung des Scheitels bzw. durch Längsschlitzung unterhalb des Vegetationspunktes Teilprodukte erzeugt werden, welche imstande sind, im Laufe ihrer weiteren Entwicklung das abgetrennte Stück vollkommen zu ergänzen. Ja es gelang sogar, durch künstliche Spaltung ganzer Blütenköpfe, wie der von *Helianthus annuus*, Tochterköpfchen zu erzeugen, wobei die Hälften an der Schnittfläche sich nicht nur abrundeten, sondern Hüllblätter und Strahlenblüten bildeten, welche an dieser Stelle sonst nicht entstanden wären (30). Daß bei solchen regenerativen Gestaltungsvorgängen oder „plastischen Bewegungen“ im Sinne Nolls durch die Symmetriestörung eine viel höhere Individualisierung der Reize, eine viel höhere „Reizgestalt“ auftreten muß, wie bei einem spezialisierten Tropismus, wo nur die verschiedene Schnelligkeit der Zellteilungen und die ausgleichende Gegenreaktion bemessen werden muß, ist selbstverständlich. Hier treten durch die plastische Reaktion ja auch qualitative Neubildungen auf.

Noll war der Auffassung, daß die durch die Symmetriestörung hervorgerufenen Spannungszustände von der Pflanze gewissermaßen als Mangel empfunden werden, den sie auszugleichen

trachtet, und er prägte dafür den Begriff der „Morphaesthesie“. Heute dürfen wir nur in neutraler Sprache von einer „Individualisierung der Reize“ und von einer den Ausgleich einleitenden „Reizgestalt“ reden, die durch die Symmetriestörung zustandekommen. Diese Begriffe haben für die Biologie zunächst ihr „fundamentum in re“ in der Erforschung der Verhaltensweisen beim Tiere gewonnen und lassen sich besonders schön an den Untersuchungsergebnissen Buytendijks und Fischels über „Teil und Ganzes bei der Orientierung von Ratten“ (9) demonstrieren. Wir wollen diese kurz charakterisieren. Auf einem Tisch, der von 4 hohen schwarzen Wänden umgeben ist, befindet sich in der einen Wand eine Öffnung, durch die die Ratte eintritt, und gegenüber unter 11 Fächern ein Fach, das zum Neste führt. Das vierte Fach, über welches die Grenzlinie der schwarzen und weißen Fläche verläuft, ist das „richtige“. Abb. 3 zeigt deutlich die Verhältnisse.

Die Ratte lernt verhältnismäßig schnell die Einlaßstelle finden und läuft dann geradewegs hin. Wenn nun die Grenzlinie etwas weiter nach links verschoben wird, so stört das die Ratte im Auffinden des richtigen Faches wenig.

Wird sie dagegen nach rechts verrückt, so daß sie über die Mitte der Wand verläuft, so werden die Tiere sehr verwirrt. Das Verhalten der Tiere wird also offenbar nicht durch die als Einzelreiz wirkende und als soliertes Element aufgefaßte Grenzlinie, sondern durch die Auffassung der „Gesamtstruktur“ bzw. durch die ihr physisch zugrundeliegende „Reizgestalt“ bestimmt. Diese hat sich zwar nicht im ersten, wohl aber

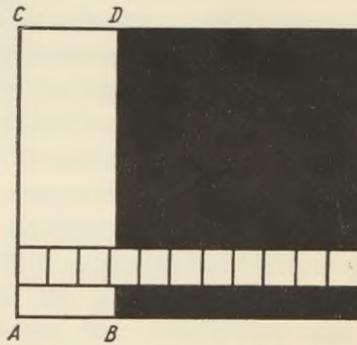


Abb. 3. (Nach Buytendijk).

im zweiten Falle auch für unsere optische Auffassung wesentlich verändert. Die optischen Reizgestalten zeigen nun alle möglichen Eigenschaften, die auch in der Morphogenese sich offenbaren, wie z. B. die Fähigkeit einer gewissen Auflockerung (Entspezialisierung oder Embryonalisierung), die Tendenz zur Ausgeprägtheit, zur Ergänzung usw. Daß diese Ergänzungstendenz nicht von der begrifflichen Auffassung hineingetragen wird, zeigt sich besonders

schön an dem Beispiel der die Teile ins Ganze fügenden Figursynthesen. Figuren, die einem halbseitig erblindeten Auge nur halb geboten werden (z. B. ein Kreis, eine Ellipse, ein Quadrat, ein aus drei Stäbchen erzeugter Stern), können unter Umständen ganz gesehen werden. Dazu kommen im Aufbau der Wahrnehmungen — wie Palágyi in seiner „Wahrnehmungslehre“ (1925) zeigte — noch eine Art vitaler „Findungsakte“. Bedecke ich z. B. mit der Handfläche die kreisförmige Öffnung eines Bechers, so nehme ich die Kreisform der Öffnung nicht vermittelt der Empfindung wahr, die der Glasrand erweckt, sondern diese Empfindungen müssen erst meine Einbildungskraft anregen und mich zu einer eingebildeten Bewegung rund um den Glasrand herum (einer motorischen Vorstellung) anregen, damit ich dessen Kreisform zu erfassen vermag. Eingebildete hinweisende Bewegungen sind es auch, die zuerst unter der Kontrolle des Bewußtseins, dann aber ohne dieselbe beim Erlernen eines Klavierstücks schließlich eine nur in der Ausführung (nicht mehr in der Handlung) selbständige wirkliche Bewegung innerlich konstituieren helfen. Im Aufbau der Wahrnehmungen kommt ferner der stets neuschöpferisch zu sich zurückkehrende Kreislaufcharakter mit großer Prägnanz heraus. Führt man etwa in der Einbildung eine Zitronenschnitte in den Mund, was gewöhnlich dann geschieht, wenn irgend jemand das vor unseren Augen tut, dann kann diese motorische Vorstellung eine so lebhaft empfundene Geschmacksempfindung von Zitronensäure hervorrufen, daß die induzierte Empfindung an Intensität beinahe der wirklichen gleichzukommen scheint. Natürlich können sich an eine motorische Vorstellung (wie an eine Dominante) außer Geschmacksempfindungen auch Kälteempfindungen (z. B. bei hinweisender Bewegung auf eine Türklinke), Muskelempfindungen usw. anschließen und um sie herum einen ganzen Hof von Erinnerungen entstehen lassen, die je nach den Gedächtnisresiduen verschieden sind und so auch zu verschiedenen Findungs- und Zurechtfindungsakten führen können.

Die Analogie bestimmter morphogenetischer Akte zu diesen Urformen des Psychischen sind, worauf auch kürzlich Reinhard Demoll (13) in seiner Münchner Rektoratsrede hingewiesen hat, überraschend. Reinhard Demoll weist auf das besonders eindrucksvolle Beispiel der Kalkelemente in der Haut der Seewalzen hin, die ich auch in meinem Buch: „Urbild und Ursache in der Biologie“

(R. Oldenbourg, München) eingehend besprochen habe. „Die Seewalzen bergen in ihrer Haut mikroskopisch kleine, oft sehr zierlich gebaute Kalkelemente. Eine der Gattungen zeigt diese jeweils paarweise angeordnet, und zwar so, daß die Paarlinge unter sich verschieden im Aussehen zeitlich nacheinander entstehen. Dabei ist das später entstehende, ankerförmige Gebilde abhängig von

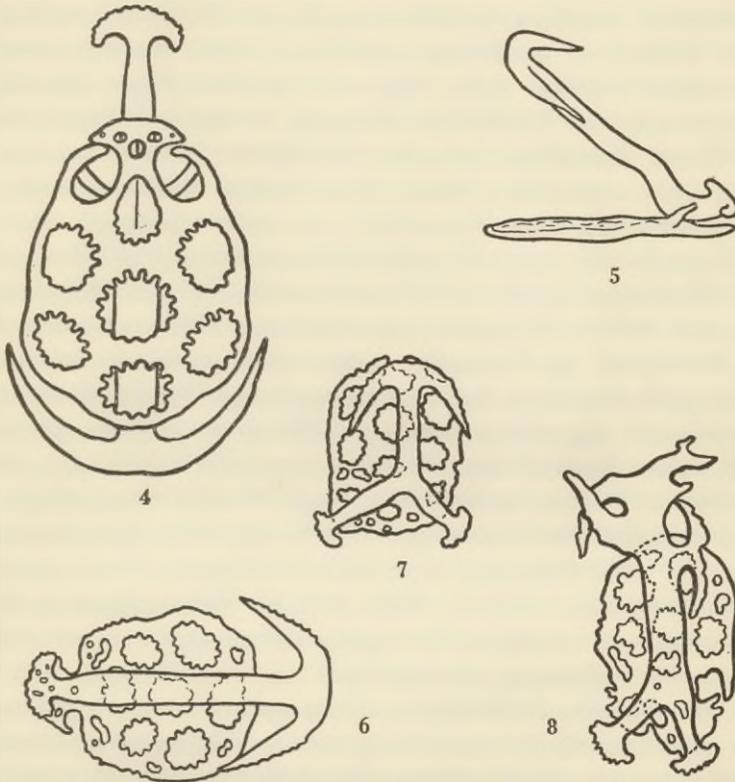


Abb. 4—8. (Nach S. Becher).

dem zuerst gebildeten Kalkstück, Platte genannt (Abb. 4—8). Ist diese abnorm orientiert, so nimmt auch der Anker eine abnorme Lage ein. Ist sie asymmetrisch, so wird auch der Anker entsprechend asymmetrisch angelegt. Sie ist also ein zwingender Wegweiser für das ankerförmige Gebilde. Fehlt aber die Platte ganz, so ist nun nicht etwa der Anker ohne Orientierung; es zeigt sich auch hier im kleinen wieder, daß die ganzen Fähigkeiten erst

offenbar werden, wenn die üblichen Wegweiser versagen. Jetzt orientiert sich der Anker nach einem anderen Kompaß, nach feinen Muskelzügen, die die Haut von vorn nach hinten durchziehen. Der Vorgang der Orientierung des Ankers ist also doppelt gesichert. Solche doppelte Sicherungen hat man nun schon viele kennengelernt. Die Vorgänge bei der Bildung dieser beiden Skelettstücke verdient nun besondere Aufmerksamkeit. Das zuerst entstehende Skelettstück bestimmt das zweite im Ganzen wie in seinen Teilen. Dabei berührt der entstehende Anker an keiner Stelle das zuerst entstandene Gebilde. Jedes liegt zwar in einer Masse lebendigen Protoplasmas mit zahlreichen Kernen, in einem Zellsyncytium. Die beiden Syncytien sind aber nur durch Protoplasmastränge miteinander verbunden. Durch diese Stränge hindurch muß der Bildungsreiz von einem Syncytium zum andern gelangen, ein Gestaltungsreiz von hoher Komplikation wird weiter geleitet unter voller Wahrung all seiner individualisierenden Indizes.“ Wir wissen, daß auch bei der Pflanze zum mindesten Differenzierungsreize von Protoplast zu Protoplast gehen können, wenn durch die Plasmodesmen noch eine Verbindung hergestellt ist. Wenn man die Zellen von Algenfäden (*Spirogyra*) oder gewissen Wasserpflanzen (*Wallisneria*, *Elodea*) oder Pflanzenhaaren (*Cucurbita*) mit einer 10—50proz. Rohrzuckerlösung in einige Plasmaballen zerlegt, so zeigte sich, daß die kernhaltigen Stücke und diejenigen kernlosen Teile, die mit den ersteren durch feinste Plasmafäden in Verbindung stehen, fähig sind, die Zellmembran in ihrer Umgebung von neuem zu erzeugen. Daß Jost schon vor vielen Jahren die Auffassung vertrat, daß von den Blättern auf die unterhalb derselben befindlichen embryonalen Gewebe Gestaltungsreize ausgehen, die die Ausbildung von Gefäßgängen veranlassen, sei schon jetzt vorweggenommen. Durch die Annahme eines solchen Reizes werden nach Jost folgende Tatsachen unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt gebracht:

1. daß das Kambium seine Tätigkeit beginnt, wenn die Knospen anfangen zu wachsen,
2. daß entsprechend der Bildung von Gefäßen in den Blättern auch solche vom Kambium gebildet werden,
3. daß das Tempo in der Streckung der Elementarorgane im Jungholz und in den wachsenden Blättern das nämliche ist,

mit anderen Worten, daß bei lebhafterem Wachstum der Blätter auch die Elemente des Jungholzes stärker radial gestreckt werden.

Reinhard Demoll sucht aber noch tiefer in die Eigenart der Morphogenese an Hand der Regenerationserscheinungen einzudringen. „Wird einem Molch der Fuß weggeschnitten, so strömen an der Schnittstelle Zellen zusammen, die zunächst eine undifferenzierte lebende Masse, das sog. Blastem, bilden. Von diesem Blastem geht nun die Neubildung aus. Wenn auch nicht immer eindeutig ausgesprochen, so verharret man doch meistens in der Vorstellung, daß hierbei das Blastem seine Direktiven von dem Extremitätenstummel erhält: Dieser gäbe die Befehle, das Blastem führe sie aus. Man muß sich aber doch fragen, wer ist der aktivere Teil, der Extremitätenstummel oder das Blastem? Und wenn man zweifellos dem Blastem die höhere Vitalität zusprechen muß, sollte dies nicht die Frage rechtfertigen, ob die Führung des Regenerationsgeschehens gar nicht beim Extremitätenstummel, sondern beim Blastem liegt. Es scheint, daß diese Möglichkeit bisher zu wenig beachtet wurde, die Möglichkeit, daß das Blastem statt Befehlsempfänger zu sein, der fragende Teil ist, der nach Wegweisern sucht, damit sie ihm das anzustrebende Ziel aufzeigen.“ Hier wird man auf botanischem Gebiet sofort an Simons schöne Arbeiten über Callus- und Adventivknospensbildung erinnert und ihre korrelative Orientierung (man könnte fast sagen: Informierung) am Muttersproß, durch die sich auch Unregelmäßigkeiten in der Lage beim späteren Wachstum sehr bald auszugleichen pflegen. Durch die Ergebnisse der neuesten Entwicklungsphysiologie gewinnen Simons Ergebnisse auch offenbar eine ganz neue Aktualität. Wir werden später darauf zurückkommen. Auch die Ablenkung der Kambiumtätigkeit durch einen Seitenast, wenn der Stamm geköpft ist, sowie die dann erfolgende Neuorientierung des Seitenastes im Rahmen der Gesamtgestalt, gehören hierher.

Wenn man die Morphogenese in Analogie zu den psychischen Urformen der Gestaltsynthese betrachtet, dann wird noch ein weiterer grundlegender Irrtum offenbar, der Irrtum nämlich, daß der Stoffwechsel den Formwechsel beherrschen soll. Als Schüler von Klebs, dem ich trotz meiner heute von der seinigen vollkommen abweichenden Anschauung gerade deshalb ein ehrendes

Andenken bewahre, weil man über die Antithese zu einer neuen Synthese nur von einer gründlich erprobten These ausgehen kann, habe ich selbst früher diese Auffassung verfochten und meine Doktorarbeit: „Über die Ursachen des sekundären Dickenwachstums des Stammes“ (1919) legt noch deutlich Zeugnis davon ab. Nach Klebs bestand der Faktorenkomplex, der die Pflanze zu dieser oder jener formativen Reaktion bestimmte, hauptsächlich in einem bestimmt gemischten Nährstoffmaterial. Es schien z. B., daß bei *Sempervivum*, beim sog. Dachwurz, das in der Pflanze vorhandene Verhältnis

$$\frac{\text{Menge des Kohlenstoffs}}{\text{Menge des Stickstoffs}} = \frac{C}{N}$$

darüber entscheidet, ob der Vegetationspunkt Blüten oder Blattrosetten bildet. Durch verschiedenartige Anwendung der äußeren Faktoren konnte Klebs das Mischungsverhältnis $\frac{C}{N}$ ändern und dadurch Wachstum und Differenzierung der Vegetationspunkte scheinbar künstlich vollkommen beherrschen. Gute Kohlenstoff-assimilation in hellem Licht schien bei entsprechend reichlicher Wasser- und Nährsalzzuführung (Stickstoff!) die Vegetation, bei wenig Wasser und Nährsalzen die Blütenbildung zu begünstigen. Bei mittlerer Wasser- und Nährsalzaufnahme sollte die Stärke der Assimilation zugunsten der Blütenbildung, daher auch rotes Licht in positivem, blaues in negativem Sinne wirken. Gegen diese Schlußfolgerungen hatte aber schon Mathiszig schwerwiegende Bedenken erhoben, und zwar auf Grund des folgenden Experimentes. *Sempervivum Funkii* treibt an Ausläufern Tochterrosetten, die beim Blühen der Mutterrosette ausnahmslos steril bleiben. Schneidet man aber den Blütenstand ab, so blühen die Tochterrosetten sofort (um 3—4 Jahre vorzeitig) aus, und zwar bilden dabei schwachbelichtete Tochterrosetten nicht weniger blühende Schäfte als gut belichtete, also kräftig assimilierende. Bei Überwanderung der hypothetischen Bildungsstoffe aus der Mutterrosette müssen also diese zu den schwach belichteten Rosetten stärker hinströmen, und sie können höchstens eine Bedingung für die Blütenbildung herstellen, nicht aber deren Ursache. Mathiszig nimmt als von der Mutterrosette zunächst ausgehende „auslösende“ Ursache der Blütenbildung Reizstoffe oder Hormone an, und die heutigen Erfahrungen scheinen ihm recht zu geben. Nach

einem Bericht in U. W. konnten W. Schöller und Gehrke mit winzigen Mengen weiblichen Sexualhormons behandelte Hyazinthenzwiebeln schon nach etwa einem Monat zum Blühen bringen, während die Blühreife bei den Kontrollzwiebeln später eintritt. Es ist anzunehmen, daß auch in der Pflanze eine dem tierischen Hormon ähnliche Verbindung gebildet wird, wahrscheinlich ein Ester desselben. Führt man es ihr in freier Form, wie im weiblichen Sexualhormon zu, dann wird der Blühvorgang wesentlich beschleunigt. Wenn wir uns daran erinnern, daß das meristematische Bildungsprinzip der Blüte von dem des vegetativen Teiles prinzipiell verschieden ist, dann kann die Wirkung des Hormons selbstverständlich nur eine auslösende sein. In dem meristematischen Gewebe muß beim Übergang zur Bildung der Karpelle der Entstehungsplan prinzipiell sich ändern, und die Tendenz dazu muß in der von dem Hormon ausgelösten Blühreife schon grundgelegt sein. Und mit dieser Tendenz entsteht ein Anziehungszentrum für die notwendigen Bildungsmaterialien der Blüte. Münch (8) glaubt der Beherrschung des Formwechsels durch den Stoffwechsel und Säftezufluß das gerade Gegenteil als allgemeines Gesetz entgegenstellen zu können: „Alle Beobachtungen an Bäumen wie an allen andern Organismen stimmen darin überein, daß im Falle ungestörter Entwicklung nicht das Wachstum stattfindet, wo die Stoffe hinströmen, sondern die Stoffe dorthin strömen, wo das Wachstum stattfindet.“ Den tieferen Grund hierfür hat schon Noll angegeben in seiner eigenartsanalytischen Unterscheidung von embryonalem und somatischem Plasma: „Es ist bekannt und leicht festzustellen, daß das somatische Plasma, zumal das der chlorophyllführenden Zellen, in bezug auf Nährstoffe vornehmlich produktiv bzw. liefernd tätig ist. Es verbraucht, und zwar fast ausschließlich zu seiner Erhaltung auf dem status quo ante, nur geringe Nahrungsmengen für sich. Der Überschuß der von außen aufgenommenen oder selbst produzierten oder teilweise zubereiteten Nahrung wird, wie beispielsweise die Kohlehydrate, sezerniert und abgegeben. Ganz anders das embryonale Plasma. Es produziert und liefert keine Nahrung, gibt aufgenommene nicht an andere Gewebe ab, sondern konsumiert lediglich, indem es seine Substanz im Gegensatz zu dem sich nicht wesentlich vermehrenden, sondern oft sich verzeh-

renden somatischen Plasma auf Kosten der konsumierten Nährstoffe entsprechend vermehrt.“ Noll (38) drückt dann das Verhältnis beider Plasmen sehr treffend aus, indem er sagt, daß das embryonale Plasma auf dem somatischen gleichsam „schmarotzt“, also auch als Träger des Formwechsels den Stoffwechsel gleichsam beherrschend in seinen Dienst nimmt.

Dieser Dualismus ist nun aber auch von der psychischen Gestaltsynthese ganz neu entdeckt worden, worauf ich in meinem Buch: „Urbild und Ursache in der Biologie“ eingehend hingewiesen habe. Es gibt ein „Materialfeld“ der Gestaltsynthese und ein „Verwirklichungsfeld“. Besonders im Verhältnis des optisch-sensorischen Zentrums im Gehirn zum peripherischen Sinnesorgan und speziell zur Netzhaut zeigt sich der gestaltende Primat des ersteren über das es quasi „nährende“, das Reizmaterial liefernde Sinnesorgan, das gleichsam erst stofflich „sammelt“ oder „assimiliert“, was jenes zu den wesentlich höher strukturierten „Wahrnehmungen“ umformt. Dem entspricht im vegetativen Geschehen der Unterschied zwischen stofflicher und morphologischer Assimilation, wobei erstere vorwiegend im somatischen, letztere im embryonalen Plasma sich vollzieht und dabei deutlich jene in ihren Dienst nimmt und relativ zu beherrschen vermag.

