

A r c h i v
für
pathologische Anatomie und Physiologie
und für
klinische Medicin.

Bd. CI. (Zehnte Folge Bd. I.) Hft. 3.

XX.

**Die histogenetische Energie und Symmetrie des
Gewebswachsthum.**

Von Prof. Dr. S. Samuel in Königsberg i. Pr.

Die bilaterale Wachsthumssymmetrie ist das Wachsthumprincip, welches die Organisation der gesammten höheren Thierwelt beherrscht. Die ganze äussere Architectur, sowie der grösste Theil des inneren Baues zeigt sich nach diesem Princip constituirt¹⁾. Kaum an einem Gewebe der höheren Thierwelt ist jedoch dieses Princip so sichtbar und in so idealem Grade durchgeführt, wie an dem Federkleide der Vögel. Jede einzelne Feder der einen Seite ist der correspondirenden der anderen Seite in der Norm absolut gleich an Länge, Stärke und Befiederung, nur im Colorit allein finden sich Unterschiede. Und diese fast absolute Symmetrie ist nicht blos Product der embryonalen Anlage, sie erneuert sich vielmehr von Jahr zu Jahr. Alljährlich unterliegen die Federn der typischen Regeneration, einer vollen Integralerneuerung, welche als Mauserung bekannt ist. In jeder Herbstmauser erfolgt dieser Federwechsel nach den Gesetzen der bilateralen Symmetrie und der continuirlichen Succession. Je eine Feder beiderseits und zwar stets die einander correspondirenden fallen gleichzeitig am Flügel und am Schwanze aus,

¹⁾ Samuel, Bilateralismus in 2. Aufl. der Real-Encyclopädie von Eulenburg.

gleichzeitig wachsen ihre Nachfolger zu gleicher Höhe und wenn diese dann $\frac{1}{3}$ ihrer natürlichen Länge und mehr erreicht haben, so fällt ein anderes Paar aus und zwar in bestimmter Folge. Nur bei einzelnen Arten tritt der Verlust gleichzeitig so umfangreich auf, dass die Thiere dabei die Flugfähigkeit einbüßen. So lange bis die Federn ihre höchste Länge erreicht haben, erfolgt nur bei jeder Mauserneubildung ein Weiterwachsthum der sich regenerirenden Feder, wie besonders an den grössten Federn nachweisbar ist, so dass dieselben auf beiden Seiten länger, immer aber gleich viel länger werden, als die eben ausgefallenen Vorfedern. Der steten Wiederholung der Wachsthumssymmetrie beiderseits bei jeder Mauser verdanken die Federn ihre in der Norm stets constatirbare Gleichheit.

Dieselbe Wachsthumssymmetrie aber, welche die spontane Mauserregeneration charakterisirt, lässt sich, wie ich in einer früheren Arbeit¹⁾ bereits angegeben habe, auch nach dem Ausziehen reifer Federn ausserhalb der Mauser beobachten. Zieht man die 10 grossen Handschwingen jederseits gleichzeitig aus, so erfolgt nun beiderseits eine absolut symmetrische Regeneration der correspondirenden Federn. Vergleicht man diese Neufedern mit den Vorfedern, so zeigt sich auch hier wieder, dass die Neufedern etwas länger werden, als die Vorfedern, ebenso im Kiele stärker, doch erlangen sie nicht die Schönheit der Fahne, wie bei der Mauser. Die Fahne wird etwas schmaler, da die Strahlen ein wenig kürzer werden. Dies ist die einzige Veränderung, welche gegenüber der Mauserregeneration zu constatiren ist, auch bei wiederholter künstlicher Regeneration. Immer aber sind auch in diesen Veränderungen die correspondirenden Federn beiderseits wieder einander gleich, die bilaterale Symmetrie ist bei stets gleichzeitiger experimenteller Regeneration eine absolute. Bei der künstlichen Regeneration ist das präsumptive Wachsthum der grossen Schwungfedern um 0,2—0,6 cm stets in Betracht zu ziehen.

Es bedarf keiner weitläufigen Auseinandersetzung, welch' ausgezeichnetes, ja unübertreffliches Operationsgebiet für die meisten Fragen des Gewebswachsthums damit gewonnen

¹⁾ Samuel, Die Regeneration. Dieses Archiv Bd. 50. S. 323.

ist. In dem intacten Vis-à-vis hat man eine unmittelbar sichtbare Controle für alle einseitigen, in dem Vergleich mit den wie Pflanzen in Herbarien aufbewahrten Vorfedern eine Controle aller beiderseitigen Veränderungen. Der Werth dieses Versuchsobjectes wird durch die Configuration des Federgewebes wesentlich erhöht. Nicht in Flächen- oder Plattenform, sondern als wohl gesonderte einzelne Individuen wachsen die Federn, wie die Haare und als weit besser charakterisirte Individuen, als die feinen Haare sind. Dass dies Wachsthum sich rasch abwickelt, dass man die Feder von Tag zu Tag nach Aussen wachsen sieht, wie kaum an irgend einer anderen Stelle des Thierleibes möglich, gewährt den Beobachtungen eine Sicherheit, welche sie nirgends sonst erreichen können. Vereinfacht werden diese Beobachtungen noch dadurch, dass dem Federgewebe ein Functionsstoffwechsel nicht zukommt. Der ganze Stoffwechsel dient nur dem Wachsthum; ist dasselbe vollendet, hat die Feder ihre typische präsumptive Länge erreicht, so hört der Stoffwechsel in der Feder völlig auf. Die Federn selbst bilden alsdann nur noch ein unlebendiges, wenn auch für die Lebenszwecke sehr wichtiges Anhängsel des Organismus, welches für den Wärmeschutz von höchster Bedeutung ist. Keine Spur von Blut- und Säftecirculation findet jedoch in der Feder nach ihrer Vollendung statt. Die dann noch vorkommenden Veränderungen des Colorits können nur passive Veränderungen sein, veranlasst durch Abstossung von Federpartikeln oder durch eine Modification des Secretes der Burzeldrüse, mit dem der Vogel seine Federn einölt. Die volle Ausschliessung des Functionsstoffwechsels, die isolirte Betrachtung des Ernährungs- und Wachstumsstoffwechsels vereinfacht aber die Sachlage und lässt die Gesetze des Wachstums mit grösserer Klarheit hervortreten. Rechnen wir zu all diesen Vorzügen noch die hochgradig extensive Entfaltung hinzu, wie sie in dieser Art sonst nur den Pflanzen, kaum irgend einem thierischen Gebilde eigen ist, eine extensive Entfaltung, welche auch die feinsten Veränderungen der Blut-injection im Leben zu constatiren gestattet, so sehen wir, dass wir es mit einem Versuchsobjecte zu thun haben, welches wie geschaffen dazu ist, die Fundamente zu legen für die Kenntniss des Gewebswachstums, Fundamente, auf welche sich alsdann

das Studium der verwickelteren Wachstumsprobleme der activen Gewebe im compressen Thierkörper gründen kann.

Auch derjenige Fehler, dessentwegen wir vor länger als einem Jahrzehnt die Untersuchung abbrechen mussten, ist beseitigt. Es wollte uns damals nicht recht gelingen, bei Anämie, bei Neuroparalyse und ähnlichen schwereren Schädigungen eines Flügels die unmittelbaren Verletzungen hintenanzuhalten, welche durch das dann eintretende Schleppen desselben entstehen. Bandagen hindern das Schleppen der Flügel, aber auch das Wachstum der Federn. Seitdem bin ich auf ein höchst einfaches, aber zweckdienliches Verfahren gekommen, die Flügel unter allen Umständen in ihrer natürlichen Lage zu erhalten. In all den hier beschriebenen und später mitzutheilenden Versuchen liess ich die äussersten Federn, also die ersten Schwingen jederseits stehen und siegelte deren Enden auf dem Rücken des Thieres so an einander, dass nun die Flügel eine Dreieckform bildeten. Die Länge der Ansiegelung ist dadurch gegeben, dass die angesiegelten Federn auf den Schwanzfedern des Thieres ruhen müssen, auch bei Bewegung nicht herunterfallen dürfen. Nach Operationen an der Schulter ist es nothwendig, auch eine Anzahl Schulterfedern beiderseits an einander zu siegeln, um der einseitigen Senkung der Schulter das Gegengewicht zu halten. Diese Siegelung pflegt sehr gut zu halten, doch ist sie bei jeder Lockerung leicht wieder zu befestigen, wenn solche bei der täglichen Inspection der Thiere sich herausstellt.

Die ganze Versuchsreihe ist an Tauben angestellt. Schon bei diesen relativ kleinen Vögeln wachsen die Schwungfedern mit einer Schnelligkeit, dass man sie von Tag zu Tag wachsen sehen, die Wachstumsgrösse leicht messen kann. Man könnte die Besorgniss hegen, dass diese zarten Thiere eine massenhaftere Federregeneration nicht vertragen und darüber zu Grunde gehen werden, eine Besorgniss, welche ja im Hinblick auf die schwere Ueberstehung der Mauser durchaus nicht ungerechtfertigt ist. Ueberraschender Weise zeigt aber die Beobachtung zahlreicher Fälle, dass diese künstliche Regeneration im Allgemeinen ausserordentlich gut auch von jungen Thieren überstanden wird, selbst wenn dieselben gleichzeitig 9 grosse Schwingen und eine ganze Anzahl kleiner Federn jederseits sogar mehrmals reproduciren.

Nur ganz junge Thiere zu nehmen, ist unrathsam, hier ist die Regeneration unregelmässig. Noch weniger eignen sich erkrankte Thiere, die an Hautparasiten leiden, am wenigsten Diarrhoe- kranke zu reinen Versuchen. Auch die Mauserperiode ist zu beachten; sie beginnt bei den Tauben im Monat Juli, wo sie die Federn einzeln in früher beschriebener Weise zu verlieren anfangen, im September stehen sie mitten in der Mauser, welche sie noch vor Eintritt des Winters beendet haben. Auch die für diese Fragen nothwendigen Operationen überstehen die Tauben sehr gut, so dass bei ihrer leichten Beschaffbarkeit kein anderes Object in Frage zu kommen braucht. Die Wunden heilen bei allen Vögeln ausserordentlich leicht durch Verschorfung; die Eiterung ist unbedeutend. Dies ist um so günstiger, als *prima intentio* schwer zu erzielen ist. Die dünne Haut gestattet nur an wenigen Stellen Haltbarkeit der Nähte und andererseits ertragen die Tauben grössere Mengen Carbolsäure sehr schlecht, sie verfallen danach sehr leicht in Convulsionen. Des besseren Zusammenhanges wegen habe ich es vorgezogen, die vor 15 Jahren gemachten und jetzt wiederum bestätigten Beobachtungen direct hier anzuführen, soweit sie für die hier discutirten Fragen in Betracht kommen. Weisse oder helle Tauben sind wegen der besseren Sichtbarkeit der Pulpagesässe den pigmentirten vorzuziehen.

Die Quelle der histogenetischen Energie. Die Quelle der histogenetischen Energie liegt für jede einzelne Feder nicht nur, sondern für die Kette der Generationen derselben Feder in der Federpapille. Die Federpapillen sind gefässreiche, ursprünglich an der Oberhaut liegende Wärzchen, welche allmählich in Einsenkungen der Haut aufgenommen werden. Bei den kleinen Flaumfedern sind sie immer noch unter der dünnen Epidermis deutlich erkennbar, bei den grossen Schwungfedern aber senken sie sich bis an den Knochen heran. Dass diese kleinen Papillen es sind, welche als die dauernde Matrix der Federgeschlechter zu betrachten ist, geht aus folgenden sich an einander schliessenden Beweisen vor. Wird die Papille zerstört, so ersetzt sich die entsprechende Feder nie mehr. Dies lässt sich mit einer jeden Zweifel ausschliessenden Sicherheit bei jeder grossen Feder nachweisen. Zerstört man deren Federpapille durch *Ferrum candens*

oder in irgend welchem anderen absolut deletären Verfahren, so tritt eine Neubildung dieser Feder nicht mehr ein. Ein Ersatz von der Nachbarschaft her durch vicariirendes seitliches Wachstum ist unmöglich, eine jede Feder kann nur von ihrer Papille erzeugt werden. — Das entsprechende Resultat erhält man, wenn man während der Federregeneration die Papille ätzt oder sie durch Crotonöl oder Petroleum in lebhafte Entzündung versetzt. Die bereits vorhandene Injection geht in den nächsten Tagen zurück, das Wachstum steht still, die neugebildete Feder fällt meist unfertig und weich aus oder wird nur noch mechanisch festgehalten. — Das Resultat ist dasselbe, wenn man die Läsion ausschliesslich auf die Papille beschränkt und sorglich die Federtasche oder Federscheide und eventuell die Neufeder selbst schont. Daraus geht hervor, dass die Federtasche zur Regeneration der Feder selbst gänzlich unfähig ist. — Andererseits kann man die fertigen Schwungfedern ausziehen, so oft man will, es erfolgt stets wieder Regeneration der Feder, wenn nur die Papille intact geblieben ist. Auf dem Umstande, dass das Ausziehen der Federn, sogar mit ziemlich grosser Gewaltsamkeit möglich ist und dass dennoch die Papille ganz unversehrt bleibt, beruht die Erhaltung des Federkleides trotz des Verlustes der Einzelfedern. — Die Papille selbst persistirt trotz der successiven Regeneration der Federn, sie persistirt selbst bei continuirlicher Federneubildung, sie wird also ihrerseits nicht aufgebraucht. Die Papille bildet also eine wahre Matrix, d. h. sie erzeugt ein Tochtergewebe, neben welchem sie selbst weiter fortbesteht. Die Quelle der histogenetischen Energie ist die Integrität der Papille, ausnahmslos bei allen Federn, die Individualität der Papille bedingt die Individualität der Feder in successiven Generationen.

