

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Physiologische Chemie

[in 4 Theilen]

Allgemeine Biologie

Hoppe-Seyler, Felix

Berlin, 1877

Über den chemischen Bau der Organismen

Ueber den chemischen Bau der Organismen.

§ 32. Sucht man in der vielgestaltigen Welt der Organismen nach einer Einheit, nach dem Ursprung der Formen und der chemischen Entwicklungen, so findet man sie allein in den Elementarorganismen, wie *Brücke*¹ sie treffend bezeichnet und definirt hat, die seit den Untersuchungen von *v. Mohl* und *Schleiden*² in den Pflanzen, von *Schwann*³ im Thierreiche und dem Menschen als Zellen bezeichnet, hinsichtlich ihres morphologischen Baues verschieden gedeutet sind, hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung und ihrer Lebensprocesse sich erst im Beginne der Untersuchung befinden. Seit den *Schleiden-Schwann*'schen Untersuchungen ist der Satz unerschüttert geblieben und durch überaus zahlreiche weitere Beobachtungen bestätigt, dass jeder lebende Organismus aus solchen organisirten Elementen emporgewachsen ist, obwohl die Anschauungen über den Bau der Zellen und ihre Vermehrung mehrfache Veränderungen in den letzten 40 Jahren erfahren haben. Die *Schleiden-Schwann*'sche Zellentheorie fordert, dass jede Zelle eine allseitig geschlossene Membran, darin eine Flüssigkeit habe und einen Kern, von dem es nicht ausgemacht war, ob er ein Flüssigkeit enthaltendes Bläschen oder eine weiche Masse darstellte. Es war dies in den Anforderungen zu weit gegangen, aber der Irrthum ist erklärlich, weil ausgebildete Zellen in Pflanzen fast immer und in Thieren wenigstens nicht selten in dieser Weise sich dem Auge darstellen. *Max Schultze*⁴ zeigte später und *Brücke*⁵ sowie viele andere Beobachter mit und nach ihm bestätigten es, dass der thierischen Zelle eine Membran an sich nicht eigen sei, dass vielmehr die lebende einfache Zelle als weiches Klümpchen sich darstelle, das auch einen Kern nicht nothwendig enthalten müsse. Es ist erwiesen, dass Pflanzen und Thiere hierin übereinstimmen, und da ein solches Schleimklümpchen in seiner Form durchaus nichts Charakteristisches darbietet, so kann die Erkennung der Zelle in ihrem einfachsten Zu-

¹ Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. Wiss. Bd. XLIV, S. 381. Octbr. 1861.

² *v. Mohl*, Vermehrung der Pflanzenzelle durch Theilung. Tübingen 1835.
— *Schleiden*, Müller's Arch. 1838. S. 137.

³ *Th. Schwann*, Mikroskop. Unters. üb. d. Uebereinstimmung in d. Structur u. d. Wachsthum d. Thiere u. Pflanzen. Berlin 1839.

⁴ Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. S. 1.

⁵ A. a. O.

stande nur geschehen durch die chemische Zusammensetzung, falls diese bestimmte Charaktere ergibt, oder durch die gestaltlichen und chemischen Veränderungen und Vorgänge, welche an ihr zur Beobachtung kommen. Diese Veränderungen sind nun sehr verschiedenartig, die nächstwichtigsten 1) die Fähigkeit, unter bestimmten, freilich noch nicht näher zu definirenden Verhältnissen feste Substanz als eine die Zelle umgebende Membran abzuschneiden und 2) sich unter gewissen Verhältnissen zu theilen, indem erst der Kern eine Theilung erfährt, dann die ihn umgebende weiche Masse der Zelle und endlich Abgrenzung der getheilten Massen durch eine Zellwand, wenn die Mutterzelle eine solche besass. Verschiedene Art der Zellvermehrung ist nicht nachgewiesen, Zelltheilung und endogene Zellenbildung kommen auf denselben Vorgang hinaus, Zellenbildung ausserhalb einer Zelle kommt nicht vor; der Vorgang ist an Pflanzen morphologisch am genauesten verfolgt,¹ wahrscheinlich bei Thieren ganz derselbe,² in chemischer Hinsicht noch durchaus unbekannt.

Der chemischen Untersuchung der Bestandtheile der Zellen stehen entgegen 1) ihre Kleinheit und die Schwierigkeit, sie in hinreichender Quantität frei von den Producten ihrer verschiedenen Lebensvorgänge zu erhalten, 2) ihre sofort eintretende chemische Veränderung bei Einwirkung der einfachsten Lösungsmittel, Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform. Die chemische Untersuchung hat sich deshalb bis jetzt fast allein darauf beschränken müssen, die Zersetzungsproducte zu untersuchen von Gebilden, in denen sich nachweisbar eine grosse Menge solcher Zellen befinden; im Uebrigen sind es dürftige Reactionen, die man ausgeführt hat und aus denen sichere Schlüsse nicht gezogen werden können. Schon besser gekannt sind die Producte, welche die Zellen unter bestimmten Verhältnissen hervorbringen, ihre Membranen und deren Verdickungsschichten, die man früher vielfach als Intercellularsubstanz und als unabhängig von den in sie eingelagerten Zellen entstanden aufgefasst hatte.

Durch die Arbeiten von *Max Schultze*³ und die dann folgenden

¹ *Ed. Strasburger*, Ueber Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1875.

² *Strasburger* a. a. O. S. 177, u. *Bütschli*, Nov. Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. Vol. XXXVI, S. 101. — Dagegen *Auerbach*, Organologische Studien, II. Breslau 1874, u. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. Nr. 1.

³ A. a. O. und *M. Schultze*, Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.

von *Brücke*¹ und ist das zuerst von *v. Mohl*² benannte und als wesentlicher Inhalt der entwicklungsfähigen Pflanzenzelle aufgefasste Protoplasma mit der Zelle selbst, abgesehen vom Kern, identisch geworden. Das Protoplasma besitzt nicht stets, aber meistens die Fähigkeit, seine Form zu verändern,³ wenn gewissen physikalischen und chemischen Bedingungen genügt ist, ja es sind die Protoplasmen im Stande, wie z. B. Amöben, farblosen Blutkörperchen u. s. w., vom Orte, an dem sie sich befinden, wegzuwandern.⁴

Mit diesen mechanischen Bewegungen, der Bildung von Membranen, Ausscheidung von Körnchen in ihrer Substanz u. s. w., ihrer Entwicklung und Vermehrung, gehen nachweisbar eine grosse Zahl chemischer Prozesse Hand in Hand, von denen bis jetzt sehr wenig bekannt ist. Auch dies Wenige als ein geordnetes Ganze darzustellen, findet Schwierigkeit, im Allgemeinen wird man jedoch jetzt schon berechtigt sein, die folgenden Sätze als sichergestellt anzusehen:

1) In allen Zellen, welche als entwicklungsfähig betrachtet werden müssen, sowie in allen denen, die sich in den ersten Phasen der Entwicklung und Vermehrung befinden, werden einzelne bestimmte chemische Stoffe gefunden, die entweder diesen Zellen im Leben zugehört haben oder bei ihrem Tode entstehen, und von denen man wegen des ausnahmslosen Vorkommens in solchen Zellen annehmen muss, dass sie bei ihrem Leben und ihrer Entwicklung in allen Organismen theiligt sind.

2) Uebereinstimmung in der Form bereits entwickelter Zellengebilde geht vielfach Hand in Hand mit Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung und in den Functionen, aber bei gleicher chemischer Zusammensetzung kann sich die Form ziemlich verschieden gestalten und häufig ist zwischen chemisch und functionell sehr verschiedenen Organen ein Unterschied in der Form nicht zu erkennen.

3) Umgestaltung in der Form geht, so weit als untersucht ist, stets Hand in Hand mit chemischer Umwandlung, während letztere auch geschehen kann ohne erkennbare Formänderung.

¹ A. a. O.

² Botanische Zeitung 1846. S. 74.

³ Zuerst beobachtet von *Corti* 1772.

⁴ Vergl. *v. Recklinghausen*, *Virchow Arch.* Bd. XXVIII, S. 157. 1863.

4) Nur ganz untergeordnete, vorbereitende chemische Lebensprocesse verlaufen in Flüssigkeiten, alle wichtigeren gehen an und in imbibirten weichen Massen vor sich, die weder eigentlich feste Körper noch wirkliche Flüssigkeiten sind. Die Zellen sind die chemischen Werkzeuge und Werkstätten, die chemischen Organe des Organismus, sie sind aber zugleich das in der Verarbeitung begriffene Material.

**Die entwicklungsfähige und die sich entwickelnde Zelle;
ihre Zusammensetzung.**

§ 33. Die Zellen in jeder Knospe, jedem jungen Triebe, im Samen, im Ei sind unzweifelhaft solche, die im normalen Zustande und unter bestimmten äusseren Bedingungen sich vermehren und in der einen oder anderen Weise zu wesentlich verschiedenen Organen sich entwickeln. Die Stoffe, welche sie für diese Processe nöthig haben, müssen in ihnen vorhanden sein oder ihnen während dieser Umwandlung von aussen zukommen können. So lange die Zellen membranlos sind, ist ihnen nicht allein die Aufnahme von Gasen und von Flüssigkeiten, sondern auch von Oeltröpfchen und festen Körnchen möglich, indem sie die besonders von *Ehrenberg*, *M. Schultze*, *Brücke* und *v. Recklinghausen* beschriebene Fähigkeit besitzen, in fliessender Bewegung fremde Stoffe zu umschliessen und in sich eingeschlossen kürzere oder längere Zeit festzuhalten. Die Fähigkeit, diese Bewegungen, die man an den Amöben seit langer Zeit kennt auszuführen, besitzen, wie es scheint, thierische Zellen stets in einer Phase ihrer Entwicklung, auch Pflanzen kommt sie meist zu, aber nicht immer, manche pflanzliche und thierische Zellen behalten diese Bewegungsfähigkeit auch noch während manchen Umwandlungen bei, während andere sie schnell verlieren.

Die Bewegung besteht in einem langsamen Fliessen der breiig weichen Protoplasmamasse unter Ausstülpung spitzer oder rundlich stumpfer Fortsätze und Buckel, die dann entweder wieder eingezogen werden oder unter allmäliger Anschwellung die Masse des ganzen Protoplasma in sich aufnehmen, von denen auch mehrere mit einander zusammenfliessen können.¹

Es können ferner in der Masse des Protoplasma mit Flüssigkeit erfüllte Hohlräume, sog. Vacuolen entstehen und wieder verschwinden.

¹ Hinsichtlich der Bewegungen der Protoplasmen vergl. besonders *v. Recklinghausen* a. a. O. und *N. Lieberkühn*, Schriften d. naturwiss. Ges. zu Marburg Bd. IX, 1870.

Auf diese Bewegungen haben Einfluss 1) die Temperatur, deren Erniedrigung sie träge macht und schon über 0° ganz aufhören lässt, bei deren Steigerung bis gegen 40° und selbst etwas darüber sie viel lebhafter werden als bei gewöhnlicher Temperatur; 2) mechanischer Druck, selbst schwacher Druck durch ein Deckgläschen, der wenigstens für kurze Zeit, vielleicht auch für immer, ihre Bewegung sistirt; 3) elektrische Schläge, von denen schwache sie zu runden Kugeln contrahiren, während starke Schläge sie für immer aufhören machen und die Zellen tödten; 4) chemische Stoffe. Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform tödten sie schnell, nur dem Wasser widerstehen einige längere Zeit. Verdünnte Salzlösungen machen sie oft körnig, indem offenbar in ihnen Niederschläge sich bilden; stärkere Chlornatriumlösung scheidet sie nach *Rovida's*¹ Beobachtung in zwei Theile, von denen der eine schwächer contourirte noch contractil bleiben kann, während der andere sich nicht bewegt.

Zahlreiche anorganische Salze und organische Stoffe, alle Säuren und starken Aetzalkalien heben die Bewegungen für immer auf; ebenso wirkt Erhebung der Temperatur über eine für jedes Protoplasma bestimmte, aber nicht für alle gleiche Höhe, einige sterben schon bei 42° , andere erst bei 44° , noch andere bei 54° , einige selbst erst ungefähr bei 65° .² Von thierischen Protoplasmen ist keins bekannt, welches eine 45° übersteigende Temperatur ohne Zersetzung aushielte.

Aufhebung des Zutritts von Sauerstoff sistirt bald die Bewegungen der Protoplasmen, ohne dass sie jedoch hierdurch nothwendig getödtet werden, denn viele niedere Organismen bleiben in zugeschmolzenen Röhren bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff und Abhaltung des Lichtes lebend.

Nach Eintritt des Todes vom Protoplasma zeigt die Substanz eine etwas grössere Resistenz als während des Lebens, sie erhält ihre Form und kehrt nach mässigem einseitigen Druck in dieselbe elastisch zurück.

Ueber die mechanischen Verhältnisse der Protoplasmen und die Ursachen der Bewegungen sind mancherlei Hypothesen aufgestellt, die aber sämmtlich ohne genügende Stütze sind und hier deshalb übergangen werden können.