IV. Modifizierte Grundlegung der Feldtheorie und Entwicklung ihrer Problematik in bezug auf die Formgestaltung der Pflanze und speziell des Baumes.

In der modernen Biologie ist das uns beschäftigende Problem der Morphogenese wohl am tiefsten von Alex. Gurwitsch (21) erfaßt und von Paul Weiß (52) in seiner Morphodynamik wohl am glücklichsten für die experimentelle Fragestellung fruchtbar gemacht worden. Gurwitsch geht davon aus, daß die normalen Entwicklungsereignisse einerseits Sonderfälle mit unendlich vielen Variationen darstellen. In den ersten Embryonalstadien, namentlich in der Furchung, ist eine strenge Regelmäßigkeit des Geschehens nachweisbar, und die zeitliche Übereinstimmung gleicher

Zustände ist bei verschiedenen Keimen vollkommen. Auch die statistische Behandlung eines späteren Stadiums, z. B. der Gastrula, ergibt eine Regelung der Teilungen, die aber durch ein bedeutendes Maß von Streuung maskiert ist. Bei noch späteren Stadien verteilen sich die indirekten Kernteilungen nach den Regeln des Zufalls. Über diese variable Kette der Teilmechanismen hinaus erweist sich nun etwas als dynamisch invariabel, da es den Teil nicht zufällig bloß mit seinem Nachbarn wirkend verknüpft, sondern nomierend mit dem Ganzen. Diese dynamisch Invariable mit ganz bestimmt definierbaren Führungslinien im räumlichen und zeitlichen Ablauf der Prozesse nennt Gurwitsch das „Feld“. Vom Feld selbst ist seine „stoffliche Besetzung“ zu unterscheiden, deren autonom vor sich gehende und darum von Fall zu Fall variable Teilprozesse es auf bestimmte von unendlich vielen möglichen Bahnen beschränkt. Gerade auf Grund dieses Dualismus konnte dann Paul Weiß alle Entwicklungsprozesse (seien es normale oder regenerative) als eine stufenweise, von allgemeineren zu immer spezielleren Bestimmungen fortschreitende Determinierung eines zuvor einheitlichen, keinerlei präformierte Mechanismen enthaltenden Materials beschreiben und besondere Gesetzmäßigkeiten dabei herausstellen. Nach ihm zerfällt der zunächst einheitliche Wirkungskreis des Eies in Unterwirkungskreise, von denen jedes wiederum in neue Unterwirkungskreise zerfällt usf. „und so schreitet die Ontogenese bis zur Determination der letzten Elemente im Organismus größenordnungsgemäß fort.“ Der von Gurwitsch gekennzeichnete Dualismus wird besonders in Hinsicht auf die Genetik formuliert, indem die den Wirkungskreisen zukommende ganzheitliche „Organisationspotenz“ scharf von den durch die Gene repräsentierten summativen „Differenzierungspotenz“ unterschieden wird.

So tiefe und wichtige Einsichten der Feldtheorie dieser Fassung zugrundeliegen, so scheint mir doch der Dualismus zu schroff dabei gesehen zu sein. Ich habe deshalb in meinem Buch: „Urbild und Ursache in der Biologie“ streng im Anschluß an den Aristotelismus der genuinen Scholastik und in Anlehnung an ihre Potenz- und Aктlehre diese Vorstellungen etwas zu modifizieren und auch ontologisch tiefer zu begründen versucht. Von ausschlaggebender Bedeutung für den Dualismus von „in Eigenkraft stehendem Verwirklichungsfeld“ und „bestimmungsbereitem Material-

feld“ ist mir der Wesensunterschied zwischen dem vitalen und avitalen Sein, indem der vitale Kreisprozeß „eine an ihr und durch sich selbst in sich zurückgehende und nicht durch ein Fremdes in sich zurückgelenkte Bewegung“ darstellt, oder, wie Aristoteles sagt, einen „Fortschritt der Natur zu sich selber“. Solche Bewegung ist in der materiegebundenen Natur der Lebewesen nur durch ein das vorgegebene Material neu in sich aufnehmendes und in neuen in sich geschlossenen Formbahnen lenkendes Verwirklichungsfeld möglich — aber indem dieses mit der assimilierten Materie zur vitalen Aktualität sich eint, ist es von dieser — da es einfach deren „Akt“ ist — so unablösbar wie die Rundung von der Kreislinie, und geht auch die Individuation, die aus der Materie stammt, auf es selbst über. Die dadurch grundlegte individuelle Ordnung bleibt für uns nur approximativ erkennbar, bei Aufstellung der Feldgesetze müssen wir aus ihren „zufälligen“ Abweichungen die dynamisch-invariablen Führungslinien in Raum und Zeit herauslösen. Bei Gurwitsch aber ist die echte Individuation, wonach Cäsar in seinem Grundprinzip und in all seinen Molekülen vielleicht, substanziell Cäsar ist, ein Scheinproblem, für unsere Auffassung nicht. Tiefer können wir hier in dieser rein biologischen Arbeit auf die philosophisch-prinzipiellen Fragen der Individuation nicht eingehen und verweisen auf unser oben zitiertes Buch und auf die vorzüglich orientierende Arbeit von Matthias Thiel O. S. B.: „Die thomistische Philosophie und die Erkennbarkeit des Einzelmenschen. Prinzipien zu einer philosophischen Charakterlehre.“ (Freiburg i. Br. 1929, Herder.) Nur so viel sei noch erwähnt: Daß die stofflichen Grundlagen der mendelnden Eigenschaften in den Materialfeldern austauschbar und neu kombinierbar sind, besagt nichts dagegen, daß sie in der substanziellen Einheit des Organismus, in der das Materialfeld in das Verwirklichungsfeld als in seinen vitalen Akt aufgenommen und dadurch im summenhaft-selbständigen Fürsichsein aller seiner Teile aufgehoben ist, auch individuell-ganzheitlich zusammenwirken mögen. Wenn wirklich die stofflichen Grundlagen der Vererbung summenhaft-selbständig blieben, dann wäre es unvorstellbar, wie sie bei künstlich bewirkten Abänderungen vom normalen Entwicklungsgang doch immer zur rechten Zeit und an der rechten Stelle wirksam werden und wie, wenn

väterlicher- und mütterlicherseits ein verschiedener Entwicklungsrhythmus bestanden hat (z. B. bei Artbastarden) diese Verschiedenheit in einem neuen einheitlichen Rhythmus aufgehoben wird. Gewiß haben wir in der Jugend auch erbgleicher Formen vielfach eine überraschende Variabilität; aber doch wohl nicht deswegen, weil neben dem Feld relativ selbständige Teilmechanismen bestehen, sondern weil material-bedingte Abweichungen wegen des noch unvollkommenen Durchformtseins des Materials hier am meisten in die Augen springen. Man kann aber, wie Pearl und Surface bei den Wachstumsformen vom Mais zeigten, von einer Verringerung der Variabilität mit dem Alter sprechen, die, in progressiver morphologischer Assimilation, durch eine Wechselwirkung innerer regulatorischer Prozesse bedingt ist. Durch den Einfluß äußerer Faktoren, die im Gegenteil die Breite der Variabilität vergrößern, kann sie freilich verdeckt werden.

Nach Berücksichtigung dieser notwendigen Modifikationen können wir die weithin aufhellenden Gesichtspunkte der biologischen Feldtheorie eingehender würdigen. Sie beseitigt erstens, und das ist eine ihrer einleuchtendsten Selbstrechtfertigungen, die fundamentalen Schwierigkeiten, die die primäre Zweckmäßigkeit der Restitutionen bietet und gibt für die Eigenart stammesgeschichtlichen Werdens neue Erfahrungsanalogien. Wenn wir an dem Dualismus zwischen Materialfeld und dynamisch-invariablem Verwirklichungsfeld nicht festhalten, dann müssen wir für jede besondere Form der Restitution einen jeweils besonderen maschinellen Apparat fordern, und zwar immer einen ebenso spezifischen und ungeheuer zusammengesetzten Apparat, wie es dem höchst spezifischen und ungeheuer zusammengesetzten Prozeß der Restitution in jedem Falle entspricht. Wir müssen weiterhin, und hier steigert sich die Forderung ins Absurde, auch annehmen, daß jeder solcher Apparat auf phylogenetischem Weg wieder durch einen anderen Apparat allmählich produziert und im Kampf ums Dasein rein herausgezüchtet worden ist. Nun fehlt aber gerade für manche der hypothetischen Restitutionsmechanismen vollkommen die Möglichkeit, im Kampf ums Dasein sich zu bewähren. Denken wir an die Restitution des Blütenköpfchens von *Helianthus annuus*. Kny (30), der sie außer Peters schildert, schreibt darüber folgendes: „Die

Längsspaltung der köpfcientragenden Stammspitzen, wozu am besten ein sehr scharfes Rasiermesser benützt wird, muß möglichst frühzeitig erfolgen... Da die jungen Blütenköpfchen im frühesten Entwicklungszustande zwischen den Blättern der Laubknospen tief verborgen liegen, können die Schnitte nicht mit der wünschenswerten Sicherheit geführt werden. Von 36 Versuchspflanzen erwies sich deshalb im September nur ein Teil als brauchbar, und von diesen waren es wieder nur 6, bei denen der Versuch als vollständig gelungen bezeichnet werden konnte.“ Bei solchen Versuchen aber gelang es, „sehr junge Köpfchenanlagen derart zu teilen, daß die Hälften an der Schnittfläche sich nicht nur abrundeten, sondern Hüllblätter und Strahlenblüten bildeten, welche an dieser Stelle sonst nicht entstanden wären (Abb. 9 a—c). Unterhalb der beiden Teilköpfchen hatte sich an der Wundseite des Stieles eine neue, stark behaarte Epidermis gebildet, und der durch den Schnitt halbierte Leitbündelkurs hatte sich beiderseits vervollständigt.“ Ich frage nun: Wenn für solche Restitution ein ganz spezifischer Restitutionsapparat in der Pflanze sich stammesgeschichtlich einmal herausgebildet hat, wie oft wurde in der Natur selbst die überaus feine und schwierige Operation der künstlichen Spaltung vollzogen, damit dieser Apparat durch seine Bewährung im Kampf ums Dasein allmählich zum Allgemeingut von *Helianthus annuus* wurde? Wir haben hier einen ganz ähnlichen Fall, wie etwa bei der Restitution der Flügelanlage bei einer Raupe, der diese Anlage durch eine ganz feine und schwierige Operation genommen wurde. Die Operation wird sich faktisch kaum oder nie in der Natur vollziehen, denn Vögel, die die Raupe anpicken, werden sie eher töten, als ihr Anlaß zu einer so feinen Restitution zu geben oder gar deren Vorteil im Kampf ums Dasein durch Ausmerzung der zufällig nicht restitutionsfähigen Formen zum Allgemeingut werden zu lassen. Ist es dagegen Feldgesetz, im Falle einer Störung der normalen morphologischen Assimilation unter Vermittlung von Blastem- oder Meristembildung die Struktur Ganzheit wieder herzustellen, und ist die Möglichkeit dazu durch den Dualismus von bestimmungsbereitem Materialfeld und bestimmungsmäch-

tigem Organisationsfeld gegeben, dann sind beide Restitutionsfälle unter diese allgemeine Gesetzmäßigkeit plastischer Bewegungen zu bringen, die immer zu der Besonderung der Teilvorgänge innerhalb einer primären Einheit führen. Ist diese zuerst am Werden der seelischen Gestalten abgelesene und durch



Abb. 9 a—c. (Nach Kny).

die Restitutionserscheinungen bestätigte Tendenz eine vitale Grundtendenz des Lebens überhaupt, dann fällt es nicht schwer, auch die Entstehung der sog. zusammengesetzten Anpassungen aus einer Harmonisierung der Teilprozesse untereinander zu verstehen. Die Entstehung so merkwürdiger konvergenter Bildungen, wie die des Weich- und Wirbeltierauges, die auf ganz verschiedenen Entwicklungswegen zum prinzipiell gleichen Resultat gekommen

sind, kann dann ebenso in Analogie zu heute aufzeigbaren Gesetzmäßigkeiten der Gestalterhaltung gedeutet werden, wie die Entstehung der zweiseitigen Symmetrie, die für die paarweise Entstehung der Augen in Frage kommt. Denn auch Symmetrietendenz ist der Ausdruck feldgesetzlich bedingter Gestalterhaltung. „Tatsächlich, schreibt Dr. Herm. Poppelbaum (44), ist eine Fülle streng symmetrisch ausgebildeter Abnormitäten beschrieben worden. Mißgebildete Fühler bei Schmetterlingen z. B. können so streng symmetrisch sein, daß man die Abweichungen des linken Fühlers Glied für Glied und im selben Grade am rechten Fühler auffinden kann. Abweichend gefärbte Stellen im Gefieder der Vögel, z. B. einzelne weiße Schwung- oder Schwanzfedern, stehen häufig genau entsprechend auf beiden Seiten. Auch beiderseitige Rückbildung ist oft genug gefunden worden. Wenn nach Schußverletzung oder Bruch einer Geweihstange des Hirsches im nächsten Jahre die neue Stange in verkümmerter Form heranzuwächst, so greift die Verkümmerung häufig auch auf die andere Stange über und wird von dieser auch in der Form mehr oder weniger nachgeahmt. Bei Insektenlarven und bei jungen Krebsen kann man nach einseitigem Abschneiden von Anhängern (Kiefern oder Fühlern z. B.) eine deutliche Rückbildung des entsprechenden Teiles der anderen Seite (sog. kompensatorische Reduktion) beobachten; erst wenn der nachwachsende Stumpf wieder die Länge des Gegenstückes erreicht hat, beginnen beide wieder gleichmäßig heranzuwachsen und erreichen zusammen die endgültige Größe. Es ist wichtig, zu beachten, daß bei solchen Verkümmern nur das erfaßt wird, was dem Verluste auf der anderen Seite entspricht. In diesen Rahmen gehören natürlich auch die bekannten Transplantationsversuche. . . Wilhelmi hat bei ihren Versuchen an Molchlarven gefunden, daß bei umgepflanzten Gliedmaßenknospen die Vorne-Hinten-Richtung unter dem Einfluß der neuen Umgebung vollkommen „invertiert“ wird; sie sucht den Grund der Inversion in der „symmetrischen Beeinflussung durch die normale Extremität der anderen Seite!“ Wird die in all diesen Fällen feldgesetzlich zu verstehende Herstellung der Strukturganzheit auch auf die phylogenetische Entstehung des Augenpaares übertragen, dann wird es verständlich, „daß die Abänderungselemente des phylogenetischen Prozesses all die unendlich vielen Generationen hindurch

immer die Eigenschaft haben, auf beiden Seiten gleich bzw. symmetrisch zu erfolgen“ (55). Die symmetrische phylogenetische Entstehung wird so aus der Sphäre des bloß logischen Postulates zur ontologischen Wahrscheinlichkeit erhoben, eine Sicherung, die ihr der Darwinismus zum Schaden einer sachgerechten Entwicklungslehre auf solche Weise weder geben will noch zu geben vermag (vgl. 41). Man sollte aber das, was der Gegenstand sagt, wichtiger nehmen, als das, was die Darwinisten sagen, denn die Wissenschaft hat keine Wahrheit durch sich selbst, sondern durch ihre Übereinstimmung mit der Wirklichkeit.

Bei der Pflanze spielt der radiäre bipolare Typus, wie wir ihn bei der radiären Blüte und beim Kompositenkörbchen finden, eine große Rolle. Sein feldgesetzliches Bedingtsein weisen schon die schönen Versuche von Peters und Kny auf, wonach bei gespaltenen embryonalen Körbchen die volle radiäre Symmetrie bei beiden Hälften sich wieder herstellt. Aber die Symmetrietendenz tritt bei den Kompositenkörbchen selbst bei völlig abnormalen Verhältnissen deutlich hervor, nämlich bei Verbänderungen. Prof. Albuin Mair (34) beschreibt ein auf einem verbänderten Exemplar aufgetretenes Blütenkörbchen vom Edelweiß (*Leontopodium alpinum* Cassine). Dieses Körbchen stellte, wie das Schema von Abb. 10 zeigt, eine relativ radiär symmetrische Einheit „höherer Ordnung“ darunter ganz abnormen Verhältnissen. Der erste Ring bildet für sich eine Einheit, d. h. er schließt mehrere unter sich gleiche und regelmäßig gebaute Köpfchen ein. Ebenso bilden der zweite, dritte und vierte Ring eine Einheit: nämlich ein einziges, im wesentlichen wieder regelmäßig zusammengesetztes Köpfchen. Der Umstand, daß im Rande dieses letzteren, also im zweiten und dritten Ring, die Geschlechter mehr oder weniger rezessiv sind und dafür eine andere biologische Funktion auftritt (Honigabsonderung) scheinen kein wesentliches Bedenken dagegen zu sein. Daß es hier auch

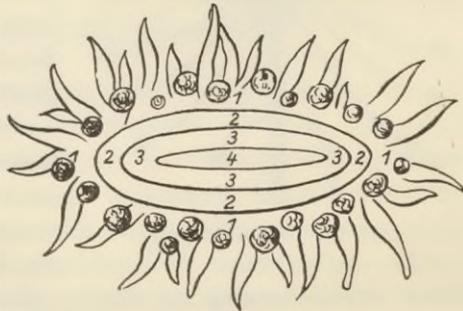


Abb. 10. (Nach Mair).

Das Diagramm zeigt ein kreisförmiges Blütenkörbchen, das in vier konzentrische Ringe unterteilt ist. Der äußerste Ring besteht aus einer Reihe von kleineren Köpfchen, die jeweils mit einer Ziffer (1, 2, 3, 4, 3, 2, 1) beschriftet sind. Die inneren Ringe sind ebenfalls beschriftet (2, 3, 4, 3, 2) und zeigen eine hierarchische Struktur, bei der die äußeren Ringe die Einheit bilden, die die inneren Ringe umschließt. Die Köpfchen sind als kleine Kreise mit verschiedenen Symbolen (Punkte, Linien) dargestellt, die die Struktur des Körbchens verdeutlichen.

nicht um eine Zufälligkeit sich handelt, zeigen die Beobachtungen von Ricome (45) an den Infloreszenzen der Umbelliferen. Wenn man bei *Heracleum Sphondylium* an einer sehr jungen Dolde alle Stielchen bis auf ein einziges aus der Peripherie wegschneidet, so richtet sich dieses auf und wird fast vertikal. Außerdem rundet sich der Stiel und zeigt deutlich eine Milderung der Dorsiventralität. Diese Symmetrietendenz kommt aber noch deutlicher bei Verwachsungen zum Ausdruck, die, ähnlich wie bei dem oben erwähnten Beispiel vom Edelweiß, zu einer höheren symmetrischen Synthese führt. Ricome berichtet von einer Mißbildung bei *Daucus Carota*, bei der zwei Stengel ihrer ganzen Länge nach verwachsen waren. Die beiden terminalen Anschwellungen, die die beiden Schirme trugen, waren fest miteinander verbunden. Die Stielchen der Schirme waren getrennt für sich, und dank des Überdauerns der aneinanderlehenden Hüllkelche war es leicht, die beiden Infloreszenzen zu unterscheiden. Abb. 11 zeigt einen Schnitt in der Ebene der Verschmelzungs-

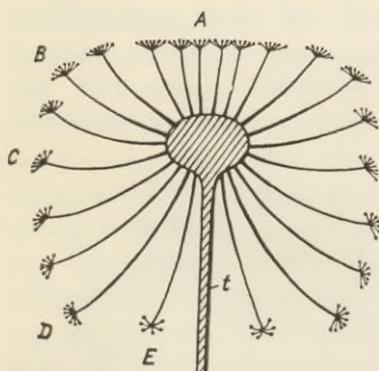


Abb. 11. (Nach Ricome).

stelle der zwei Stengel, auf dem die peripheren Strahlen A, B, C, D, E des einen der beiden Schirme zu sehen sind. Von diesen sind die vertikal auf gerichteten Randstrahlen (wie A), die jetzt in das Zentrum der Doppelbildung gerückt sind, wieder zur radiären Symmetrie zurückgekehrt; es ist kaum wiederzuerkennen, wo sich ihre ventrale Seite befindet, und auch anatomisch kommt

diese Annäherung an die radiäre Symmetrie zum Ausdruck.