Wachsthumsimpulse. Bei den grossen Flügelfedern reicht das Ausziehen der fertigen Feder ganz ausserhalb der Mauserperiode zu, um jedesmal wieder eine Federregeneration zu veranlassen. Da eine grosse Schwungfeder zu ihrer Vollendung circa 7 Wochen bedarf, so können in den 52 Wochen des Jahres aus derselben Papille circa 7 Federn entstehen, ohne dass die Papille sich erschöpft. Auch bis in das höchste Alter, welches die Thiere erreichen können, scheint die Regenerationskraft fort-

zudauern, wenigstens ist mir kein älteres Thier vorgekommen, bei dem die Regeneration versagt hätte. Welcher Umstand giebt nun hier den Wachsthumsimpuls? Vom Blut kann gar keine Rede sein, denn das Wachsthum tritt — von allen anderen Gründen abgesehen — ein, auch wenn die Vorfeder ohne einen Blutstropfen ausgezogen worden ist. — Weit eher könnte man in alter Weise an den Luftreiz denken. Stellen wir uns nun aber auch auf den alten Standpunkt des Reizes, so ist doch der Nachweis leicht zu führen, dass die Luft hier nicht den Reiz abgiebt. Schneidet man den Kiel tief unten ab und durchsticht man nun mit einer durch den Rest des Kieles eingeführten feinen Nadel den untersten Federverschluss, den Nabel, so eröffnet man der Luft den vollkommen freien Zutritt, ohne dass Regeneration eintritt. Lockert man andererseits nur ein wenig den Zusammenhang zwischen Kielende und Papille, ohne die Feder ausziehen, ohne also der Luft den Zutritt zu gestatten, so tritt Regeneration ein. Lässt man das unterste Stück der Feder nach Abtragung der ganzen über der Federtasche hervorragenden Federpartie, unverändert und unverrückt an seiner Stelle, so tritt keine Regeneration ein. Der Verschluss der Federtasche mittelst des Federkiesels hindert also die Neubildung, die Befreiung der Tasche vom Kiel entfesselt die Neubildung. Bei den Flugfedern bedarf es also nur der Fortschaffung des gedachten Hindernisses, um die Papille zur Federregeneration zu vermögen. Es sei hier sofort hinzugefügt, dass jedoch nur der fertige vollendete Kiel ein solches Hinderniss bildet. Ein unausgebildeter, unfertiger, ungehärteter, weisser Kiel hindert die Regeneration nicht. Dadurch allein, dass die vollendete Feder ein hartes hornartiges Ende bildet, baut sie die Hemmung der Federpapille auf. Ohne dies würde die Neubildung der Schwungfedern eine continuirliche sein.

Wurde vorher bewiesen, dass die Quelle der histogenetischen Energie in der Papille zu suchen ist, so zeigt die Thatsache, dass bei den grossen Schwungfedern die Entfernung der alten Federn, die Beseitigung des Wachsthumshindernisses genügt, um das Wachsthum zu entfesseln, dass die Energie dieser grossen Papillen in der Norm stets rege ist. Sie ist jedoch nicht in allen Papillen stets rege und ist auch nicht in den

grossen Papillen unter allen Verhältnissen rege, wie aus nachfolgenden Beobachtungen hervorgeht.

Zieht man die kleinen Flügelfedern der Innenfläche aus, etwa 100 an der Zahl, so erfolgt keineswegs deren Regeneration mit gleicher Regelmässigkeit, wie dies bei den grossen Schwungfedern der Fall ist. Am oberen Rande der Innenfläche stehen zwei Reihen, näher zum unteren Rande drei Reihen Federfluren bestehend aus grösseren und kleineren Flaumfedern. Zieht man nun, mit voller Schonung aller an der äusseren Flügelfläche befindlichen Federn, diese an der Innenfläche befindlichen Federn bei einem ganz gesunden Thiere aus, so findet zwar eine recht umfangreiche, aber doch, wie die Zählung ergiebt, keine ganz vollständige Regeneration statt. Die Regeneration zeigt sich meist einen Tag früher hervorsprossend, als bei den grossen Federn, also nach 7 Tagen, aber statt der 100 Federn, die man ausgezogen hat, zählt man nur 60 neu hervorsprossende. Wenn nun auch weiter in den nächsten Wochen meist die 40 fehlenden nach und nach hervorbrechen, so ist, wie man sieht, die Regeneration der kleinen Federn selbst bei ganz kräftigen Individuen eine weit unregelmässigere, schon bei der ersten Regeneration. Es macht keinen durchgreifenden Unterschied, ob grosse und kleine Federn zugleich oder jede Sorte allein zur Regeneration veranlasst wird; die grossen Federn regeneriren sich in der Norm immer regelmässig, von den kleinen fehlt fast immer zu Anfang ein erheblicher Bruchtheil. Daraus geht hervor, dass jene constante Regsamkeit der histogenetischen Energie, welche den grossen Federpapillen eigen ist, den kleinen nicht zukommt. Das Gleiche bestätigt sich bei allen späteren Regenerationen. So regelmässig bei jeder Wiederholung der Regeneration die grossen Flugfedern sich wieder erzeugen, so unregelmässig erfolgt die Wiederherstellung dieser kleinen Flaumfedern. Nicht als ob man nicht auf Thiere träfe, bei denen die Regeneration auch dieser kleinen Federn in ziemlicher Vollständigkeit auch zu wiederholten Malen einträte, doch ist dies selten der Fall und nur bei ganz kräftigen Thieren. Aus dieser Differenz zwischen den grossen und kleinen Papillen geht hervor, dass wenn bei den grossen Federn die Entfernung der vorhandenen Federn genügt, die Entfernung eines Wachsthumshindernisses also, jederzeit Federneu-

bildung zu veranlassen, dies nur an der steten Regsamkeit der histogenetischen Energie der grossen Papillen liegt. Diese permanente Regsamkeit ist also nicht allen Papillen eigen. Den kleineren Papillen steht dieselbe nicht jederzeit zur Disposition. Sie besitzen sie in jeder Mauserperiode regelmässig, sie besitzen sie auch ausserhalb derselben, je kräftiger das Thier ist, desto häufiger, aber sie besitzen sie nicht constant. Die histogenetische Energie ist also eine Eigenschaft der Papillen, eine Fähigkeit, welche sie nicht immer besitzen, welche bei den kleineren Papillen sich leicht erschöpft und aus dem gesammten Kräftevorrath des Organismus sich erst wieder ergänzt und je leichter, desto grösser derselbe ist.

Dass dem so ist, dass die histogenetische Energie der Papillen nur eine virtuelle Fähigkeit ist, die zu ihrer Effectuirung einer gewissen, nicht immer vorhandenen Stärke bedarf, zeigt nicht minder die Regeneration der grossen Federn. Wie regelmässig dieselbe im Allgemeinen mit wunderbarer Constanz erfolgt, sie bleibt doch bei ganz jungen Individuen mitunter Wochen lang aus. Was noch wichtiger ist, nur bei gesunden Thieren tritt sie mit solcher Regelmässigkeit ein. Zwar kleine Operationen, ein leichtes Wundfieber, auch eine starke Entzündung der unmittelbaren Nachbarschaft stören diese Regelmässigkeit nicht. Bei stärkeren Diarrhöen hingegen bleibt die Regeneration auch grösserer Federn meist längere Zeit aus. Auch multiple, schwere Entzündungen, auch umfangreichere Sepsis wie bei septischer Gangrän eines Flügels wirken retardierend auf die Regeneration. Sehr deutlich zeigen aber die Inanitionsversuche, in wie hohem Grade die Regeneration von dem allgemeinen Kräftezustand abhängt. Wir heben dafür folgendes Beispiel von absoluter Inanition hervor, d. h. von Hunger und Durst.

Körpergewicht zu Beginn des Versuches 300 g, Federlänge 4,5 von 9 Schwungfedern jederseits. Beobachtung bis zum Tode nach 6 Tagen bei einem Gewicht von 220 g.

Versuchstag	1.	2.	3.	4.	5.	6.
-------------	----	----	----	----	----	----

Federlänge	4,5	5,0	5,5	6,0	6,0	6,0 cm.
------------	-----	-----	-----	-----	-----	---------

Hieraus geht hervor, dass trotz absoluter Abstinenz in den ersten dreimal 24 Stunden noch Wachsthum stattfindet, dass es

dann aber völlig stockt. Aber auch das Wachsthum in den ersten dreimal 24 Stunden ist ein bereits retardirtes, verglichen mit dem Normalwachsthum. Das Normalwachsthum in dieser Periode beträgt nemlich:

4,5 5,1 5,7 6,4 7,2 8,0.

Von grossem Interesse ist noch der Vergleich der Gefäss-injection an den wachsenden Federn hungernder Thiere mit denen gesunder Thiere in derselben Periode. Die messbare Gefäss-injection beträgt an den Federn

Hungernder	1,8	1,8	1,5	1,0	0,8	0,3
Gesunder	1,8	2,0	2,0	2,1	2,2	2,4.

Die Gefässinjection nimmt also sichtbar an den Federn hungernder Thiere ab, erreicht nicht mehr die alten Maasse, geschweige das der Wachstumsperiode angehörige Normalmaass. Die Injection bildet sich zurück, das Wachsthum hört aber weit früher auf, ehe die vollständige Rückbildung erfolgt ist. Die äusserlich noch messbare Gefässinjection von 0,3 am letzten Tage ist ja nur ein kleiner Theil der Gesamtinjection, wie später des näheren auseinander gesetzt wird. Zu diesen 0,3 ist noch die in der Federtasche steckende Injectionslänge von 2 cm hinzuzuzählen. Daraus geht hervor, dass das Federwachsthum bei weitem früher stillsteht, ehe die Gefässinjection sich völlig zurückgebildet hat. Wir werden späterhin Fälle kennen lernen, welche zeigen, dass das Federwachsthum auch trotz niedrigen, ja äusserlich ganz unsichtbaren Injectionsstandes ganz normal fortschreiten kann. Steht es bei Inanition doch früher völlig still, so beweist dies nur, dass der Wachsthumstillstand hier nicht auf dem Schwinden der Blutcirculation beruhen kann, die gar nicht völlig geschwunden ist, sondern nur auf ein Maass zurückgegangen ist, bei dem sonst noch Normalwachsthum stattfindet. Der Wachsthumstillstand bei Inanition kann also nur auf verminderter Energie der Papillen beruhen, welche durch die Blutveränderung bei der Inanition herbeigeführt ist. Die histogenetische Energie der Papillen muss also eine gewisse Höhe haben und behaupten, um auch bei freier Entfaltungsmöglichkeit sich entfalten zu können. Die Höhe dieser Energie ist abhängig von dem allgemeinen Kräftezustand, sie sinkt mit ihm und erlischt völlig bei absoluter Inanition.

Sie hängt nicht allein von Erhaltung der Blutcirculation ab, sondern hängt von der Blutmischung, der Blutzusammensetzung ab auch bei erhaltener Circulation.

Aus alledem folgt: die Quelle der histogenetischen Energie liegt in der Federpapille, es bedarf jedoch eines gewissen Maasses dieser Energie um bei gegebenem Impulse das Wachsthum möglich zu machen. Dieses Maass hängt von der Gesamternährung des Thieres zunächst ab. Ist das Thier kräftig und wohlgenährt, so ist der nothwendige Grad von Energie in den grossen Federpapillen stets vorhanden. In den kleinen ist er nicht jederzeit vorhanden und ersetzt sich nicht gleich rasch wieder. Der Umstand, dass bei kräftigen Thieren die Regenerationsfähigkeit der grossen Federn eine so hochgradig entwickelte ist, ist für die Erhaltung der Existenz der Vögel von grösster Wichtigkeit. Auf der Flugfähigkeit beruht ihre Ernährung und ihre Sicherung vor Feinden. Die schwächere Regenerationsfähigkeit der kleineren Federn thut hingegen nur ihrem Wärmeschutz einen gewissen Abbruch und kann nur bei sehr grossem Verlust im Kampfe um das Dasein Bedeutung erlangen.