¹ C. L. Rovida, Annali univers. di med. Novbr. 1867. — Gazz. med. Italian. Lomb. Ser. VI, t. II, 1869. — Il Morgagni 1869.

² Vergl. oben § 6 und Ch. Darwin, Insectivorous plants, p. 72. London 1875.

Die chemischen Stoffe, welche in todten Protoplasmen gefunden werden, sind Eiweissstoffe, Lecithin, Cholesterin, Kohlehydrate, Kaliumverbindungen. Fetttropfen, Amylum- und Chlorophyllkörnchen, Pigmentkügelchen sind die gewöhnlichsten Einlagerungen, die sich in Protoplasmen finden, die aber nicht allen zukommen. Meist enthalten die Zellen einen Kern, der oft erst nach Zusatz von Essigsäure oder Salzlösung erkennbar wird. In diesen Kerngebilden der Zellen wurde das Nuclein zuerst entdeckt, doch können Zellen auch Nuclein enthalten, ohne dass deutliche Kerne darin unterschieden werden, z. B. in der Bierhefe.

Die Eiweissstoffe der Zellen.

§ 34. Dass die Pflanzen und zwar besonders ihre Samen Eiweissstoffe enthalten, dass auch dieselben denen der Thiere sehr ähnlich in Eigenschaften und Zusammensetzung seien, wurde zuerst von *Mulder*¹ im Allgemeinen erkannt, über die Zusammensetzung dieser Stoffe aber Ansichten ausgesprochen, die durch weitere Untersuchungen von *Liebig* und seinen Schülern sehr wesentliche Verbesserungen erhalten haben. Irgend genügende Einsicht in die Constitution dieser wichtigsten Bestandtheile der Organismen besitzen wir noch nicht, wissen jedoch, dass sie zwar in ihren Zersetzungen mit Säuren und Alkalien im Wesentlichen sich gleich verhalten, aber sowohl in ihrer Zusammensetzung als auch in den Reactionen gegen einfache Lösungsmittel Wasser, Salzlösungen, sehr verdünnte Säuren, kohlen-saure Alkalien u. s. w., endlich in den Quantitäten der bei ihrer Spaltung gelieferten Producte von einander bestimmt unterschieden werden können. Gestützt auf die von *Denis*² hauptsächlich, ausserdem von *Lieberkühn*, *Brücke*, *Kühne*, mir und vielen Anderen ausgeführten Untersuchungen habe ich nach dem Verhalten gegen die einfachsten Reagentien in der Ermangelung besserer Unterscheidungsmittel ein System der Eiweisskörper zusammenzustellen versucht,³ in welchem mit dem Namen Globuline Eiweissstoffe aufgeführt sind, welche unlöslich in Wasser, in Salzlösungen löslich sind, durch Säuren oder Alkalien, besonders aber durch erstere schnell in an-

¹ *Berzelius*, Jahresber. d. Chem. 1837, S. 534, dann dieser Bericht bis 1842. — *L. Gmelin*, Handb. d. Chem. 4. Aufl. VII, S. 2198.

² *Denis* (de Commercy), Nouvelles études chim. etc. sur les substances albuminoides, Paris 1856. — Derselbe, Memoire sur le sang, Paris 1859.

³ *Hoppe-Seyler*, Handbuch der physiol. u. path. Chemie. 4. Aufl. S. 228.

dere, gleichfalls in Wasser unlösliche, aber minder veränderliche Stoffe übergeführt werden. Diesen Globulinsubstanzen gehören nun die Eiweissstoffe zu, welche in Knospen, jungen Trieben und Samen von Pflanzen ebenso wie in den Eiern, Spermatozoen und jungen Zellen von Thieren ohne Ausnahme gefunden sind, so weit bisher die Untersuchung in dieser Richtung vorgedrungen ist. Allerdings stimmen mit dieser von mir ausgesprochenen Ansicht die Angaben von *Ritthausen*¹ hinsichtlich der Eiweissstoffe der Pflanzen nicht überein, aber wie *Aug. Schmidt*² bezüglich des Legumin bereits nachgewiesen und *Weil*³ auch hinsichtlich der übrigen pflanzlichen Eiweissstoffe gefunden hat, beziehen sich die Angaben von *Ritthausen* nicht auf reine unveränderte Eiweissstoffe, sondern auf mehr oder weniger zersetzte und ungenügend gereinigte Körper, welche weder in ihrem Verhalten noch in ihrer Zusammensetzung etwas über diejenigen, aus denen sie gewonnen sind, ergeben. *Weil* überzeugte sich, wie es mir in einzelnen Fällen bereits vor ihm und *Schmidt* gelungen war, dass die Eiweissstoffe der Samen von Pflanzen den Reactionen nach keine anderen Eiweissstoffe allgemein enthalten als die Eier der Thiere, wenn auch hier und da, wie z. B. im Weizenkleber, sich noch andere Albuminstoffe daneben finden, denen dann aber eine weite Verbreitung nicht zukommt.

*Rovida*⁴ giebt an, dass in sich bewegenden Protoplasmen zwei verschiedene Eiweissstoffe enthalten seien, von denen der eine sowohl in Wasser als auch in verdünnter Chlornatriumlösung, auch in sehr verdünnter Salzsäure löslich sei, während der andere in diesen Flüssigkeiten unverändert bleibe oder höchstens quelle, durch Chlornatriumlösung sogar gefällt werde. Er bezieht diese Befunde auf die farblosen Blutkörperchen vom Frosche und die menschlichen Speichelkörperchen, hat sich aber offenbar getäuscht bezüglich der Löslichkeit der ersten in Wasser, und was die zweite Substanz anlangt, so bleibt es fraglich, ob sie überhaupt ein Eiweissstoff oder wenn nicht allein Nuclein, doch ein Gemenge ist, welches diesen Körper enthält. Es scheint, dass in allen Protoplasmen zwei Eiweissstoffe vorhanden sind: 1) durch gesättigte Chlornatriumlösung nicht

¹ *H. Ritthausen*, Die Eiweisskörper der Getreidearten u. s. w. Bonn 1872.

² *Aug. Schmidt*, Ueber Emulsin und Legumin. Inaug.-Diss. Tübingen 1871.

³ *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XII, S. 637. 1876.

⁴ Vergl. vorigen Paragraph loc. cit.

fällbares Vitellin und 2) einen durch diese Lösung fällbaren Eiweissstoff Myosin.¹

§ 35. In den Eidottern und Samen von Pflanzen finden sich krystallinische Abscheidungen von eiweissartigen Stoffen, welche in den Pflanzen Aleuronkrystalle,² in den Dottern der Wirbelthierei Dotterplättchen genannt und schon oft, aber mit sehr verschiedenen Resultaten, untersucht sind. Den Zusammenhang beider Krystallvorkommen hat *Radlkofer*³ zuerst eingehend besprochen. Aus den Kernen der Nüsse von *Bertholletia excelsa* erhält man durch Zerschneiden derselben in Scheibchen, Schütteln mit Aether und Wasser die herausfallenden Krystalle ziemlich rein, wenn man sie nach der angegebenen Procedur mit Wasser einige Male schlämmt. In Chlornatriumlösung lösen sich diese Krystalle und werden durch Wasser aus dieser Lösung wieder gefällt, aber die Substanz fällt nicht wieder in Krystallen, sondern in amorphen Flocken aus; die für die Krystallisation derselben nöthigen Bedingungen sind noch nicht bekannt.⁴ Durch Sättigung ihrer Lösung mit Chlornatrium entsteht keine Fällung, die Substanz giebt alle Reactionen des Vitellin; Analysen fehlen noch. Die Dotterplättchen von Knorpel- und von Knochenfischen, sowie die der Schildkröten sind von *Fremy* und *Valenciennes*⁵ untersucht. Sie haben bei *Raja clavata* rechtwinklige Plättchen, elliptische oder runde bei *Torpedo marmorata*, hexagonale bei *Squalus galeus* gefunden; diese Krystalle sind unlöslich in Wasser und haben die Zusammensetzung C 51,0, H 6,7, N 15,0, P 1,9, O 25,4 pCt. gegeben und diese Substanz hat von den genannten Chemikern den Namen Ichthin erhalten. Die Dotterplättchen unreifer Eier von Knochenfischen fanden sie in Wasser löslich, die aus Salmeneiern erhaltene als Ichthulin bezeichnete Substanz zeigte die procentische Zusammensetzung C 52,5, H 8,0, N 15,2, S 1,0, P 0,6, O 22,7 pCt. Endlich die Emydin genannte, in undeutlich krystallinischen Körnern in den Schildkröteneiern enthaltene Substanz gab die Zusam-

¹ Vergl. *Weil* a. a. O.

² Oder Klebermehl, Krystalloide u. s. w. vergl. *Hartig*, *Botan. Zeit.* 1855. S. 881 u. 1856. S. 257. — Derselbe, *Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes* 1858. — *O. Maschke*, *Botan. Zeitung* 1859. S. 437. — *W. Pfeffer*, *Jahrb. f. wiss. Botanik*. Bd. VIII, S. 429. 1872.

³ *Radlkofer*, *Ueber Krystalle proteinartiger Körper etc.* Leipzig 1859.

⁴ *Maschke* a. a. O. will sie umkrystallisirt haben.

⁵ *Ann. de Chim. et de Phys.* (3) t. L, p. 129. 1857. — *Ann. Chem. Pharm.* Bd. CXXVII, S. 188.

mensetzung C 49,4, H 7,4, N 15,6, P und O zusammen 27,6 pCt. Es ist sehr zu bezweifeln, dass diese drei Substanzen rein dargestellt waren; Lecithin oder Nuclein oder beide haben sie enthalten, daher allein kann der Gehalt an Phosphor erklärt werden, beide phosphorhaltige Körper waren aber noch nicht bekannt, als die Untersuchungen von *Fremy* und *Valenciennes* ausgeführt wurden. Aus den gelben Dotterkugeln des Hühnereies, ebenso der Eier von *Lacerta agilis*, die im Wesentlichen aus Vitellin bestehen, erhält man nach Extraction des Dotters mit Aether und mit Wasser, Lösen des Rückstandes in Chlornatriumlösung und Fällung mit Wasser das Vitellin gleichfalls nuclein- und lecithinhaltig; Lecithin lässt sich durch warmen Alkohol völlig extrahiren, Nuclein kann bis jetzt nicht vollkommen entfernt werden.¹

Die Aleuronkrystalle der Bertholletianüsse enthalten keine Phosphorsäure und liefern wohl das reinste Material der Globulinsubstanz allein. Nach meinen Untersuchungen lösen sich die quadratischen Dotterplättchen der Froscheier, die man nach Entfernung der gallertigen durchsichtigen Hülle aus dem zerschnittenen Dotter durch Schlämmen mit Wasser leicht ziemlich rein gewinnt, in Chlornatriumlösung leicht auf, werden durch Wasser sowie durch Erhitzen der Lösung flockig amorph gefällt. Der durch kaltes Wasser in der Chlornatriumlösung bewirkte Niederschlag löst sich sehr leicht in sehr verdünnter Salzsäure im Wesentlichen zu salzsaurem Acidalbumin; Phosphorsäure enthalten diese Dotterplättchen sehr bemerkbar.

Die Dotterplättchen vom Stör (*Accipenser Sturio*) konnte ich aus den Eiern der Eileiter am Ende Mai durch Wasser gut isoliren, sie lösen sich klar in mässig concentrirter Chlornatriumlösung, die Substanz wird durch Wasser aus der Lösung amorph gefällt und kann dann bei gewöhnlicher Temperatur ohne Zersetzung getrocknet und aufbewahrt werden. Sie giebt an heissen Alkohol sehr viel Lecithin ab, und der Rückstand, mit künstlichem Magensaft verdaut, liefert einen reichlichen Rückstand von Nuclein (vergl. unten § 40). Die Zusammensetzung der Dotterplättchen entspricht sonach vollkommen der der gelben Dotterkugeln vom Hühnereidotter. *Miescher*² kam bei der Untersuchung von Haifisch- und Reptilieneiern zu den nämlichen Resultaten.

¹ Vergl. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuchungen, Heft 2, S. 215 u. Heft 4, S. 502. Untersuchungen von *Miescher*.

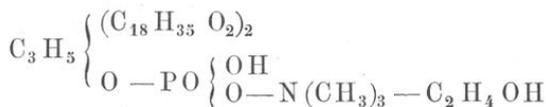
² Nach brieflicher Mittheilung.

Dotterplättchen und Aleuronkrystalle sind keine eigentlichen Bestandtheile des Protoplasma, sie gehören aber vielfach zum Inhalte der entwicklungsfähigen Zelle und die Art ihres Vorkommens lässt keinen Zweifel darüber, dass ihre Substanz sich bei der Vermehrung der Zelle und ihrem Wachsthum betheiligt.

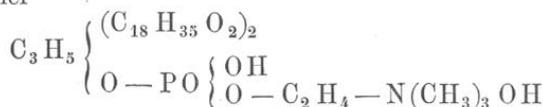
Lecithin und Cholesterin.