Symmetrietendenzen werden auch von Georgescu (17) bei Veränderungen beschrieben. Sie drängen hier zu einem Ausgleich der gestörten Blattstellung. Wohl kann durch Materialüberladung der embryonalen Partien oder durch Störung des Verhältnisses zwischen den somatischen und embryonalen Partien und unregelmäßige Nahrungszufuhr die Blattstellung gestört werden, aber

„die Pflanze setzt dieser störenden Einwirkung einen großen Widerstand entgegen. Sie ist aus inneren Gründen bestrebt, eine Art von äquidistantialer Bildung herzustellen, was sie nur auf kleine Strecken der Vegetationslinie für kurze Zeiträume zu erreichen vermag. Der Kampf zwischen einer inneren Tendenz der Pflanze zur Herstellung der Äquidistanz und der störenden Faktoren läßt sich an jeder Vegetationslinie von verbänderten Sprossen deutlich wahrnehmen.“ Übrigens treten auch in der Knospe bei den Blattanlagen be-

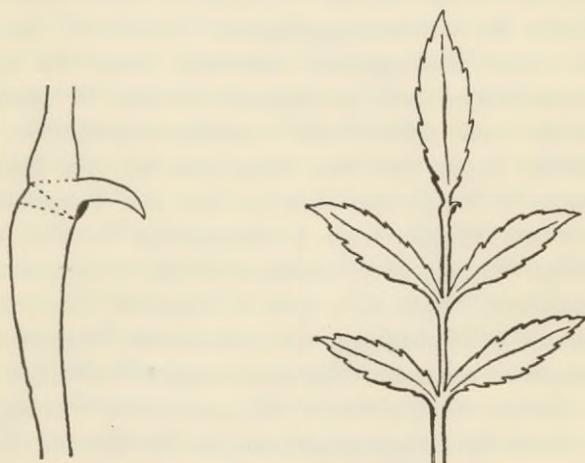


Abb. 12 a und b. (Nach Němec).

stimmte gesetzmäßige Stellungen hervor, bevor sie in mechanischen Kontakt miteinander treten, so daß letzterer hier für die primären Stellungsverhältnisse nicht maßgebend sein kann, sondern höchstens für gewisse sekundäre Ausgestaltungen. Dazu kommt noch, wie Abb. 12a—b zeigt, eine experimentell nachweisbare aktive Symmetrietendenz bei unpaarig gefiederten Blättern. Wird frühzeitig das Endblättchen und das eine Fiederblättchen des obersten Paares entfernt, so stellt sich das andere Blättchen des Paares in die Richtung des Endblättchens ein (37). Dürfen wir nun bei den Pflanzen von einer Symmetrietendenz nicht nur ontogenetisch sondern auch phylogenetisch sprechen? Wir dürfen nicht, wir müssen sogar. Wie wir schon früher betont haben: nach den Untersuchungen von Schuepp (47) treten Stellungsgesetze mit

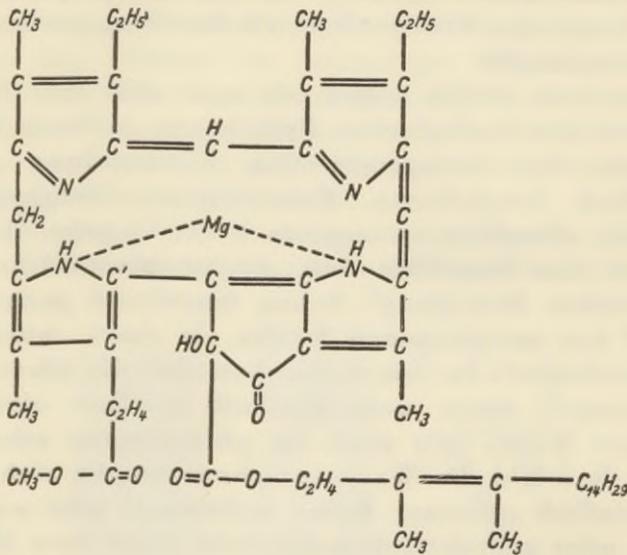
niedrigem Symmetriegrad nur selten klar als eigene Stellungsgesetze hervor (wie z. B. bei *Costus*), sondern nähern meistens einem Stellungsgesetz mit höherem Symmetriegrad sich stark an. Dafür spricht auch die starke Annäherung an die Orthostichie, die unter der großen Zahl möglicher Divergenzwinkel bevorzugt auftritt und auf der Grundlage der einfachen Spiralstellung bis zu der großen Regelmäßigkeit von *Fontinalis* oder *Carex* führt. Auch im Bereich der Blüte konnte ferner F. T. Lewis zeigen, daß, wenn eine Bedingung für Symmetrie verloren gegangen ist, die Natur neue Symmetriemöglichkeiten verwirklicht und dabei aus den Überbleibseln der verloren gegangenen Symmetrie ein sehr vollkommenes neues Gleichgewicht erreichen kann. Bei der Familie der Kampanulazeen fand er folgende Stufen: 1. unvollkommen symmetrische und daher sehr variable trikarpellate Formen; 2. fünfzählige Typen mit den Karpellen vor den Kelchblättern (*C. medium*); 3. fünfzählige Formen mit den Karpellen vor den Blumenblättern (*Platycodon*); 4. sechszählige Formen (*Canarina*); 5. achtzählige Formen (*Michauxia*); 6. bisher noch nicht beobachtete Formen vom Typus 6, 6, 6, 3; 7. Typus 5, 5, 5, 2 (*Phyteuma* und *Jasione*); 8. Erreichung der bilateralen Symmetrie, die zu den *Lobelioideae* und schließlich den *Compositae* führte. Wir sehen aus dieser Reihe, wie das relativ Asymmetrische Durchgangsphase zu einem neuen Formgleichgewicht ist. Im Bereich der radiären Einzelblüte ist die fünfzählige Symmetrie bevorzugt, die in der Kristallographie ganz unmöglich ist. Bei den vereinfachten Körbchenblütlern finden wir aber auch den Fünfertypus in der Strahlung bevorzugt, sowohl für die Blumenblätter wie für die Hüllkelchblätter, ohne daß man dafür einen besonderen Vorteil im Kampf um die Pollenbestäubung konstruieren könnte (50). Ein dieser Bevorzugung zugrundeliegender realer stammesgeschichtlicher Vorgang ist also nicht im rein selektionistischen Sinne wahrscheinlich zu machen, wohl aber durch feldgesetzliche und gestaltgesetzliche Analogien (Prägnanz der Gestalten).

Ein weiteres wichtiges Moment, das sich aus der Anwendung der Feldtheorie auf die Phylogenie ergibt, ist folgendes: Wir können auf Grund der feldtheoretischen Analyse zweifellos von einer relativen Beherrschung des die Stoffzubereitung und Stoffleitung vermittelnden somatischen Systems durch das den Formwechsel bestimmende embryonale System sprechen. Das geht schon daraus

hervor, daß der richtige Stofftransport eine entsprechend geformte Struktur des Leitungssystems voraussetzt. Den unteren Teilen des Sproßsystems des Baumes muß die Wasserzufuhr durch weniger zahlreiche und schlechter leitende Gefäße wie durch einen vorgeschalteten Widerstand erschwert werden, damit die Wasserfäden den Sonnensprossen des Wipfels nicht abgesaugt werden. Diese aber müssen durch verhältnismäßig mehr Leitgewebe und weitere Gefäße versorgt werden, damit ihre verstärkte Saugkraft sich entsprechend betätigen kann. Im übrigen gilt für die grundlegende Begründung der Priorität des Formwechsels gegenüber dem Stoff- und Energiewechsel, daß geordneter Stoff- und Energiewechsel, also geordnete „Funktion“, schon im Plasma selbst „geformte“ Mikrostruktur voraussetzt und durch Strukturveränderungen des Plasmas reguliert wird. Es ist, wie Schindewolf sagt, „eine einfache logische Selbstverständlichkeit, daß die Form als das Primäre gelten muß; denn keine Kraftäußerung, keine Bewegung, keine Funktion ohne materielle Grundlage, ohne Maschine oder organische Form. Die Form ist also in jedem Falle zuerst da und bestimmt die auszuübende Funktion.“ (Die Naturwissenschaften 1931, Heft 49.) Das gilt aber auch für grundsätzliche Formänderungen in der Phylogenie. Sie können „nicht durch einen Funktionswechsel erzeugt werden, da die Ausübung einer von der seitherigen durchgreifend verschiedenen Funktion, wie etwa Fliegen oder Schwimmen, ohne das vorherige Vorliegen einer entsprechenden morphologischen Gestaltung nicht möglich ist.“ So sind die Geweihe und Hörner der Säugetiere nicht als Waffen durch Funktionsausübung gebildet sondern zunächst als Tumoren oder in einer anderen funktionslosen Form angelegt worden, und ähnlich verhält es sich mit Flossen, Schwimnhäuten, Flügeln usw. Für die Pflanzen liegen die Verhältnisse nicht anders. „Ohne einen für uns derzeitig nicht näher analysierbaren ‚Bildungstrieb‘ der Organismen, schreibt der gegenwärtig wohl erfahrenste Pflanzenmorphologe Karl Goebel, ist nicht auszukommen. Dementsprechend sind manche sog. ‚Anpassungen‘ nichts anderes als eine Ausnützung von Gestaltungsverhältnissen, die nicht als Anpassung (im eigentlichen Sinne des Wortes) entstanden sind.“ In diesem Zusammenhang weist Wilhelm Troll darauf hin, daß z. B. bei den Orchideen zur Erreichung der Bestäubung höchst komplizierte und nicht

einmal sehr sicher funktionierende Anpassungen zu finden sind, während das gemeinste Unkraut *Senecio vulgaris* auf ganz einfache Weise einen ganz massenhaften Samenansatz erreicht. Er schließt daraus mit Recht, daß bei der Organbildung ein Faktor in Betracht kommt, der in der Beschaffenheit der Pflanze selbst liegt, der die Spezialisierungen als eingeschränkte Ausnutzungsmöglichkeiten der primären Gestaltungsverhältnisse erkennen läßt. Ist die „Urgestalt“ gegeben, dann geht die Spezialisierung zwangsläufig-orthogenetisch ihren Weg. Deshalb sehen wir bei sehr vielen Anpassungen innerhalb einer und derselben Familie die verschiedensten Abstufungen vorkommen, so daß bei der einen Pflanze noch mehr Anlage ist, was bei der anderen in gesteigerter Form hervortritt. Im übrigen fordert das Problem der Artumbildung bei einer vollanschaulichen Erfassung der lebendigen Wirklichkeit auch die vollste Unterscheidung aller dafür in Betracht kommenden Gesichtspunkte, die nicht isoliert für sich zu betrachten sondern in Deckungseinheit zu bringen sind. Die Probleme der Genetik liegen in einer Untersuchungsebene, die der Formenkreislehre in einer zweiten usw. Am ersten wird der vollen Unterscheidung der Gesichtspunkte und ihrem Deckungsversuch zugleich Vavilov gerecht in seiner Arbeit: Die Linésche Art als System (Trudy prikl. Bot. i. pr. 26, 109—134) (1931) (russisch); (Ref. siehe Ber. über d. wiss. Biol. 20. Bd., Heft 9/10). Hier wird ganz ähnlich wie bei Kleinschmidt das Linneon als ein Knotenpunkt einer Evolutionsreihe aufgefaßt und werden seine Grenzen im Wege der differentiellen Systematik, Pflanzengeographie, Ökologie sowie der Genetik, Cytologie und neuzeitliche Anatomie abzustecken versucht. Das gesetzmäßige (bestimmte Richtungen bevorzugende) Entstehen wird an den homologen bzw. analogen Reihen ausführlich aufgezeigt. (Vgl. auch mein Buch: „Urbild und Ursache“, in dem ich den Perspektivenreichtum des Artbildungsproblems, der für die *adaequatio cum re* zu berücksichtigen ist, an mehreren Stellen behandelt habe.) Im übrigen müssen wir noch mehr wie in der Gestaltmetamorphose in der Stoffmetamorphose mit Richtungsbevorzugungen, mit real fundierten Tendenzen rechnen. Daß man eine Zeit lang glaubte, den Zufall als die Grundlage aller fortschreitenden, zweckmäßigen Entwicklung einführen zu können, lag daran, daß

man die makroskopische morphologische Struktur, nicht aber die feinste chemische Mikrostruktur zum Ausgangspunkt der Erwägungen genommen hat. Um dies zu erläutern, hat A. v. Weinberg auf die Konstitution des Chlorophylls hingewiesen, dessen Formel die folgende ist:



Die mathematische Wahrscheinlichkeit, daß aus den 137 Atomen von $C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$ sich gerade diese komplizierte Anordnung durch Zufall ergeben hätte, ist ungeheuer klein. Wenn aber auch ein solcher Zufall einmal irgendwo eingetreten wäre, so wäre damit nichts erreicht, wenn er nicht „bevorzugt“, d. h. außerordentlich häufig aufgetreten wäre. Denn erst dann konnte er seine Wirkung als eines der Hilfsmittel, durch deren Zusammenwirken der Aufbau der Pflanze aus der Kohlensäure der Luft möglich ist, auch ausüben. Wie bei den Organfunktionen, so gilt auch von den Substanzfunktionen die Priorität der Form, die hier eine Priorität der chemischen Struktur ist. Dafür gibt es viele Beispiele auch im Tierreich. Die Fette, welche bei den Wirbeltieren in der Bürzeldrüse der Vögel, dem Lanolin der Schafe, dem Walrat der Wale usw. auftreten, dienen dazu, die Hautbedeckung gegen die atmosphärischen Einflüsse widerstandsfähiger zu machen und sie haben die Eigenschaft nicht ranzig zu werden. Diese Eigenschaft

verdanken sie dem Umstand, daß sie, statt wie bei den gewöhnlichen Fetten mit dem Glycerin, mit dem Zetylalkohol sich bilden. Der Sprung vom Glycerin zum Zetylalkohol ist so groß wie der von der Flosse zum Schreitfuß der Vierfüßler, und dieser Sprung muß verschiedene Male gemacht worden sein. Es gibt also auch eine feldtheoretische Deutung der Stoffmetamorphosen, ein „komplikatorisches Prinzip“ (Rosen) in denselben, das bestimmte Bahnen vorschreibt.

An zweiter Stelle sehen wir nun aber das Hauptverdienst der biologischen Feldtheorie in ihrer für die Probleme der ontogenetischen Entwicklung außerordentlich fruchtbaren Formulierungsfähigkeit. Sie muß hier allerdings in engsten Kontakt gebracht werden mit den Begriffen des „Autotropismus“ und der „plastischen Bewegung“. Schon Gurwitsch prägte den Begriff des morphogenen Feldes als eines „morphogenen Reizfeldes“. In ihm vollziehen sich die plastischen Bewegungen unter dem Einfluß interner richtunggebender Reize, wie etwa im phototropen oder geotropen Reizfeld die Wachstumsbewegungen sich unter dem Einfluß externer Reize vollziehen oder auch im photo- oder geotaktischen Reizfeld unter dem Einfluß solcher äußeren Reize. Die Begriffe „Stimmung“ und „Umstimmung“, die im tropistischen Reizfeld eine so große Bedeutung haben, müssen nun auch im morphogenen Reizfeld eine entsprechende Interpretation finden. Die determinierende Reizquelle, die jetzt internes Determinations- oder Organisationszentrum geworden ist, muß streng vom morphogen-gereizten Teile unterschieden werden. Es muß, da jetzt beide Teile lebend sind, eine Wechselwirkung in Betracht gezogen werden, die auch auf die Reizquelle modifizierend zurückwirken und deren eigene plastische Bewegungen modifizieren kann. Ferner muß das autotrope Reizfeld gegenüber dem exotropen der eigentlichen Tropismen, das nach einer Seite offen ist, in seinem vollkommen geschlossenen Charakter und nach der Hierarchie seiner Funktionskreise, also nach den eigentlichen Feldgesetzen seiner plastischen Bewe-

gungen und seiner Wachstumsbewegungen gekennzeichnet und erforscht werden. So erst gewinnt die pflanzliche Entwicklungsphysiologie eine neben der modernsten tierischen Entwicklungsphysiologie wahrhaft ebenebürtige Stellung und gewinnen die Ansätze zu einer tieferen Formulierung der Probleme, die bei Noll (in dessen Morphästhesielehre), bei Fitting (in dessen Schrift: Die Pflanze als lebendiger Organismus), bei Nemeč, Neef, Dostal, Schuepp, Linsbauer u. a. und besonders bei Simon in seinen wertvollen Arbeiten zum Regenerationsproblem (48) vorhanden sind, eine fruchtbare programmatische Gestalt.

Die Anwendung eines richtenden morphogenen Reizfeldes auf die Pflanze und auf den Baum im besonderen wird schon

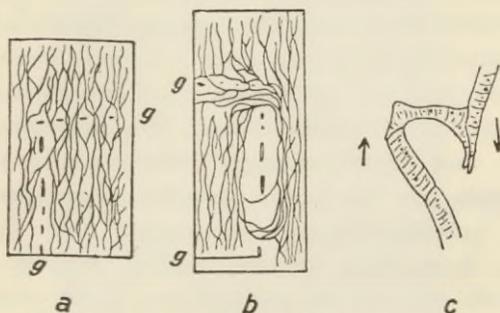


Abb. 13a—c. (Nach Voechting).

nahegelegt durch die den lebenden Pflanzenzellen inhärierende Polarität, d. h. durch „die Eigenschaft, durch welche sie befähigt werden, an den einander gegenüberliegenden Teilen oder an ihren beiden Polen benachbarte Elemente in verschiedenem Sinne zu beeinflussen und selber an ihren Polen auf gleiche Reize ungleich zu reagieren.“ (Küster (32).) Diese Eigenschaft läßt sich vorzüglich durch jene künstlichen Verwachsungserscheinungen demonstrieren, die Voechting untersucht hat. Voechting entnahm einer Rübe durch geeignete Einschnitte ein würfelförmiges Stück, das er in der ursprünglichen Lage wieder in der Wundstelle einsetzte. Es erfolgte dann, wie Abb. 13a zeigt, bei passenden Verbänden eine rasche Einheilung. Die Zellen, die durch den Schnitt nicht

verletzt wurden, fingen alsbald an, sich vorzuwölben, zu sprossen, und an den Stellen, wo sie aufeinandertrafen, zu verwachsen. Sogar neue Gefäßbündelverbindungen zwischen dem eingesetzten Stück und dem Gewebe der Rübe wurden hergestellt. Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn die Würfel umgekehrt in den Wundraum eingefügt werden. Die Folge davon ist, daß die gleichnamigen Wurzelpole an der oberen Verwachsungsstelle zusammentreffen. Diese können sich nicht miteinander vereinigen, und den Neubildungen gelingt ein Anschluß nur dadurch, daß sie sich, wie Abb. 13 b—c zeigen, umbiegen und sich schief seitlich an alte Gefäße in der Art anlegen, daß sie in bezug auf Polarität gleichsinnig mit diesen orientiert sind. Nicht allen Zellen gelingt dieser Anschluß, und so kommt es außerdem infolge des lebhaften Wachstums zu Geschwulst- und Knäuelbildungen. Wo aber die Reparation des Leitungsgewebes durch die Pflanze gelingt, da gelingt es nur durch Benützung der polaren Eigenschaft der Zellen an ungleichnamigen Polen sich „anzuziehen“; an gleichnamigen weichen sie sich aus. Die Pflanze benutzt also eine der „chemotropen“ Beeinflussung des Kopulations Schlauches durch Narbe und Griffel analoge Influenzierung der ungleichnamigen Zellpole, um das Leitungsgewebe zu reparieren. Die nach der Störung individualisierte „Reizgestalt“, die das Umbiegen und seitliche Anwachsen an alte Gefäße bedingt, ist freilich eine höhere als die extrem vereinfachte (weil extrem auf den einfachen Außenreiz spezialisierte) Reizgestalt beim rein chemotropischen Wachstum, durch das der Pollenschlauch zum Ziele findet.

Extrem vereinfacht dürfte die durch die Eigenpolarität bedingte Beeinflussung der Zellen untereinander nur dort hervortreten, wo sie dem Einfluß der „Individualisierung“ der Reize durch die Gesamtpflanze relativ entzogen sind, nämlich bei der Wundholzbildung. Die Individualisierung des Richtungsreizes, welche die Zellen vom Hauptsproß und von den Seitenzweigen erhalten, und der ihnen eine einheitliche Anordnung — im Sinne einer Polarität der Gesamtpflanze — gibt, geht hier oft völlig verloren. Die Zellen, deren Entwicklung zu verschiedenen Zeitpunkten einsetzt, durchwachsen sich nun scheinbar regellos und führen zu einer sog. Wirbelbildung der Fasern, welche aber ihre

nicht mehr höher individualisierte Eigenpolarität um so deutlicher hervortreten lassen.

Abb. 14 zeigt das Wundholz eines Baumstumpfes von *Abies alba* W an unterhalb der Überwallungskappe. Die Wirbelbildung der Fasern infolge des Verlustes des von dem Hauptast ausgehenden individualisierenden Richtungsreizes ist deutlich erkennbar.