Bei ausreichendem Maasse von histogenetischer Energie genügt, wie wir vordem sahen, schon die Wegnahme von Wachsthumshindernissen, um das Wachsthum zu entfesseln: Welche anderweitigen Impulse giebt es? Dass es solche geben muss, geht aus der Mauserregeneration hervor. Denn hier geht die Federneubildung voran. In dem Maasse, in welchem die Federneubildung vorwärts schreitet, erfolgt eine immer weitere Abstossung und Vorwärtstreibung der alten Feder. Ist dieselbe abgestossen, so sieht man die Neufeder schon aus der Tasche hervorgucken. Man hat den fieberhaften Zustand angeschuldigt, in welchem sich der brütende Vogel befindet. Schwache Fieber üben aber gar keinen Einfluss, starke verhindern eher die künstliche Regeneration. Welche Veränderung hier den Wachsthumimpuls giebt, ist noch gänzlich unbekannt. Gewiss ist, dass arterielle Hyperämie nach Durchschneidung der Nervenstämmen oder in unmittelbarer Umgebung von Entzündungsheerden, ebenso wenig wie venöse Hyperämie Neuwachsthum veranlassen. Die

Mauserregeneration ist um so räthselhafter, als die neugebildete, weiche Feder noch den Gegendruck der alten zu überwinden und diese vor sich herzustossen hat. Die Entwicklung dieser Neuentfaltung der histogenetischen Energie wäre von allgemeiner physiologischer Wichtigkeit.

Der später eingehender zu erörternde Fall von stetig sich wiederholender Neubildung, wenn die Federpulpa frühzeitig lädirt wird, lässt sich hingegen als Regeneration wegen unvollkommener Wachsthumshemmung auffassen.

Wachsthumshindernisse. Erörtert ist schon das Wachsthumshinderniss, welches durch einen fertigen vollendeten Kiel geboten wird, doch hält dieses Hinderniss nicht Stand gegenüber der Mauserregeneration. Mechanische Hindernisse, welche durch volle Verziehung der Federtasche hervorgebracht werden, ist die Feder zu überwinden nicht im Stande. Verzieht man nach Ausziehen der 10 grossen Flügelfedern den Flügel recht scharf in der Art, dass nun die Federtaschen vollständig oder grösstentheils verdeckt werden, so sieht man, dass, wo dies vollständig gelungen ist, ein Federausbruch nicht erfolgt. Wo jedoch nur eine Knickung der Tasche erfolgt ist, die Tasche selbst aber nicht völlig unwegsam gemacht ist, da erfolgt das Wachsthum der Feder in bisweilen sogar mehrfach geknickter und gekrümmter Form. Da bei einer starken beiderseitigen Verziehung der Flügel immerhin doch wenige Federtaschen vollständig unwegsam werden, so sieht man nach diesem Versuche eine in der Art verkrüppelte Federbildung, dass einzelne Federn ganz und gar ausbleiben, andere ein schiefes und geknicktes Wachsthum annehmen. Nie aber kommt es, dass eine grössere Federlosigkeit in grösserem Umfange eintritt, etwa entsprechend der Alopecie. Der Wichtigkeit der Schwungfedern für das Leben der Vögel entsprechend, besitzen deren Papillen eine nicht blos rege, sondern auch starke Wachsthumsenergie. Blutextravasate und Brandstellen sind überhaupt nur temporäre Wachsthumshindernisse, doch können erstere nach Ausziehung unreiferer Federn die Regeneration stark verzögern. Die neue Feder stösst alsdann das geschrumpfte, in die Federtasche ergossene Blutgerinnsel vor sich her. Die histogenetische Energie besitzt auch den Wachsthumshindernissen gegenüber eine grosse Zähigkeit und Findigkeit.

Die Formation. An der fertigen reifen Feder unterscheidet man bekanntlich den Stamm oder Kiel (Scapus) von der Fahne (Vexillum), am Kiel wieder den hohlen Wurzeltheil oder Spule (Calamus), in der die Federseele steckt, von dem mit zelligem Mark gefüllten Marktheil oder Schaft (Rhachis oder Scapus), an welcher die Fahne befestigt ist. Die Fahne ihrerseits besteht aus lauter einzelnen Strahlenfasern (Aesten, Rami), welche zweizeilige Nebenstrahlen (Radii) aussenden, von denen wenigstens wieder an der vorderen Seite Wimpern, Häkchen (Hamuli) ausgehen, welche durch gegenseitiges Ineinandergreifen den festen Zusammenhang der Fahne herstellen. An der fertigen Feder ist weder an dem freien, noch an dem ausgezogenen Wurzeltheil eine Spur von Blut- oder Säftecirculation zu entdecken, kein Tropfen Flüssigkeit quillt beim Anschnitte aus der fertigen Feder aus. Die Basis der Feder ist durch eine nabelförmige Vertiefung abgeschlossen. Auch sind keine anderen, als Farbenveränderungen an der fertigen Feder bekannt. Ihre functionnelle Bedeutung haben die Federn nur als passive Werkzeuge. Diese Beobachtungen an der fertigen Feder sind altbekannt und leicht constatarbar; sie geben jedoch gar keine Auskunft über die Entwicklung der Feder. — Um die Entwicklung der Feder zu studiren und deren Bildungsgesetze kennen zu lernen, ist die Ausziehung der jungen Feder in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung nothwendig. Die neue Feder wächst als ein Processus papillae in der Federtasche. In die Federtasche begiebt sich die Fortsetzung des Keimes mit den wuchernden Gefässen und Nerven. Hier in der Federtasche erfolgt die Formation. Zieht man die junge Feder aus, so zeigt es sich, dass sie einen Balg (Folliculus) bildet, der die Federtasche ausfüllt. Dieser ist auch an der Basis geschlossen von einer anfangs weichen, zuletzt sich ganz verhärtenden Masse, durch welche der Processus papillae hindurchtritt. In diesem Verhältniss liegt die leichte Abreissbarkeit der Feder von der Papille begründet; nur dünne Verbindungsfäden werden dabei durchrissen. Die Papille selbst bleibt unverändert liegen. Papille nennen wir hier immer nur den Federkeim selbst, der unter der Haut stecken bleibt. Ragt nun die neugebildete Feder ein wenig über die Hautoberfläche hinaus, so sieht man, dass der meist noch ge-

geschlossene Federbalg, die junge Feder eine blutgefäßshaltige Pulpa enthält mit einem gelblichen gallertartigen Inhalt. Mit dem Processus papillae tritt eine Arterie ein, eine Vene aus. Diese Blutgefäße ramificiren sich zu einem reich verzweigten Gefässnetz. Bei farblosen Federn erscheint das Gefässnetz durch die Federscheide rosafarbig durch, bei pigmentirten Federn ist dasselbe dunkel. Wächst die Schwungfeder zu einer Gesamtlänge der ausgezogenen Feder von 3—4 cm, d. h. da die Länge der Federtasche bei den Schwungfedern 2,5 cm beträgt, zu einer äusserlich messbaren Länge von $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ cm, so ist bereits der Durchbruch der Federspitze in der Norm zu constatiren, während dieselbe vordem mit einem gelben Pfropf verschlossen war. Untersucht man nun die Feder von der Basis, der Federwurzel bis zur Spitze, so kann man an ihr folgende Partien unterscheiden. Ganz unten wird die Basis der Feder durch ein geschlossenes Säckchen gebildet, welches nur durch den Eintritt des Processus papillae mit Gefäss und Nerven unterbrochen wird. Alsdann folgt eine pulpöse stark gallertige Masse mit reichlichen Blutgefässen; diese Masse endet in einer gewissen Höhe knopfartig. Alsdann folgt eine blasse, äusserlich scheinbar gefässfreie Schicht, deren Anstich ganz unten noch Blutstropfen, höher oben einen gelblich tingirten, ganz oben ganz blassen Tropfen ergibt, eine Schicht, die endlich in trockenes Mark übergeht. Am äussersten Ende ragt die Federspitze hervor. Das Längenwachsthum geht nur in der Weise vor sich, dass die blutgefäßshaltige Strecke, die eigentliche Pulpa schliesslich etwa eine Gesamtlänge von 5 cm — also eine äusserlich messbare von $2\frac{1}{2}$ erreicht, dass aber mehr und mehr sich aus ihr markhaltige gefässlose Federabschnitte bilden. Diese markhaltigen gefässlosen Abschnitte sind in der Norm nur unmittelbar nach ihrer Bildung von der Federscheide umgeben, nach deren Abstreifung die Fahne frei sich entfaltet. Ueber die Länge von 5 cm geht die gefässhaltige Pulpa nicht hinaus, wenn auch die Feder schliesslich eine Länge von 20 cm erreicht. Uebersieht man diese Längsentwicklung der Feder von der Wurzel bis zur Spitze, so constatirt man leicht, dass der Bildungsheerd der Feder, die gefässhaltige Pulpa, die bei ihrem höchsten Längenwachsthum immerhin nur eine Länge von 5 cm erreicht, eine Zeit lang auf dieser Höhe bleibt und dann während

des Weiterwachsthums der Feder sich allmählich aber völlig zurückbildet, wie bei der Darstellung der Gefässproliferation und Involution eingehend zu schildern sein wird. An der Pulpa wird die Feder immer weiter gebildet, die neugebildeten Theile werden successive in die Höhe gestossen. Man unterscheidet deutlich zwischen der stark injicirten pulpösen Partie und der trocknen fertigen Feder eine Partie, in welcher keine Blutcirculation mehr stattfindet, wohl aber noch die Feder säftehaltig ist. In der neugebildeten Feder hört also zunächst die Blutcirculation, später jede Säftecirculation auf.

So viel geht aus der Betrachtung des Längswachsthums hervor. Schlitzt man nun die Federscheide während der Bildung der Feder auf, um die Pulpa in ihrem Schichtenwachsthum genauer zu untersuchen, so findet man, dass sich an dieser Stelle mit Leichtigkeit drei Schichten abspalten lassen. Die innerste und anfänglich stärkste Schicht wird von einer gallertartigen stark blutgefässhaltigen Masse gebildet. Sie umfasst die aus der Fortsetzung der Cutispapille hervorgegangene bindegewebige Pulpa mit den Blutgefässen. Diese Partie endet nach oben hin mit einem scheinbar knopfartigen Ende. Hebt man mit einer feinen Nadel die Pulpa an diesem knopfartigen peripherischen Ende in die Höhe, so zeigt es sich, dass sich fast die ganze lockere Pulpa heben lässt ohne jede Schwierigkeit von der unteren Schicht, dass sie fester nur unten an der Eintrittsstelle der Gefässe verwachsen ist. Nach Abhebung dieser Pulpamasse, die bei jungen Federn die bei weitem grösste Ausfüllungsmasse des Federbalges abgiebt, bleibt an der Wand eine bei farblosen Federn weisse, bei farbigen entsprechend pigmentirte Schicht liegen, in der sich nur noch eine schwache, immerhin aber deutliche Gefässinjection zeigt. Wo diese Schicht trocken ist, wie zuerst an der Spitze, sieht man, dass sie aus einem etwas stärkeren Strahl in der Mitte besteht, dem späteren Endtheil des Schaftes und aus zahlreichen feineren Strahlen, welche an diesem stärkeren Medialstrahl haften. Aber auch dieser Mittelstrahl lässt fast bis zur Spitze eine Zusammensetzung aus zwei symmetrischen Hälften erkennen. Wo die Schicht noch feucht und eine scheinbar zusammenhängende Membran bildet, ergiebt bereits die nähere Betrachtung, dass die scheinbar homogene