§ 36. Lecithin sowie Cholesterin sind in entwicklungsfähigen oder in der Entwicklung begriffenen Zellen als Eidotter, Spermatozoen, farblosen Blutkörperchen, pathologisch schnell wuchernden Geschwülsten, Pflanzensamen, Sporen, Knospen und jungen Trieben im Frühling, Pilzen, Hefezellen so allgemein verbreitet gefunden,¹ dass man ihnen eine bestimmte Beziehung zur Zellenentwicklung wegen dieses verbreiteten und regelmässigen Vorkommens zuschreiben muss, ohne dass man jedoch über die Art ihrer Entstehung und ihrer Betheiligung bei dem Stoffwechsel der Zellen etwas Näheres angeben könnte. Es sind diese Stoffe einander sehr wenig ähnlich und stehen zu einander selbst wohl in keiner Beziehung.

Das Lecithin, von *Gobley*² als phosphorhaltige Substanz erkannt, ist zuerst von *Diaconow*³ eingehend untersucht und in den wesentlichsten Punkten hinsichtlich seiner chemischen Constitution bekannt geworden. *Diaconow* hat ihm die Formel



gegeben, welche dann von *Strecker*⁴ wegen der von ihm gefundenen Fällbarkeit des Lecithin durch Platinchlorid in alkoholischer Lösung in die Formel



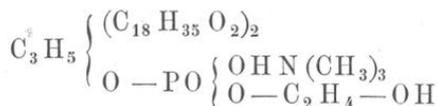
¹ *Hoppe-Seyler*,⁴ Med.-chem. Untersuch. Heft 1, S. 140. Was hier Protagon genannt ist, hat sich später als identisch mit Lecithin erwiesen.

² N. Journ. Pharm. t. IX, p. 183 und in vielen folgenden Bänden bis t. XXXIII, p. 161 zahlreiche Abhandlungen.

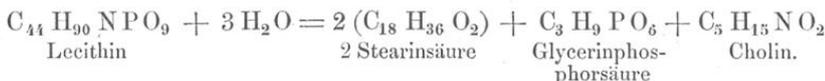
³ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868, Nr. 1, 7, 28. — *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuchungen, Heft 2, S. 221 und Heft 3, S. 405.

⁴ Ann. Chem. Pharm. Bd. CXLVIII, S. 77. 1868.

verwandelt ist. Man könnte auch endlich die folgende Formel vertheidigen:



Die erste Formel fasst das Lecithin als distearylglycerinphosphorsaures Cholin auf und hierfür spricht die Zerlegung der Verbindung durch Einwirkung sehr verdünnter Schwefelsäure und Sättigung mit Kaliumcarbonat in Cholin und distearylglycerinphosphorsaures Natrium, eine Reaction, welche *Diaconow* ausgeführt und beschrieben hat; für die zweite Formel spricht, wie gesagt, die Bildung des Platinchloridoppelsalzes, die jedoch noch zweifelhaft scheint; die dritte Formel vereinigt beide, gewährt möglichste Sättigung und würde es gleichfalls erklären, dass bei der Spaltung mit Alkalilauge Cholin entsteht. An der Stelle des Stearinsäurerestes kann im Lecithin der Rest der Oelsäure $C_{18} H_{33} O_2$ oder der Palmitinsäure $C_{16} H_{31} O_2$ sich befinden, so dass es wenigstens drei verschiedene Lecithine giebt, die jedoch in ihren Eigenschaften nicht mehr von einander abweichen als Tristearin, Tripalmitin und Triolein. Diese Lecithine sind sehr schwer aus Alkohollösung unter 0° krystallisirende, wachsartige, sehr hydroskopische Substanzen, in Wasser schleimig quellend, in Alkohol oder Aether, Oelen, Chloroform leicht lösliche Körper. Beim Erhitzen im feuchten Zustande über 70° werden die Lecithine zersetzt durch Kochen mit Barytwasser oder durch Fäulniss gespalten in Cholin, Stearinsäure (Oelsäure, Palmitinsäure), Glycerinphosphorsäure nach der Gleichung



Werden Lecithine in ätherischer Lösung mit Wasser, welches ein wenig Schwefelsäure enthält, geschüttelt, so nimmt das Wasser schwefelsaures Cholin auf und im Aether findet sich die freie Distearin- oder Dipalmitin- oder Diolein-Glycerinphosphorsäure, z. B.:



deren Kaliumsalz in feinen Krystallen erhalten werden kann.

Werden aus einer wässrigen Lösung bei Gegenwart von Lecithin

thin Eiweissstoffe durch Wasser oder Salze oder vorsichtigen Zusatz von Säuren ausgefällt, so geht stets ein grosser Theil des Lecithins in den Niederschlag über.

Künstlich sind die Lecithine noch nicht nachgebildet und über ihre Entstehung in den Organismen ist nichts bekannt; ihrer Constitution nach den Fetten sehr nahe stehend, können sie sehr wohl eine Stufe zur Bildung der letzteren sein; jedenfalls ist es sehr unwahrscheinlich, dass sie selbst aus Fetten entstehen, denn es finden sich sehr häufig Lecithine in Organen, in denen Fette zu keiner Zeit ihrer Entwicklung auftreten, z. B. in den rothen Blutkörperchen.

§ 37. Das Cholesterin $C_{26}H_{44}O$, längst bekannt als (mit 1 Mol. H_2O) schön krystallisirender Bestandtheil der meisten Gallensteine und als Bestandtheil des Gehirns sowie zahlreicher pathologischer Ausscheidungen, hat sich später auch als verbreiteter Bestandtheil der Samen von Pflanzen¹ ergeben; es wurde hier zuerst in Erbsen und Bohnen, dann im Weizen gefunden, dann von mir nachgewiesen in jungen Rosenknospen, Pilzen, Bierhefe, Mais, in farblosen Blutzellen, rothen Blutkörperchen, schnell wucherndem Papillom,² im Eidötter ist es reichlich vorhanden, ebenso in den Spermatozoen bei allen höheren und niederen Thieren. Die Aufsuchung des Cholesterin bietet selten und eigentlich nur dann Schwierigkeiten, wenn harzige Stoffe, Fette und Seifen in grosser Quantität mit ihm zusammen vorkommen, und dies ist hinsichtlich der Fette in den Pflanzensamen allerdings oft der Fall; hier kann, wenn keine anderen circumpolarisirenden Stoffe vorhanden sind (die sich z. B. im Erbsenöl, ebenso im Sesamöl finden), durch die Linksdrehung der Polarisationsebene die Gegenwart und Quantität des Cholesterins ungefähr bestimmt werden, z. B. im Mandelöl, Rüböl.

Bei der Entwicklung der Zellen selbst ist das Cholesterin wahrscheinlich nicht thätig, sondern dasselbe wohl eins der bei dem allgemeinen Lebensprocesse der Zellen resultirenden Spaltungsproducte. Dieser Ansicht steht auch durchaus nicht entgegen, dass, wie *Linden-*

¹ *Beneke*, Studien über die Verbreitung etc. von Gallenbestandtheilen in thierischen und pflanzlichen Organismen. Giessen 1862, und Ann. Chem. Pharm. Bd. CXXVII, S. 105. — *Ritthausen*, Chem. Centralbl. 1863. S. 560.

² *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuchungen. 1836 bis 1871. S. 140. 162. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 409.

*meyer*¹ nachgewiesen hat, in den Erbsen mit der zunehmenden Reife auch der Cholesteringehalt steigt.

Hinsichtlich der Constitution des Cholesterins ist nur bekannt, dass es eine Hydroxylgruppe enthält und die Verbindungen eines Alkohols in bekannter Weise liefert. Es verbindet sich mit einem Molecül Brom, giebt dies aber leicht wieder ab, indem es sich regenerirt. Ob wirklich, wie es vom Fett der Schafwolle angegeben ist,² natürliche Aetherverbindungen des Cholesterins vorkommen, wird noch genauer untersucht werden müssen. Schwer zu entscheiden wird es sein, ob das Cholesterin in der Substanz der Protoplasmen gelöst oder nur darin suspendirt enthalten ist.

Glycogen und andere Kohlehydrate.

§ 38. In allen thierischen sich entwickelnden Zellen, soweit sie amöboide Bewegungen zeigen, scheint Glycogen ein nie fehlender Bestandtheil zu sein. Schon vor langer Zeit hatte *Cl. Bernard*³ in den embryonalen Geweben und in den Zotten des Chorion Glycogen als constanten Bestandtheil nachgewiesen, von mir⁴ wurde es in farblosen Blutkörperchen, dagegen nicht in ausgebildeten bewegungslosen Eiterkörperchen gefunden, ebenso in einer ganz frischen Papillomgeschwulst. Ferner hat *Cl. Bernard*⁵ erkannt, dass bei der Bebrütung des Hühnerei's die Zellen der sich entwickelnden Anlage des Embryo Glycogen enthalten. Es ist endlich von *Bernard* und vielen Anderen nach ihm nachgewiesen, dass die Leber zu der Zeit der Verdauung und unmittelbar nach derselben den reichsten Gehalt an Glycogen besitzt; dies ist auch die Zeit der lebhaftesten Zellenproduction in diesem Organe. In den entwicklungsfähigen ruhenden Zellen des Eidotters und der Samen findet sich kein Glycogen und in Pflanzen ist dies Kohlehydrat überhaupt noch nie aufgefunden.

Seitdem *O. Nasse*⁶ zuerst in den Muskeln des erwachsenen Thiers

¹ *O. Lindenmeyer*, Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins. Inaug.-Diss. Tübingen 1863.

² *E. Schultze*, Ber. d. deutschen chem. Ges. zu Berlin 1873. S. 251.

³ *Cl. Bernard*, Leçons de physiol. experim. t. I, p. 241. 1855. t. IV, p. 444. 1857.

⁴ Med.-chem. Untersuchungen, S. 494. 1871. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 409.

⁵ Compt. rend. t LXXV, p. 55. 1872.

⁶ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. II, S. 97. 1868.

Glycogen nachgewiesen, *Bizio*¹ bei Avertebraten aus den Muskeln reichliche Mengen davon erhalten hat und dann *Brücke* und *S. Weiss*² die Beziehungen dieses Glycogengehaltes zur Thätigkeit der Muskeln ermittelt haben, ist wohl kaum zu zweifeln, dass der Process der Glycogenzersetzung, welcher im thätigen Muskel vor sich geht, auch im sich bewegenden Protoplasma verläuft. Von amöboid sich bewegenden Pflanzenzellen fehlen noch die entsprechenden Untersuchungen; es kann wohl sein, dass in ihnen Amylum, Dextrin oder Gummi die Stelle des thierischen Glycogens vertritt. Die Zersetzungsweise dieser Kohlehydrate ist der des Glycogens so vollkommen entsprechend (nur das Gummi weicht ab durch grösseren Widerstand bei der Zersetzung), dass diese Hypothese kein Bedenken erregen kann. Die reichlichen Ansammlungen von Amylum oder Inulin in den Pflanzentheilen, welche eine reiche Zellenentwicklung entfalten können in Rindenschicht, Samen und Knollen und das Verschwinden dieser Stoffe bei der Keimung und dem Frühjahrstrieb sprechen an sich wohl für eine solche Bethheiligung der Kohlehydrate, aber einerseits fehlt dieser Reichthum an Kohlehydrate in vielen Samen, besonders in den ölreichen, und andererseits kann wenigstens ein Theil des Kohlehydratvorraths zur Bildung der Cellulosemembranen verwendet werden. Die Untersuchungen der Plasmodien von Myxomyceten würde in dieser Hinsicht gute Aufschlüsse versprechen. Ueber die Stellung der Dextrine zum Glycogen sind ebenfalls weitere Untersuchungen noch erforderlich, die bis jetzt bekannten Unterschiede dieser Substanzen sind äusserst geringfügig. Sie drehen alle die Polarisationssebene stark nach rechts, sind alle in Alkohol und Aether unlöslich und in Wasser löslich, werden durch Kochen mit verdünnter Alkalilauge nicht angegriffen, beim Kochen mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure oder durch Einwirkung diastatischer Fermente in Traubenzucker umgewandelt. Durch wässerige Jodlösung wird Glycogen dunkelbraunroth, Erythroextrin rosenroth, andere Dextrine gar nicht gefärbt und die neutrale wässerige Glycogenlösung zeigt intensives weisses Opalisiren, während die Dextrinlösungen ziemlich klar durchsichtig und ohne Opalescenz erscheinen.

¹ Atti dell 'Istituto Venet. di scienze etc. Vol. XI (Ser. 3). 1866.

² Wien. Akad. Sitzungsber. Bd. LXIV, Juli 1871, und Bd. LXVII, Januar 1873.

Kaliumverbindungen und nicht constante Bestandtheile der Protoplasmen.