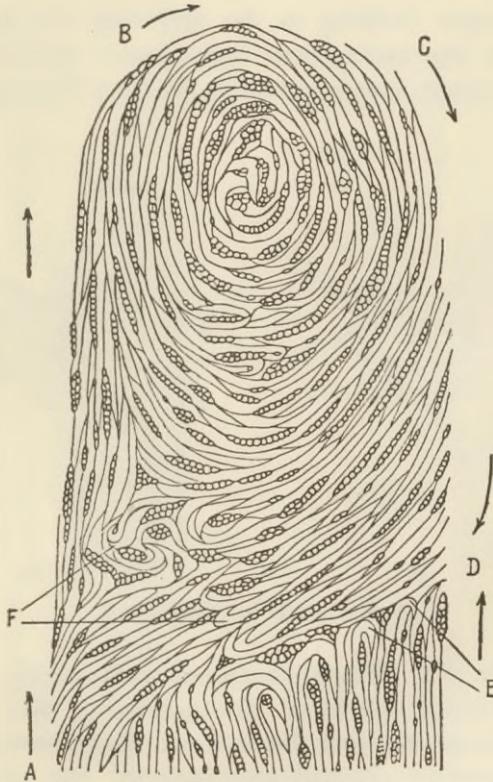


Abb. 14. (Nach Neef).

Die Pfeile geben die Richtung der Eigenpolarität der Elemente an, unter deren vorausgesetzter Wirksamkeit uns die Entwirrung des einmal gestörten Faserverlaufs erst ermöglicht wird.

Eine Entindividualisierung im Sinne des Verlustes einer von dem Hauptstamm den Kambiumzellen verliehenen „Reizgestalt“ tritt bei Dekapitation des Haupttriebes auf. Wird der Hauptproß

von *Aesculus Hippocastanum*, *Acer*, *Populus*, *Ricinus*, *Picea* oder *Tilia* der Haupt sproß in größerer oder kleinerer Entfernung über einer Verzweigungsstelle abgeschnitten, so treten nach Neef im Kambium des Wundbereiches und weiterhin der Verzweigungsstelle Zellteilungen auf, welche die langgestreckten Zellelemente in kurzgliedrige parenchymatische Teilstücke zerlegen. Diese Zellen fallen in ihrer weiteren Umgestaltung aus der regelmäßigen pallisadenförmigen Stellung in der Richtung des Haupt sproßes heraus, stehen also nicht mehr unter dessen individualisierender Reizgestalt, sondern haben zunächst nur ihre Eigenpolarität. Sie

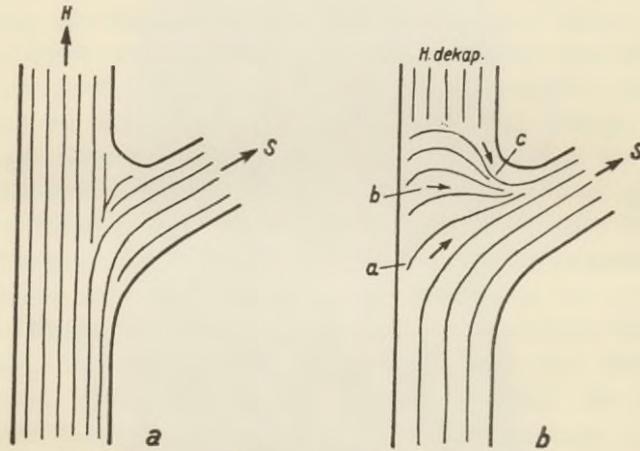


Abb. 15 a und b. (Nach Neef).

stehen aber in Bestimmungsbereitschaft zu einer neuen richtunggebenden Reizgestalt, die von dem Seitenast ausgeht, und diese neue Bestimmungsbereitschaft entspricht „reizphysiologisch“ der „Stimmungsänderung“. Die weitere Veränderung besteht nun darin, daß aus der Verzweigungsstelle ein Teil der parenchymatischen Teilstücke sich prosenchymatisch strecken und zuspitzen, ihre Wände gegeneinander verschieben um mit ihrem Sproßpol eine gleichsinnige Richtungsänderung nach dem Seitenast zu erfahren, wie Abb. 15 a—b und 16 a—b deutlich zeigen. Die Wurzelpole der Zellen suchen ihren Anschluß basalwärts. Am geringsten ist dabei die Richtungsänderung am unteren Ende der Verzweigungsstelle (10—45°), in

der Mitte erreicht sie einen rechten Winkel, über derselben kann sie, besonders bei größerem Stumpf des Haupttriebes, 180° betragen, also zu einer völligen Umkehrung der wachsenden Zellen führen. Wenn die Umkehrung mit all ihren Verschiebungen und Durchwachsungen vollendet ist, liegen die Kambiumzellen merkwürdigerweise wieder regelmäßig palisadenförmig in derselben

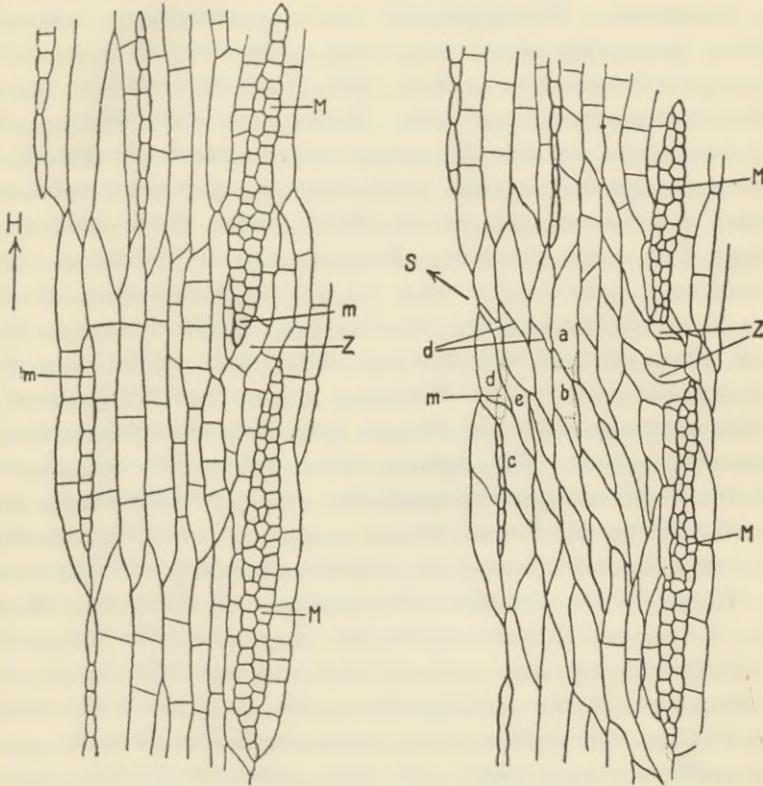


Abb. 16a und b. (Nach Neef).

Höhe nebeneinander. Wir erwähnten schon, daß nur ein Teil der parenchymatischen Teilstücke prosenchymatisch wird. Aus den kurzgebliebenen gehen im Anschluß an das vorhandene Markstrahlengewebe neue sekundäre Markstrahlen hervor, während aus dem verlagerten Kambium sich schließlich ein neuer Holz- und Siebteil bildet, alles nunmehr in normaler Orientierung zum Seitenzweig. Es muß zweifellos auf eine hohe Komplikation

des vom Seitenast ausgehenden Bildungs- und Orientierungsreizes geschlossen werden, da er im meristematischen Gewebe des Kambiums eine so reich gegliederte und geschlossene „Reizgestalt“ auslöst, die zu so hoher Individualisierung der plastischen Bewegungen führt. Dabei ist die Sicherung des Leitungsanschlusses noch eine doppelte. Vor Ausbildung der neuen Holz- und Siebteile wird die Stoffleitung in den Seitentrieb quer zur Richtung des bestehenden Bündelkörpers durch unmittelbare Leitungsbrücken hergestellt. Der endgültigen Reaktion geht also eine provisorische vorher. Die Parallele zwischen diesen Differenzierungsvorgängen beim Baum und der Bildung der Skelettelemente bei den Seewalzen ist überraschend. Das Synzytium, das den Anker bildet, bildet ihn unter dem beherrschenden Einfluß des Synzytiums, das die Platte bildet. Fehlt die Ankerbildung (wie beim Baum der Hauptspöß), so bezieht es seine Orientierung anders woher (von den feinen Muskelzügen, die die Haut von vorn nach hinten durchziehen.) Beide Synzytien sind durch Plasmastränge miteinander verbunden, welche den Gestaltungsreiz unter voller Wahrung seiner individualisierenden Indizes übertragen. Bei der Pflanze haben wir ein entsprechendes Plasmodemnetz. Wir müssen aber zudem hier annehmen, daß die Bestimmungsbereitschaft für die vom Seitenzweig ausgehenden Reize, die Potenz, davon „angesprochen“ zu werden, erst durch Ausschaltung der individualisierenden Reizwirkung des Hauptspößes entsteht. Ein analoges Problem zur Weißschen Resonanztheorie ergibt sich dann durch die Frage, ob die Reizleitung eine scharf lokalisierte sein muß, um die richtige Stelle richtig zu treffen, oder ob die richtige Stelle, bei diffus sich ausbreitenden „Reizfragen“ von selbst durch ihre „Reizbeantwortungsfähigkeit“ und die Fähigkeit „angesprochen“ zu werden (Analogie zur „Stimmung“ beim Tropismus) in Reaktion tritt. Jedenfalls warnt uns die Resonanztheorie von Weiß, die ein Beispiel feinsten, an der Gestalt- und Feldtheorie orientierter Eigenartsanalyse darstellt, das Problem der plastischen Bewegungen zu einfach zu sehen. Nachdem schon die „Ernährungstheorie“, die das morphogenetische „Reizproblem“ überhaupt nicht mehr gesehen hat, auf der ganzen Linie versagt hat,

legen die Erfahrungen der tierischen Entwicklungsphysiologie hier eine völlige Umstellung nahe, um zu einer wahrhaft sachgerechten Beurteilung zu kommen.

Wenn wir die Kambiumtätigkeit des Baumes in Abhängigkeit von ihren Gestaltungsreizen betrachten, so kommen als „Reizquelle“ in erster Linie die Vegetationsspitzen in den wachsenden Knospen mit ihren jungen Blattanlagen in Betracht. Die sehr eingehenden Untersuchungen von Ch. Coster „Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen- und Jahresringbildung in den Tropen“ (1927) (12) haben gezeigt, daß ein sehr intimer Zusammenhang zwischen Lauberneuerung und Kambialtätigkeit bei den Tropenbäumen in dem Sinne besteht, daß bei kahlen Bäumen das Kambium ruht und bei belaubten Bäumen, solange das Laub noch nicht zu alt und funktionsunfähig ist, das Kambium tätig bleibt. Auch bei Bäumen in Europa, die schon Kambialtätigkeit zeigen bevor noch die Knospen aufgebrochen sind (Eschen und Eichen), konnte gezeigt werden, daß der Reiz zum Dickenwachstum von den Knospen ausgeht. Wenn schon auch äußerlich noch keine Schwellung bei den Knospen ersichtlich ist, so kann doch im Innern das Wachstum schon kräftig eingesetzt haben, wie ja auch die Knospen im Winter nicht vollständig ruhen, sondern sich noch langsam weiter entwickeln. Da bei plötzlicher Unterbrechung des absteigenden Saftstromes das Dickenwachstum sofort oder doch sehr bald ganz eingestellt wird, führt der Verfasser die morphogene Reaktion des Kambiums auf einen in der Rinde herabgeförderten „Reiz“ zurück, dessen Quelle die sich entwickelnden Blätter sind und der entsprechend seiner rhythmischen Verschiedenheit auch die große Verschiedenheit der anatomischen Merkmale induzieren soll. Hier tritt aber wieder die schon oben berührte Frage auf: trifft der Reiz, weil er ein Gefäß oder eine Holzfaser oder Holzparenchym im meristematischen Gewebe induzieren soll, deshalb die richtige Stelle, weil er genau dort hingeleitet wird, oder verbreiten sich die Reizboten (die Coster sich als Hormone denkt) von der Rinde aus diffus und sprechen diejenigen Stellen im Kambium an, die zur Reizbeantwortung schon disponiert sind? Wird das Kambium also mehr passiv bestimmt oder „informiert“ es sich auch selbst an den es treffenden Differenzierungsreizen, so daß diese eine reichgegliederte und doch einheitliche „Reizgestalt“ in ihm

auslösen, die eine streng individualisierte Beantwortung zur Folge hat (ähnlich wie das Synzytium bei der Ankerbildung der Seewalzen)? Alle Untersuchungen, die neuerdings durchgeführt wurden, sprechen jedenfalls für eine sehr verwickelte Abhängigkeit der kambialen Reaktion von der Spitzenregion der Pflanze. So hat E. Zschakaja gezeigt, daß die strukturellen Unterschiede im Leitungssystem weiblicher und männlicher Exemplare von *Bryonia dioica* bedeutend geringer werden, wenn Knospen, Blätter und Blüten entfernt werden. Es tritt hauptsächlich ein (offenbar schon vorher induziertes) verstärktes Wachstum im Xylem ein, und die weiblichen Exemplare erweisen sich wegen der geringen Verholzung ihrer Elemente plastischer als die männlichen. Wenn bei Keimpflanzen von Lupine, Kürbis und Rizinus der ganze Sproß oder ein Keimblatt entfernt wurden, dann bilden sich nach A. Dauphiné zwar die primären Gefäße der Wurzeln aus und es wird auch ein Kambium angelegt. Dieses bildet jedoch als Holz nur ein undifferenziertes Gewebe ohne eigentliche Gefäße. Ist somit eine weitgehende individualisierende Beherrschung der Kambiumtätigkeit durch die Vegetationsspitzen und auswachsenden Blattanlagen außerordentlich wahrscheinlich gemacht, so muß auch andererseits in der Wechselbeeinflussung von Sproßspitzen und Kambium wiederum als charakteristisches vitales Merkmal hervorgehoben werden, daß sie durch sich selber zu sich selbst zurückkehrt, also den typischen Kreislaufcharakter der vitalen Feldtätigkeit zeigt. Wenn nämlich einerseits die Leitungsbahnenbildung auf hormonale durch die Rinde vermittelte Beeinflussung von den Blättern aus influenziert wird, so wird andererseits durch die gebildeten Leitungsbahnen und die dadurch erzielte Förderung der Wasser- und Nährsalzzufuhr auch das Laubwachstum wieder verstärkt und wirkt erneut reizspendend auf die Kambiumtätigkeit wieder zurück. Auch ein gewisser Zusammenhang zwischen Transpiration und Ausbildung der Wasserleitungsbahnen ist in vielen Fällen nicht zu verkennen, aber dieser Zusammenhang ist wahrscheinlich nur indirekt und wird direkt durch vom Laube ausgehende Reizstoffe oder Reize hervorgerufen.

Ein weiteres wichtiges Problem ist, ob die entwicklungsphysiologische Dominanz der Knospen und die Unterordnung der Kambiumtätigkeit an Stoffwechselgradienten im Sinne Childs, also Ebenen höherer und niederer Stoffwechselintensität gebunden ist, so daß für die hierarchische Funktionsabstufung im morphogenen Feld die physikalische Analogie der Verschiedenheit des Potentials recht naheliegend wäre. Die Lehre, daß die Ebenen oder Zentren höherer energetischer Aktivität die mit geringerer Stoffwechselintensität beherrschen, führte jüngst auch Reiser durch Analogisierung mit der physikalischen Verschiedenheit des Potentials zu einer Auffassung der hierarchischen Funktionsabstufung im tierischen Organismus, die mit der Regulierung des Grades der Energietransformation im Gehirn als dem Vehikel des Bewußtseins, den schnellsten Ablauf der Oxydationsprozesse bedingen soll. Da dieselben elektrisch interpretiert werden, geht die Tendenz des Lebens nach Reiser auf die Hebung des bioelektrischen Potentials, was die physikalische Seite des aktu-potentialen Feldgefälles zum Ausdruck bringen würde. Diese physikalische Seite steht mit der ontologischen Grundlegung des Determinationsproblems, die ich in meinem Buch: „Urbild und Ursache in der Biologie“ entwickelt habe, in vollstem Einklang, denn sie besagt, daß der ontische Unterschied zwischen einem „bestimmungsbereiten Möglichkeitsfeld“ und einem „bestimmungsmächtigen Verwirklichungsfeld“, wie sie jeder plastischen Bewegung (morphogenetischen Realdetermination oder morphologischen Assimilation) zugrunde liegen, zugleich auch einen quantitativ formulierbaren Ausdruck finden kann. Man kann auch von einem erhöhten Kraftaufwand des jeweils dominierenden Zentrums sprechen, der es zugleich zu einem erhöhten Anziehungszentrum von Atmungsmaterialien macht. Im Kampf um das Material kann oft ein Wechsel der Dominanz im Führungsfelde eintreten. Solange z. B. Worttaubheit total ist, kann die Gesamtenergie dem für die innere Sprache in Betracht kommenden Apparat, also dem Lesen, Leseverständnis zugute kommen. Sobald aber nach einer gewissen Zeit der Patient einzelne Worte so weit zu erfassen vermag, daß er sie nachsprechen kann, pflegen die nach außen sich wendenden, also beim Sprechen und Sprachverständnis wirksamen Kräfte die Oberhand zu

gewinnen und die innere Sprachfähigkeit, das Leseverständnis und die Wortfindung wiederum schwer zu beeinträchtigen. Die Bezirke der höheren und niederen Anziehungintensität für Atmungsmaterial verschieben sich also unter dem Einfluß der Funktionsdominanz und nicht umgekehrt. Aus diesem Feldgesetz versteht man, daß die Versuche, die Verteilung des Zuwachses auf die einzelnen Stellen des Kambiums mit örtlichen Ernährungsunterschieden zu erklären, notwendig scheitern mußten, weil sie das natürliche Verhältnis von Funktion (Führungsfeld) und Nährstoffverteilung (Materialfeld) gerade umkehrten. „Das Wachstum“, sagt Münch sehr treffend, „zieht die Baustoffe an sich, es wird nicht erst etwa durch vorher zuströmende Baustoffe angeregt, sondern durch Ursachen, die wir, solange nicht Näheres über ihr Wesen bekannt ist, vorläufig als Reize bezeichnen.“ Die Klebssche Ernährungstheorie, die im Verhältnis $\frac{C}{N}$ einen Überschuß von Kohlehydraten für die Blütenbildung, einen Überschuß der Stickstoffverbindungen für das vegetative Wachstum fordert, mag vielleicht einmal im Zusammenhang mit dem besonderen Bedarf der reproduktiven Sphäre an Atmungsmaterial richtig gedeutet werden. Die in der Reproduktionssphäre oft hervortretende rote Anthozyanfärbung, die wahrscheinlich eine reine Atmungsfärbung ist (Atmungschromogene), mag die Steigerung der Atmungsenergie schon äußerlich andeuten. Auf keinen Fall aber geht es an, die Blütenbildung als Ergebnis reicherer Zuckerezufuhr zu betrachten. Es handelt sich bei ihr überhaupt nicht um eine bloße Sproßverkürzung mit damit Hand in Hand gehender Blattmetamorphose, sondern mit der Bildung der Karpelle tritt, wie schon früher erwähnt, ein ganz neuer meristematischer Entstehungsplan in Kraft.

Wie die Betriebssäfte, so werden auch die ganzen Bildungssäfte der Pflanze durch die wachsenden und sich differenzierenden Anziehungszentren ihres Entwicklungsfeldes (morphogenen Reizfeldes) in einer dauernden Spannung gehalten, welche die Sproßverkettung des Baumes, wie Wiesner gezeigt hat, harmonisch einschränkt und begrenzt. Wenn man einen Sproß von *Vitis vinifera* in umgekehrter Lage unter Wasser taucht, so erschlafft der Gipfel um so früher, je stärker die älteren Blätter transpirieren. Es kommt ein durch Absaugung entstandener Rückstrom zustande.

Durch einen solchen kann auch bei der normalen Ausbildung von Laubsprossen vom unteren Teil her die Entwicklung der Terminalknospe verhindert werden; sie vertrocknet dann und später übernimmt eine Achselknospe die Fortsetzung des Triebes. Bei wechselständigen Blättern kommt so eine sympodiale Verzweigung zustande. Dagegen bei Trieben mit gegenständigen Blättern (wie beim Flieder) entstehen durch die Ausschaltung der Terminalknospen zwei kräftige Seitensprosse, so daß hier eine falsche



Abb. 17.
(Nach Buesgen).

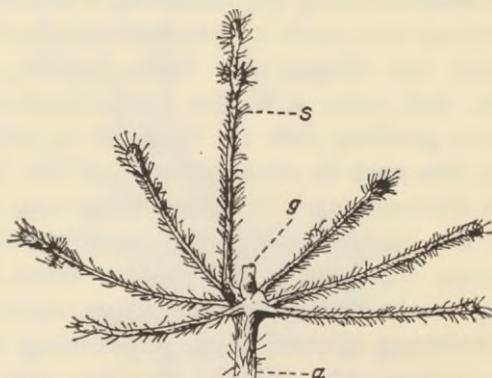


Abb. 18.
(Nach Koelsch).