Membran, aus der nur der mittlere stärkere Strahl sichtbar hervorragt, auch aus nichts Anderem, wie aus feinen mit einander verklebten Strahlen besteht. Dies ist die Schicht, welche durch die unten nachwachsenden Partien immer weiter in die Höhe geschoben wird und durch Vertrocknung und Isolirung der Strahlen die normale Federfahne bildet, nachdem diese letzteren aus der spiraligen Umwicklung des Schaftes sich losgelöst haben. Löst man nun auch diese ganze Schicht ab, so bleibt noch eine blasse Hornschicht übrig, eine Hornschicht, welche mit dem Kiel verwächst, von der Fahne aber später sich leicht losblättern lässt. — Oeffnet man nun die Feder in ihrem späteren Entwicklungsstadium bei einer Totallänge von etwa 12 Centimetern, so zeigt sich folgende Veränderung. Ausserhalb der Scheide befindet sich der Spitzentheil der Fahne mit den feinen trocknen fertigen Strahlen. Innerhalb der Pulpa haben sich die immer stärker werdenden Strahlen spiralig um den Schaft gewunden. Der Schaft selbst zeigt sich, je grösser und breiter er wird, desto deutlicher aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzt, deren Spuren bis zur äussersten Spitze in der sichtbaren Furchen erkennbar sind, während centralwärts zwei mehr und mehr divergirende markhaltige Wurzeln sich ausbilden. Während vordem die pulpöse Schicht die stärkste war, der gegenüber die neu sich bildende Feder wie eine feine wandständige Membran erschien, prävalirt nunmehr die Markbildung an Masse so, dass die jetzt noch vorhandenen Gefässe eine immer dünner werdende Schicht bilden, die zum kleineren Theile dem Mark, zum grösseren den Strahlen aufliegt. Je mehr sich die Federbildung ihrem Abschluss nähert, desto mehr nimmt die Markbildung ab; sie endet zuletzt in zwei parallelen in der Mitte nicht mehr zusammentreffenden Schenkeln. Die Bildung der Rindensubstanz dauert noch längere Zeit an, bis auch sie nach gänzlichem Erlöschen der Blutcirculation in der neuen Feder aufhört. In toto lässt sich sagen, dass so wie sich äusserlich die fertige Feder präsentirt in Spitze, Fahne, Schaft, Auseinandergehen der Markschenkel, dass sie genau in gleicher Configuration sich bereits frühzeitig in der Anlage innerhalb der Pulpa präsentirt, nur dass einzelne Abschnitte länger wachsen und dadurch ein arges Missverhältniss gegenüber den ursprünglichen Dimensionen ent-

steht. So die Entwicklung bei makroskopischer Untersuchung. Die Schleimschicht der Epidermis setzt sich in Schaft und Strahlen der Federfahne, die äussere Hornschicht in die Federscheide fort.

Ueber die feinere Histogenese sind bereits von Waldeyer¹⁾ eingehendere Mittheilungen gemacht. „Zunächst der reich verzweigten gefässführenden bindegewebigen Federpapille finden sich durch eine feine anscheinend structurlose Membran von ihr getrennt, kurz cylindrische kleine Epithelzellen mit relativ grossen Kernen. Diese Zellen sind völlig membranlos. Weiter von der Papille entfernt, unmittelbar an die cylindrischen Zellen angeschlossen, sieht man polyedrische Elemente von geringem Umfange, ebenfalls mit grossen runden Kernen und Kernkörperchen und ebenfalls membranlos. Auffallend ist ihre stets sehr reguläre Anordnung, so wie der dichte Anschluss einer Zelle an die andere. Weiter zum reifen Federmark hin folgen grössere Zellen, an denen man bereits das Auftreten einer festen Aussenschicht bemerken kann, während die Kerne grösser werden und eine exquisite Kugelform annehmen. Auch das Kernkörperchen wächst sichtlich; mitunter sieht man zwei Kernkörperchen. Je mehr wir uns dem reifen Mark nähern, desto grösser und lichter werden die Zellen, besonders um den Kern herum, auch stumpfen sich die Winkel der polyedrischen Zellkörper mehr ab und lässt sich nun deutlich eine Membran wahrnehmen. Geht man der Entwicklung der letzteren an den successive auf einander folgenden Gebilden nach, so erscheint sie lediglich als eine erstarrte, fester gewordene Aussenschicht des Zellprotoplasmas, als ein fester gewordenes Exoplasma. Der Kern wie das Kernkörperchen sind noch immer kugelförmig und wohl entwickelt. — In den zunächst distalwärts gelegenen Schichten tritt nun unter weiterer Aufhellung des Binnenprotoplasmas (Entoplasmas) eine eigenthümliche Umbildung der Kerne auf; letztere verlieren ihren scharfen Contour, wie ihre Kugelgestalt und erscheinen lichter und wie in allmählicher

¹⁾ Waldeyer, Untersuchungen über die Histogenese insbesondere der Haare und Federn in den Beiträgen zur Anatomie und Embryologie als Festgabe Jacob Henle dargebracht von seinen Schülern 1882, S. 141, 152 u. 157.

Schrumpfung begriffen, während sie gleichzeitig der Oberfläche der Zelle näher rücken. Nur um den Kern herum, so wie dicht an der Membran gewahrt man dann noch etwas feinkörniges Protoplasma, der Rest des letzten erscheint vollständig verflüssigt. Eine Stufe weiter sieht man die Zellen völlig kernlos; man gewinnt den Eindruck, als ob die Kerne sich in der Zellflüssigkeit gelöst hätten; die Form der Zellen ist eine mehr rundliche geworden; sie gleichen jetzt völlig mit Flüssigkeit Blasen und entsprechen so, wenn man vom Kern abstrahirt, ganz dem älteren Zellschema. Sehr bemerkenswerth ist auf dieser Entwicklungsstufe das Auftreten deutlicher Risse, wodurch die einzelnen Zellen fast unter einander verbunden bleiben, nach der Art, wie zuerst Bizzozero die Verbindung der Riffzellen beschrieben hat. Freilich kann man die ersten Spuren solcher, Leitersprossen ähnlichen Verbindungen der Zellen schon auf viel früheren Entwicklungsstufen erkennen, doch erscheinen die Risse von jetzt an besonders deutlich. — Nunmehr treten auch die ersten Spuren von Luft auf und zwar immer intercellulär. Mikroskopisch erscheinen diese Luftspuren als kleine, bei auffallendem Licht silberglänzende, bei durchfallendem Licht schwarze Punkte. Die in der Austrocknung weiter vorgeschrittenen Zellen lassen nun kleinere und grössere Luftblasen auch intracellulär erkennen. Dabei verschwinden die intercellulären Luftkörnchen nicht. Später freilich, im ganz reifen Marke ist es unmöglich, dieselben mit Sicherheit zwischen den vollkommen in Luftzellen verwandelten, prall mit einer Luftblase gefüllten Zellen zu erkennen. — Entsprechend diesen geschilderten nur mikroskopisch wahrnehmbaren Vorgängen lassen sich auch makroskopische Veränderungen constatiren. Auf einem Längsschnitt durch eine junge Federspule erscheint das fertige Mark des Schaftes in der bekannten Form einer schneeweissen trocknen Masse; darauf folgt weiter zum proximalen Federende hier eine hellgrau aussehende feuchte Substanz, die auf Druck Flüssigkeit abgibt. Daran schliesst sich das jüngste Mark, welches indessen makroskopisch nicht gut von der bluthaltigen bindegewebigen Federpapille zu trennen ist. „Eine eigenthümliche Bildung ist der grosse Luftraum im Kiel der Federn. Nach Waldeyer's Beobachtungen kommt derselbe dadurch zu Stande, dass nach einem gewissen Zeitraum

die hinreichende Ausbildung von Marksubstanzzellen im Feder-schaft aufhört und die wenigen, welche noch gebildet werden, sich nicht mehr zu Luftzellen umwandeln, sondern einfach eintrocknen, während die Rindensubstanz sich noch in unveränderter Stärke weiter entwickelt. Der Luftraum ist nur ein besonders umfangreich entwickelter intercellulärer Raum. — Betreffs der Rindensubstanz giebt er an, dass dieselbe aus Fibrillen besteht, welche Differenzirungsproducte des Zellprotoplasmas sind und von Zelle zu Zelle mittelst der Riffelfortsätze von Anfang an zusammenhängen. Im Protoplasma der Rindenbildungszellen treten Eleidinmassen auf und alsbald zeigt sich dasselbe fibrillär. Ein Rest des Protoplasmas bleibt zwischen den Fibrillen als interfibrilläre Kittsubstanz erhalten.“ — —

Wie rasch nun diese Gewebsproliferation vor sich geht, dafür diene das nachfolgende Beispiel einer 19,5 cm langen Flügelfeder. Diese grossen Schwungfedern brechen am 8. Tage, also an demselben Tage der neuen Woche, fast genau 7 mal 24 Stunden nach ihrem Auszuge aus. Da die Federtasche der grossen Federn in der Haut verborgen ist, so haben diese Federn bei ihrem Hervorbrechen aus der Haut bereits eine reale Länge von 2,5 cm hinter sich, die der äusserlich sichtbaren Länge zur Berechnung der wahren Gesamtlänge hinzugerechnet werden muss. Die äusserlich messbare Länge zeigt von Tag zu Tag gemessen, folgende Zunahme:

Tag:	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
	0,3	1	1,8	2,5	3	4	4,8	5,4	6	6,7	7,5
Tag:	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
	8,3	9	9,8	10,7	11	11,5	11,9	12,5	13	13,4	13,8
Tag:	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.
	14,2	14,5	14,8	15	15,3	15,7	16	16,1	16,2	16,3	16,4
Tag:	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.			
	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17	17	17.			

Ausgezogen misst dieselbe 19,5. Es bedarf wohl keiner Ausführung, dass dies nur die Maasse eines Falles wiedergiebt, dass wohl im Allgemeinen diese Entwicklungsmaasse wiederkehren, dass kleine Verschiebungen aber in der Wachsthumsgrosse von Tag zu Tag durchaus nichts Seltenes sind, dass also diese

Maasse nicht als absolute, sondern nur als ungefähre Maasse zu betrachten sind.

Ueberschauen wir nun die Resultate der Gewebsproliferation. Wir sehen aus dem untersten Abschnitt einer Papille, welche ihrerseits in toto nur einige Millimeter misst, ein Gebilde von bis 20 cm Länge emporwuchern. Die fertige Schwungfeder repräsentirt ihrem Keime gegenüber also ein kaum berechenbares Multiplum an Gewebe. Der proliferirende Processus papillae wächst in die Federtasche hinein, weil dieser untere Abschnitt der Papille es ist, der zu proliferiren beginnt und er in der Federtasche den geringsten Widerstand findet. Die Form der Feder ist zunächst durch die Federtasche bedingt, die Basis der Feder ist fast wie ein Abguss der Federtasche zu betrachten. Die Neubildung selbst repräsentirt ein ganz anderes Gewebe, als der Keim ist, aus dem sie hervorgegangen. Die Papille erzeugt nicht ihres Gleichen, sondern anderes Gleichen. Die Papille ist in diesem Sinne durchaus ein wahres Matriculargewebe, d. h. ein Gewebe nach Virchow¹⁾, welches durch Proliferation, also durch Hervorbringung neuer Elemente ein Tochtergewebe erzeugt, neben welchem es fortbesteht. Dieses Tochtergewebe wird in der Pulpa gebildet. Es wird gebildet mit Hülfe einer Gefässproliferation, welche nach der Neubildung sich wieder involvirt. Ehe wir auf die Pulpa als Bildungsstätte näher eingehen, wird es deshalb rathsam sein, die Gefäss- und Nervenproliferation und Involution zu schildern, die sich dabei vollzieht.

Die Gefäss- und Nervenproliferation und Involution. Durch die feine Oeffnung an der Basis der Feder tritt eine kleine Arterie ein und eine kleine Vene aus. Dies geschieht von Beginn der Neubildung bis zur Vollendung des Wachsthum. Beiderlei Gefässe theilen sich innerhalb der Pulpa vielfach so, dass sie ein reich verzweigtes Gefässnetz bilden, dessen Verletzung von einer nicht unerheblichen Blutung gefolgt ist. Bei hellen Federn schimmert der Blutgehalt so deutlich durch die dünne Federscheide hindurch, dass die Injectionslänge mit Leichtigkeit nach Ausdehnung des Colorits zu messen ist. Das Gesamtcolorit ist in der Norm schwach rosa und bleibt es, wenn keine

¹⁾ Cellularpathologie S. 76.

Störungen der Blutcirculation eintreten von der Federneubildung an bis zum gänzlichen Rückgang der Injection. Anämie spiegelt sich durch Erblässung, Cyanose durch Blaufärbung des Colorits wieder. Die grösste Injectionslänge ist bei den grossen Federn zu constatiren. Sie beträgt beispielsweise an der 3. Schwungfeder — abgesehen von dem in der Tasche verborgenen Abschnitt in einer Länge von gegen 2,5

am Tage	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
	0,5	1	1,5	1,8	2	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4
am Tage	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8	1,8	1,7	
am Tage	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	
	1,6	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	0,8	0,6	0,2	0,0	
am Tage	39.	40.									
	0,0	0,0.									