§ 39. In § 24 ist bereits die Thatsache erwähnt, dass Kalium sich in allen Organismen, auch den einfachsten, findet und dass ebenso wie die ganzen Organismen besonders die Pflanzen im Stande sind, Kalium aufzunehmen und in sich festzuhalten, so auch die Zellen der höheren Organismen Kalium sich aneignen können, während Blutplasma und Lymphe kaum Spuren dieses Metalls enthalten. Durch diese sicher beobachtete Thatsache ist man gezwungen, eine Beziehung von Kaliumverbindungen zu den allgemeinen Lebensvorgängen in den Zellen anzunehmen, aber diese Verbindungen selbst und ihre Umwandlungen sind nicht bekannt und noch nicht einmal eine Hypothese in dieser Richtung möglich.

Weitere stets vorhandene Bestandtheile der Protoplasmen sind bis jetzt nicht ermittelt, dagegen finden sich in ihnen sehr häufig Fette in grösseren oder geringen Quantitäten, deren spätes und inconstantes Auftreten beweist, dass sie mit den allgemeinsten Lebensvorgängen der Zellen nichts zu thun haben. In reifendem Samen, in sich entwickelnden thierischen Embryonen, in den jungen Keimen und Frühjahrstrieben von Pflanzen finden sich Fette höchstens in ganz geringen Quantitäten, ihr Auftreten charakterisirt vielmehr einen beginnenden Stillstand oder langsames Vorschreiten dieser Processe im reifen Samenkorn der Pflanze wie in der entwickelten Thierzelle.

Auch Farbstoffkörnchen treten nicht selten in sich bewegenden oder ruhenden Protoplasmen auf, besonders Chlorophyllkörnchen bei Pflanzen.

Nuclein.

§ 40. Das Nuclein ist von *Miescher*¹ zuerst in den Kernen der Eiterkörperchen entdeckt, später von demselben das Vorkommen des Nuclein im Eidotter und in den Spermatozoen vom Lachs und anderen Fischen, ebenso in denen des Stiers nachgewiesen und der Körper selbst genauer untersucht.² Von mir wurde Nuclein in der Bierhefe, in den Zellen einer Papillomgeschwulst vom Menschen und

¹ *F. Miescher* in *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuchungen 4. Heft, S. 441 und 502.

² *Verhandl. der Baseler naturforsch. Gesellsch.*, Bd. VI, S. 138.

in der Weizenkleie aufgefunden,¹ von *Ploss*² in den Kernen der rothen Blutkörperchen von Vögeln und in der Leber vom Rind Spuren davon, von *Jaksch*³ im Gehirn. *Sertoli*⁴ hat durch Beobachtungen am Sperma des Stiers u. s. w. den reichen Gehalt an Nuclein an den Spermatozoen bestätigt. Das Nuclein ist fast unlöslich in Wasser, unlöslich in verdünnten Mineralsäuren, leicht löslich in selbst sehr verdünnter Aetzalkalilauge, auch in Ammoniak.

Vom Magensaft wird es sehr schwer angegriffen, zerlegt sich dagegen allmählig beim Stehen in schwach sauren Flüssigkeiten, wird langsam beim Kochen mit Wasser, schnell beim Kochen mit Alkalilauge oder Barytwasser unter Bildung von phosphorsaurem Salz und anderen theilweise krystallisirenden Stoffen zerlegt.

Jodlösung färbt Nuclein gelb und die Färbung lässt sich durch Waschen mit Wasser kaum entfernen, *Millon'sches* Reagens färbt es roth, starke Salpetersäure löst es zur farblosen Flüssigkeit, die beim Erhitzen schwach gelb wird. Bringt man feuchtes Nuclein in unzureichende Menge Ammoniak oder Aetznatronlösung, so reagirt die Mischung, wenn noch etwas Nuclein ungelöst bleibt, sauer. Die Zusammensetzung des Nuclein fand *Miescher* zu $C_{29} H_{49} N_9 P_3 O_{22}$ und zwar sättigt diese Verbindung 4 Aequiv. Barium, so dass die Bariumverbindung 22,0 pCt. Ba enthält. Ohne das letzte Ergebniss der Untersuchung *Miescher's* müsste man es für wahrscheinlich halten, dass die Formel des Molecül Nuclein nur ein PO_4 neben N_3 enthalte. Weitere Untersuchungen müssen hier Aufklärung bringen.

In den Eiterkörperchen gehört dies Nuclein entschieden den Kernen an, ebenso in den rothen Blutkörperchen, welche gar kein Nuclein enthalten, wenn ihnen die Kerne fehlen (Blutkörperchen der Säugethiere); die Spermatozoen werden als Kerngebilde angesehen, ebenso die Kugeln des Eidotters, welche es enthalten, dagegen findet sich auch viel davon in den Hefezellen, ohne dass hier Kerne abge sondert zu erkennen sind.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass es mehrere Nucleine giebt von ähnlichen Eigenschaften und ähnlicher Zusammensetzung. Auffallend muss es erscheinen, dass *Miescher* in den Spermatozoen des Lachses das Nuclein in einer salzartigen Verbindung mit einer orga-

¹ *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Unters. 4. Heft, S. 486.

² Ebendas. S. 461, und Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. VII, S. 375.

³ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. XIII, S. 469.

⁴ *E. Sertoli*, Ricerche sulla composizione chimica dei testicoli Milano 1872. Gazzetta Med. Veterinaria Anno II. Gen. e Febr.

nischen Base, Protamin von ihm benannt, vorgefunden hat, einer Verbindung, die er dann künstlich aus den Componenten wieder mit gleichen Eigenschaften darzustellen vermochte und die er doch nur im Lachssperma, nicht in dem anderer Knochenfische fand.

Alle bis jetzt untersuchten Nucleine, auch die Protaminverbindung in den Lachsspermatozoen, geben mit Chlornatriumlösung cohärende zähe gequollene Gallerten.

Ueber die Entstehung und Zersetzung des Nuclein in den lebenden Organismen ist eben so wenig etwas bekannt als über sein Verhalten bei der Theilung der Kerne, welche den Zellentheilungsprocess einleitet.

Die Zellenmembran und ihre secundären Veränderungen in Pflanzen.

§ 41. So lange die Protoplasmen membranlos sind, wird ein chemischer Unterschied zwischen pflanzlichen und thierischen Gebilden so wenig als ein durchgreifender Unterschied in Formen, Körnchen, Kern u. s. w. aufgefunden; ein solcher stellt sich aber mit aller Schärfe ein, sobald die Ausbildung einer das Protoplasma einschliessenden Zellenmembran eingetreten ist. Ausnahmslos besteht diese abgeschiedene Membran in Pflanzen aus Cellulose, während eben so ausnahmslos thierische Protoplasmen keine Cellulosemembran bilden. Die Stoffe, aus denen die Cellulose gebildet wird, müssen im Pflanzenprotoplasma bereits vorhanden sein, und es ist deshalb auch eine chemische Verschiedenheit des pflanzlichen und des thierischen Protoplasma anzunehmen, aber welche Stoffe jene Function haben, ist nicht bekannt. Die thierischen Protoplasmen bilden, wie es scheint, überhaupt nicht so leicht umschliessende Membranen, und wenn dies geschieht, werden sie durch Abscheidung stickstoffhaltiger Substanz gebildet. Auch bei Thieren kommt vielleicht Abscheidung von Cellulose vor, wenn nämlich die Angabe von *Schäfer* und *Hilger*,¹ dass das Tunicin der Ascidien mit Cellulose identisch sei, sich als richtig erweisen sollte, aber das Tunicin im Mantel der Ascidien u. s. w. bildet nicht die primäre Zellenmembran, sondern secundäre Ablagerungen. Die structurlose Membran der Pflanzenzelle entsteht an der äusseren Umgrenzung des Protoplasma und die so gebildete feinwandige Hülle kann auf eine unbekannt Weise durch Aufnahme neuer Substanz sich vergrössern.

Die abgelagerte Cellulose ist ausgezeichnet durch Unlöslichkeit

¹ Ann. Chem. Pharm. Bd. CLX, S. 312.

in Wasser, Salzlösungen, Alkohol, Aether, Chloroform, Aetzalkali bei mässiger Verdünnung, Löslichkeit in Kupferoxyd-Ammoniakflüssigkeit ohne Veränderung, Löslichkeit in concentrirter Schwefelsäure, Schwerlöslichkeit in kochenden verdünnten Mineralsäuren unter Bildung von Dextrin und Zucker. Die Lösung in concentrirter Schwefelsäure in kochendes Wasser eingetragen, giebt schnell Dextrin und Traubenzucker. Concentrirte Schwefelsäure löst Cellulose nicht ohne Weiteres, sondern bildet zuerst eine amorphe Substanz, welche von der Cellulose sich unterscheidet durch Aufnahme von Jod aus wässriger Lösung unter Blaufärbung; diese Substanz verhält sich in der angegebenen Beziehung wie Amylum und giebt zuweilen recht reine blaue Färbung, wenn nämlich andere Stoffe ursprünglich nicht vorhanden oder durch Schwefelsäure, Liegen in Kalilauge oder Erhitzen mit Salpetersäure und chloresurem Kali vorher entfernt waren. Durch rauchende Salpetersäure wird die Cellulose, ohne dass sich der Zusammenhang der Membranen wesentlich ändert, in Salpetersäure-Aether der Cellulose mit mehr oder weniger Atomen NO_3 an Stelle von OH-Atomen (Schiessbaumwolle, Collodium) übergeführt, die durch reducirende Substanzen wieder in Cellulose zurückkehren ohne Bildung von Amidverbindungen. Starke Phosphorsäure oder Chlorzink, Jodzink wirken zunächst quellend wie die Schwefelsäure und bewirken, dass die Membranen nach dieser Behandlung durch Jod blau gefärbt werden. Zur Auffindung der Cellulose in mikroskopischen Präparaten bedient man sich mit Vortheil der Lösung von *Fr. Schultze* (Auflösung von Zink in Salzsäure und Eindampfen der Lösung bei Gegenwart von überflüssigem Zink bis zum Syrup, Auflösen von Jodkalium in demselben bis zur Sättigung und Zusatz von etwas freiem Jod).

§ 42. Der Process der Abscheidung fester Stoffe an der Oberfläche des Protoplasma bleibt bei der Ausbildung der feinen Cellulosemembranen gewiss selten, vielleicht nie stehen, entweder bilden sich weitere Ablagerungen von Cellulose, welche allmähig den für die enthaltene weiche Masse verbleibenden Hohlraum der Zelle mehr und mehr verengen, oder es scheiden sich in und an der Zellenmembran noch andere Stoffe, incrustirende, Cuticular- oder Korksubstanz ab, oder endlich es findet Wiederlösung der Cellulosesubstanz an bestimmten Stellen und hierdurch Zusammenfliessen der Hohlräume mehrerer Zellen zu Schläuchen statt. Vielfach tritt zugleich die Bildung von Stoffen wie Gummi, Bassorin, Tragantgummi, Harzen u. s. w. ein; in vielen Pflanzen werden zugleich die Zellenmembranen und ihre

Verdickungsschichten mit Kieselsäure oder mit Kalksalzen imprägnirt.

Die Verdickungsschichten, welche nur aus Cellulose bestehen, sind durch ihr Verhalten gegen die *Schultze'sche* Flüssigkeit oder Schwefelsäure und Jod zu unterscheiden (gewöhnlich färben sich die mittleren Schichten am lichtesten und reinsten blau) und durch die oben beschriebene Umwandlung in Dextrin und Zucker. Die Analyse giebt die Zusammensetzung C 44,44, H 6,17, O 49,38 pCt. entsprechend der Formel $C_6 H_{10} O_5$, oder eines Mehrfachen derselben. Die incrustirenden Substanzen, welche in der Cuticula, in der Korksubstanz und im Holze abgeschieden werden, unterscheiden sich von der Cellulose 1) durch höheren Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff (der Kohlenstoffgehalt kann bis 55 pCt. steigen); 2) durch Gehalt an Stickstoff, welcher in den verdickten Zellenwänden oft mehr als 2 pCt. der trockenen organischen Substanz beträgt. Da nun in diesen verdickten Wandungen stets zugleich viel Cellulose enthalten ist, so ergibt sich, dass diese Cuticularsubstanz, oder wie man sie nennen mag, reich an C und auch arm an Stickstoff sein wird. Man ist noch nicht im Stande, dieselbe von der Cellulose abzutrennen. Durch Maceration in Kalilauge, oder durch Behandlung mit Salpetersäure und chloresurem Kali kann man die Cuticularsubstanz entfernen, zersört sie aber dabei und zugleich einen Theil der Cellulose. Kupferoxydammoniaklösung löst Cellulose gar nicht mehr auf, wenn sie auch nur mässig mit jener Substanz imprägnirt ist. Daher ist es auch erklärlich, dass man über die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Cuticularsubstanzen nicht mehr weiss.

Die Gummiarten, welche sich durch Auflösung von Cellulose in den lebenden Pflanzen bilden sollen, z. B. in Kirsch-, Apricosen-, Pflaumenbäumen, Astragalus, Samen von Linum u. s. w., besitzen dieselbe procentische Zusammensetzung wie die Cellulose, können sonach durch molaculare Umlagerung aus ihr entstehen; welcher Process aber bei dieser Umwandlung verläuft, ist eben so wenig bekannt als die Bildung der Cellulose selbst.