Gabelung vorliegt. Der bei wechselständiger Blattstellung aus der Seitenknospe hervorgegangene neue Ersatztrieb rückt ganz ähnlich in die Richtung eines echten Gipfeltriebes ein, wie bei den Koniferen der Seitensproß, wenn der Gipfelsproß entfernt wird (Abb. 17 u. 18). Wie wenig das ganze Sproßsystem ein bloßer Komplex von aneinandergereihten selbständig für sich vegetierenden Achsen ist, sondern ein im Säftekreislauf von den Anziehungszentren harmonisch reguliertes Ganzes, zeigte sich schon in Hubers (24) prächtigen Untersuchungen über die Biologie der Baumgestalt, die die harmonische Verteilung der Wasserabsaugung durch die nach oben hin sich steigernden Saugkräfte in den Blattzellen und als Schutz gegen Absaugung der Wasserfäden durch die Schattensprosse, deren durch das Leitungssystem erschwerte Wasserversorgung (gleichsam als vorgeschalteten Widerstand) feststellten. Wenn wir, wofür vieles spricht, die Ausbildung des Leitungssystems in Abhängigkeit von der Blattbildung annehmen, dann müssen im morphogenen Reizfeld der

Vegetationsspitzen diese anatomischen Differenzen schon vorgesehen sein (was durch Transplantationen auch experimentell festzustellen wäre). Auf ein sehr schwieriges Problem, in dessen Lösung die Auffassung von der physiologischen Feldeinheit der Baumgestalt vielleicht erst ihre Krönung empfangen würde, nämlich auf die zeitliche Übereinstimmung der jährlichen Wachstumsschwankungen an allen Achsen des Systems, hat schon Wigand hingewiesen. Wigand zeigte, daß die Schwankungen des jährlichen Wachstums bei allen Achsen des Systems wenn auch in verschiedenem Verhältnis, doch im wesentlichen, was Steigen und Fallen betrifft, gleichzeitig stattfinden, d. h. daß, wenn z. B. das Längenwachstum der Hauptachse in einem gewissen Jahr im Vergleich zu dem vorigen zugenommen hat, dies auch in allen Seitenachsen der Fall ist, und umgekehrt. Die Schwankungen der Hauptachse und der Seitenachsen lassen für das Steigen und Fallen einen deutlichen Parallelismus der Kurven erkennen, so daß etwa in einem Jahre, wo die Entwicklung stockt oder umgekehrt einen raschen unverhältnismäßigen Aufschwung nimmt, diese Erscheinung durch die ganze Reihe der Sprosse geht. Wigand wies dies nicht nur annähernd für die Längenzunahme der Sprosse, sondern auch für die Zahl der Stengelglieder und Blätter, die Länge der Glieder sowie für die jährlich erzeugten entwicklungsfähigen Knospen nach. Nun ist die Erscheinung der rhythmischen Koordination, die auch durch Rose Stoppels Untersuchungen über die tagesperiodischen Blattbewegungen von Phaseolus-Pflanzen aktuell geworden ist, deshalb so schwer in eindeutige Verknüpfung mit der physiologischen Einheit des Organismus zu bringen, weil die Abhängigkeit von den Außenfaktoren nicht genügend aufgeheilt ist. Immerhin ist aber merkwürdig, daß — diese Abhängigkeit vorausgesetzt — beim Baum die ganz verschiedenen Glieder der Sproßkette den Parallelismus zeigen. Auf alle Fälle verdient das Problem einer erneuten modern physiologisch ausgebauten Untersuchung.

Um schließlich das Gebiet der fruchtbarsten Anwendung der Feldtheorie auf die Entwicklungsphysiologie des Baumes zu berühren, müssen wir die Reparationsvorgänge ins Auge fassen, die der Baum unter Vermittelung der Kallusgewebe bei Störungen ins Werk setzt. Hier verdanken wir zunächst der Arbeit von Simon: „Experimentelle Untersuchungen über die Differenzie-

rungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen“ (48) die wertvollsten Aufschlüsse. Als Kallus kann man mit Simon alle

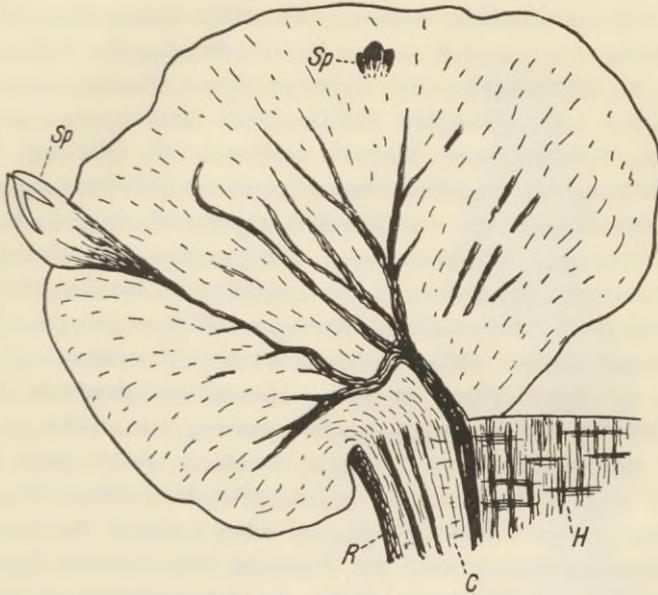


Abb. 19. (Nach Simon).

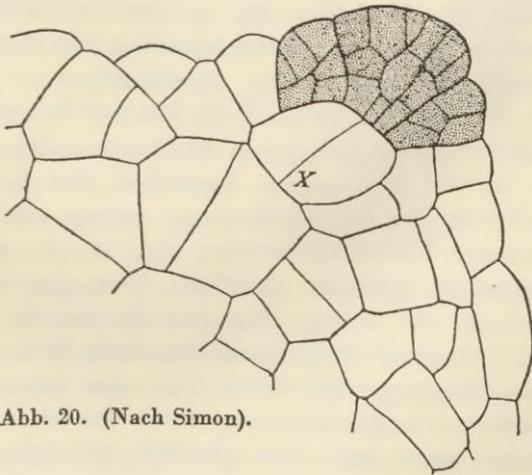


Abb. 20. (Nach Simon).

parenchymatischen Gewebewucherungen bezeichnen, welche von der Pflanze nach Verletzungen an der Wundfläche gebildet werden.

Fast alle noch lebenden Gewebe, die von der Verwundung betroffen werden, sind solcher Wucherung fähig, wenn auch das embryonale Gewebe des Kambiums den Höhepunkt der Leistungsfähigkeit in dieser Hinsicht erreicht. Letzteres bringt besonders bei einer Reihe von Laubhölzern bei Verwundung große Kallusmassen hervor, die die weitgehendste Befähigung zur Realisierung aller im Holzkörper vorkommenden Zellelemente, andererseits auch von Organen, Sprossen und Wurzeln besitzen. Als Material für die Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten dieser Realisierung dienten Simon Sproßstecklinge von *Populus nigra* und *canadensis*.

Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung ist, daß der aus dem Kambium entwickelte Kallus zunächst keine dem dirigierenden Einfluß der Mutterpflanze entzogene Zellenmasse ist (also gestalttheoretisch ein völlig „amorphes“ Feld), sondern schon von Beginn der Entwicklung an dem polaren morphogenen Reizfeld des Stecklings teilnimmt, was schon daraus hervorgeht, daß die Kalli gleichwertiger Schnittflächen fast gar keine, solche ungleichwertiger Schnittflächen aber eine sehr kräftige Verwachsung zeigen. Aber auch in der Verteilung der Organproduktion tritt die Polarität klar hervor. Im Basalkallus liefert das Meristem auf der der Schnittfläche zugewandten Seite Wundholz, nach außen Rindengewebe; im apikalen Kallus dagegen liefert das Meristem, das an den Kambiummantel anschließt, einen verzweigten Leitbündelstrang, mit dem die exogen an der Peripherie entstandenen Sproßanlagen in Verbindung treten (Abb. 19). Der aktivere Teil für die Herstellung des Leitungsanschlusses scheinen die jungen Sproßanlagen selber zu sein. „Die ersten Anzeichen für die beginnende Ausdifferenzierung der Anschlußbahnen, welche schon bei wenig größeren Anlagen bemerkbar werden, wie sie die Abb. 20 darstellt, bestehen in mehreren parallelen Teilungen einer großen direkt unterhalb der Anlage liegenden Kalluszelle. In unserer Abbildung deutet die Teilung der großen Zelle X bereits auf den Beginn dieses Vorganges hin. Diese Teilungen können sich dann noch auf eine zweite oder dritte in ihrer Richtung liegende Zelle fortsetzen, hören dann aber plötzlich auf. Dafür bilden sich weitere in dieser Richtung nach dem Innern des Kallus zu liegende Zellen direkt in Tracheiden um (Abb. 21). Es entsteht auf diese Weise ein Strang, der sich sehr schnell weiter ins Innere

vorschiebt, bis er auf die vom Kambium neugebildeten Gefäße oder auf einen im Kallus gebildeten, mit dem Kambium zusammenhängenden Holzteil stößt“ (Abb. 21). Welche Orientierungsreize für dieses Zusammentreffen, das ja kein zufälliges zu sein scheint, gegeben sein müssen, ob sie von der Sproßanlage selbst aufgenommen und als Wegweiser für den durch sie wenigstens anfangs beherrschten Differenzierungsvorgang benutzt werden oder ob ein vom unteren Leitbündelstrang ausgehender Feuchtigkeitsreiz die endgültige Richtung bestimmt, das alles sind noch ungeklärte Fragen. Das morphogene Reizfeld der Pflanze ist in dieser Hinsicht noch lange nicht so erforscht, wie das des Tieres, zumal die Probleme unter dem Einfluß grob mechanischer Vorstellungen hier viel zu einfach gesehen wurden. Wenn schon bei der Bildung der relativ einfachen Skelettelemente bei den Holothurien die Bedeutung von komplizierten Gestaltreizen und Informierungsreizen so deutlich hervortritt, dann

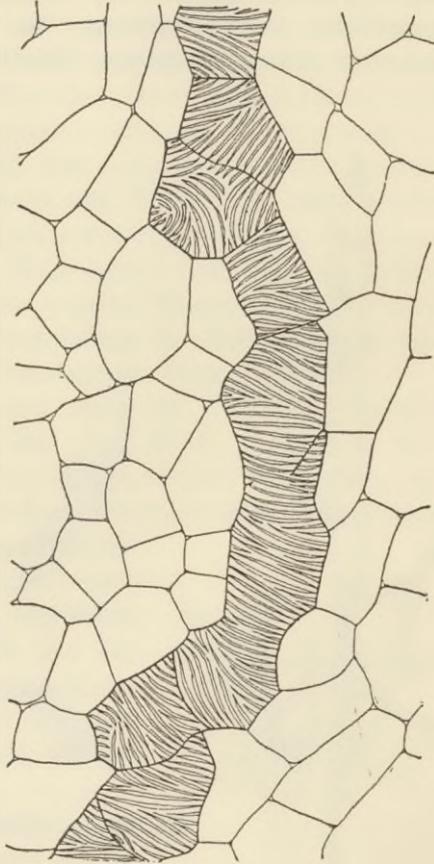


Abb. 21. (Nach Simon).

darf man schon vom Gedanken einer einheitlichen Naturdeutung aus nicht anderswo mit ganz abweichenden Vorstellungen arbeiten. Die weiteren Forschungen Simons oder seiner Schüler werden hier zweifellos noch wertvolle Aufschlüsse bringen, besonders was nun die Sproßgestaltung selbst angeht. Wichtig ist auch, daß Simon festgestellt hat, daß Unregelmäßigkeiten in der Lage der Sproß-

anlagen beim späteren Wachstum des Sprosses sehr bald ausgeglichen werden.

Ein sehr merkwürdiges Phänomen, das wieder mit den elementaren Eigenschaften des morphogenen Reizfeldes, mit der Polarität, auf das innigste zusammenhängt, ist die durch Kallusbildung vermittelte Zellumlagerung im Leitungssystem eines umgekehrt eingepflanzten Stecklings unter voller Aufrecht-

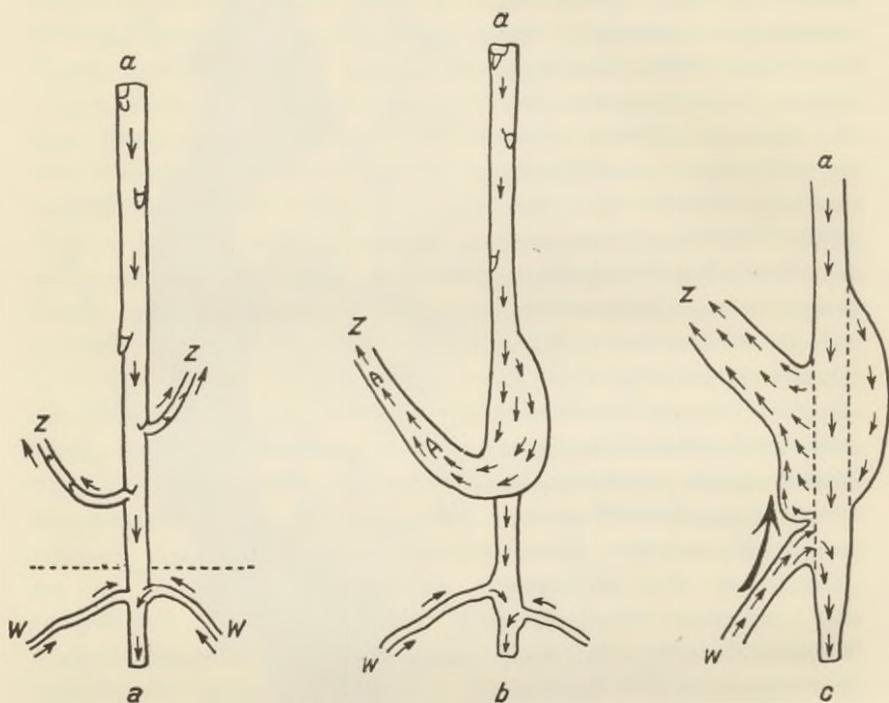


Abb. 22 a—c. (Nach Voechting).

erhaltung und Benützung der physiologischen Einzelpolarität der Zellen. Mit der Kallusbildung scheint immer eine gewisse „Auflockerung“ der richtenden Einflüsse gegeben zu sein, wie sie von der normalen Gesamtpflanze ausgehen. Sie schafft, wie die tropistische „Stimmung“ oder „Umstimmung“ neue Bestimmungsbereitschaften, die die Zellen unter Beraubung ihrer alten Verhaltungstendenz unter neue Einflüsse treten lassen, ohne daß sie dabei ihre Grundeigenschaft, ihre Einzelpolarität verlieren. Voechting hat das Reparationsproblem an invers eingesteckten Weiden-

stecklingen eingehend untersucht. Abb. 22 a zeigt den Steckling, der mit dem Sproßpol in die Erde gesteckt wurde und dort unter dem Einfluß der Feuchtigkeit Wurzeln gebildet hatte, die sich positiv geotrop nach unten stellen. Der in einiger Entfernung darüber stehende Seitenast wendet sich negativ geotrop nach oben. Sowohl von der Wurzel wie vom Seitenast aus bildet sich nun ein Kallus mit reichlicher Parenchymbildung und trachealen Elementen. Beide Kalli vergrößern sich, bis sie sich berühren und dabei verlagern sich die Zellelemente — wie Abb. 22 b—c zeigt — durch den richtenden Einfluß der entgegengesetzt orientierten Seitenachsen (Seitensproß und Wurzel) so, daß die von Simon beobachtete kräftige Verwachsungstendenz der ungleichnamigen Zellpole in Kraft treten kann und die Zellen gleichsinnig orientiert verbunden werden können. Der Seitenast schafft sich gleichsam durch Vermittlung der Kallusbildung den Normalanschluß an die schon vorhandene Wurzel selbst.

Von größtem Interesse ist nun auch die normale Totalreparation eines Baumes für den Fall, daß ihm die ganze Krone abgesägt wird. Einen solchen Fall konnte ich bei einer Roßkastanie im Botanischen Garten der Staatl. Akademie in Braunsberg in allen Einzelheiten studieren. In den beiden Phototafeln (II u. III) dieser Abhandlung ist der Baum abgebildet. Niemand vermutet danach, daß hier einmal ein Torso stand. Erst Geheimrat Niedenzu machte mich darauf aufmerksam, und meine Untersuchung des Baumes bestätigte seine Angabe.

Der ungefähr zylindrische Stamm der Roßkastanie ist 2,10 m hoch und durchschnittlich 28 cm breit, die Krone ist etwa doppelt so hoch. Der ursprüngliche Baum hatte auch etwa die Stammhöhe bis zum Kronenansatz, also 2,10 m, und war über 1 dm breit. Ihm wurde, da er einen Hauptast verloren hatte und er so einen unschönen Anblick bot, die ganze Krone abgesägt, so daß nur der zylindrische Stumpf des Stammes stehen blieb. Auf diesem

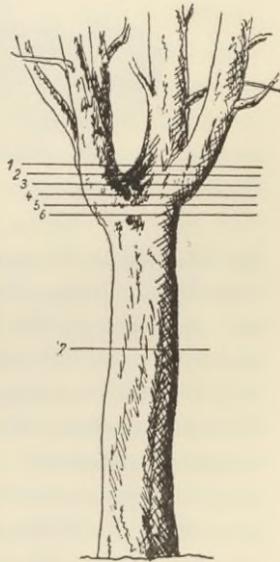


Abb. 23. (Nach André).

Stumpf entstand, wie Abb. 23 zeigt, eine neue dreiästige Krone. Durch Zerlegen der Kronenbasis und der Astansatzstellen in mehrere Scheiben (Abb. 23 und Abb. 24 a—g) läßt sich feststellen, daß der Ursprungsherd aller drei Äste an einer Stelle des Baumstumpfes zusammengedrängt war. Ihre Markzentren rücken, wie die Querschnittsbilder 1—5 (Abb. 24 a—e) zeigen, nach unten zu immer weiter zusammen. Querschnitt 5 zeigt sie bereits sehr eng zusammengedrückt. Bei dem noch tiefer liegenden Querschnitt 6 ist

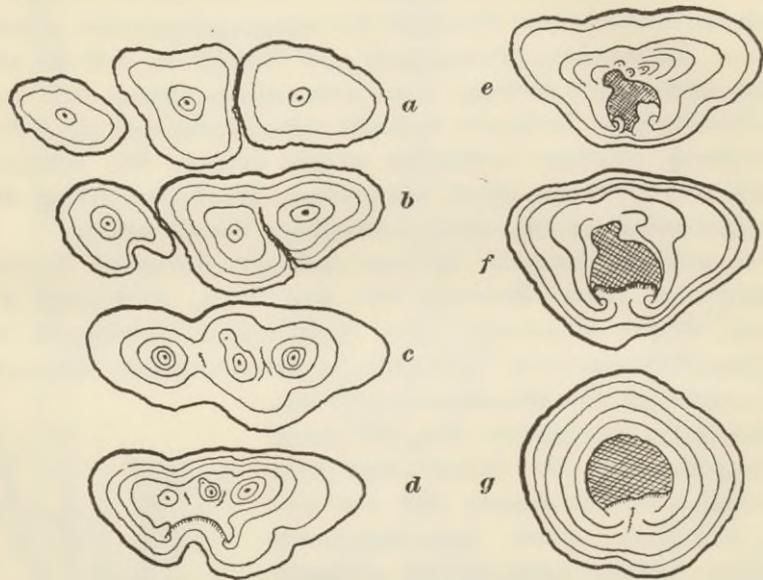


Abb. 24 a—g = Querschnitt 1—7. (Nach André).

die eigentliche Ursprungsstelle nicht mehr zu erkennen, da die betreffende Partie ausgefault und an ihrer Stelle ein hohler Raum ist, der durch die Strichelung hervorgehoben wurde. Der ebenfalls gestrichelte kreisrunde Hohlraum von Querschnitt 5 u. 6 bezeichnet den ursprünglichen nun völlig herausgefaltenen Stamm, an dem, wie jetzt klar ersichtlich ist, an einer Stelle zusammengedrängt, die drei Äste der neuen Krone ihren Ursprung genommen haben müssen. Da, wie mir Jost und Simon mitteilten, die Roßkastanie gern einen schönen Wundkallus bildet, dürften als Ursprungszentren der Äste vielleicht nicht schlafende Augen, sondern auf dem Wundkallus gebildete Adventiv-

knospen in Frage kommen. Doch ist diese Frage weniger von Belang. Wichtig ist, daß von den drei auf einer Stelle zusammengedrängten Knospen eine Totalreparation des ganzen Baumes stattfand, so daß nichts von dem ursprünglichen Torsocharakter mehr zu erkennen ist.