Mit Hinzurechnung der 2,5 langen Gefässinjection, die in der Haut steckt, erreicht also die Injection eine Maximallänge von 5,0 cm, welche sie jedoch nur kurze Zeit behauptet, um alsbald wieder abzufallen. Es verdient hervorgehoben zu werden, dass, der ganzen Stellung der Gefässinjection zum Gewebswachsthum entsprechend, das Wachsthum der Gefässe am Anfang am stärksten ist und mit dem Gewebswachsthum, welches etwa am 12., 13., 14. Tage seine raschesten Fortschritte macht, durchaus nicht gleichen Schritt hält. Es bedarf ferner nach dem früher Gesagten keiner weitläufigen Begründung, dass am 38. und 39. Tage, an dem die Gefässinjection aus der äusserlich sichtbaren Feder geschwunden ist, dieselbe noch keineswegs aus dem Wurzeltheil der Feder zurückgegangen ist, dort bildet sie sich allmählich bis zum 46.—47. Tage zurück, wo das Wachsthum gänzlich stillsteht. So lange noch ein Rest von Blutcirculation in der Feder vorhanden ist, findet noch Stoffwechsel und Apposition statt. Ernährung und Neubildung hören erst auf, wenn jede Spur von Blutcirculation sich aus der Feder zurückgezogen hat, gänzlich verschwunden ist und die Feder für die Blutcirculation unzugänglich geworden ist.

Es dürfte ferner auch von Interesse sein, das Verhältniss zwischen der äusserlich sichtbaren Injection und dem fertigen Federstück zu betrachten. Von einer grössern Gesamtlänge von

1	cm	gehört der Injection	0,9,	dem fertigen Federstück	0,1	an.
1,5	"	"	"	1,2,	"	"
2,0	"	"	"	1,4,	"	"
3,0	"	"	"	1,8,	"	"
4,0	"	"	"	2,0,	"	"
5,0	"	"	"	2,2,	"	"
6,5	"	"	"	2,5,	"	"
10,0	"	"	"	2,5,	"	"
11,8	"	"	"	2,0,	"	"
14,0	"	"	"	1,5,	"	"
15,0	"	"	"	1,0,	"	"
16,0	"	"	"	0,6,	"	"
16,2	"	"	"	0,0,	"	"

Was bedeutet nun diese Injectionslänge? Sie bedeutet, dass die Blutcirculation mit Hinzurechnung des Wurzeltheiles etwa 5 cm Länge erreicht, dass das circulirende Blut nicht darüber hinausgeht. Sticht man innerhalb dieser Region die Feder an, so erhält man immer Blutaustritt. Wie schon früher gesagt, giebt es dann noch eine kurze Region, in welcher beim Anstich ein gelblicher mit wenig Blut gemischter Tropfen hervorquillt und weiterhin, wo ein ganz blasser Lymphtropfen erscheint, bis die Feder ganz trocken ist und nicht ein Tropfen auf Anstich hervorkommt. Auf $\frac{1}{2}$ cm erstreckt sich etwa noch die feuchte Region. Woher kommt nun das plötzliche Ende der Blutcirculation in der wachsenden Feder? Es sind offenbar zwei Fälle möglich, die Gefässe wachsen nicht weiter, sondern bleiben unbeweglich, wenn sie ihr Maximalwachsthum erreicht haben und bilden sich dann später allmählich zurück, dies ist der eine Fall. Der andere Fall ist, die Gefässe wachsen gleich dem andern Gewebe von unten her immer weiter, stellen aber in den oberen Partien die Blutcirculation ein und erleiden eine Involution. Für die erste Alternative scheint der äussere Anblick zu sprechen, auch ist eine Retraction der Blutgefässe — allerdings nur in ganz geringem Umfang nachweisbar.

Gegen dieselbe spricht jedoch eine leicht constatarbare Thatsache. Die in der Pulpa neugebildeten Partien werden continuirlich in die Höhe geschoben, nicht blos Schaft und Fahne mit der Spitze, welche letztere doch zuerst unmittelbar auf der Feder-

tasche aufsitzt, um schliesslich 17 cm davon abzustehen, sondern ganz ebenso die Federscheide. Macht man mit dem Blaustift Zeichen an der Federscheide unmittelbar auf der Federtasche, so sieht man schon am folgenden Tage, wie weit dieses Zeichen in die Höhe geschoben worden ist. Fast zwischen Scheide und Federmark eingeklemmt liegen nun die Blutgefässe; wie sollten sie allein dem Wachstumsdruck widerstehen können, der Mark und Scheide und alles, was zwischen ihnen liegt, unweigerlich passiv in die Höhe schiebt. Aber, wird man sagen, wenn die Blutgefässe nach oben geschoben werden und nur die Blutcirculation in ihnen erlischt, so müsste man doch die Spuren derselben auffinden, da sie doch nicht gänzlich ohne jede Spur zu Grunde gegangen sein können. Diese Spuren findet man allerdings auch. Oft genug findet man im Mark besonders am Rücken in der Mittellinie zwischen Mark und Rindensubstanz kleine Blutreste. Man würde und müsste sie noch viel häufiger vorn zwischen Mark und Scheide finden, wenn nicht die Federscheide in der Norm gelöst würde und die Gefäss- und Blutspuren damit abfielen, so dass nur noch minimale Blutreste übrig bleiben. Dass dem so ist, lässt sich scharf beweisen. In allen Fällen, in denen die Scheide erhalten bleibt, wo demnach die Blutreste mechanisch zusammengehalten und nicht zerstreut werden können, findet man auch bis oben hin, fast bis zur Spitze diese Blutreste schon an ihrer dunkelblauen Farbe kenntlich in grossen Zügen und Massen aufgehäuft. Dies ist oft nach Arterienunterbindung und fast regelmässig bei Neuroparalyse der Fall. In beiden Fällen findet man, dass die Federscheide wie eine Röhre vollständig die Feder umgibt, so dass die Feder durch die dauernde Einrollung der Fahne einem Pflanzenstengel ähnlicher sieht, als einer schön befiederten Feder. Hier also, wo lediglich durch die Erhaltung der Scheide die Zerstreung der Blutreste gehindert wird, zeigt es sich ganz klar, dass die Blutgefässe ursprünglich genau so lang wie Feder und Scheide wachsen, dass nur in der oberen Partie die Blutcirculation erlischt, während von unten her immer neue Gefässabschnitte nachwachsen. Der in dem letzten Stadium des Wachstums anfangs langsamere, später immer stärkere Rückgang der Injection aus der Feder, bis zuletzt im Kiele nur

die sogenannte Federseele als letzter Rest der Pulpa übrig bleibt, ist also nur Theil- und Schlusserscheinung der permanent auch schon auf der Höhe des Wachsthum's vor sich gehenden Rückbildung der Blutgefässe.

Diese spontane Gefässinvolution eröffnet aber einen neuen Einblick in das Leben der Blutgefässe. Die Gefässproliferation ist ihrerseits eine Theilerscheinung des Auswachsens der Papille, Gewebs- und Gefässproliferation halten hier gleichen Schritt. Während aber aus der Gewebsproliferation sich ein stabiles Gewebe ausbildet, bilden sich die neuen Gefässe wieder zurück. Nicht die Gefässproliferation bedarf also einer Erklärung, denn die Gefässneubildung folgt stets der Gewebsneubildung in der Norm und verhält sich als dienendes Glied der Gewebe. Von jungen Blutgefässen wissen wir vielmehr, dass sie nicht blos stabile Gefässe bilden, sondern in normalem, wie in regenerirtem und in Geschwulstgewebe durch Apposition neuer Schichten von aussen her sich sogar zu Blutgefässen höherer Ordnung, selbst zu Arterien und Venen sich entwickeln. Dass hier die Blutgefässe nur transitorische sind, dass die einzelnen Abschnitte eine kaum mehr als achttägige ephemere Lebensdauer haben, kann also nicht an den proliferirenden Blutgefässen an sich liegen, die hier keine andere Structur besitzen, als anderwärts, demnach auch zu denselben Umbildungen befähigt wären. Eher könnte man geneigt sein, in der Enge des Eintritts der Blutgefässe, in der Kleinheit der Oeffnung an der Basis der Feder den Grund für das Erlöschen der Blutcirculation zu finden. Man könnte den Gedanken ventiliren, dass eine so enge Oeffnung der Arterie nur die Zufuhr einer geringen Blutmenge in jeder Zeiteinheit gestattet, einer so geringen, dass sie für die Aufrechterhaltung der Blutcirculation in dem sich immer weiter verzweigenden Gefässnetz nicht ausreicht. Doch ist die Basis der neuen Feder immer weich genug, um auch einer stärkeren Arterie mit grösserer Blutwelle freien Spielraum zu gestatten und anderenfalls würde die Blutcirculation in der Peripherie wohl schwächer, langsamer werden, doch nicht gänzlich aufhören können, da dazu die blosse Verlangsamung der Blutcirculation nimmermehr ausreicht. Diese präsumirte Insufficienz der Blutcirculation könnte aber jedenfalls nur angeschuldigt

werden, zur Unterhaltung des Blutflusses über ein Gebiet von 5 cm hinaus nicht zuzureichen, zur schliesslichen gänzlichen Involution der Blutgefässe kann dieselbe jedoch gar nicht angezogen werden. Die Oeffnung, durch welche der Processus papillae mit den Blutgefässen eintritt, schliesst sich erst ganz zuletzt. Bis ganz zuletzt, bis zum 47.—48. Tage, tritt also die Arterie durch, etwa am 23. Tage beginnt aber schon die Verkleinerung der Gefässe. Vom 23. bis 47. Tage der Federentwicklung bringt demnach der Blutstrom Material genug, um noch ein Federwachsthum von 11—17 cm zu ermöglichen, und er sollte nicht kräftig genug dazu sein, sich selbst in der bereits erlangten Ausdehnung zu erhalten. Blutstillstand und Rückbildung der Blutgefässe nimmt aber progressiv zu. Bei dieser continuirlichen Rückbildung findet dabei immer noch ununterbrochen sichtbare Gefässneubildung wie Gewebsneubildung von unten her statt, nur dass die schwächere Neubildung jetzt der Rückbildung nicht mehr die Wage hält. Dies letztere Moment ist aber das schlechthin entscheidende. Findet die Neubildung der Blutgefässe bis zum letzten Augenblick der Entwicklung statt, so lange überhaupt das Wachsthum der Feder stattfindet, während dabei gleichzeitig in der Peripherie die Blutcirculation mehr und mehr aufhört, so können die Gründe hierfür nicht an der Basis der Feder liegen, welche bis zuletzt sogar selbst proliferirt, sie können nur in der Peripherie der Gewebe gesucht werden. Das Aufhören der Gefässproliferation würde an sich noch nicht das Aufhören der Blutcirculation erklären, noch nicht im Geringsten. Bei Fortdauer der Gefässproliferation lässt sich aber das continuirliche Fortschreiten der Gefässrückbildung gewiss nicht aus dem Zustande der immer noch proliferirenden Federwurzel erklären. Wir sehen, dass die Involution der Blutgefässe ein stetiges Phänomen ist; sie ist bereits bei der Bildung der Federspitze zu constatiren und dauert fort, je weiter die Fertigstellung der Federsubstanz zu constatiren ist, sie schreitet weiter. So lange Gefässneubildung stattfindet, tritt nur ein scheinbarer Ersatz ein. Er ist nur scheinbar, da es sich immer um neugebildete Gefässe und Gewebe handelt. Hört die Neubildung mehr und mehr und zuletzt ganz und gar auf, so bleibt auch dieser scheinbare Ersatz aus,

ohne den alsdann die Gefässinvolution alsbald bis zum gänzlichen Aufhören der Blutcirculation in der Feder continuirlich fortschreiten muss.

Wollten wir nach einer jetzt sehr beliebten Formel sprechen, so könnten wir sagen, die Blutcirculation hört auf, weil sie überflüssig ist. Sie hat für den Federaufbau gedient, der Federaufbau ist vollendet. Die fertige Feder bedarf keines Stoffwechsels. Sie hat ihre Schuldigkeit gethan, sie kann gehen. Sie geht auch. Abgesehen davon, dass es gar nicht durchgängig richtig ist, dass unnütz gewordene Bestandtheile unseres Organismus gänzlich zu Grunde gehen, beispielsweise und bekannterweise der so sehr unnütze Processus vermiformis nicht, ist die blossе Formel keine Erklärung. Es gilt nachzuweisen, durch welche Mittel, in welcher Art des Organismus überflüssige Theile beseitigt, wenn er sie beseitigt. Wir müssen verstehen, wie dies zu Stande kommt, mit der Formel, dass es geschieht, dürfen wir uns nicht begnügen, da überflüssige Theile wohl schwächer ernährt werden, meist aber noch ernährt werden, nicht aus der Blutcirculation ohne Weiteres ausgeschaltet werden.