Das reichliche Vorhandensein von Amylum in den jungen Zellschichten unter der Rinde der Bäume im Winter, sein Verschwinden bei dem Triebe im Frühling, das Auftreten von Rohrzucker und von Glucosiden im Saft zu dieser Zeit, das Verschwinden von Amylum oder Inulin aus Zwiebeln, Knollen und Samencotyledonen beim Treiben und Keimen hat man mit der Bildung der Cellulose in den Zellenwänden der jungen Triebe wohl nicht mit Unrecht in Verbind-

dung gebracht. Jedenfalls darf man annehmen, dass die Amylum-bildung der Abscheidung der Cellulose nicht vorauszugehen braucht, denn manche niedere Pflanzenformen enthalten kein Amylum, scheiden aber Cellulose in ihren Zellenwandungen ab.

Die thierische Zellenmembran, ihre secundären Umwandlungen und Verdickungen.

§ 43. Die einfachsten und zartesten Membranen thierischer Zellen sind wohl die der Epithel- und Drüsenzellen. Auch die primären Membranen der Knorpel- und Knochenzellen und des Bindegewebes werden mit ihnen zunächst identisch sein, finden sich aber bald von verschiedenen Ablagerungen eingeschlossen. Die Cylinderepithelien des Darmcanals besitzen an ihrer dem Darmrohr zugekehrten Seite eine Membran sicher nicht, von vielen Drüsenzellen ist das Vorhandensein der Membran mindestens zweifelhaft, die Pflaster- und Plattenepithelien von freien Oberflächen dagegen besitzen Membranen; das Epithel des Mundes, der Speiseröhre sowie die Epidermis bestehen aus Zellen mit, wie es scheint, verdickten Wandungen. Abgesehen von einigen ziemlich unsicheren mikro-chemischen Reactionen, die sich mit dünnwandigen Epithelzellen anstellen lassen, lieferte die Epidermis und ihre verschiedenen Bildungen und das Epithel des Mundes und der Speiseröhre allein ausreichendes Material zur chemischen Untersuchung, aber die Analyse hat bereits ergeben, dass diese Gebilde schon verschiedene Umwandlungen oder Einlagerung fremder Substanzen erfahren haben.

Die Stoffe, welche die thierische Zellenwandung bilden, sind wie die Cellulose der Pflanzen unlöslich in kaltem und in kochendem Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, auch in verdünnter Essigsäure lösen sie sich nicht und quellen darin nur sehr wenig, lösen sich in der concentrirten Essigsäure sehr schwer. In verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure quellen sie nur wenig und geben beim Kochen damit keine Substanz, welche Kupferoxyd in alkalischer Lösung reducirt (Unterschied von Mucin, Chondrin); beim anhaltenden Kochen mit verdünnten Säuren¹ bilden sich daraus Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Ammoniak u. s. w. Beim Erhitzen mit Wasser über 140° geben sie eine milchig trübe Flüssigkeit.

¹ *Hinterberger*, Ann. Chem. Pharm. Bd. LXXI, S. 70. — *Piria*, ebend. Bd. LXXXII, S. 251.

sigkeit ohne eigentliche Lösung, denn der Verdampfungsrückstand löst sich nicht wieder leicht auf. In Ammoniak quellen die Epidermiszellwände wenig, ebenso in Seifenlösung, Sodalösung; in Aetzalkalilauge quellen sie stark und lösen sich dann langsam. *Mulder*¹ hat die gereinigte Epidermis von der Fusssohle des Menschen, *v. Gorup-Besanez*² das von den Barten des Wallfisches abgekratzte und gereinigte Epithel analysirt und folgende Werthe erhalten:

	<i>Mulder</i>	<i>Gorup-Besanez</i>	
	pCt.	I. pCt.	II. pCt.
C	50,28	51,53	51,72
H	6,76	7,03	7,20
N	17,21	16,64	
O	25,01	22,32	
S	0,74	2,48	

In ihrem Verhalten gegen Reagentien stimmen mit der Epidermis viele Gebilde derselben überein, aber ihre Zusammensetzung differirt nicht wenig. So haben Haare, Nägel, Federn u. s. w. folgende analytische Werthe ergeben:

	Haare <i>v. Laer</i> ³	Nägel <i>Mulder</i> ⁴	Kuhhorn <i>Tilanus</i> ⁵	Pferdehufe <i>Mulder</i> ⁴	Fischbein <i>v. Kerckhoff</i> ⁶	Schildpatt <i>Mulder</i> ⁴
	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.
C	50,6	51,00	51,03	51,41	51,86	54,89
H	6,36	6,94	6,80	6,96	6,87	6,56
N	17,14	17,51	16,24	17,46	15,70	16,77
O	20,85	21,75	22,51	19,49	21,97	19,56
S	5,00	2,80	3,42	4,23	3,60	2,22

Die grossen Verschiedenheiten im Schwefelgehalte, welchen diese Analysen in den einzelnen Epidermisgebilden ergeben, sind durch eine Reihe von Schwefelbestimmungen in den Haaren verschiedener Menschen und Thiere u. s. w., welche *v. Bibra*⁷ ausgeführt hat, be-

¹ *Mulder*, *Physiol. Chemie*, Bd. II, S. 551.

² *Ann. Chem. Pharm.* Bd. LXI, S. 49.

³ *Ann. Chem. Pharm.* Bd. XLV, S. 174.

⁴ *Mulder*, *Versuch einer allgem. physiol. Chem.* Braunschweig 1844—51.

Hier ist über die Zusammensetzung der Gewebe sehr eingehend gehandelt.

⁵ *Scheikund. Onderz.* Bd. III, p. 430.

⁶ *Ebendas.* Bd. II, p. 347.

⁷ *Ann. Chem. Pharm.* Bd. XCVI, S. 289.

stätigt. Er fand in der Schafwolle nur 0,87 pCt., in der abgeworfenen Epidermis von Schlangen 0,85 bis 0,88 pCt., in menschlichen Haaren nie unter 3 pCt., aber in einigen Portionen 7,77 bis 8,23 pCt. Schwefel; der höchste Gehalt an Schwefel ist von ihm in rothen Haaren gefunden, doch auch hier nicht constant.

Aus den angeführten Analysen scheint sich zu ergeben, dass die Zellenmembranen arm an Schwefel sind, viel weniger Kohlenstoff enthalten als die Eiweissstoffe und reicher an Sauerstoff sind als diese. Die Zahl der Analysen ist aber so gering (und neuere fehlen ganz), dass eine eingehendere Beurtheilung der Zusammensetzung der Membransubstanz nicht möglich ist. Der reiche Schwefelgehalt der Haare, des Horns, der Hufe und des Fischbeins, weniger der Nägel und des Schildpatt, gehört einem Umwandlungsproduct oder einer secundären Ablagerung ohne Zweifel zu. Durch Erhitzen mit Barythydrat und Wasser im zugeschmolzenen Glasrohre mit 120° erhält man den Schwefelgehalt fast ganz als $\text{Ba}(\text{SH})_2$, dabei entwickelt sich Ammoniak. In dieser Weise verhalten sich Haare und Nägel, wohl ebenso die übrigen genannten Gebilde, sie enthalten also den Schwefel wahrscheinlich in der Verbindung $-\text{C}=\text{S}, \text{NH}_2$.

Auch die feineren Epithelmembranen der Mundhöhle, von Eiweissstoffen völlig gereinigt, färben sich gelb beim Erwärmen mit Salpetersäure, geben Rothfärbung mit *Millon'schem* Reagens und lösen sich in rauchender Salzsäure zu einer allmähig blau werdenden Flüssigkeit; sie stimmen in diesen Reactionen mit den Eiweissstoffen überein, von denen sie durch Behandlung mit Magensaft oder durch Maceration in verdünnter Salzsäure und nachheriges sorgfältiges Auswaschen mit Wasser vollkommen getrennt werden können.

§ 44. Die Membranae propriae der Drüsenschläuche, die Kapsel der Krystalllinse, *Descemet'sche* Haut, Sarkolemma und Neurilemma, stimmen im Verhalten gegen Reagentien mit den Epithelzellenmembranen der Mundhöhle und der Epidermis überein, ebenso die durch Kochen mit Wasser aus Bindegewebe, Knochen und Knorpel isolirten Membranen der Bindegewebs-, Knochen- und Knorpelzellen. Auch das elastische Gewebe der Arterienhäute und des lig. nuchae, der ligg. intervertebr., des Ohrknorpels u. s. w. zeigt im Wesentlichen Uebereinstimmung mit der Epidermis und Mundhöhlenepithel, weicht aber in Farbe, Dehnbarkeit und Zusammensetzung ab. *Donders*¹ hält diese elastische Substanz für primäre thierische Zellenmembran.

¹ Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. III, S. 348 u. Bd. IV, S. 242.

Das Nackenband wurde zuerst genauer von *Tilanus*¹ untersucht und nach der Reinigung desselben mit Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether die Zusammensetzung C 55,65, H 7,41, N 17,74, O 19,20 pCt. gefunden. Im Wesentlichen mit demselben Resultate ist diese Untersuchung von *W. Müller*² später wiederholt, er erhielt im Mittel C 55,46, H 7,41³, N 16,19, O 20,89 pCt. Vielleicht hat die Erniedrigung im N Gehalt ihre Ursache in der Reinigung des Nackenbandes in *Müller's* Versuchen ausser den oben genannten Lösungsmitteln mit Kalilauge. Aehnliche Werthe fand *Hilger*³ für die Zusammensetzung der Substanz der Schale von Schlangeneiern, nämlich C 54,68, H 7,24, N 16,37, O 21,10 pCt. Diese Membranen zeigten auch dieselbe Resistenz gegen Alkalilauge, wie sie vom Nackenband und der inneren und mittleren Arterienhaut bekannt ist.

Eine definitive Entscheidung ist noch nicht möglich darüber, ob die primäre Zellenmembran mit diesen letzterwähnten Stoffen in der Zusammensetzung übereinstimmt oder mit der Epidermis und den Epithelien des Mundes. Die Zusammensetzung der Eiweissstoffe, aus denen ohne Zweifel diese Membran gebildet wird, liegt in der Mitte zwischen beiden. Hat die primäre Zellenmembran die Zusammensetzung des Elastin, so ist in der Epidermis, den Haaren, Nägeln u. s. w. in reichlicher Menge eine kohlenstoffärmere Substanz als Verdickungs- oder Bindschubstanz enthalten. Leider besitzt man zur mikroskopischen Orientirung über die thierische Zellenmembran nicht ein so vortreffliches Reagens, wie man es für die Cellulose in Jod und Schwefelsäure oder *Schultze'scher* Flüssigkeit hat.

Ob die Zellenmembranen bei den Avertebraten mit denen der Wirbelthiere gleiche Zusammensetzung haben, ist noch nicht bekannt, jedenfalls lassen sich bei wirbellosen secundäre Ablagerungen nachweisen, von denen untersucht sind 1) das bei allen Gliedertieren vorkommende Chitin,⁴ das in Muscheln und Schnecken gefundene Conchiolin⁵ und das Spongine,⁶ aus dem der Badeschwamm besteht. Alle diese Stoffe sind unlöslich in Wasser, Al-

¹ A. a. O. u. *Mulder*, *Physiol. Chem.* Bd. II, S. 595.

² *Zeitschr. f. ration. Med.* Ser. 3, Bd. X, Heft 2.

³ *Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch.* 1873. Bd. VI, S. 166.

⁴ *C. Schmidt*, *Zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere.* Braunschweig 1845. S. 32. — *Berthelot*, *Ann. de chim. et de phys.* Ser. 3, t. LVI, p. 149. 1859. — *O. Bütschli*, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1874. S. 362.

⁵ *Fremy*, *Ann. d. chim.* t. XLIII, p. 69.

⁶ *Städeler*, *Ann. Chem. Pharm.* Bd. CXI, S. 14.

kohol, Aether, verdünnten Säuren, alle sind ferner stickstoffhaltig und widerstehen selbst den Alkalilaugen ziemlich gut, ja das Chitin bleibt sogar in starker Kalilauge unverändert und wird durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure sehr schwer angegriffen. In concentrirter Schwefelsäure lösen sie sich alle drei; das Chitin liefert durch Lösen in concentrirter Schwefelsäure und Eintragen dieser Lösung in kochendes Wasser Traubenzucker und Ammoniak. Doch konnte noch nicht der ganze Stickstoffgehalt als Ammoniak entwickelt werden. Wahrscheinlich ist das Chitin, dem nach den Analysen die Formel $C_9H_{15}NO_6$ oder ein Mehrfaches davon zukommt, ein Substitutionsproduct der Cellulose oder eines anderen Kohlehydrats der allgemeinen Formel $C_6H_{10}O_5$; beim Eindampfen von Chitin mit starker Salzsäure erhielt *Ledderhose*¹ salzsaures Glycosamin $C_6H_{11}O_6NH_2$, ClH. *C. Schmidt*² überzeugte sich schon, dass bei der Neubildung der Krebspanzer die Zellen in ihrer ersten Ausbildung noch kein Chitin enthalten. Ueber das Conchiolin und Spongin ist nur wenig bekannt; von letzterem ermittelte *Städeler*, dass es beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure Leucin und Glycocoll, dagegen kein Tyrosin liefert; es schliesst sich in dieser Zersetzungsweise das Spongin dem Glutin an, dem es jedoch im Uebrigen sehr unähnlich ist.