Die Querschnittsbilder geben nun ein übersichtliches Bild davon, wie solche Totalreparation zustandekam. Querschnitt 1, 2 u. 3 zeigen zunächst, daß die drei Äste an der Basis unter Abstoßung der Rinde an der betreffenden Stelle frühzeitig miteinander verwachsen sind und so einen gemeinsamen Holzblock bildeten. Die jungen an der Basis verwachsenden Sprosse ließen die neuen Zuwachsmäntel am Stamm ursprünglich einseitig auf der Seite des Ursprungsherde entstehen, so daß sie, wie Querschnittsbild 4, 5 und 6 zeigen, den Stamm noch nicht voll umfaßten. Später wurde aber das Kambium immer mehr an seiner ganzen Peripherie in Anspruch genommen, und von rechts und links her rückten die Ränder der Mäntel, die von dem nach rechts und links stehenden Ast gebildet wurden, wie ein Überwallungswulst immer dichter zusammen. Beide Mantelwülste berührten sich dann und drängten sich zunächst nach innen. Im Innern war das Holz des ursprünglichen Stammes, das ja für die Leitung schon ganz ausgeschaltet war, bereits angefault und bröcklig geworden, so daß die Wülste sich nach innen vorschieben konnten, wie Querschnittsbild 5 deutlich zeigt. Unter Abstoßung der Rinde an der Drucklinie der Berührung trat dann Verwachsung ein unter Bildung eines geschlossenen peripheren Kambiumzylinders wie beim normalen Stamm. Ein merkwürdiges Bild bietet die jetzt von der peripheren Rinde abgeschnittene, ins Innere geschobene Rindenleiste dar. Mit dem Schließen des peripheren Kambiumzylinders war die Totalreparation in ihr Schlußstadium eingerückt. Es hatte sich sozusagen über dem alten, allmählich vollständig der Fäulnis anheimfallenden Holzstumpf ein neuer Baum mit einer neuen Krone und einem geschlossen sich ihr angliedernden und selbst in sich geschlossenen Stamm gebildet. Merkwürdig ist dabei, daß der unter dem Kronenansatz befindliche Querschnitt 6 (Abb. 24 f) noch stark exzentrisch ist, während die weiter unten am Baumstamm gebildeten Mäntel sich zu einem mehr konzentrischen Holzkörper zusammenschließen (besonders deutlich bei Querschnitt 7,

(Abb. 24 g), obwohl doch die Leitungsbahnen, wie Querschnitt 6 zeigt, stark einseitig oben abgezogen werden. Es bleibt künftigen Experimentaluntersuchungen überlassen, zu entscheiden, ob diese Tendenz, ins Konzentrische zu gehen, dem Stammkambium als Feldeigenschaft eigentümlich ist. Die Exzentrizität der Seitenäste ist ja auch ein Problem, das mir nicht so einfach durch bloße Ernährungsverhältnisse erklärbar erscheint, wie Jaccard das versucht hat. Auf alle Fälle verspricht die Theorie vom morphogenen Reizfeld mit seinen besonderen örtlich verschiedenen Feldkomponenten noch manche schöne neue Entdeckung, während mir das Arbeiten mit der Ernährungstheorie die Einsicht in den wahren Sachverhalt geradezu zu verbauen scheint. Ich will damit kein Dogma aussprechen, sondern nur neue Anregung geben und den Blick für Eigenart vitaler Formbildungsphänomene, in die die tierische Entwicklungsphysiologie viel tiefer eingedrungen ist als die pflanzliche, schärfen. Über meine eigenen Versuche in dieser Richtung werde ich in Bälde berichten.

V. Zusammenfassung der Feldgesetze im dynamischen Urmodell des pflanzlichen Verhaltens. Mathematisierende, sinngesetzliche und seinsgerechte Begründung der Notwendigkeitsverknüpfung im Naturgeschehen (seine Logik und Ontologik).

In meinem Buch „Urbild und Ursache in der Biologie“ habe ich die in dieser Arbeit vertretene, modifizierte Form der biologischen Feldtheorie im Anschluß an Aristoteles und den genuinscholastischen Aristotelismus auch ontologisch tiefer zu begründen versucht. Die Analyse des kreatürlichen Seins läßt phänomenologisch als eigentlich seinsoffenbarendes Moment im Sein vor allem das „Eigenkräftige“ und „Bestimmungsmächtige“ im aktuellen Sein erkennen. Vom aktuellen Sein ist das „aktuierungsfähige“, das „bestimmungsbereite“, das potentielle Sein zu unterscheiden. Im Hinblick auf den lebenden Organismus ist das von ihm zu assimilierende Material vital aktuierungs- und bestimmungsfähig. Soweit die vitale Aktualität dann als Be-

stimmungsmächtigkeit zu den Lebensäußerungen in ihm gerade konstituiert ist, steht es im actus primus des lebendigen Seins. Das vitale Verwirklichungsfeld ist nichts zum einverleibten Stoff äußerlich Hinzutretendes, sondern sein aus seinen vital aktiverungsfähigen Potenzen herausgeführter vitaler Akt selber. Es ist ebensowenig vom belebten Stoffe trennbar wie die Rundung von der Kreislinie. Das Spezifische in der wahrnehmbaren Äußerung des vitalen Verwirklichungsfeldes besteht im Vergleich zum Anorganischen darin, daß die Lebensbewegung eine wesentlich durch sich selber zu sich selbst zurückkehrende, also nicht durch ein Fremdes in sich zurückgelenkte Bewegung darstellt. Hier haben wir das dynamische Urmodell aller vitalen Bewegung. Von den großen Physiologen ist dieser vitale Kreisprozeß immer hervorgehoben worden. Die Lebensbewegung wendet sich durch sich selber zu sich selbst zurück, daher setzt jedes lebende Plasmartikelchen ein schon vorhandenes lebendes Plasmartikelchen als seinen Ursprungsherd voraus. Sie wendet sich durch sich zu sich selbst zurück, daher ist Wachstum des Plasmas in ursprünglichster Form rhythmische Hinzuzzeugung neuer Plasmateilchen gleicher Art, also ein Wachstum in konstanten Proportionen durch innere aktive Teilung (Heidenhain), wie es bei Kristallen nie vorkommt, wie es aber Jacobj, Monschau u. a. an Zellkernen deutlich festgestellt haben. Wenn in der fortschreitenden aktiven äußeren Teilung, der Chromosomen, Zellkerne und Zellen die Pflanze von oben herunter in immer neue einander sich einschließende Unterabteilungen von Geweben und Organen sich durchgliedert, dann bleibt bei der in der Selbstgestaltung und Selbsterhaltung immer zu sich selbst zurückkehrenden Kreisbewegung, durch die z. B. die Blattanlagen das Kambium zur Gefäßbildung anregen und die Gefäße wiederum den Blättern Wasser und Nährsalze zuführen, immer ein Glied in engster Korrelation mit dem andern. Die vitale Bewegung kehrt aber auch durch sich selber schließlich wieder vollkommen zu sich selbst zurück in der Keimzellenbildung bzw. ihrer Vereinigung durch die Befruchtung, die zugleich mit einer vollständigen Herauslösung der Keimzellensubstanz aus einer auf sie einwirkenden formativen Beeinflussung durch die übrigen Teile der Pflanze verbunden ist. Durch solche Beraubung wird also die reine Bestimmungsbereitschaft zur neuen Total-

synthese und mit ihr instantan das neue Verwirklichungsfeld als die erste vital-bestimmungsmächtige Wirklichkeit des physischen potential lebendigen Keimzellenkörpers (als sein actus primus) grundgelegt. Die nun folgende Tätigkeitsentfaltung des Keimzellenkörpers, die Auswirkung seines Soseins und Daseins wird als sein actus secundus bezeichnet.

Die Eigenartsanalyse dieser Tätigkeitsentfaltung im actus secundus ergibt drei wesensverschiedene Stufen des Durch- und Zusichselbstzurückkehrens, also drei verschiedene Formen des dynamischen Urmodells bei Pflanze, Tier und Mensch. Der Mensch vermag dadurch, daß er sich selbst sich zu vergegenständlichen vermag, sich auch selbst aktiv beherrschend gegenüberzutreten und kann, was kein Tier vermag, dem biologischen Imperativ des Sättigungs- und Fortpflanzungstriebes widerstehen, also, wie Scheler sagt, durch den moralischen Imperativ Neinsager zum bloß biologischen Leben sein. Er ist also durch seine höhere Natur bewußt zum „Opfer“ fähig, und dieses Opfer verliert dann bei ihm den Charakter des Gewaltigen im Vergleich zum Tieropfer im Kampf ums Dasein. Das fordert, wie Vinassa de Regny dargetan hat, auch den Besitz von besonderen, dem Willen unterworfenen Hemmungszentren, die dem Tier wesensmäßig fehlen. Buytendijk formuliert den Unterschied im Hinblick auf das Durchdrungensein oder Auseinandersein von Wahrnehmung und Handlung: „Das Auseinandersein von Wahrnehmung und Handlung realisiert sich nur in zwei Fällen: erstens rein physiologisch, wo Reiz- und Effekt sich beziehen als Ursache und Erfolg; zweitens im Menschen, wo durch den Geist die Lebenseinheit zerstört wird und Frage-Antwort-Beziehung auftritt“ (weil die Subjekt-Objektscheidung in meinem Wissen „von“ etwas „als“ etwas sich vollzieht). Damit ist aber das tiefste Wesen des menschlichen Lebensaktes als Kreislaufaktes noch nicht gekennzeichnet. Die Pflanze reproduziert sich in der realen Ordnung selber und „veräußert“ sich dabei, der Mensch dagegen vermag in der idealen Ordnung ein Bild von sich hervorzu- bringen, ohne sich dabei zu veräußern, so daß das Bild von ihm selber in ihm selber verbleibt. Ferner muß die Epigenesis der Idee in ihm als eine Art Auslösungsvorgang analogisch interpretiert werden. „Das wissenschaftliche Verständnis, sagt Tyndall, gleicht einer Lampe, die nicht eher brennt und leuchtet, als bis sie mittelst

des Dochtes der Beobachtung oder des Versuches angezündet worden ist. Das Licht aber, das infolge des Anzündens ausstrahlt, kann infolge der dem Geist eigenen Kraft um das Millionenfache das des Dochtes übertreffen.“ Die geistige Kraft Tyndalls nannten die Scholastiker das tätige Vernunftlicht, den *intellectus agens*. Durch Hineinversetzung in das tätige Vernunftlicht soll nun das Sinnesbild ein dem geistigen Erkenntnisstreben entsprechendes zeugerisches Vermögen gewinnen und in wahrer Epigenesis (als etwas vollkommen Neues) die intellektuelle Vorstellung hervorbringen helfen, die nun den möglichen Verstand aktuell zum Erkennen bestimmt. Die Biologie kann solchen epigenetischen (schöpferisch-auslösenden) Prozeß mit der geklärten Analogie verdeutlichen, bei der aus einem durch äußere Reize veränderten Stoffwechsel Hormone entstehen, die in das gestaltende Verwirklichungsfeld der Form aufgenommen und nun Auslösungsreize zu ganz neuen Formgestaltungen werden können. Es ist ja der Fall bekannt, wo die künstliche Einführung des Sexualhormons den ganz neuen meristematischen Funktionsplan der Blütenbildung ins Werk setzt. Man muß nur bei aller Analogie deutlich im Auge behalten, daß der ideogenetische Auslösungsprozeß dem Erkenntnisstreben entsprechend, also in idealer-intentionaler Weise sich vollzieht und daher das Sinnesbild real nicht verändert (während im morphogenen Reizfeld das Hormon in seinem chemischen Fürsichsein auch real influenziert wird, um eine gestaltschöpferische Aktion auszulösen). Aber so viel ist sicher: denken wir nicht die sinnlich-geistige Epigenesis der Idee analog dem dynamischen Urmodell der vitalen Epigenesis der Gestalt, dann ist die Frage, wie der Verstand zwar „Schüler der Erfahrung und doch zugleich sein eigener Lehrer sein könne“ (Willmann), niemals zu beantworten. Ontologisch wird also der menschliche Erkenntnisakt durch einen Zeugungsakt konstituiert; er kommt durch sich selbst nur durch den Blick durch die ontologische Ordnung hindurch zur Wesenserfassung seiner selbst zurück. Darin besteht der Kreislauf seiner Selbsterfassung.

Bei Tier und Pflanze ist der Kreislauf ebenfalls wesensverschieden. Es fehlt der Pflanze im Rückgang der vitalen Bewegung zu sich selbst die Rückmeldung an ein Zentrum, von wo aus der pflanzliche Körper den vollzogenen Akt, wenn er nicht gleich zum Ziele führt, sofort in modifizierter Form regulieren und evtl. „verbessern“

kann. Sie führt ihre Wachstums- und Entwicklungsbewegungen nur in der Ausführung — nicht in der Handlung — selbständig aus. Wenn es richtig ist, daß die Euglenoideen aus pflanzlichen Schwärm-sporen hervorgegangen sind und den Aufstieg zur Tierwerdung vermitteln, dann dürfte es mit stark verfeinerten Methoden der Verhaltungspsychologie einmal nicht schwer sein, dem Novum des Verhaltens und seiner organisch-strukturellen Grundlage, die es ja voraussetzt, auf die Spur zu kommen. Daß das Problem bisher nicht aktuell war, beweist nicht, daß es kein fundamentum in re hat.

Wir dürfen also für die tropistischen und plastischen Bewegungen der Pflanze es als wesentlich erachten, daß „Versuche und Irrtum“ bei ihnen keine Rolle spielen, erst recht nicht die Frage-Antwort-Beziehung, wie sie im spezifisch menschlichen Subjekt-Objektverhältnis vorliegt. Wenn also etwa die Knospen an das Kambium „Orientierungsreize“ abgeben und rückläufig selbst wieder Reize von unten her empfangen, so kann man darauf die „Frage-Antwort-Beziehung“ nur metaphorisch anwenden, und ebensowenig haben die formativen Reaktionen dabei etwas mit Probierreaktionen zu tun. In bezug auf anthropomorphistische Deutungen solcher Vorgänge bemerkt mit großer Treffsicherheit Kranichfeld: „Ein der menschlichen intelligenten Handlung analoges zweckmäßiges Geschehen würde hier viel zu langsam ablaufen und zu unsicher sein, als daß bei ihm das wunderbare Zusammenspiel der Einzelvorgänge, die uns beim Entwicklungsgeschehen oder bei dem Chemismus der physiologischen Prozesse überhaupt entgegentritt, möglich wäre.“ Auch hat nie ein Pflanzenphysiologe von sich verbessernden Probierreaktionen der Pflanze etwas entdecken können, sondern die physiologischen und formativen Reaktionen (bzw. Regulationen) führen hier „normal“ immer gleich unmittelbar und sicher zum Erfolg. Eine Analogie für solche Erfolgsicherheit haben wir nur in dem von keinen verbessernden Bewegungen mehr gehemmten Klavierspiel. Eingebildete hinweisende Bewegungen (motorische Vorstellungen) sind es, die zuerst unter der Kontrolle des Bewußtseins, dann aber ohne dieselbe schließlich ein quasi nur noch in der Ausführung selbständiges und darum unmittelbar erfolgssicheres Spiel konstituieren helfen. Man pflegt dann die determinierenden Tendenzen, die zum Bewegungsbild in unmittelbarer Proportion stehen, als „Erregungsbilder“ zu bezeichnen.

Versteht man darunter weder Bilder für das innere Geistesauge noch auch bloße mechanische Schablonen, sondern die gestalthaft-individualisierten Tendenzen der belebten Materie selber, so ist nichts gegen diesen Ausdruck einzuwenden, und man kann analog auch beim morphogenen Reizfeld der Pflanze von „Erregungsbildern“ sprechen. In Zusammenhang damit scheint die „Theorie Janses, nach welcher bei den „Suchbewegungen“ der Pflanze die Statozysten eine große Rolle spielen, insofern sie (in Analogie zur Chemo- und Phototaxis) nach maximaler (beim Licht mehr optimaler) Reizung tendiert, viel Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Daß die Statozysten, also der dem tierischen Gleichgewichtsorgan in etwa analoge Apparat, das für alle tropistischen Reize in Frage kommende Perzeptionsorgan ist (durch den also auch das Licht den Effekt des Schwerkraftsreizes zu modifizieren vermag), ist wiederum tief in der nur in der Ausführung selbständigen Natur des pflanzlichen Verhaltens begründet. Denn auch beim Tier sind die durch die Statozysten vermittelten Gleichgewichtsperzeptionen und -Regulationen keine notwendig „bewußten“ Findungsakte, sondern können sich ohne langes „Probieren“ mit nachtandlerischer Sicherheit vollziehen.

Die obersten vitalen Feldgesetze am dynamischen Urmodell des Lebens können wir, wie ich in meinem Buch: „Urbild und Ursache“ gezeigt habe, nur von der Ontologie aus formulieren. Es sind deren drei:

1. Da nach dem Widerspruchsprinzip den vitalaktuierungsfähigen Potenzen nicht zugleich und in gleicher Hinsicht das vitalaktuierungsmächtige Assimilationsvermögen zukommen kann, setzt jedes lebende Partikelchen als seinen Ursprungsherd ein schon belebtes voraus. (Omne vivum ex vivo.) Da der Belebungsakt der Assimilation eine das avitale Fürsichsein der Stoffteile ontisch-wurzelhaft aufhebender Akt der „Innerung“ und vitalen Funktionskreisschließung ist, tritt die Schließung des Funktionskreises nicht bloß dadurch ein, daß die Teilchen an den richtigen mikrostrukturellen „Ort“ gestellt werden und dadurch sozusagen von selbst in vitale Symbiose miteinander treten, wie etwa bei den beiden Komponenten der Flechtenbildung, aus denen ein neues vitales Verwirklichungsfeld entsteht, oder bei der Plasmodien- und Fruchtkörperbildung der Myxomyceten. Bei letzteren sind vitalbestimmungsmächtige, also zur neuen vitalen Funktionskreis-

schließung ontisch befähigte Aktualisatoren ebenso schon da, wie bei den zur Kopulation und zu einem neuen Individualzyklus fortschreitenden Keimzellen der höheren Pflanzen. Auch wenn es gelänge, einen Organismus aus einer größeren Anzahl vorher isolierter aber noch lebender Teile wieder zu vereinigen, dann würde, wie Jordan (27) mit Recht sagt, daraus nur hervorgehen, „daß die Organisation des Materials zu einem Ganzen von bestimmten Organisationszentren ausgeht, welche den Rest des Stoffes zu organisieren imstande sind“. Auch hier also würde „Münchhausen nicht am eigenen Schopf sich aus dem Sumpfe ziehen“ und das Gesetz: *omne vivum ex vivo* nicht durchbrochen werden. Die Auffassung, daß eine künstlich mit der Pinzette zusammengesetzte Mikroarchitektur eines Frosches, die aus unbelebtem Material ihre Bausteine nehmen würde, davonhüpfen würde, vergißt, daß das Material ohne Zuhilfenahme von Froschorganismen oder Froschassimilatoren sich überhaupt nie so ordnen ließe, da die im aktuellen Fürsichsein stehenden Partikelchen immer wieder aus der Rolle fallen und zum Abbau drängen würden, solange sie nicht ontisch-wurzelhaft aus demselben „herausversetzt“ und in ein schon bestehendes vitales Aktualitätsfeld „hineinversetzt“, d. h. in ihrem avitalen Fürsichsein „aufgehoben“ würden. Eine Mikroorganisation, die Verkörperung eines vitalen Aktes ist, kann nur in und mit demselben bestehen, und, da der vitale Akt nur als Akt eines schon belebten Körpers denkbar ist, kann sie nur im Organismus zustande kommen.

2. Ein weiteres ontologisch fundiertes Feldgesetz betrifft das Problem des Todes. Es geht wiederum vom Widerspruchsprinzip und von der ontologischen Aktanalyse aus. Da im vitalen Akt als Akt ontologisch kein Grund der Selbstaflösung und Vergängnis liegt, weil er nicht zugleich und in gleicher Hinsicht sein außerhalb seiner selbst stehender Zerstörungsakt und in Potenz zu seiner Zerstörung sein kann, solange der Kreislauf von Stoff- und Formwechsel harmonisch geschlossen bleibt und keine Zerstörungsursache erst „herangebracht“ wird, eine Pflanze an der Spitze theoretisch unbegrenzt weiter wachsen, was bei den Torfmoosen auch verwirklicht zu sein scheint. „Das Torfmoospolster, das heute ein Hochmoor wölbt, besteht vielleicht aus den sproßspitzen der Exemplare, die vor Jahrtausenden, als am Ende der Glazialzeit ein geeigneter

Sphagnetumboden freigelegt wurde, ebendort sich ansiedelten“ (Küster). Wegen der Unmöglichkeit der Selbstaktuierung eines Aktes darf die vitale Aktualität auch niemals völlig, d. h. wurzhaft, unterbrochen werden, wenn nicht unwiderruflich der Tod eintreten soll. Es ist noch eine Streitfrage, wie die unumgänglich notwendige *vita minima* zu fassen ist, ob sie herabsinken kann bis zu einem völligen Stillstand des Lebens, bei dem nur die vitale Struktur des Protoplasmas noch erhalten wird oder ob die werkzeugliche Modifikation der physischen und chemischen Kräfte sich noch irgendwie minimal im Stoff- und Energiewechsel äußern muß, so daß der vollständige Stillstand der ernährenden Tätigkeit naturnotwendig den Tod des lebenden Wesens bedeuten würde. (Vgl. darüber Gredt (18 und 19) und André (6).)