Sehen wir, unter welchen Umständen die Involution der Blutgefässe beginnt, so bemerken wir bald, dass die Blutgefässe bei der Ausbildung des Federgewebes theils von demselben vollständig umwachsen, theils zwischen dem Mark und der Federscheide zusammengepresst liegen. Von einer solchen Compression kann jedoch im Kiele keine Rede sein. Nach voller Erschöpfung der Histogenese sind aber die Blutgefässe von starren Aëroepithelien oder wie in dem grossen Luftraum des Kieles direct von Luft umgeben und schutzlos dem austrocknenden Einfluss desselben preisgegeben. Alle Blutgefässe, in denen nicht eine besonders schnelle Blutcirculation stattfindet, werden unter solchen Umständen dem austrocknenden Einfluss der Luft erliegen, wie dies ja auch bei Hautgefässen der Fall ist, die ihres Epidermisschutzes beraubt werden. Dass es hier zu einem fast spurlosen molecularen Zerfall der Blutgefässe und des Blutes kommt, ist zunächst dem Umstande zuzuschreiben, dass es sich um ganz dünne Capillargefässe handelt, sodann dass durch die Art der Austrocknung mittelst Aëroepithelien die Fäulniss des Blutes vollständig verhindert ist. In Folge der Ernährungslosig-

keit des Federgewebes bleibt auch auf dieses der Stillstand der Blutcirculation einflusslos.

In der hier beschriebenen Involution der Blutgefässe haben wir ein Beispiel für einen physiologischen Gefässschwund, wie er bisher noch nicht gewürdigt worden ist. Viel zu einseitig sind wir geneigt, das Aufhören der Blutcirculation in irgend einem Theile von gröberen Störungen derselben resp. von schweren Veränderungen der Gefässwand abhängig zu machen und alsdann Brand und Entzündungsprozesse als nothwendige Folge dieses Erlöschens der Blutcirculation zu betrachten, wenn Collateralkreislauf ausbleibt. Hier haben wir ein Beispiel von vollem Gefässschwund ohne irgend welche Rückwirkung auf das Gewebe, doch fehlt es auch nicht an anderen Beispielen von Gefässinvolution. Die Knorpel enthalten Blutgefässe, so lange sie wachsen und haben alsdann einen raschen Stoffwechsel. Diese Blutgefässe involviren sich aber in einem Grade, dass beim Erwachsenen nur noch höchst sparsame Blutgefässe und auch diese nur in der Peripherie vorhanden sind. Der alsdann sehr träge Stoffwechsel wird von dem gefässführenden Perichondrium und den anstossenden Knochenlagen aus zugeleitet. In welcher Weise hier die Involution erfolgt, ist unerforscht, gewiss ist nur, dass auch sie ohne jede gröbere Ernährungsstörung eintritt. Um auf die volle physiologische Bedeutung der Gefässinvolution aufmerksam zu machen, sei nur noch der Rückbildung der Uterinalblutgefässe im Puerperium gedacht, wobei eine umfangreiche Involution zahlreicher Gefässe erfolgen muss. Von den zahlreichen Beispielen pathologischer Gefässinvolutionen sei nur an den Pannus vasculosus erinnert, bei dem der zahlreichen Gefässe wegen die Cornea wie mit einem rothen Tuch überzogen erscheint und wo sich schliesslich diese Gefässe zurückbilden können, ohne eine Spur zu hinterlassen. Das eclatanteste Beispiel bildet das Granulationsgewebe, das nach seiner Entstehung weit stärker geröthet ist, als die Umgebung, später aber durch Involution des grössten Theiles der neugebildeten Blutgefässe abzublassen beginnt und zuletzt blasser, weisser, weit gefässloser als die Nachbarschaft wird.

Gemeinsam ist all diesen verschiedenen Fällen von Gefässinvolution zunächst, dass es sich um neugebildete Gefässe von

einfachstem Bau um Endothelröhren handelt, gemeinsam ferner, dass die Gefässrückbildung und die daraus nothwendig hervor-
gehende schwächere Ernährung von gar keiner auffallenden Ernährungsstörung irgendwie gefolgt ist. Die Gefässinvolution geht in all diesen Fällen ganz spurlos vor sich. Gemeinsam ist auch, dass überall eine veränderte Correlation zwischen Geweben und Gefässen nachweisbar ist. Es ist eine Veränderung der Gewebe, die zu der Rückbildung der Gefässe das Signal giebt, eine Gewebsveränderung, welche ein verändertes Ernährungsbedürfniss der Gewebe überall zu Folge hat. Wenn wir aber auch annehmen dürfen, dass durch die Gewebsveränderung die Correlation zu den Gefässen stets verändert ist, so sehen wir doch, dass es sich um verschiedene Gewebsveränderungen handelt, hier bei den Federn um Bildung von Aëroepithelien, beim Knorpelgewebe um Fertigstellung starrer Knorpelzellen, beim Uterus in puerperio um Muskelcontractionen, beim neugebildeten Bindegewebe um Schrumpfungsvorgänge. Das End-
ergebniss, Hemmung der Blutcirculation und Verödung der neugebildeten Capillaren ist dasselbe, der Modus aber ist ein mannichfaltiger. Jedenfalls ist diese Gefässinvolution, die mit Obliteration und Stenosirung durch Wandverdickung und Gewebsneubildung durchaus nicht zu identificiren ist, ein wichtiger und bisher allzuwenig beobachteter Vorgang und jedenfalls zeigt es sich, dass bei geringem Blutbedürfniss der Gewebe auch Blutmangel derselben keine Ernährungsstörungen hervorruft.

Mit der Gefässproliferation und Involution geht auch eine Nervenproliferation und Involution Hand in Hand. Bei den zahlreichen Versuchen, welche ich an der Pulpa angestellt habe, beobachtete ich, dass Traumen der Pulpa, Stiche, Schnitte, immer von Bewegungen des Thieres beantwortet wurden, welche auf Empfindlichkeit der Pulpa, also auf Neubildung sensibler Nerven hindeuteten. Herr Professor Merkel hatte die Güte der Nervenneubildung näher nachzuforschen, er schreibt darüber: „die Goldbehandlung der Federn hat die Nerven derselben vortrefflich zum Vorschein gebracht, sie sind zahlreich, aber wie es scheint, nicht gleichmässig vertheilt. Endigungen an denselben habe ich trotz vieler Mühe nicht finden können, glaube vielmehr, dass die meisten, vielleicht alle an die Gefässe heran-

treten. Doch möchte ich mir hierüber ein endgültiges Urtheil noch vorbehalten.“ — Empfindung wie Innervation schwinden natürlich mit Aufhebung der Ernährung, die neugebildeten Nerven theilen also das Schicksal der Blutgefäße.

Die Bildungsstätte. Aus der früheren Schilderung der Federformation ging schon hervor, dass die Pulpa als Bildungsstätte der Feder betrachtet werden muss. In die Pulpa hinein geht der Fortsatz der Papille, der so wenig wie die Papille selbst als mikroskopische Feder zu betrachten ist. Aus der Pulpa heraus tritt aber die Neufeder vollendet, nur noch von der Scheide umgeben. In der Pulpa findet also die Neubildung statt, wie auch im Einzelnen sich verfolgen liess. Die Pulpa ist eine Region von einer Maximallänge von 5 cm, ist diese ganze Region gleichwerthig? Hierüber sind folgende Versuche entscheidend. Bei einer Feder von 6,5 äusserer Länge d. h. Länge ausserhalb der Federtasche, beträgt die Injectionslänge 2,5, die Länge der fertigen Feder 4,0. Trägt man nun bei einer solchen Feder von der Spitze ab gemessen 4,2 bis etwa 4,5 ab, so sieht man, dass die Feder selbstverständlich ohne das abgeschnittene Ende je zu ersetzen, ihr Wachsthum vollendet. Nur die Bildung der Strahlen wird gestört, wenn eine Blosslegung der oberen Pulpa ohne Entfernung stattgefunden hat. Aus den verletzten Blutgefässen hat dabei ein nicht ganz unerheblicher Blutverlust stattgefunden, der unter Gerinnselbildung von selbst steht. Die oberste Partie der Pulpa ist dabei in einer Länge von 0,2 bis 0,5 abgetragen worden, ohne dass dies auf das Verhalten des Restes der Pulpa den geringsten Einfluss ausübt. Ganz anders wird dies, wenn man der Pulpa nicht wie im besprochenen Falle nur die oberste Spitze, sondern wenn 2,0 hier abgetragen werden, dann geht auch bald die Blutcirculation aus dem centralen Reste der Pulpa zurück, wie von Tag zu Tag messbar ist und wenn dasselbe gänzlich auch aus dem Wurzeltheil der Pulpa geschwunden ist, steht auch das Federwachsthum gänzlich still. Dafür aber entwickelt sich rapid bei früher Unterbrechung des Wachsthums die neue Feder, welche nun die alte Feder auf einem fein zugespitzten Stiele tragend, aus der Federtasche emporwächst. Diese alte Feder ist in dem Stadium erstarrt, in welchem sie sich zur Zeit der Rückbildung

befand. Der Zerstörungsprozess tritt nicht in normalem Grade auf, die Feder wird weicher, brüchiger. Diese combinirte Rück- und Neubildung tritt immer ein, wenn die unterste als Matrix fungirende Pulpapartie verletzt ist. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass, je mehr sich später die Gefäss-injection zurückzieht, je reifer die Feder wird, desto tiefer unten diese Matrix zu suchen ist. Wegen der Rapidität der Veränderungen wählen wir als drastisches Beispiel ein frühes Stadium. Die Feder ist äusserlich 2 cm lang, also bis auf höchstens 0,6 ganz von der Pulpa ausgefüllt. Abtragung von 1 cm Länge.

Länge des Federstumpfes:

sofort,	nach 1 Tage,	4.	5.	8.	10.	15.
1,0	1,2	2,5	3	3,2	3,5	4 cm

Injectionslänge:

sofort,	nach 1. Tage,	4.	5.	8.	10.	15.
1,0	1,2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0 cm

Am 15. Tage bricht die neue Feder hervor und trägt das Fragment der alten auf dem Kopfe. Die alte Feder hat unterhalb des erstarrten Kielendes eine kleine Spitze, die auf dem neuen Federbalge aufsitzt. Der neue Federbalg ist ganz wie in der Norm organisirt, er besitzt die Spitze, wie jede neue Feder.

Durch dieses Verhalten erweist sich der untere Theil der Pulpa als eine einheitliche Matrix im engsten Sinne des Wortes. Dass bei Verletzung derselben nicht bloß wie an den oberen Theilen der Pulpa ein Defect der verletzten Stelle eintritt, sondern dass um weit darüber hinaus eine Involution der Blutgefässe bis zur Papille und damit ein gänzlicher Wachstumsstillstand eintritt, ist ein bis jetzt noch nicht zu enträthselndes höchst merkwürdiges Verhalten. Die Verletzung der Blutgefässe kann keine Schuld haben, ist sie doch eine kleine Strecke höher von keiner Bedeutung und nirgends sonst hat eine Verletzung der Blutgefässe centralwärts über die nächsten Gefässverzweigungen hinaus diese Folgen.

Wie augenfällig auch der Rückgang der Injection ist, er ist doch nur als ein correspondirendes Moment des Wachstumsstillstandes anzusehen, nicht aber als das ursächliche Moment. Eine Feder von 2 cm Länge befindet sich am 10. oder 11. Re-

generationstage überhaupt, dieselbe wird 1 Tag später zwischen 2,5—3, nach 4 Tagen zwischen 4,8—5,4, nach 5 Tagen 6—6,7, nach 8 Tagen 7,5—8,3, nach 10 Tagen 9—9,8, nach 15 Tagen 11,9—12,5 messen. Dem gegenüber bekommen wir für dieselben Tage unter Hinzurechnung des abgeschnittenen Fragmentes von 1 cm nur die Maasse 2,2; 3,5; 4; 4,2; 4,5; 5 heraus. Man sieht also aus diesen Zahlen, dass nicht erst in den letzten Tagen, wo die Blutinjection stark zurückgegangen, sondern auch in der ersten Zeit schon das Wachstum abnimmt. Da nur die Fortdauer der Blutcirculation, nicht aber eine bestimmte Ausbreitung derselben zum Normalwachstum nothwendig ist, so lässt sich auch der alsbaldige Rückgang des Wachstumsmaasses nicht auf den Injectionsrückgang schieben. Die Wachstumsenergie sinkt also mit der Verletzung der Matrix und Hand in Hand mit ihr sinkt auch die Gefassinjection. Es verdient dabei wohl bemerkt zu werden, wie nun unmittelbar der Wachstumsimpuls sich auf die Papille fortpflanzt, und alsbald das Neuwachstum einer ganz complete, in keiner Weise defecten Feder beginnt. Wird jedoch der Versuch in einem späteren Wachstumsstadium gemacht, so erfolgt wohl voller Rückgang der Injection und allmählicher Wachstumsstillstand, doch wird alsdann die im Wachstum sitzen gebliebene Feder in der Länge von 6 cm d. i. Totallänge von 8,5 cm festgehalten, und nicht von einer neugebildeten Feder abgestossen. Das Gleiche geschieht auch in früheren Stadien, wenn eine kleinere Matrixpartie im obigen Versuche also statt 1 cm nur etwa 0,7—0,8 abgetragen wird. In beiden Fällen endigt das Federwachstum mit einer verhornten Spuhle. Dies ist ein vollwichtiger Beweis dafür, dass in den andern Fällen nur die Unfertigkeit des Federendes die Federneubildung veranlasst.