Die thierischen Bindegewebe.

§ 45. So wie bei den höher entwickelten Pflanzen secundäre Ablagerungen in den Zellenmembranen sehr vielfach und vielgestaltig auftreten, ist dies auch bei den höheren Thieren der Fall, und hier ist auch hinsichtlich der Stoffe, welche abgelagert werden, die Mannigfaltigkeit, wie es scheint, grösser. Auffallend ist die Aufeinanderfolge der Stoffe, welche bei der Entwicklung des Embryo in bestimmter Reihenfolge abgelagert werden und dieselbe Reihenfolge zeigen, wenn man in der Reihe des zoologischen Systems von den niederen zu höheren Thieren fortschreitet.

Bei allen Wirbelthieren tritt während des Embryozustandes und der ersten Anlage der Organe als erste Abscheidung Mucin auf, es bildet sich Schleimgewebe aus mit sehr lockerem Zusammenhang, später erst erscheint an bestimmten Stellen Chondrin, relativ spät tritt die Abscheidung von Glutin hinzu, die dann oft die Stellen allmählig ausfüllt, die früher von Mucin und chondrin-

¹ Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. IX, S. 1200. 1876. — ² A. a. O. S. 44.

haltigem Gewebe eingenommen waren. Durch die ganze Reihe der wirbellosen Thiere, soweit untersucht ist, findet sich Gewebe mit Mucinabscheidung, erst bei den Mollusken tritt zuerst Chondrin auf und dann erscheint bei den Cephalopoden das Glutin, ohne dass es hier zur Ausbildung des Knochens, des glutinhaltigen Gewebes in Verbindung mit Calcium-Phosphat und Carbonat kommt. Bei pathologischen Geschwülsten scheint es nicht anders zu gehen, schnell wuchernde Geschwülste enthalten entweder keine secundären Abscheidungen oder Mucin, langsam wachsende können alle drei Stoffe enthalten, aber nur bei Wirbelthieren sind Beobachtungen vorhanden.

Schleimgewebe.

§ 46. Die reichliche Production von Mucin in den ephemeren Zellen des Darmepithel, sowie überhaupt in den Epithelzellen der Schleimhäute, besonders in den Drüsenzellen der Submaxillar- und Sublingualspeicheldrüse beweisen, dass die Production von Mucin eine sehr allgemeine Function der Zellen ist, und es sind von dieser Function vielleicht nur diejenigen ganz frei, welche, ohne Gewebsglied zu werden, sich zu Eiterkörperchen umbilden oder welche normal zu Muskel- oder Nervenbestandtheilen umgestaltet werden; der Eiter ist frei von Mucin, ebenso die eigentliche Nerven- und Muskelsubstanz, dagegen scheint die Epidermis Mucin zu führen, und überall zerstreut im Bindegewebe, vielfach auch in den Secreten, tritt das Mucin auf. Auch die Chorda dorsalis scheint dem Schleimgewebe zuzurechnen, so lange noch keine Knorpelablagerung geschehen ist. Embryonale Gewebe, welche, wie die Eihäute und der Nabelstrang, nur kurze Zeit functioniren, enthalten neben dem glutinigen Gewebe auch bei voller Ausbildung viel Schleimgewebe.

Das Mucin oder der Schleimstoff zeigt sich stets als eine gallertig gequollene, schlüpferige, zähe, fadenziehende Masse, sehr fein zertheilbar in Wasser, aber nicht löslich darin, unlöslich in Alkohol, Aether, Chloroform, verdünnter Essigsäure, sehr verdünnten Mineralsäuren, leicht löslich in verdünnten Aetzalkalien, auch in Kalk- oder Barytwasser, aus diesen Lösungen durch Essigsäure oder vorsichtigen Zusatz von verdünnter Salzsäure fällbar, in concentrirter Essigsäure schwer löslich. Das durch Essigsäure gefällte Mucin löst sich nicht in Salzlösungen. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure zerfällt es in Acidalbumin und einen Körper mit den Eigenschaften einer Säure, stärker als Kohlensäure, der, in alkalischer Lösung erhitzt, sich bräunt, Kupferoxyd oder Wismuth-

oxyd oder Indigoschwefelsäure reducirt, aber Stickstoff enthält, keine Alkoholgährung mit Bierhefe giebt und noch nicht genügend rein dargestellt ist. Auch die Zusammensetzung des Mucin ist noch sehr zweifelhaft, es wurde dieselbe gefunden:

	I.	II.		III.	IV.
	<i>Scherer</i> ¹	<i>Obolensky</i> ²		<i>Eichwald</i> ³	<i>Hilger</i> ⁴
C	52,17	52,31	52,08	48,94	48,86
H	7,01	7,22	7,14	6,81	6,90
N	12,64	11,84	11,90	8,50	8,86
O	28,18	28,63	28,88	35,75	35,38

Die Substanz für Analyse I stammte aus einer Cyste zwischen Luft- und Speiseröhre eines Menschen, für II aus der Submaxillardrüse vom Rinde, für III aus Weinbergschnecken und IV aus der Lederhaut von Holothurien. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um festzustellen, ob die Differenzen in der Zusammensetzung von I und II einerseits, III und IV andererseits auf einem Unterschiede zwischen dem Mucin der Wirbelthiere und jenem der Avertebraten beruhen oder in der einen oder der anderen Substanz noch bedeutende Verunreinigungen enthalten waren; hinsichtlich der oben angegebenen Reactionen verhielten sich beide Arten gleich.

Knorpelgewebe.

§ 47. An bestimmte Localitäten gebunden tritt das Knorpelgewebe bei wirbellosen und Wirbelthieren normal und pathologisch (Enchondrom) auf. Seine sehr deutlichen Zellen sind oft in Gruppen gestellt und gewähren mit ihren verdickten Wandungen häufig ein pflanzlichen Geweben sehr ähnliches mikroskopisches Bild. Jede Zelle erscheint bald umgeben von einer weisslich trüben, brüchigen, mit Wasser imbibirten, aber ziemlich resistenten Substanz, welche sich beim Kochen mit Wasser langsam als Chondrin auflöst, während die Zellen mit ihren nicht verdickten zarten Wandungen bei dieser Procedur nahezu unverändert übrig bleiben.⁵

¹ Ann. Chem. Pharm. Bd. LVII, S. 196.

² Med.-chem. Untersuch. von *Hoppe-Seyler*. Tübingen. 4. Heft. S. 590.

³ Ann. Chem. Pharm. Bd. CXXXIV, S. 177.

⁴ Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. III, S. 169.

⁵ *F. Hoppe*, De cartilagin. structura et chondrino nonnulla. Diss. inaug. Berlin 1850. p. 43.

Da die Reactionen der Substanz, welche die Knorpelzellen umgiebt, so weit man sie bis jetzt hat untersuchen können, mit denen des beim Kochen gelösten Chondrins übereinstimmt, insbesondere beide in gleicher Weise sich gegen kaltes und heisses Wasser, gegen Essigsäure und gegen Salzlösungen verhalten, so ist man vorläufig berechtigt anzunehmen, dass beide Stoffe identisch sind.

Das Chondrin wurde von *Joh. Müller*¹ zuerst dargestellt und sein Verhalten gegen einfache Reagentien festgestellt. Es quillt in kaltem Wasser, löst sich in kochendem Wasser schwer und die Lösung erstarrt bei hinreichender Concentration beim Erkalten zur Gallert. Sowohl das gelöste als das gequollene Chondrin wird durch Essigsäure oder geringe Quantität von Mineralsäure gefällt, der Niederschlag ist löslich in neutralen Salzlösungen, in Alkalien und in Mineralsäuren, auch verdünnten. In Alkohol, Aether, Chloroform ist es unlöslich. Die wässerigen Lösungen werden durch Quecksilberchlorid nur getrübt, durch Alaunlösung, Bleiessig, Eisenchlorid, Silbersalpeter, Kupfervitriol gefällt. Die wässerigen Lösungen zeigen starke Drehung der Polarisationssebene. Beim Kochen mit verdünnten Säuren spaltet sich Chondrin ebenso wie beim Digeriren mit Magensaft in Acidalbumin und einen in absolutem Alkohol unlöslichen, in alkalischer Lösung Kupferoxyd reducirenden stickstoffhaltigen Körper, der mit dem bei gleicher Behandlung aus dem Mucin oder Paralalbumin erhaltenen (vergl. § 46) identisch zu sein scheint, aber noch nicht rein dargestellt ist.

Beim längeren Kochen mit verdünnter Säure wird nach *Hoppe* und *Otto* Leucin gebildet, Tyrosin wurde so wenig als Glycocoll gefunden. Die Zusammensetzung des gereinigten Chondrin fand *v. Mehring* im Mittel zu C 47,74, H 6,76, N 13,87, O 31,04, S 0,60.

Vom Mucin ist das Chondrin durch seine geringe Quellung in Wasser, Lösung des Essigsäureniederschlags in neutraler Salzlösung sofort zu unterscheiden, in der Zusammensetzung zeigt das Chondrin niedrigeren Kohlenstoffgehalt und einen geringen Gehalt an Schwefel, welcher letztere dem Mucin ganz zu fehlen scheint. Da beide Stoffe beim Kochen mit Säuren neben Acidalbumin einen Kupferoxyd in

¹ *Poggendorff's Ann.* Bd. XXXVIII, S. 295. Weitere Untersuchungen von *Mulder* und *Donders* in *Mulder*, *Physiol. Chem.* — *Hoppe* a. a. O. u. *Journ. f. prakt. Chem.* Bd. LVI, S. 129. — *C. Boedeker*, *Ann. Chem. Pharm.* Bd. CXVII, S. 111. — *de Bary*, *Diss. inaug. Tübingen* 1864. — *Otto*, *Zeitschr. f. Chem.* 1868. S. 629. — *v. Mehring*, *Diss. inaug. Strassburg* 1873.

alkalischer Lösung reducirenden stickstoffhaltigen Körper geben, stehen sie sich doch in ihrer Constitution ohne Zweifel sehr nahe.

Tritt bei der Ausbildung der Knochen an Orten, wo vorher Knorpelmasse lag, Knochenbildung ein, so lässt sich mit aller Bestimmtheit nachweisen, dass die Chondrinsubstanz zunächst entfernt wird, ehe die Knochenanlage beginnt; eine Umwandlung von Chondrin in Glutin ist weder bei der Ossification noch sonst irgendwo zu finden. Im elastischen Knorpel liegen ebenso wie im einfachen Faserknorpel die Knorpelzellen mit ihrer Chondrinhülle zwischen die elastischen Stränge und Bänder eingestreut, im Faserknorpel sind es Faserzüge von dichtem glutinlegenden Gewebe, welche die Knorpelmasse vielfach durchsetzen. Kocht man den Ohrmuschelknorpel mit Wasser, am besten bei 120° im zugeschmolzenen Glasrohr, so löst sich das Chondrin, die sich hierbei isolirenden Knorpelzellen fallen heraus und nur die Elastinmasse bleibt im Zusammenhange zurück, jetzt dehnbar wie ein Stück frische Aorta, da die Chondrinmasse nicht mehr die Verschiebung der Theilchen hindert.

Das leimgebende Gewebe und das Glutin.

§ 48. Kein anderes Gewebe tritt unter so verschiedenartigen Formen auf als das leimgebende, kein anderes ist mikroskopisch so wenig charakterisirt; daher hat man auch mit dem Namen Bindegewebe bei Avertebraten Gewebe bezeichnet, die chemisch mit dem Bindegewebe der Wirbelthiere nicht verwechselt werden können. Sehnen, Fascien, Bänder, zartes interstitielles Bindegewebe in Muskeln, Drüsen, Haut u. s. w. sind chemisch identisch und doch im Aussehen, der Festigkeit und der mechanischen Anordnung der Theilchen und sonach auch der Doppelbrechung des Lichtes sehr verschieden. Im Embryo tritt die Ausbildung des leimgebenden Gewebes, wie bereits oben erwähnt ist, relativ spät auf; Embryonen, in denen wir die Formen der Hauptorgane bereits im Ganzen ausgebildet finden, geben beim Kochen keinen Leim, aber Mucin und Chondrin.