3. Das dritte ontologisch fundierte Feldgesetz geht davon aus, daß, je mehr das Modell einer Lebensstufe die Fülle, Einheit und Selbständigkeit des Lebens schon umschließt, es um so weniger sich vermännigfaltigen muß, um gleichsam durch die Breite (die „Quantität der Wesenheit“) zu ersetzen, was ihm an Tiefe (d. h. Fülle, Einheit und Selbständigkeit im Selbstbesitz) abgeht. Die tiefste Tendenz der untersten körperverbundenen Lebensstufen besteht also in der Fortpflanzung und Vermännigfaltigung (Entwicklung) der Formen. Diese wiederum machen ein die ganze Natur durchwaltendes Gleichgewichts- oder Kompensationsgesetz nötig. Durch gegenseitige Abgrenzung von Jagd- und Ausnutzungsgebieten, Anpassung an die leerbleibenden Lebensplätze und durch Gegenseitigkeit jeder Art von gemeinsamem Nahrungserwerb bis zum Schmarozertum, stellt die Natur jedem Einzelwesen je eine, dem besonderen Grade der Zusammengesetztheit entsprechend, möglichst große und umfassende Aufgabe und verteilt andererseits diese Aufgabe unter möglichst viele Glieder so, daß jedes der Glieder und dann weiterhin auch der Charakter der Gesamtleistung unentbehrlich ist. Hier schließt sich also ein überindividueller Kreisprozeß, der in vollendeter Gestalt im Naturwald uns entgegentritt. Wie sehr die Verkennung dieses Kreisprozesses, der zur Wesenheit des Waldes gehört, die Forstwirtschaft auf künstliche, ungangbare Wege führte, sie statt ein Stück lebendiger und durch sich selbst sich erneuernder Natur „Balkenfelder“ schaffen ließ, die nicht von Dauer waren, haben wir heute zur Genüge erkannt. Die Frage, wie sich der überindividuelle Kreisprozeß konstituiert,

kann besonders gut dort studiert werden, wo „urwüchsiger“ Wald noch heute vor unseren Augen aufwächst. „Die Riedwaldungen auf den alten Mooren im Oberland sind solche Urwälder, ebenso die Legforchenbestände im Wildseemoos bei Wildbad und an anderen Orten im Schwarzwald. Aber eines fehlt ihnen freilich noch zum vollen Begriffe, sie sind noch zu jung, der Kreislauf von Werden und Vergehen ist noch nicht völlig geschlossen, das Zusammenspiel aller Glieder noch nicht ausgeglichen. Die Riedforchen, Birken, Aspen u. a. „Lichthölzer“, aus denen sie zunächst bestehen, können allein noch keinen dauerhaften Wald bilden. Je dichter sie sich schließen, desto weniger können ihre eigenen Sämlinge sich entwickeln. Erst wenn die unter ihrem Schutz aufwachsenden und ihren Schatten ertragenden Fichten, Tannen, Buchen u. a. dazu kommen, ist die Dauer gesichert. Ob dies aber auf stärkerer Torfunterlage überhaupt soweit kommen kann, ist eine offene Frage“ (Feucht).

Doch gehen wir nun zu den eigentlichen entwicklungsphysiologischen Gesetzmäßigkeiten über, die wir an unserem dynamischen Urmodell der Pflanze abzulesen vermögen.

Mit der Konstituierung des vitalen Seins im actus primus der Keimzellen bzw. mit seiner Vollkonstituierung nach dem Befruchtungsvorgang ist eine bestimmte vitale Mikroorganisation im Plasma mitgesetzt. Die fortschreitende Aktuierung der vitalen Bestimmungsfähigkeiten des stofflichen Materials vollzieht sich aber unter ständiger Neueinverleibung von Material erst im actus secundus der Entwicklung selber. Es sind bei dieser Aktuierung zwei Stufen zu unterscheiden, die stoffliche und die morphologische Assimilation. Ursprünglich ist im Keimling, der noch von dem von der Mutterpflanze gelieferten Reservematerial organisch genährt wird, eine Scheidung in somatische, stofflich-energetisch-assimilierende, und embryonale, morphologisch-assimilierende Feldzonen noch nicht durchgeführt. Sie tritt aber alsbald deutlich hervor. Es kann nun als wohl allgemeines vitales Feldgesetz ausgesprochen werden, daß

4. trotz der tiefen Abhängigkeit des Formwechsels vom Stoffwechsel doch die morphologische Assimilation in den embryonalmeristematischen Feldbezirken, der stofflichen Assimilation (Zubereitung der Bau- und Betriebsstoffe) in den somatischen Bezirken relativ übergeordnet ist und hier ein ähnliches Verhältnis besteht wie zwischen den „Wahrnehmungstoff“ liefernden peripherischen

Sinnesorganen und den das sinnliche Material durchstrukturierenden und gestalthaft formenden sensorischen Zentren im Gehirn. Wie hier energetische Reize, so können dort stoffliche Reize (Hormone) instrumental bestimmend die plastischen Bewegungen in bestimmte Bahnen lenken, aber doch nur dadurch, daß sie wie ein Schlüssel gestaltende Tendenzen „auslösend“ aufschließen, also in das morphogene Reizfeld zur Orientierung und werkzeuglichen Benutzung zwar aufgenommen werden, aber nicht dasselbe in seinen individualisierenden und gestaltschöpferischen Tendenzen ersetzen können. An solchen Reizstoffen, die von den jugendlichen Blattanlagen gebildet und in der Rinde abwärts geleitet werden, mag sich auch die Tätigkeit des Kambiums im morphogenen Reizfeld des Baumes orientieren. Eine weitere Folge der relativen Überordnung des Formwechsels in den embryonalen Bezirken über die Stoffzubereitung und Stoffleitung in den somatischen Bezirken ist der von Münch ausgesprochene Satz: „Das Wachstum zieht die Baustoffe an sich, es wird nicht erst etwa durch vorher zuströmende Baustoffe angeregt, sondern durch Ursachen, die wir, solange nicht Näheres über ihr Wesen bekannt ist, vorläufig als Reize bezeichnen.“ Münch fügt hinzu: „wohl bewußt, daß dies nur ein sehr unbestimmter provisorischer und nur in Ermangelung genauer Kenntnis aufgestellter Begriff ist, der wieder zu verschwinden hat, sobald seine chemische und physikalische Natur besser aufgeklärt ist“. Wir glauben im Gegenteil, daß wir mit der Wiederentdeckung des morphogenen Geschehens als eines „Reizgeschehens“ eine auch bei vollständiger physikalisch-chemischer Faktorenanalyse in keiner Weise eliminierbare Feldeigenschaft desselben entdeckt haben, seine ordnende und gestalthaft-individualisierende Tendenz.

Auch die Hormonwirkung löst im morphogenen Reizfeld gestaltschöpferische Bewegungen entweder ganz neu aus (wie etwa bei der Gallenbildung) oder schon vorhandene Tendenzen werden in bestimmter Richtung gesteigert. Letzteres ist wenigstens für die Wirkung der tierischen Sexualhormone bei dem Hermaphroditismus verus bilateralis des Dompfaffen erwiesen, wo die eine Seite einen Hoden, die andere einen Eierstock besitzt, die ins Blut sezernierten und sich dort vermischenden Hormone aber keineswegs die verschiedene Farbendifferenzierung (auf der einen Bauchseite leuchtend-rot-männlich, auf der andern Bauchseite graubraun-weiblich) zu verwischen vermögen.

Falls die neuen Angaben über die Wirkung des Sexualhormons bei der Blütenbildung der Hyazinthen sich bestätigen sollten, dann wird es vielleicht auch möglich werden, das analoge Problem bei den Pflanzen zu untersuchen.

Sehr wenig ist bei den Pflanzen auch noch die Frage der Um- und Rückdifferenzierung des Materials untersucht, bei der der Primat des Formwechsels am deutlichsten hervortreten würde. Bei Regenwürmern entstehen bekanntlich aus Teilstücken aus der vorderen bis mittleren Körperregion starke segmentreiche Regenerate, die (weil Stoffzufuhr von außen unmöglich ist), nur durch eine Verwendung bereits geformten Materials (durch Um- und Rückdifferenzierung von Zellen oder durch deren Auflösung) möglich ist.

5. Ein weiteres Gesetz für die plastischen Bewegungen im morphogenen Reizfeld besteht darin, daß es bei Störung der Ganzheitsbeziehungen diese Bewegungen zur Herstellung einer neuen Ganzheitsbeziehung zurückführt. Immer ist dabei die Gesamtbewegung und Neueinstellung eine durch sich selbst in sich zurückkehrende, die durch eine Wechselorientierung zwischen den Seitenorganen und den Vegetationsspitzen einerseits und dem Kambium andererseits ihren Kreis zieht, und zwar, wie es scheint, unter relativer Beherrschung durch die Spitzen und unter Benutzung der Eigenpolarität von Zellen, deren vorherbestandene Richtung und Differenzierungstendenz durch die Störung aufgelockert oder aufgehoben wurde. Bei Dekapitationen tritt durch den Verlust der Beeinflussung der Kambiumtätigkeit vom Hauptsproß her Zerfall der Zellen in parenchymatische Teilstücke und zum Seitenast gerichtete Umlagerung der nun prosenchymatisch auswachsenden Teilzellen ein. Bei durch inverse Einpflanzung gestörter Ganzheitsbeziehung wird die Zellumlagerung durch Kallusbildung vermittelt. Vollständige Beraubung der Baumkrone kann zu einer von Adventivknospen ausgehenden Totalreparation des Baumes mit völliger Schließung des neugebildeten Holzmantels führen.

6. Auch in der normalen Jahresentwicklung des Baumes scheint in der kreisförmig in sich zurückkehrenden formativen Wechselbeeinflussung zwischen den sich zum beblätterten Sproß entwickelnden Spitzen und dem Kambium den Spitzen eine relative Herrschaft zuzukommen.

7. Ein wichtiges Problem der Feldtheorie ist die Frage, ob das ontisch aktu-potentiale Gefälle zwischen dem mehr herrschenden und dem mehr beherrschten Komplex auch quantitativ in Stoffwechselgradienten im Sinne Childs zum Ausdruck gelangt, so daß etwa mit den beherrschenden Zentren eine Hebung des bioelektrischen Potentials (in Zusammenhang mit der Atmungsintensität) Hand in Hand geht.

8. Die relative Beherrschung des die Stoffzubereitung und Stoffleitung vermittelnden somatischen Systems durch das den Formwechsel bestimmende embryonale System geht auch daraus hervor, daß schon der richtige Stofftransport eine entsprechend geformte Struktur des Leitungssystems voraussetzt, wie die schönen Untersuchungen Hubers dies in bezug auf die Verteilung des Leitungssystems auf die Licht- und Schattensprosse zeigen. Letzteren muß durch eine herabgesetzte Wasserleitungskapazität gleichsam ein „Widerstand“ vorgeschaltet sein, damit sie den wipfelständigen Sonnensprossen die Wasserfäden nicht abziehen. Die mit höherer Saugkraft ausgestatteten Sonnensprosse aber müssen besser mit Leitungsgewebe ausgerüstet sein. Auch in bezug auf den Stamm zeigte Jaccard, daß er den Bedürfnissen günstiger Wasserversorgung entscheidender entspricht als den Bedürfnissen mechanischer Festigung, obwohl selbstverständlich auch letztere sich Geltung verschaffen.

9. Ein für die Einheit des morphogenen Reizfeldes entscheidendes Problem wird durch die von Wigand festgestellte Erscheinung der Koordination der jährlichen Wachstumsrhythmen gestellt. Die Erscheinung verlangt jedoch, bevor entscheidende Schlußfolgerungen daraus gezogen werden, eine genauere Analyse der dafür in Betracht kommenden Faktoren.

10. Für die Begründung der Einheit des morphogenen Reizfeldes wird auch sehr entscheidend sein die genauere Analyse jener plastischen Bewegungsvorgänge, die bei einer gestörten Formharmonie die normalen Richtungsbeziehungen wieder herstellen (Morphozentrik). Einwandfrei ist eine autotrope Richtungsregulation vor allem bei Einstellung der Seitenwurzel in die Richtung der abgeschnittenen Hauptwurzel durch Nordhausen nachgewiesen worden. Denn sie tritt hier auch bei Ausschaltung des Schwerkraftreizes am Klinostaten auf. Ein weiteres Beispiel bringt Němec. Stört man die Symmetrie eines unpaarig gefiederten Blattes, indem man früh-

zeitig das Endblättchen und das eine Fiederblättchen des obersten Blattes entfernt, so stellt sich das andere Blättchen des Paares in die Richtung des Endblättchens ein (Abb. 12 a u. b). Ferner beschreibt Ricome die Aufrichtung des einzig übrig gebliebenen peripherischen Blütenstieles einer Umbelliferendolde nach dem Abschneiden aller anderen, Boirivant merkwürdige Fälle der Aufrichtung von Seitensprossen bei abgeschnittenem Hauptproß. Allbekannt ist das Verhalten der Fichte, wenn bei ihr nach der Köpfung die Seitenzweige sich aufrichten und alle Eigenschaften und Merkmale eines Haupt sprosses, einschließlich der baulichen Eigentümlichkeiten annimmt (Abb. 18). Ob und inwieweit hier die Schwerkraft beteiligt ist, ist noch nicht einwandfrei analysiert. Da der analoge Fall der Einstellung der Seitenwurzel in die Richtung der abgeschnittenen Hauptwurzel auch bei Ausschaltung des Schwerkraftreizes erfolgt (Nordhausen), muß man in der Deutung sehr vorsichtig sein. Die Umstimmung des geotropen Verhaltens dürfte auf alle Fälle wohl erst sekundär als abhängig Variable der morphogenen Umstimmung auftreten. Die Analogisierung des tropistischen Verhaltens mit dem stark vereinseitigten spezialisierten Reflexverhalten sowie die Feststellung, daß bei der Befreiung eines niederen Tieres aus Zwangslagen Reflexe überhaupt nicht auftreten (Buytendijk) dürfte den primär autotropen Charakter solcher Symmetrieregulationen nahelegen. Sekundär wird freilich die tropistische Spezialisierung wieder hervortreten und Nordhausen hat dies insofern direkt aufgezeigt, als er feststellte, daß die Einstellung der Nebenwurzel in die Richtung der Hauptachse am Klinostaten zwar ähnlich verläuft wie unter normalen Verhältnissen, jedoch unregelmäßiger und durchschnittlich etwas geringer ausfällt, so daß die endgültige ganz präzise Einstellung wieder durch geotrope Regulation eintritt.

11. Eine aktive Symmetrietendenz des morphogenen Reizfeldes zeigt sich auch bei der Restitution der Sonnenblumenkörbchen, die durch Spaltung des embryonalen Blütenstandes hervorgerufen werden. Da hier eine Symmetriestitution vorliegt, die, wie die Restitution der Flügelanlage bei der Raupe, nur durch feinste künstliche Eingriffe zu erreichen ist und die in der Natur deshalb kaum oder doch so ganz selten vorkommen dürfte, daß die Züchtung eines ihr zugrunde liegenden Restitutionsmechanismus im Kampf ums

Dasein nicht in Frage kommt, darf wohl von einer primären Symmetrietendenz des morphogenen Reizfeldes gesprochen werden, für die auch sonst noch mancherlei Beobachtungen sprechen. Symmetrische Merkmalsausbildung in der Phylogenie gewinnt im Anschluß an solche primäre Symmetrietendenz in der Ontogenie eine erfahrungsanaloge Wahrscheinlichkeit, während der Gedanke völlig richtungsloser und damit doch auch symmetrielooser Umbildung, wie ihn der extreme Darwinismus voraussetzen muß, sich auf die Erfahrung nicht stützen kann.

12. Eine weitere feldtheoretische Erfahrungsanalogie, die für die richtige Deutung der Phylogenie wichtig wird, ist die Priorität der Form vor der Funktion, die aus der Formbedingtheit der Funktion eigentlich schon a priori selbstverständlich ist und ontogenetisch in der relativen Beherrschung des die Stoffzubereitung und Stoffleitung vermittelnden somatischen Systems durch das den Formwechsel bestimmende embryonale System besonders deutlich sich offenbart. Aber auch in der Phylogenie gilt, daß grundsätzliche Formänderungen nicht durch einen Funktionswechsel erzeugt werden, da die Ausübung einer von der seitherigen durchgreifend verschiedenen Funktion, wie etwa Fliegen oder Schwimmen, ohne das vorherige Vorliegen einer entsprechenden morphologischen Gestaltung nicht möglich ist. Goethe faßte das in die Worte: „Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Tieres und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten mächtig zurück.“ Dieses Gesetz gilt analog auch für die Pflanze, von der Goethe sagt: ihr sei bei einer eigensinnigen, eben durch die vorgegebene Gestalt festgelegten „Hartnäckigkeit, eine glückliche Mobilität und Biagsamkeit verliehen, um in so viele Bedingungen, die über dem Erdkreise auf sie einwirken, sich zu fügen und danach bilden und umbilden zu können.“ Ist die „Urgestalt“ jeweils gegeben, dann gehen die Spezialisierungen zwangsläufig eingeschränkt weiter, wie die Variationen eines vorgegebenen Themas. (Zur genaueren vergleichend-morphologischen Begründung der vorgegebenen Gestalt siehe vor allem Goebels „Organographie“ sowie Wilhelm Troll: Gestalt und Organisation im Bereich der Blüte, Berlin 1928; zur eingehenden paläontologischen Begründung: Beurlen, Vergleichende Stammesgeschichte, Berlin 1930; zur allgemeinen Orientierung: Fitting, Grundprobleme der Pflanzengestaltung, Bonner

Mitteilungen, Heft 4.) Goebel geht speziell von der Tatsache aus, daß die Organisation der Pflanzen weitaus mannigfaltiger ist als die heutige und frühere Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen. So ist z. B. die Mannigfaltigkeit im Aufbau der Blätter und der Blüten sehr viel größer als die Verschiedenheit der Lebensumstände, so weitgehend deren sekundärer Einfluß in vielen Fällen sein mag. Ebenso wenig wie der 3-, 4-, 5-, 20zählige Rhythmus der Radiolariengefüge als „Anpassung“ verstanden werden kann, kann die Aufteilung der assimilierenden Flächen in gelappte und geteilte, paarig und unpaarig gefiederte, der Aufbau der Blüte von der Zwei-, Drei-, Vier-, Fünf- bis zur Mehrzähligkeit bloß ökologisch begriffen werden. Goebel schließt daraus, daß die Artverschiedenheit der Organismen vorzugsweise in einem „immanenten Entfaltungstrieb“ ihren Grund haben müßte.

13. Zu den weiteren Problemen der Feldtheorie gehören dann die rein typologischen Probleme, jene Probleme, die Goethe meint, wenn er sagt: „Um sich aus der grenzenlosen Vielfachheit, Zerstückelung und Verwickelung der modernen Naturlehre wieder ins Einfache zu retten, muß man sich immer die Frage vorlegen, wie würde sich Plato gegen die Natur, wie sie uns jetzt in ihrer größeren Mannigfaltigkeit, bei aller gründlichen Einheit, erscheinen mag, benommen haben?“ Das platonische Grundmotiv ist die Ermittlung der Zusammengehörigkeit der Formen und Prozesse durch das sie in ihrem Wesen verbindende Typische bzw. durch das dynamische Urmodell ihres Ablaufs. In dem Durch- und Zuseh-selbstzurückkehren des vitalen Kreisprozesses liegt z. B. der typische Unterschied zum anorganischen Geschehen und aus ihm wird sofort auch einsichtig, daß rhythmisches Wachstum durch Volumverdoppelung (infolge aktiver innerer Teilung) Zellkernen aber nicht Kristallen zukommen kann. Wichtig ist ferner die Herausstellung des typischen Unterschiedes im meristematischen Entstehungsplan der Blätter und Karpelle (Grégoire), die Ableitung der Blattstellungen als mögliche Anordnungsweisen innerhalb eines „ähnlichen Systems“ (Schuepp), die Typisierung der kambialen Entstehungspläne usw. Wie der Generationswechsel und seine Stufen eine aus den vitalen Uranlagen der Pflanze „herausstaffelbare“ Ordnung zum Ausdruck bringt, habe ich schon in meinem Buch: „Urbild und Ursache in der Biologie“ dargelegt. Auch in der Phylogenie, sofern sie nach einem inneren Gesetze der fortschreitenden

Bewegung sucht, ist die Ergründung der im Typus liegenden Möglichkeit der Fortbildung der Formen unentbehrlich. Die Priorität der vorgegebenen und dann (im Sinne Goethes) „entschiedenen“ Gestalt vor ihrer Spezialisierung ist ja die Priorität des „Typischen“¹⁾.