Die hier besprochene Läsion der Matrix kommt zu Stande wenn die Region der Matrix durchschschnitten mit einer Ligatur umschnürt oder entblösst, oder wenn die Neufeder gewaltsam aus der Pulpa herausgezogen wird, selbst dann wenn hierbei kaum mehr wie ein Blutstropfen verloren geht. Hingegen tritt bei oberflächlichem Anstich der Matrix durch Nadelstiche die obenbezeichnete Läsion nicht ein, auch nicht bei perpendicularer Senkung der Nadel bis zur Basis der Pulpa. Wir haben also

in der Pulpa einen Abschnitt zu unterscheiden, der als Matrix der Feder anzusehen ist, bei dessen Verletzung das Federwachsthum stillsteht und einen Abschnitt, der schon eine besser vollendete Federpartie enthält, dessen Verletzung für das Wachsthum der Gesamtfeder gleichgültig ist. Die Papille, welche die Stammutter einer jeden Feder ist, bildet also in der Pulpa eine Specialmatrix für jede Neufeder, welche die Individualität der Feder bedingt.

Welchen Antheil nimmt nun die Federtasche an der Federneubildung? Hierüber habe ich folgende Versuche gemacht. Macht man um die Tasche einer grossen Flügelfeder zwei senkrechte Schnitte in die Tiefe des Flügels und schneidet man alsdann nach Ausziehung der betreffenden Feder den grössten Theil der Federtasche aus, so entwickelt sich zwar die Neufeder, doch ist ihr Wachsthum der normalen Seite gegenüber ein anderes. War nur wenig von der Tasche entfernt worden, so wird die Feder nur kürzer, wobei sie ihre Tasche durch Hebung der Haut verlängert. Waren grosse Partien seitlich entfernt, so nimmt die Feder eine anomale Richtung, durch welche ihr Wachsthum so vielfach gestört wird, dass sie früh degenerirt. Waren von zwei nebeneinanderstehenden Flügelfedern die einander zugekehrten Taschenseiten entfernt worden, so kann es zum Confluiren der Federn kommen, so dass eine Art Federmissgeburt entsteht, eine dicke, plumpe, kurze Doppelfeder, die früh zu Grunde geht. Die verschiedenen Missgeburten, die ich erzielt habe, waren sämmtlich kurzlebiger Natur; die anfänglich lebhaft gefässinjection bildete sich frühzeitig wieder zurück.

Uebersehen wir nunmehr die Formationsbewegungen, so erkennen wir, dass der untere Theil der Pulpa die Bildungsstätte der Feder ist, während dem oberen Theile derselben nur die letzte Vollendung der Strahlen der Federfahne zukommt. In dem untern Theil der Pulpa entstehen durch die histogenetische Energie des Processus papillae Epithelzellen, welche nach verschiedenen Umwandlungen die Charaktere der Aëroepithelien annehmen. Von entscheidender Wichtigkeit für die Gesamtgestalt der Feder und ihre Wachstumsrichtung zeigt sich die Federtasche, welche der histogenetischen Energie der Papille einen begrenzten Spielraum gewährt. Ihr Einfluss auf die histo-

genetische Energie ist es, der die Formbildung der Feder bedingt. Das Streben der Natur, die Function zu erhalten oder wiederherzustellen, ist ein mystischer Begriff, der der wissenschaftlichen Klärung durch die Klarlegung der Mittel bedarf, durch welche die Natur dies zu Wege bringt. Nicht der tropische Reiz der Function¹⁾ kann die Federformation zu Wege bringen; wenn die Feder voll functionirt, wird sie garnicht mehr ernährt und wenn sie noch ernährt wird, functionirt sie kaum. Ohne leugnen zu wollen, dass die Function auf Knochen, Muskeln, Sehnen, Haut und Schleimhäute einen gewissen transformirenden Einfluss auf dem Wege der Ernährung — durch stärkere Ernährung der stärker fungirenden Theile, durch schwächere anderer ausübt, muss doch daran erinnert werden, dass die histogenetische Energie der Gewebe, begrenzt und umgrenzt durch ebenbürtige Kräfte anderer Gewebe, vor aller Function wirksam ist und diese erst bedingt. Sie allein ist die schöpferische Kraft. Das Quale und Quantum der neugebildeten Zellen hängt von den Mutterzellen ab. Durch die Qualität der Zellen ist die Art der Aneinanderlagerung, durch die Quantität derselben deren Stärke bedingt. Die Gewebe der Nachbarschaft wirken begrenzend und schichtend. Der Kampf um den Raum findet an der Gewebsspannung anderer Gewebe seine Grenze. Es stellt sich meist ein gewisses Gleichgewicht der Gewebe heraus. Das stärker proliferirende Gewebe dringt in die Lücken des andern ein, verschiebt und drängt es wohl auch in toto — von wenigen Ausnahmen aber abgesehen, perforirt ein Gewebe das andere nicht.

Die Wachsthumsdifferenzen der einzelnen Gewebsindividuen. Wenn auch die Federn gleich den Haaren histologisch als Organe zu betrachten sind, welche aus verschiedenen Geweben zusammengesetzt sind, so treten sie doch histogenetisch wie Gewebsindividuen auf, da das Auswachsen der Papille das Wachsthum der übrigen Gewebe beherrscht und bedingt. Und als Gewebsindividuen von verschiedener Stärke

¹⁾ Roux, Der Kampf der Theile im Organismus 1881. Julius Wolff, Das Gesetz der Transformation der inneren Architectur der Knochen. Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wissenschaft. Jahrgang 1884. S. 475.

und Dauer der histogenetischen Energie, wie die Wachsthumsvorgänge derselben Wachstumsperiode klar beweisen.

Wachstumsgrösse der Federn. Bei voller Freiheit des Wachstums erreichen die verschiedenen Federn lediglich in Folge der verschiedenen histogenetischen Energie der Papillen eine ganz ausserordentlich verschiedene Grösse. Schon von den grossen Handschwingen ist keine der andern gleich. Die längsten Federn sind die Schwungfedern No. II und III, sie variiren je nach der Grösse der Thiere zwischen 17—20 cm Länge, an der ausgezogenen Feder gemessen. Bei 20 cm Maximallänge findet sich alsdann bei den verschiedenen Federnummern meist folgende Federlänge auf beiden Seiten symmetrisch gleich in meist absteigender Skala.

Federnummer: I II III IV V VI VII VIII IX

Federlängen: 9,8 20 20 18,5 17 16 14,8 14 13

Bei einer Maximallänge von 17,5 bei jüngeren Thieren meist folgende Federlängen:

Federnummer: I II III IV V VI VII VIII IX

Federlängen: 17,3 17,5 17,10 15,5 14,5 13,2 12,5 11,5 11

Die Feder No. I ist meist um eine Kleinigkeit 0,2 bis höchstens 0,4 kürzer als II. Die Schwungfedern X—XX nehmen immer weiter ab. Die 100 kleinen Federn der Innenfläche des Flügels erreichen eine sehr verschiedene Länge, der feinsten Flaumfedern nur eine solche von 1 cm, die grössten eine Länge von 6,5 cm. Die Federn variiren unter sich nicht blos in der Länge, sondern auch in der Ausbildung des Kieles, in der Entwicklung der Strahlen, in der Grösse der Fahne, kaum eine Feder ist der andern nebenstehenden Feder vollkommen gleich. Während die neben einander stehenden Federn stets Differenzen darbieten, sind die symmetrischen einander gleich. Die grossen Flügelfedern wachsen im Wesentlichen unter ganz gleichen Wachstumsbedingungen, bei gleicher Freiheit des Wachstums. Entgegenwachsende Gewebe beschränken ihnen die Freiheit des Raumes nicht, weder Gegendruck noch Seitendruck findet statt. Nachdem die alte Feder entfernt oder abgestossen ist, giebt es gar kein äusseres Hinderniss irgend welcher Art, welches dem freien Wachsthum der Neufeder Schranken auferlegte. Wenn nun bei gleich freiem Spielraum die eine Feder eine Länge von

20 cm und daneben stehend nur eine solche von 19,8 oder 18,5 erreichen, so sind äussere Hemmungen unmöglich anzuschuldigen, der Grund kann nur in dem verschiedenen Grade der histogenetischen Energie beruhen. Dem entspricht es auch, dass schon die Pulpae keine gleiche Länge erreichen, auch sie bieten schon Verschiedenheiten dar, wenn es auch nicht möglich ist, ein stets zahlenmässig gleiches Verhältniss zwischen der Länge der Pulpa und der Grösse der Federentwicklung festzustellen. Die Pulpa der Flaumfedern ist im Verhältniss zu ihrer späten Gesamtlänge viel grösser, als die Pulpa der grossen Schwungfedern. Vergleicht man jedoch die grossen Schwungfedern unter einander, so zeigen die später grösser werdenden Federn in der Norm eine längere Pulpa als die hinteren kürzeren Federn, während jene eine Pulpalänge bis zu 2,5 erreichen, kommen diese nur bis zu einer Länge von 2,0 bis 2,2. Auch diese geringere Entwicklung der Pulpainjection beweist schon die schwächere histogenetische Anlage. — Dass nicht die frühzeitige Vollendung der Feder das Wachsthumshinderniss bildet, lässt sich auch dadurch erweisen, dass man die fertig gebildeten Federstücke mit Leichtigkeit abtragen kann und so das Wachsthumshinderniss zu entfernen vermag. Das Wachsthum selbst lässt sich dadurch nicht im Geringsten verlängern oder vergrössern, es endet wenn das correspondirende Wachsthum der symmetrischen Feder aufhört. Die Federn beiderseits sind gleich, minus der einerseits abgetragenen Federenden.

Wachstumsgeschwindigkeit der Federn. Nicht minder ist die Wachstumsgeschwindigkeit eine von der histogenetischen Energie der Papillen abhängige Leistung. Bei den grossen Schwungfedern sahen wir vorher, dass zu Beginn des Wachsthumms die Geschwindigkeit eine sehr grosse ist 0,8 — 1 cm pro 24 Stunden betragen kann, dass sie später heruntergeht, bis sie zu 1 und zu $\frac{1}{2}$ mm pro Tag sinkt. Dieses Maximum von 1 cm wird unter allen Umständen als eine grosse Leistung anzusehen sein. Doch dieser Leistung sind nur die grössten Papillen fähig. In der gleichen Zeiteinheit von 24 Stunden wachsen wieder grosse Schwingen nur 0,7 und die kleinsten Dunen nur 0,01 bis 0,02. Ist im Allgemeinen wohl die Wachstumsgeschwindigkeit eine Eigenschaft der Papillen, welche mit ihrer

Grösse und Stärke zusammenhängt, so dass die grössten Papillen, d. h. die Papillen der grössten Federn auch am rapidesten wachsen, so sind doch auch da wieder kleine individuelle Differenzen zu constatiren. So z. B. bleibt die erste Feder gegenüber der 2. und 3. Feder bald im Wachsthum zurück, hält nicht das gleiche Tempo ein, setzt dann aber die Dauer des Wachstums längere Zeit fort. Also auch hier wieder zeigen sich Differenzen, die lediglich in der histogenetischen Energie der einzelnen Papillen begründet sein können.

Wachsthumsdauer der Federn. Auch die Wachsthumsdauer ist eine sehr verschiedene, hält bei den Federn III und II etwa 7 Wochen an, bei I noch eine halbe Woche länger trotz geringerer Länge. Bei IV etwa 43 Tage, bei V 35—40, bei VI, VII, VIII, IX successives Abfallen bis zu 28 Tagen. Doch steht die Wachsthumsdauer durchaus nicht immer in gradem Verhältniss zur Grösse. Von I abgesehen, werden auch die kleinen Flaumfedern kaum vor 4—5 Wochen vollendet, obwohl ihre Länge gar nicht mit der der kleineren Schwungfedern vergleichbar ist. Ueberall bei kleinen und grossen Federn nimmt das Wachsthum in der Art ein Ende, dass die Gefässe völlig aus der Feder schwinden, die Spuhle mehr oder minder verhärtet und ein kleinerer oder grösserer Nabel den Abschluss der Feder bildet.