Sämmtliche Wirbelthiere mit, so viel mir bekannt, einziger Ausnahme des *Amphioxus lanceolatus* (nach meinen Versuchen) geben beim Kochen mit Wasser eine Leimlösung, die bei hinreichender Concentration nach dem Erkalten zur Gallerte erstarrt. Ebenso verhält sich das Fleisch der Cephalopoden,¹ aber von allen wirbel-

¹ *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuch. 4. Heft. S. 586. Tübingen.

losen liefern sie allein, so viel bekannt ist, Leim, vergeblich wurden Insecten, Muscheln und Schnecken darauf untersucht.¹ So wie das Chondrin mit der die Knorpelzellen einschliessenden abgelagerten Masse, scheint auch das Glutin mit dem Collagen, wie man die von den Zellen des Bindegewebes abgeschiedene Substanz bezeichnet hat, identisch zu sein. Collagen stimmt nicht allein mit Glutin in den Reactionen gegen die gewöhnlichen Lösungsmittel überein, man erhält auch weder Gewichtssteigerung noch Abnahme, wenn man ein getrocknetes Stück Bindegewebe in kochendem Wasser löst, und die Lösung wieder zur Trockne eindampft.²

Das Glutin ist unlöslich in kaltem Wasser, quillt aber darin stark, in heissem Wasser löst es sich viel leichter als Chondrin, beim anhaltenden Kochen in wässriger Lösung verliert es die Fähigkeit, nach dem Erkalten zu gelatiniren, indem es dabei, wie es scheint, sich mit Wasser verbindet. In Alkohol, Aether, Chloroform, Fetten ist Glutin nicht löslich. Durch Essigsäure wird es nicht gefällt, eben so wenig durch Mineralsäuren, auch nicht durch Essigsäure und Ferrocyankalium. Alaunlösung, einfache Blei-, Silber-, Kupfer-, Eisen- und Quecksilbersalze fällen Glutinlösungen ebenfalls nicht, dagegen werden diese selbst bei sehr grosser Verdünnung gefällt durch Gerbsäure, ferner durch Salzsäure und Quecksilberkaliumjodid; auch Quecksilberchlorid, Platinchlorid, Chlorwasser geben in nicht allzu verdünnten Lösungen Niederschläge, deren Constitution sämmtlich noch nicht bekannt ist. Beim Kochen mit verdünnten Säuren, ebenso wie beim Kochen mit Alkalilauge, liefert das Glutin Ammoniak, Glycocoll, Leucin und fette Säuren; dieselben Körper entstehen durch die Fäulniss. Die wässrigen Glutinlösungen zeigen starke Linksdrehung der Polarisationssebene des polarisirten Lichtes, die Rotation ist jedoch schwächer als die des Chondrin und von der Temperatur und Zusätzen von Säuren oder Alkalien sehr abhängig. Die procentische Zusammensetzung des Glutin ist mit der des einigermaassen gereinigten leimgebenden Gewebes trotz dessen Gehalt an elastischen Fasern übereinstimmend in den Analysen von *Mulder*³ und von *Scherer*⁴ gefunden in 100 Gew.-Theilen:

¹ *Froriep*, Med.-chem. Untersuch. 4. Heft. S. 586. Tübingen.

² *de Bary*, Diss. inaug. Tübingen 1864.

³ *Mulder*, Physiol. Chemie. Bd. I, S. 330.

⁴ *Ann. chem. Pharm.* Bd. XL. S. 46.

	Scherer		Mulder	
	Hausenblase	Sehnen	Fischleim	
C	50,56	50,77	49,56	50,76
H	6,90	7,15	7,15	6,64
N	18,79	18,32	18,47	18,31
O + S	23,75	23,75	24,82	24,29

Der Schwefelgehalt wurde zu 0,56 pCt. gefunden. Ueber die Constitution und den chemischen Process der Bildung des Glutins aus Eiweissstoffen ist nichts bekannt.

Das Knochengewebe.

§ 49. Ablagerungen von Kalksalzen kommen in den verschiedensten Geweben bei höheren und niederen Thieren vor, man findet sie in Muscheln und Schnecken, in einem organischen Gerüst, welches hauptsächlich aus Conchiolin besteht; in Krebspanzern liegen die Calciumcarbonatablagerungen in einem Chitingerüst, im sog. Sepsienknochen und der Schale des Nautilus in einer dem Conchiolin ähnlichen Substanz. Im Schmelz der Zähne, den Eischalen von Reptilien und Vögeln finden sich Kalksalze in elastischer oder Hornsubstanz (vergl. § 44 oben). Pathologisch treten Kalkincrustationen auch beim Menschen an verschiedenen Gebilden, auch an den Knorpelzellen auf.

Alle diese Ablagerungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann,¹ und die fast sämmtlich allein aus Calciumcarbonat bestehen, selten (fast allein die pathologischen) mehr als Spuren von Calcium- und Magnesiumphosphat enthalten, können nicht als Knochen angesehen werden, da diese aus mit einfachen Wandungen versehenen Zellen, eingebettet in eine Verbindung von Glutin mit Calciumphosphatcarbonat in bestimmtem Verhältniss, bestehen. Wirkliche Knochen gehören ausschliesslich den Wirbelthieren zu, indem sie bei diesen entweder ein inneres formgebendes Gerüst, Skelett, oder eingestreut als Körperchen oder Platten in die Haut unter der Epidermis eine äussere stützende und schützende Hülle geben. Nur wenigen Fischarten fehlen die Knochen ganz, im Uebrigen besitzen sie alle Wirbelthiere.

¹ Vergl. über dieselben besonders die ausführliche Darstellung in *Schlossberger*, Chemie der Gewebe des Thierreichs. S. 173 flg. Leipzig und Heidelberg 1856.

Die Knochenzellen sind in dünnen Schliften mikroskopisch sehr schön zu beobachten wegen der dunklen Contouren, die sie auszeichnen und die auf dem bedeutenden Unterschiede in den Brechungsindices des Zelleninhaltes und der umgebenden Masse beruhen; diese Contouren werden natürlich besonders stark, wenn das Innere der Zellen mit Luft erfüllt ist. Extrahirt man Knochenstücke mit verdünnter Salzsäure, wäscht darauf mit Wasser sehr sorgfältig die Säure aus und kocht dann den übrigbleibenden sog. Knochenknorpel mit Wasser, so löst sich das Glutin, welches die Zellen umgiebt, auf und die Zellen bleiben in ihrer auffallenden Form mit unzähligen Fortsätzen nach allen Richtungen ausgehend, allein übrig,¹ zeigen sich dann von sehr schwachen Contouren begrenzt, aber auch nach Zusatz von Essigsäure in ihren Formen unverändert. Aus diesem Verhalten ergibt sich, dass die diese Zellen umgebende Membran der elastischen oder Hornsubstanz (vergl. §§ 43 und 44) zugehören.

Die Substanz, welche aus dem Knochenknorpel beim Kochen mit Wasser in dieses übergeht, hat die Eigenschaften und die Zusammensetzung des Glutin; man hat ihr ganz überflüssig den Namen Ossein gegeben.

	<i>Mulder</i>	<i>v. Bibra</i> ²	<i>Fremy</i> ³
	Knochenleim	Knochenknorpel	Knochenleim aus fossilen Knochen
C	50,40	50,13	50,40
H	6,64	7,07	7,11
N	18,34	18,45	18,15
O + S	24,64	24,35	24,34
			Knochenleim
			50,0
			6,5
			17,5
			26,0

Knochen von Fischen, Amphibien, Vögeln und Säugethieren liefern dieselbe Glutinsubstanz, nur giebt *Fremy*⁴ an, dass er in den

¹ *Hoppe*, Diss. inaug. Berlin 1850, u. *Virchow*. Arch. Bd. V, S. 170. 1853. Durch Einwirkung von Salzsäure oder Kalilauge war schon von *Virchow*, Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzburg, II, S. 152, und von *Donders*, in *Mulder*, Physiol. Chem. II, S. 614 die Isolirbarkeit der Knochenkörperchen dargethan.

² *E. v. Bibra*, Chem. Untersuchungen über die Knochen und Zähne etc. Schweinfurt 1844.

³ Ann. de chim. et de phys. (3) t. XLIII, p. 47. — Compt. rend. t. XXXIX, p. 1052.

⁴ A. a. O.

Knochen gewisser Wasservögel und den Gräten einiger Fische eine andere Substanz, aber von gleicher Zusammensetzung wie das Glutin gefunden habe. In pathologischen Knochenbildungen ist gleichfalls der Knochenknorpel, abgesehen von den Zellen, aus Glutin gebildet.

§ 50. Ausser dem Glutin findet sich in der die Knochenzellen umgebenden Substanz Calcium, Phosphorsäure, Kohlensäure in reichlichen Quantitäten, daneben Spuren von Magnesium, Fluor und oft von Chlor. Seit 50 Jahren ist viel darüber hin und her debattirt worden, ob diese Salze mit dem Glutin sich in chemischer Verbindung befinden oder nicht. Die quantitativen Verhältnisse, in welchen die Bestandtheile sich finden, sind der Annahme einer chemischen Verbindung nicht ungünstig. *Berzelius*¹ hatte, gestützt auf seine Analyse der Knochen, angenommen, dass in den Knochen sich eine Verbindung von $3 \text{PO}_3 + 8 \text{CaO}$ befinde, also die Knochen, unseren jetzigen Anschauungen angepasst, neben $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$, dem neutralen gesättigten Calciumphosphat, noch die Verbindung $\text{PO}_4 \text{CaH}$ enthielten. Dieser Ansicht trat zuerst *Heintz*,² gestützt auf seine sehr genauen Analysen der Knochensalze, entgegen, er wies nach, dass das vorhandene Calcium völlig ausreichend zur alleinigen Bildung von $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$ neben CaCO_3 und CaFl_2 sei. Später haben *v. Recklinghausen*³ und *Wildt*⁴ wieder das Vorhandensein von $\text{PO}_4 \text{CaH}$ im Knochen vermuthet, aber keinen stricthen Beweis führen können, wenn auch *Wildt* sogar versucht, aus der Differenz des CO_2 gehaltes der Knochen und dessen der Asche der Knochen die beiden Phosphate zu bestimmen. Eine genaue Bestimmung des Fluorgehaltes in den Knochen ist mit unseren jetzigen Methoden nicht möglich, man hat ihn deshalb gewöhnlich aus dem Verluste berechnet. Fast immer ist der Fluorgehalt aus diesem Grunde zu hoch gerechnet, ich habe mich durch eine Reihe vergleichender Versuche an Knochen und Mischungen von phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk und Fluorcalcium überzeugt, dass der Fluorgehalt in den Knochen 1 pCt. nicht erreicht.

In dem ausgebildeten Knochen wurden in den älteren Untersuchungen von *v. Bibra* und *Fremy* meist nicht gut übereinstimmende Werthe gefunden. Auch bei den späteren Untersuchungen wurden

¹ *Berzelius*, Lehrb. d. Chemie, übers. von *Wöhler*. Dresden 1831.

² *Pogg. Ann.* Bd. LXXVII. S. 267.

³ *Arch. f. pathol. Anat.* Bd. XIV, S. 466. 1858.

⁴ *E. Wildt*, Diss. inaug. Leipzig 1872. Philos. Fac.

die Temperaturen für das Trocknen der Proben verschieden gewählt, 120 bis 140°, und ganz genau stimmende Werthe in den einzelnen Proben sind bei der nur unvollkommen ausführbaren Reinigung der Knochensubstanz nicht zu erwarten. Die Quantität der organischen Substanz, d. h. Verlust beim Veraschen in 100 Gew.-Theilen trockener Knochen wurde gefunden variirend von *Heintz*: Ochs 30,58 pCt.; Hammel 26,54 pCt., Mensch 30,47 pCt., Mensch 31,12 pCt.; von *Zalesky*:¹ Mensch 34,56 pCt., Meerschweinchen 34,70 pCt., Ochs 32,02 pCt., Schildkröte 36,95 pCt.; von *Aeby*:² Rind, 2 bis 7 Jahr alt, 25,26 bis 29,93 pCt.; von *Wildt*:³ Kaninchen, ausgewachsener Knochen 25,76 bis 29,74 pCt.

Die Verschiedenheiten in den gefundenen Werthen liegen einerseits in der Schwierigkeit, den Wassergehalt der Knochen, den *Aeby*⁴ auf ein wasserhaltiges Calciumphosphat bezieht, vollkommen zu entfernen. Da die Knochenkörperchen nachweisbar wässrige Lösungen enthalten, wird es bei ihrer eingeschlossenen Lage und der Feinheit ihrer Ausläufer schwierig sein, ihr Wasser schnell durch Temperaturerhöhung auszutreiben. Andererseits ist der Gehalt an tiefer in den Knochen eindringenden Gefäßen, Nerven und Fasern des Periosts oder der Markhöhlenauskleidung natürlich ein schwankender. Nach den angegebenen Untersuchungen lässt sich als ausgemacht ansehen, dass die eigentliche Knochenmasse zwischen den Knochenzellen höchstens 25 bis 26 pCt. Glutin enthält, wenn sie überhaupt eine constante Zusammensetzung besitzt.