Während in bezug auf das Werden der Naturdinge Plato nur die typologisch-normative Einordnung der Erscheinungen grundlegte, bietet er für deren mathematisch-rationale Bewältigung nur den Ansatzpunkt von der Geometrie her. Sein Bestreben, die Körper in bloße Raumschemata aufzulösen, entspricht bestimmten Bestrebungen der Stereochemie und Kristallographie, auch der mathematischen Blattstellungslehre, aber nicht den Bestrebungen der von der Infinitesimalrechnung beherrschten Physik, die zur Mechanik übergang. An Stelle der Form oder Idee trat nun das Naturgesetz im modernen Sinne, das mathematisch die feste und typische Beziehung von Aufeinanderfolgen bzw. den darin meßbaren Größen darstellt. Als kausal bedingt wird in der mathematisierenden Physik ein Ereignis jetzt dann bezeichnet, wenn es mit Sicherheit vorausgesagt werden kann. „Hält man, sagt Max Planck, diesen Satz zusammen mit der Tatsache, daß es in keinem einzigen Falle möglich ist, ein physikalisches Ereignis absolut genau vorauszusagen, so steht man vor dem Dilemma, entweder eine strenge Kausalität ganz zu leugnen oder an dem Ausgangssatz eine gewisse Modifikation vorzunehmen.“

Die physikalische Wissenschaft hat in ihrer bisherigen Entwicklung die zweite Alternative gewählt, sie hat nämlich, um eine kausale Determinierung in aller Strenge durchführen zu können, den Ausgangssatz, daß ein Ereignis dann kausal bedingt ist, wenn es mit Sicherheit vorausgesagt werden kann, einer Modifikation unter-

¹⁾ Als Goethe im Hause Schillers sein dynamisches Urmodell der Pflanze, seine „Urpflanze“ entwickelte, wurde ihm bekanntlich von Schiller entgegengehalten: „Das ist keine Erfahrung, das ist eine Idee!“ Schillers Hauptbedenken ging dahin, wie jeweils eine Erfahrung gegeben werden könne, die einer Idee angemessen sei. Aber er übersieht dabei, daß unsere menschlichen Ideen von den Dingen ebenso unabgeschlossen und immer weiter vollendbar sind, wie unsere Erfahrung, und daß in diesem unvollendeten Erkennen wohl eine gewisse Deckungseinheit zwischen Idee und Erfahrung herzustellen ist. So sucht z. B. die Forstwissenschaft heute nach einem beweglichen (d. h. in verschiedenen Variationen möglichen) Urmodell des Waldes, dessen Wesen der stets für die Erneuerung sorgende Kreislauf bildet. So wenig man recht hätte, zu diesem Modell, wenn es einmal erforscht ist, im Schillerschen Sinne zu sagen: „Das ist keine Erfahrung, das ist eine Idee“, so wenig hatte Schiller selbst mit diesem Einwand Goethe gegenüber Recht behalten.

worfen, indem sie die physikalischen Ereignisse, die sie behandelt, nicht auf die durch die sinnlichen Wahrnehmungen bzw. durch die benutzten Meßgeräte unmittelbar gegebene Sinnenwelt, sondern auf das sogenannte physikalische Weltbild bezieht, d. h. auf ein gewisses Gedankenschema, welches zu dem Zweck ersonnen worden ist, um von der Unsicherheit, die an jeder einzelnen Messung haftet, loszukommen und scharfe Begriffsbeziehungen zu ermöglichen. Durch die Einführung des physikalischen Weltbildes wird also die Unsicherheit in der Voraussage eines physikalischen Ereignisses reduziert auf die Unsicherheit der Übertragung eines Ereignisses aus der Sinnenwelt auf das Weltbild sowie der Rückübertragung aus dem Weltbild in die Sinnenwelt.

Dieser Satz gilt in gleicher Weise für die klassische wie für die Quantenphysik. Nur ist in der Quantenphysik dem Zusammenhang zwischen Sinnenwelt und Weltbild durch das elementare Wirkungsquantum eine prinzipielle Schranke gezogen, die sich vom Standpunkt des Kausalgesetzes nur dann möglicherweise verstehen lassen wird, wenn man die benutzten Meßgeräte und die Vorgänge in ihnen mit in das zu untersuchende Ereignis hineinbezieht. Allerdings ist dann keine Möglichkeit vorhanden, ein physikalisches Ereignis „an sich“ zu messen und an ihm das Kausalgesetz zu prüfen.

Das Unbefriedigende dieser Sachlage macht es wünschenswert, den Ausgangssatz, daß ein Ereignis dann kausal bedingt ist, wenn es mit Sicherheit vorausgesagt werden kann, einer andersartigen Modifikation zu unterwerfen. Da nämlich zu jeder Voraussage jemand gehört, der die Voraussage macht, so kann man zu der Möglichkeit einer streng kausalen Verknüpfung der Ereignisse auch dadurch gelangen, daß man, anstatt das Objekt der Voraussage, das Ereignis, durch Konstruktion eines passenden Weltbildes zu modifizieren, das voraussagende Subjekt modifiziert, indem man einen idealen Geist voraussetzt, der imstande ist, kommende Ereignisse genau vorauszusagen. Das bedeutet eine Extrapolation, die durch logische Schlußfolgerungen nicht zu begründen, aber auch nicht zu widerlegen ist. Allerdings muß man sich davor hüten, den idealen Geist zum Objekt einer wissenschaftlichen Kritik zu machen.

Die Annahme eines idealen Geistes in dem bezeichneten Sinne ist identisch mit der Annahme einer vernünftigen Weltordnung, sie wird nahegelegt durch die sonst völlig unverständliche Tatsache,

daß wir bis zu einem gewissen Grade die Natur nach unserem Willen lenken können, und sie hat den Meistern der physikalischen Wissenschaft als Leitstern bei ihrer Forscherarbeit gedient.“

Soweit Max Planck!

Wir können hinzufügen, daß dieses Postulat dem Biologen nicht nur in der mathematischen Rationalisierung des Gegebenen, sondern auch in seiner typologisch-normativen Einordnung in die dynamischen Urmodelle des Geschehens ein Wegweiser gewesen ist, der ihn zu fruchtbaren Ergebnissen führte. Keiner könnte auch in dieser letzten „urphänomenologischen“ Methode die biologische Forschung heute nachhaltiger inspirieren als der große Verwandte unseres Physikers Max Planck, der schwäbische Denker K. Chr. Planck. Er hat in Ergänzung zu dem logischen Kausalpostulat der Physik die sinn- und wesensgesetzliche Begründung der Naturphänomene wieder gefordert und ganz groß durchgeführt. In meinem Buch: „Urbild und Ursache“ habe ich das im einzelnen dargelegt. Freilich hat auch diese Methode, ebenso wie die mathematisierende der Physik, ihre Grenze in der Erkenntnis, daß die Natur mehr ist als ein bloß logischer Prozeß. Es gibt Sätze nicht bloß logischer (hier gemeint: als vom Sein absehender und bloß auf das Wesen gerichteter) sondern auch ontologischer Art, die zu wichtigen Allgemeingesetzen in der Naturerkenntnis führen. Für den Ontologen, der das Wirkliche qua Wirkliches zum Gegenstand seiner Untersuchung hat, ist es unmittelbar einsichtig, daß ein Akt (ein in sich selber gegründetes wirkungs- und bestimmungsmächtiges Sein oder eine in einem solchen Sein wurzelnde Kraft) nicht unmittelbar sich selber modifizieren oder zerstören kann. Es müßte dann ja quasi aus sich selbst heraustreten und zugleich und in gleicher Hinsicht zu sich selber in Potenz stehen. In diesem Satz ist ontologisch das Trägheitsgesetz fundiert, wie Gredt in seinem tiefschürfenden Aufsatz: „Philosophie der Mechanik“ (Divus Thomas 8. Bd. 1. Heft) gezeigt hat. Die einem Körper mitgeteilte mechanische Kraft kann von sich aus, wenn jeder äußere Widerstand und Einfluß ausgeschaltet ist, sich weder verzetteln noch steigern und muß die endlos gleiche Bewegung zur Folge haben. Vom concursus divinus aus gesehen, ist die dem Körper mitgeteilte mechanische Kraft die göttliche Vorherbewegung selbst, durch die Gott unter den gegebenen Umständen (einer Be-

wegung im Leeren) den Körper endlos bewegte, und zwar naturentsprechend endlos bewegte, da die Bewegung im Leeren, wo alle Widerstände ausgeschaltet sind, ihrer Natur nach fordert, immer fortzudauern. Wie steht es nun mit dem die vitalen Bewegungen verwirklichenden Akt? Hier sind tatsächlich Situationen künstlich herstellbar, bei denen die Auswirkung der mitgeteilten vitalen Grundkräfte von außen weder eine Hemmung noch Beschleunigung erfahren, also diese Kräfte, wenn sie gleichmäßig mit materieller Energie gespeist werden, ad infinitum den Kreislauf des Stoffwechsels und der Zellteilung weiter führen. So kann jungendliches Gewebe bei Übertragung in Blutsaft sehr lange weitergezüchtet werden und die heutigen Biologen sehen keine Schwierigkeit darin, daß solches Gewebe, wenn die Kulturflüssigkeit immer erneuert wird und die Stoffwechselgifte sorgfältig beseitigt werden, unbegrenzt weiterlebt, d. h. durch Zellteilung sich vermehrt. An und für sich betrachtet, ist die Erhaltung und Weiterpflanzung solch fragmentarischen Lebens, das sich niemals mehr zum Ganzen eines selbständigen Organismus zu erheben vermag, ohne „Logik“. Aber es ist „Ontologik“ darin, die ganze Ontologik des seinsgerechten und naturentsprechenden Vorgehens des göttlichen concursus¹⁾. Auch die großartigste Logifizierung der Natur läßt dieses Problem einer seinshaft relativ in sich selbst gegründeten Natur und das Problem der Faktizität überhaupt ungelöst stehen. Vom Platonismus als der Urform solcher Logifizierung aus ist überhaupt auch der Positivismus (zugunsten einer Erfassung der Vollkonstitution der Dinge) prinzipiell unauflösbar. Der Platonismus entläßt vielmehr, wie Hedwig Conrad Martius zeigte, notwendig aus sich den Positivismus, wenn er von der Geometrie zur Mechanik übergeht und an Stelle der Form oder der Idee das Gesetz einführt, welches mathematisch die feste und typische Beziehung von Aufeinanderfolgen darstellt. Wird zum Zwecke der dabei notwendigen Meßbarmachung die Natur quantifiziert und atomisiert und die

1) Alle bloß ideal-normative Erkenntnis neigt zu dem Wunschbild eines diese Ontologik aufhebenden kampf- und gegensatzlosen, d. h. eben „rein normgerechten“ — nicht „seinsgerechten“ Schlaraffenlandes, zu einer marklosen Flucht ins Reich der „Ideale“, die als Gegentendenz den Ruf zur „Sachlichkeit“ geweckt hat. Leider bleibt aber diese Sachlichkeit heute oft ebenso „abstrakt“; sie ist nicht „seinsgerecht“ in einem tieferen Sinne und gestaltet den Gegenpol des Schlaraffenlandes, die illusionslose Kampf- und Zweckorganisation des Lebens.

ganze Methode dann verabsolutiert, so ist der Positivismus fertig und die bloß logifizierende, die Natur „entwirklichende“ Methode des Platonismus vermag das materialistisch Atomisierte nur äußerlich durch ein geistiges Band wieder zu verknüpfen. Aristoteles trat dieser Entwirklichung der Natur durch die reine Logifizierung derselben dadurch wirksam entgegen, daß er die Sinnesdaten an die individuelle Substanz der Dinge, also an deren Vollkonstitution, anschloß und im Gegensatz zum ideenhaften den seinshaften Aufbau der Dinge in den Vordergrund stellte. Damit war aber das große Problem gestellt: Aus dem den Sinnen vorgestellten Wirklichen kann der Grund, warum es faktisch jetzt hier so ist, in keiner Weise abstrahiert werden. Die rein qualitative Bestimmungsmacht des ideal geltenden Gesetzes ist demgegenüber, daß etwas konkret auf eigenem Grunde, daß es selbst bestimmungsmächtig im Akte steht, völlig inkommensurabel. Nur wenn wir den ideal-prädestinierenden Gottesgeist zugleich als den aus eigenem Wesensgrunde Seienden fassen, dem es mit der unendlichen Geltungskraft und Werthaftigkeit des absoluten Geistes zugleich zukommt, das Sein gleichsam selbstverständlich und unentwendbar bei sich selbst zu besitzen, nur wenn wir also das abgeleitet Geltende und Werthafte und das nur aus und in sich Seiende in der Natur auf den Durchsichseienden zurückführen, wird das Problem der Kausalität auch von der ontologischen Seite her befriedigend gelöst. Aber diese Lösung scheint uns mehr als eine bloße Annahme zu sein. Sie ist das Fundament der Erkenntnis-, Wesens-, Wert- und Seinsordnung überhaupt. In letzter Hinsicht ist sie darum auch der Ausgangspunkt, von dem aus sich die Natur in der Vollkonstitution ihrer Glieder allererst aufbauen läßt, das Naturerkennen also dem Natursein sich entgegensteigert, nachdem es solange sich von ihm wegabstrahiert hat. (Vgl. dazu: „Die fundamentale Bedeutung eines substanziellen Seinsbegriffs“ von Frau Dr. Hedwig Conrad-Martius in „Catholica“ Heft 2, sowie ihre Besprechung meines Buches „Urbild und Ursache“ im „Kunstwart“ (Februar 1932).)

Literaturnachweis.

(Hinweis im Text durch Anführung der laufenden Nummern im nachfolgenden Verzeichnis.)

1. André, H., Über künstliche Blatt- und Blütenmetamorphosen bei der Schneebeere (*Symph. rac. Michx*) nebst Versuch einer charakterologischen Analyse der pflanzlichen Lebenserscheinungen. *Abh. z. theoret. Biologie*, Heft 25, Berlin 1927.
2. —, Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes. *Die Naturwissenschaften* 1920, Heft 51 u. 52.
3. —, Über künstliche Entwicklungs- und tropistische Verhaltensänderungen bei *Mimulus Tilingii*. *Ber. d. d. bot. Ges.* 1927, Heft 8.
4. —, Urbild und Ursache in der Biologie. R. Oldenbourg, München 1931.
5. —, Goethes Naturanschauung in ihrer Bedeutung für die moderne Biologie. *Goethe-Festschrift der Görres-Gesellschaft* 1932.
6. —, Das Problem des Todes im Lichte der Philosophie der Mechanik des P. Jos. Gredt. *Divus Thomas* 1930, 2. Heft.
7. Boirivant, M. A., Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes. *Annales de Sc. nat.* 8. Sér. Bot. 6. Paris 1897.
8. Büsgen, M., und Münch, E., Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena 1927.
9. Buytendijk, F. J. J. und Fischel, W., Teil und Ganzes bei der Orientierung von Ratten. *Archives Néerlandaises de Physiologie de l'Homme et des Animaux*, tome XVI, 2^e livraison, p. 214 (1931).
10. —, Kritik der Reflextheorie auf Grund der Erforschung der Verhaltensweisen der Tiere. *Verh. d. d. Ges. f. inn. Medizin*. Wiesbaden 1931.
11. —, Le cerveau et l'intelligence. *Journal de Psychologie normale et pathologique*. XXVIII. Jahrg., Nr. 5—6.
12. Coster, Chr., Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen- und Jahresringbildung in den Tropen. Leiden 1927.
13. Demoll, R., Der Wandel der biologischen Anschauungen in den letzten hundert Jahren. *Münchener Universitätsreden*, Heft 23. München 1932.
14. Fitting, H., Die Pflanze als lebendiger Organismus. 1917.
15. —, Grundprobleme der Pflanzengestaltung. *Bonner Mitteilungen*, Heft 4. 1930.
16. Foster, A. S., Investigations on the morphology and comparative history of development of foliar organs. I. The foliage leaves and cataphyllary structures in the horsechestnut (*Aesculus Hippocastanum* L.). *American Journal of Botany*, XVI: 441—474, June, 1929.
17. Georgescu, C., Beiträge zur Kenntnis der Verbänderung. *Bot. Abh.*, Heft 11. Jena 1927.
18. Gredt, Jos., Gibt es einen vollkommenen Stillstand der Lebenstätigkeit im Lebewesen? *Divus Thomas* 1927, 1. Heft.
19. —, Philosophie der Mechanik. *Divus Thomas* 1930, 1. Heft.

20. Grégoire, V., La valeur morphologique des carpelles dans les Angiospermes. Bruxelles 1931.
21. Gurwitsch, Alex., Versuch einer synthetischen Biologie. Abh. 2. theoret. Biologie, Heft 17, Berlin 1923.
22. Haering, Theod., Hegel und die moderne Naturphilosophie. Philosophische Hefte, III. Jahrg., Heft 1/2, 1931.
23. Heidenhain, M., Über die Grundlagen einer synthetischen Morphologie des tierischen Körpers. Klin. Wochenschrift 1925.
24. Huber, Br., Aus der Biologie der Baumkrone. Jahrb. d. d. dendrol. Ges. 1927.
25. Jaccard, P., Was wissen wir vom Dickenwachstum der Bäume? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1916.
26. —, Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres. Lausanne 1919.
27. Jordan, H. J., Allgemeine vergleichende Physiologie der Tiere. Leipzig 1929.
28. Jost, L., Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Zeitung 1891, Nr. 30—38.
29. Kerville, Henri Gadeau de, Considérations et recherches expérimentales sur la direction des racines et des tiges. Paris 1917.
30. Kny, L., Über künstliche Spaltung der Blütenköpfe von *Helianthus annuus*. Naturw. Wochenschrift. N. F. IV, Nr. 47.
31. Küster, E., Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. Abh. z. theor. Biologie. Berlin 1921.
32. —, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1925.
33. Lataste, Fernand, Le géotropisme des plantes, la symétrie des êtres vivants et le principe des conditions d'existence. Comptes rendus des séances et mémoires de la Société de Biologie. 94, 1926, 1.
34. Mair, A., Eine botanische Merkwürdigkeit. Natur und Kultur 1931, Nr. 11.
35. Matthaei, R., Der Begriff der Gestalt in seiner biologischen Bedeutung. Natur und Museum 1927.
36. Neef, Fritz, Über Zellumlagerung. Zeitschr. f. Bot., 6. Jahrg. 1914.
37. Němec, B., Über die Folgen einer Symmetriestörung bei zusammengesetzten Blättern. Prag 1902.
38. Noll, F., Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz. Biologisches Centralblatt, 23. Bd., 1903.
39. Nordhausen, M., Über Richtung und Wachstum der Seitenwurzeln unter dem Einfluß äußerer und innerer Faktoren. Jahrb. f. wiss. Bot., 44. Bd., 1907.
40. —, Über Sonnen- und Schattenblätter. Ber. d. d. bot. Ges. 1903 u. 1912.
41. Petersen, H., Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander. Kritische Anmerkungen zum Geschichtsproblem in der Biologie. Die Naturwissenschaften 1920, Heft 49.
42. Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. II. Bd., Leipzig 1904.
43. Planck, M., Der Kausalbegriff in der Physik. Auszug aus einem Vortrag in der Preuß. Akademie der Wiss., veröffentlicht in den Sitzungsberichten der Akademie 1932.
44. Poppelbaum, H., Der Bildekräfteleib der Lebewesen als Gegenstand wiss. Erfahrung. Goetheanum Bücherei, Stuttgart 1924.
45. Ricome, Symétrie des rameaux floreaux. Annales des sciences natur. 8. Sér. 2. 1898.

46. Porsch, O., Zur physiologischen Bedeutung der Verholzung. Ber. d. d. bot. Ges. 1926, Heft 2.
47. Schuepp, O., Untersuchungen und Konstruktionen zur Theorie der einfachen Spiralstellung. Jahrb. f. wiss. Bot. 1928, Heft 5.
48. Simon, S., Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen. Jahrb. wiss. Bot. 45, 1908.
49. Simon, S. V., Über Gewebeeränderungen in den Stielen abgetrennter bewurzelter Blätter von Begonia Rex. Jahrb. f. wiss. Bot. 1929, Heft 3.
50. Troll, W., Organisation und Gestalt im Bereich der Blüte. Berlin 1928.
51. Vinassa de Regny, P., Der biologische Imperativ und die Stellung des Menschen in der Klassifikation der Lebewesen. Riv. Biol. 12, 309—313 (1930).
52. Weiß, P., Morphodynamik. Abh. z. theoret. Biologie. Heft 23, Berlin 1926.
53. —, Das Resonanzprinzip der Nerventätigkeit. Wiener klinische Wochenschrift 1931, Nr. 39.
54. Weizsäcker, V. v., Die Neuroregulationen. Verhandl. d. d. Ges. f. inn. Medizin. Wiesbaden 1931.
55. Wolff, Gust., Was ist vom Darwinismus übrig geblieben? Münchner medizinische Wochenschrift 1932, Nr. 10, S. 395.
56. Wigand, Alb., Der Baum. Braunschweig 1854.



Tafel I. (Nach André).





Tafel II. (Nach André).

KSIEGOZBIÓR
TOWARZYSTWA
NAUKOWEGO
W TORONIU



Tafel III. (Nach André).

1. 5 (531)

~~02031~~