Der Kampf um die Nahrung. Der genaue Maassstab, den das Wachsthum der correspondirenden Feder abgiebt, gestattet die exacte Beurtheilung der Frage, wie weit das Wachsthum der einzelnen Federn durch das gleichzeitige Wachsthum anderer, die aus demselben Gefässnetz ihre Nahrung schöpfen, beeinflusst wird. Wächst eine Schwungfeder auf einem Flügel bei alleiniger Regeneration rascher als bei gleichzeitiger Regeneration von 10 grossen Schwungfedern? Obschon in dem letzteren Falle eine wie wir gesehen haben höchst umfangreiche Gefässproliferation und ein bedeutender Stossconsum stattfindet, wird doch das Wachsthum dieser 10 Schwungfedern in keiner Weise modificirt oder geschwächt, oder nur um einen einzigen Tag verzögert. Daraus folgt, dass bei ungehemmtem Blutzufluss jedes Gewebe von genügender histogenetischer Energie die für sein Wachsthum nothwendige Blutmenge sich anzueignen ver-

mag. Ein Kampf um die Nahrung findet in diesem Falle nicht statt. Ebenso wenig ist andererseits irgend welche Hyperämie durch Lösung der Gefässnerven in der Umgebung von Entzündungsstellen im Stande, das Wachstum anzuregen oder in irgend welcher Weise zu beschleunigen. Congestion ruft weder Regeneration hervor, noch übt sie auf Stärke und Schnelligkeit derselben einen sichtbaren Einfluss aus. Jedwedes Federwachstum bringt aber nothwendig eine auf die betheiligte Papille und Federtasche beschränkte Hyperämie mit sich, nothwendige Theilerscheinung der bei der Neubildung der Feder stattfindenden Gefässproliferation. Das Wachstum ruft also Hyperämie hervor, Hyperämie nicht aber Wachstum.

Contralaterale Impulse. Während in der Mauser die Regeneration spontan beiderseits zu gleicher Zeit beginnt, sich entwickelt und endigt, ist die künstliche Regeneration der Einzelfeder für die correspondirende Feder der andern Seite ganz gleichgültig. Weder wird durch den Ausfall oder die Ausreissung einer Schwungfeder die correspondirende zum Ausfall indicirt, noch wird das Wachstum der einen durch die andere beeinflusst. Es kann demnach auch eine aus der jüngsten Mauser entstandene Feder einer anderen gegenüberstehen, welche einer späteren künstlichen Regeneration ihren Ursprung verdankt. Da diese neue Feder etwas länger und in der Fahne etwas schmaler wird als die alte, so können in solchem Falle auch die correspondirenden Federn einander ungleich sein. In der Natur kommt jedoch dies selten vor, wenigstens bei den grossen Schwung- und Steissfedern. Es gehört eine ziemlich grosse Gewalt dazu, um auch bei kleinen Thieren solche grosse fertige Federn aus der Federtasche auszuziehen. Blosser Bruch der fertigen Federn genügt zur Einleitung der Regeneration aber nicht. Nur innerhalb der Mauser erfolgt eine spontane Federregeneration im Naturleben, nur während dieser Zeit können daher unfertige Federn in ihrer Matrix leicht verletzt, zu neuer Regeneration veranlasst werden. Asymmetrien kommen also schon deshalb selten vor. Es kommt aber noch ein anderer Umstand hinzu. Jede erste künstliche durch Verletzung herbeigeführte Regeneration bleibt nach ihrer Vollendung spätestens also nach 7 Wochen stehen, weil sie ja nicht in perpetuum wächst. Kommt nun

im Verlaufe des ganzen Jahres eine Regeneration auf der correspondirenden Feder zu Stande, so müssen immer schliesslich doch diese beiden Federn einander symmetrisch ausfallen, weil sie beide derselben Entwicklung der histogenetischen Energie der Papille ihren Ursprung verdanken und die später wachsende der vorangewachsenen nachkommen muss, da letztere im Wachsthum schliesslich stille steht. Wie leicht Asymmetrien künstlich hervorgerufen werden können, in der Natur walten solche Ursachen selten vor. Da eine Verkettung der beiderseitigen Papillen correspondirender Federn nicht nachweisbar ist, so beruht die bilaterale Symmetrie, welche in der Norm stets vorhanden, auf Wachsthumsimpulsen, welche die correspondirenden Papillen gleichzeitig treffen. In der Mauser müssen dieselben Wachsthumsimpulse gleichzeitig die correspondirenden Papillen anregen, während sie die unmittelbar benachbarten Papillen intact lassen trotz räumlicher Nähe und voraussichtlich gleicher chemischer Zusammensetzung der Papillen. Und diese Mauserimpulse sollen nach frühzeitiger Castration gänzlich ausbleiben!

Gesamtleistung des Thierkörpers. Ueberlegt man, dass die Taube fähig ist, je 10 grosse Flügelfedern und 100 kleine Federn jederseits zu regeneriren und innerhalb 7—8 Wochen zu vollenden, überlegt man ferner, dass bei derselben Zahl der grossen Schwungfedern auch wiederholte Regeneration unbeschadet jedesmal zu $2\frac{1}{2}$ —3 g Gewicht stattfinden kann, so erstaunt man über diese grosse Gesamtleistung der Thiere. Es ist gar keine Rede davon, dass dabei die Thiere, wenn sie sonst gesund sind, schwereren Gefahren entgegen gehen, wie sie von der Mauser beschrieben werden; sie fressen etwas mehr, sind aber im Uebrigen gesund und ganz mobil. Nur für kranke Thiere ist die künstliche Regeneration eine Kraftleistung, welche sie nicht zu überstehen vermögen. Gesunde können am Gewicht selbst zunehmen von 400 g auf 430—40, wie ich wiederholt nach Regeneration der 10 grossen Handschwingen beiderseits in 7 Wochen sah.

Die Grösse dieser Leistung berechnet man dabei ganz unrichtig, weil man lediglich das fertige Product in Betracht zieht. Um dasselbe zu Stande zu bringen, ist ein bei weitem grösserer Kraftaufwand nöthig. Es wird eine Scheide gebildet, deren

Formation bei jeder Feder die ganze Länge der Feder erreicht, sie geht durch Abstossung verloren. Weit wichtiger noch ist, dass eine umfangreiche Gefässneubildung und durch spätere Involution derselben und Abschilferung der Reste ein ganz ausserordentlich grosser Stoffverlust stattfindet. Ueberlegt man, dass bei jedweder Feder das Gefässnetz ursprünglich die Länge der ganzen Feder erreicht hat, dass dies Gefässnetz in sich reich verzweigt war, so erstaunt man über den ganz colossalen Umfang, den die neugebildeten Gefässbahnen in 20 Schwungfedern und 200 kleinen Federn einnehmen mussten. Von diesem bei der Kleinheit des Thieres ausserordentlich grossen Gefässnetz geht das Material der Wandung und auch ein kleiner Theil des Blutes völlig verloren. Der Gesamtverlust an Körpermateriale ist daher ein erstaunlich grosser und doch bleibt das Thier bei zureichender Ernährung gänzlich unberührt davon. Unberechnet bleibt dabei, dass eine so reichliche Gefäss- und Gewebsneubildung auch auf den Stoffwechsel des Organismus und seine Verbrennungsproducte von tiefgehendem Einflusse sein muss. Ist doch auf der Höhe der Regeneration die Zunahme des von fliessendem Blute durchzogenen Gefässnetzes allein schon auf einige Meter zu berechnen.

Aus alledem geht der wichtige Satz hervor, dass der Organismus zu sehr umfangreichen Gefäss- und Gewebsneubildungen befähigt ist, ohne dadurch bei ausreichender Ernährung den geringsten Schaden zu erleiden. Eine ganz bedeutende Erhöhung des Stoffumsatzes bei genügender Stoffzufuhr wird ohne jeden Schaden ertragen.

Resumiren wir nun unsere Versuchsergebnisse über die histogenetische Energie und Symmetrie des Gewebswachsthums, so erhalten wir folgende Resultate:

1. Im normalen Körper kann eine ganz bedeutende Erhöhung des Gewebswachsthums ohne jede Schädigung des Gesamtorganismus stattfinden, ja bei Zunahme des Körpergewichtes.

2. Diese Erhöhung des Gewebswachsthums erfolgt bei freiem Raum ohne jede Beeinträchtigung des Wachsthums der Nachbargewebe. Bei ungehemmter Blutcirculation findet ein Kampf

der Gewebe um die Nahrung im Organismus nicht statt. Ein Gesetz der Compensation, wonach bedeutende Entwicklung eines Theiles durch Nahrungsentziehung nothwendig Reductionen benachbarter Theile zu Wege bringen muss, ist nicht nachweisbar.

3. Das Fundament alles Zellen- und Gewebswachsthums ist die Integrität und histogenetische Energie des Muttergewebes. Die Matrix für die succedirenden Federgenerationen ist die Federpapille.

4. Die histogenetische Energie der Matrix ist nirgends eine unveränderliche Grösse. Sie ist abhängig von der Gesamtternährung und schwindet gänzlich bei voller Inanition. Bei hohem Grade von histogenetischer Energie genügt schon die Entfernung von Wachsthumshindernissen um das freie Gewebswachsthum zu entfalten. Die histogenetische Energie wird in der Mauser in bisher noch unbekannter Weise angefacht.

5. Von der inhärenten Energie des Muttergewebes hängt das Quale und Quantum der Zellproliferationen ab. Sie ist die alleinige schöpferische Kraft. Formbildend tritt daneben der Kampf um den Raum ein, d. h. die Begrenzung und Beengung durch andere histogenetische Kräfte. Die Formation im Grossen wird dadurch bereits vor jeder Functionirung und ohne jede Functionirung bedingt. Die Function vermag alsdann in der Art transformirend zu wirken, dass die Histogenie und Ernährung einzelner Gewebsabschnitte durch Uebung stärker, anderer durch Nichtgebrauch schwächer in Anspruch genommen wird. Ehe sich „der trophische Reiz der Function“ geltend machen kann, bevor die Function modelnd einzuwirken vermag, muss das Gewebe durch die histogenetische Energie stets erst functionsfähig aufgebaut sein.

6. Die verschiedenen neben einander stehenden Federpapillen besitzen eine ganz verschiedene immanente histogenetische Energie. Trotz desselben Materials und gleicher Wachsthumsfreiheit erreichen die aus ihnen hervorgehenden Federn nie dieselbe Stärke und Länge. Sogleich beim Ausbruch sind die einzelnen Dunen, Deck- und Schwungfedern als diese bestimmten Dunen, Deck- und Schwungfedern charakterisirt. Erreichen sie wegen anderweitiger Hindernisse ihre präsumptive

Grösse nicht, so sind sie zurückgebliebene, zwerghafte Federn ihres Typus, sie fallen aber nie in einen anderen Typus hinein.

Darauf, dass die correspondirenden Federpapillen beider Seiten genau die gleiche histogenetische Energie besitzen, kann allein die vollkommene bilaterale Symmetrie beruhen, welche die correspondirenden Federn beiderseits aufweisen.

7. Wachstum ruft bei unbehindertem Blutfluss stets locale Congestion hervor, Congestion allein nie Wachstum. Jede Gewebsproliferation führt auch Gefässproliferation mit sich.

8. Zwischen Gefässen und Geweben existirt eine andauernde Correlation. Aus dem proliferirenden Gefässnetz bilden sich stabile Gefässe, auch solche complicirteren Baues, falls die Gewebe eine stärkere Ernährung andauernd beanspruchen. Die Blutgefässe können hingegen transitorische sein und selbst volle Involution erfahren, wenn die Gewebe nach ihrer Vollendung der Ernährung wenig oder gar nicht bedürfen.

9. Auch dem Nervengewebe kommt die Fähigkeit zur Proliferation und Involution in gewissem Grade zu.

10. Die Federpapille als Matrix der Federsuccessionen bildet bei jeder Regeneration zunächst eine Specialmatrix in der Pulpa für die Neufedern, deren Verletzung Wachstumsstillstand und Rückgang der Blutcirculation bis zur Papille zu Folge hat. Es ist vollständig räthselhaft, wodurch dabei nicht bloß die peripherischen, sondern auch die centralen Abschnitte der Neufeder geschädigt werden. Die Papille selbst bleibt intact und zu Neubildungen geneigt. Die junge Feder wächst ganz normal hervor, indem sie das zugestielte Federfragment des unterbrochenen Federwachsthums auf der Spitze trägt.