Die Verschiedenheit in dem Gehalte an organischer Substanz in dem compacten und dem spongiösen Theile eines und desselben Knochens, die von *Frerichs*⁵ und Anderen beobachtet ist, lässt sich aus den eben besprochenen Thatsachen ungezwungen erklären; diese Verschiedenheit betrifft die Knochenmasse selbst nicht. So wird es sich auch verhalten mit den Verschiedenheiten, welche *Wildt* in Kaninchenknochen in den einzelnen Perioden des Wachsthums aufzufinden glaubt; sie betreffen wohl den ganzen Knochen, aber nicht die Knochenmasse; bei Kaninchenknochen, von Thieren gleich nach der Geburt entnommen, würde es gewiss sehr schwierig sein, ein

¹ Med.-chem. Untersuchungen von *Hoppe-Seyler*. 1. Heft. S. 19. Tübingen.

² Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. S. 99.

³ A. a. O. S. 16.

⁴ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. Nr. 54.

⁵ Ann. Chem. Pharm. Bd. XLIII, S. 251.

brauchbar reines Material zur Entscheidung dieser Frage zu erhalten. *Aeby* glaubt auch nach den ersten Jahren im Knochen des Rindes noch eine Abnahme der organischen Substanz zu finden, seine eigenen Angaben beweisen dies aber durchaus nicht, die Schwankungen in den Befunden sind viel grösser als die berechnete durchschnittliche Veränderung. *v. Recklinghausen*¹ hat folgende Werthe erhalten bei möglichster mechanischer Reinigung der Knochenstücke, die aber natürlich auch noch keine vollkommene sein konnte:

	Durch Glühen entfernte Substanz: pCt.
3 Tage altes Kind	38,81
14 Tage altes Kind, Schädelknochen	35,33
14 Tage altes Kind, Femora	32,47
6jähriges Kind, Corticalschicht, Diaphyse	34,49
„ „ „ Epiphyse	36,84

Fremy erhielt aus der compacten Substanz des Femur die Werthe:

	Organische Substanz: pCt.
Weiblicher Fötus	37,0
Lebend geborenes Mädchen	35,2
Frau von 22 Jahren	35,4
Frau von 80 Jahren	35,4
Frau von 81 Jahren	35,5
Frau von 88 Jahren	35,7
Frau von 97 Jahren	35,1

Es ist höchst wahrscheinlich, dass in der ersten Zeit der Knochenausbildung auch nach der Ablagerung der Masse, welche die Knochenkörperchen einschliesst, der Inhalt der Knochenkörperchen selbst reicher an festen Stoffen und besonders den in Wasser schwerlöslichen ist als in späterer Zeit. Es ist endlich leicht, sich zu überzeugen bei mikroskopischer Beobachtung, dass in verschiedenen Knochen die Knochenkörperchen gedrängter stehen in den einen als in den anderen.

§ 51. Im Elfenbein der Zähne findet sich die nämliche Substanz in der Umgebung der Zahnröhrchen wie im Knochen, an Stelle der Knochenkörperchen finden sich die Zahnröhrchen mit ihren Ver-

¹ A. a. O.

Nach den Eigenschaften des Schmelzes wird diese Verbindung ziemlich genau die Härte des Apatit besitzen; sie ist künstlich noch nicht dargestellt und entsteht sicherlich nicht, wenn die Lösung der entsprechenden Gewichte von $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ und CaCO_3 in kohlen-säurehaltigem Wasser an der Luft stehend allmähig ihre freie Kohlen-säure verliert. Diese Verbindung würde die procentische Zusammen-setzung haben:

Ca 38,83 pCt., PO_4 55,34 pCt., CO_3 5,83 pCt.

Die sorgfältigen Analysen der Knochenasche von *Heintz*¹ haben folgende Werthe ergeben:

	Ochs	Hammel	Mensch	
			I.	II.
Ca	38,52	38,52	38,59	38,56
PO_4	52,98	53,29	53,75	53,87
CO_3	6,04	5,65	5,44	5,51
Fl	1,89	1,97	1,74	1,58
Mg	0,57	0,58	0,48	0,48

*Recklinghausen*² fand in Kinderknochen:

	3 Tage alt Schädelknochen	14 Tage alt Schädel	Femur	6 Jahre alt Femur	
				Corticalschicht	Epiphyse
Ca	38,41	36,43	37,66	37,98	37,97
PO_4	56,20	56,96	54,81	54,86	56,73
CO_3	4,85	6,02	7,06	6,88	4,97
Mg	0,54	0,59	0,47	0,28	0,33

*Zalesky's*³ Bestimmungen ergeben:

	Mensch	Ochs	Schildkröte
Ca	40,13	40,69	39,60
PO_4	52,16	53,50	53,69
CO_3	7,81	8,45	7,19
Cl	0,18	0,20	—
Fl	0,23	0,30	0,20
Mg	0,29	0,28	0,37

*Wildt's*⁴ erste und letzte Analyse, deren Werthe am weitesten aus einander liegen von allen die er angiebt, geben folgende Zu-sammensetzung der Asche der Kaninchenknochen:

¹ A. a. O. — ² A. a. O. — ³ A. a. O. — ⁴ A. a. O.

	gleich nach der Geburt	im 3 bis 4 Jahre alten Thiere
Ca	37,99	38,83
PO ₄	54,91	51,72
CO ₃	4,98	7,72
Fl	1,29	1,50
Mg	0,83	0,50

Es wird nicht nöthig sein, weitere Beispiele anzuführen, von denen noch eine grosse Zahl gegeben werden könnte; es ist eben ersichtlich, dass die Schwankungen von dem obigen Atomenverhältniss nach beiden Seiten gehen und ungefähr gleich weit, dass ferner die Analysen von *Heintz*, wenn man die 2 pCt. Fl + Mg abzieht, fast genau dem obigen Atomenverhältniss entsprechen. Da im Schmelze das Substrat nicht leimgebende Substanz ist, sondern Epithelzelle, und auch hier diese Verbindung auftritt, so kann nicht bezweifelt werden, dass dieselbe durch eigene Affinitäten gebildet wird und nicht etwa die organische Substanz sie zusammenführt.

§ 52. Mehrere Versuchsreihen sind ausgeführt, um zu entscheiden, ob bei reichlicher Zufuhr von Phosphorsäure oder von Calciumverbindung oder Mangel an diesen Knochenbestandtheilen eine Aenderung in der Zusammensetzung oder der Ausbildung der Knochen von jungen Thieren herbeigeführt wird; alle neueren Untersuchungen in dieser Richtung von *Zalesky*, *Weiske* und von *Weiske* und *Wildt* haben aber ergeben, dass hierdurch nichts Bemerkbares geändert wird. Die Bildung der Knochenmasse beruht allein auf den localen chemischen und physikalischen Verhältnissen, ob aber das Constante in den Verhältnissen der Glutinsubstanz zu der Calciumverbindung auf einer chemischen Affinität oder den physikalischen Bedingungen beruht, ist man nicht im Stande zu entscheiden, denn es sind weder Affinitäten bekannt, welche eine chemische Verbindung hier begreiflich erscheinen liessen, noch kennt man physikalische Verhältnisse, welche die Imprägnirung der organischen Substanz mit diesem Calciumphosphatcarbonat erklären könnten.

Zahlreiche Versuche über die Löslichkeit von Calciumphosphat in Leimlösung, Salzlösungen u. s. w., welche von *Frerichs*,¹ neuerdings wieder von *Maly* und *Donath*² angestellt sind, können zur Erklärung der übrigen Verhältnisse nichts beitragen, da es sich gar

¹ Ann. Chem. Pharm. Bd. XLIII.

² Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. Wiss. 19. Juni 1873. Bd. LXVIII.

nicht um Calciumphosphat handelt, sondern eine andere Verbindung, und auch deren Löslichkeitsverhältnisse nichts angeben könnten über die Ursache ihres Niederschlags in der leimgebenden Substanz der Knochen.

Die Rothfärbung der Knochen, welche bei der Fütterung mit Krappwurzel nach ein paar Tagen bis Wochen sehr deutlich eintritt, ist seit den Versuchen von *Duhamel*³ längst bekannt; vergeblich hat man gehofft, durch diese Versuche über das Knochenwachsthum einen Aufschluss zu erhalten, es färbt sich junger wie alter Knochen.

§ 53. Pathologische Knochenbildungen als Exostosen, Osteosklerosen zeigen gewöhnlich einen reichlicheren Gehalt an leimgebender Substanz als normale Knochen, ein höherer Gehalt an Calciumphosphatecarbonat als der normale kommt nicht vor.

Die Verhältnisse der Rhachitis sind von *Virchow* zuerst klar aufgefasst; der Knorpel wuchert, verkalkt theilweise und die Ossification wird verzögert, der ausgebildete Knochen hat aber die normale Zusammensetzung.

Entfernung der Knochenmasse von Orten, an denen sie vorher bestanden hat, tritt mehr oder weniger allgemein ein bei Osteomalacie, local durch Geschwülste, die sich in Knochen entwickeln, besonders Krebsknoten. Bei der Osteomalacie hatte man an eine Lösung der Calciumverbindung durch freie Milchsäure und Zurückbleiben des an Calciumsalz armen Knochenknorpels gedacht; aber eine solche Lösung würde stark saure Beschaffenheit des Blutes oder der Flüssigkeit in den Knochenkörperchen voraussetzen, welche sich mit unseren jetzigen Erfahrungen über die Eigenschaft des Blutes nicht verträgt. Die Calciumverbindung müsste doch durch das Blut entfernt werden oder durch die Lymphe, und hier würde also die saure Reaction persistiren oder Fällung entstehen müssen. In der Osteomalacie ist das Wesentliche die Erweiterung der Markröhren und Canäle unter Schwund der ganzen Knochenmasse und Ausfüllung des Raumes mit enormer Fettquantität. Zu einer chemischen Auffassung des Processes fehlen noch die nöthigen Gesichtspunkte. Jedenfalls geht bei den normalen wie bei den pathologischen Processen die Bildung der Calciumsalzabscheidung mit der leim-

³ Mémoires de l'Académie de Paris 1742. p. 384, u. 1743. p. 138. Vergl. über die Krappfärbung *H. Weiske*, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, ed. *Nobbe*, Bd. XVI, S. 412. 1873.

gebenden Substanz Hand in Hand und ebenso schwinden sie wohl unter gewissen Verhältnissen beide, aber nie eine von ihnen allein.

Auch die Untersuchung der Knochen von knochenbrüchig erkrankten Thieren hat zu dem Resultat geführt, dass in der Knochen-Substanz selbst eine Aenderung des Verhältnisses von Calciumverbindung zur leimgebenden Substanz nicht stattfindet.

Die Knochensubstanz besitzt bekanntlich eine Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe der Fäulniss, die unter allen organisirten Gebilden nur vom Schmelz der Zähne noch übertroffen wird. Fossile Knochen der Diluvialperiode geben nach Ausziehen der Salze mit verdünnter Säure noch zum Theil vortrefflichen Leim. Der bedeutende Unterschied in der Fähigkeit zu faulen verursacht die leichte Isolirung unveränderter Knochen aus den Weichtheilen durch die Maceration. Man hat geglaubt nachweisen zu können, dass beim Liegen in der Erde der Fluorgehalt der Knochen zunehme, Andere haben geglaubt, dass in früheren Perioden die Knochen und Zähne der Thiere reicher an Fluor gewesen seien. Hier und da kann eine Fluorzunahme wohl nachgewiesen werden, aber im Ganzen nicht oft, vielfach ist nicht mehr Fluor aufgefunden als in den Knochen unserer Thiere und des Menschen. Die Untersuchung der Zähne und Knochen der Thiere älterer geologischer Perioden liefert ebenso wie die der Lignite der Braunkohle den Beweis, dass in früheren Zeiten gerade so wie heute die Knochensubstanz in den Thieren und die Cellulose im Holze der Pflanzen zusammengesetzt war und gebildet wurde, also auch wohl die übrigen Gewebe und die Lebensprocesse dieser Thiere keine anderen waren als die unserer Zeitgenossen. Allerdings kommen aber an vielen Orten allmälige Veränderungen vor; so wird vielfach das Calciumphosphatcarbonat fossiler Zähne und Knochen in Eisenphosphat theilweise oder ganz umgewandelt gefunden, z. B. im bone bed Würtembergs, dabei schwindet die leimgebende Substanz vollständig, sobald diese Aenderung stattfindet. Die Metamorphose ist aber viel weniger abhängig von der Zeitdauer, welche diese Knochen und Zähne begraben waren, als von den Verhältnissen, unter denen sie sich befanden.

Verwandlungen des Zelleninhaltes.

§ 54. Die Umwandlungen, welche der Zelleninhalt erfährt, mögen die Zellen Membranen und diese Verdickungsschichten erhalten haben oder nicht, sind so mannigfaltig und für bestimmte Organe

so specifisch, dass man sie wohl allgemein classificiren kann, aber ihre Schilderung nur dann gut verständlich sein wird, wenn sie im Zusammenhange mit den speciellen Veränderungen und Processen jedes Organs im speciellen Theile gegeben wird. Den Thieren allein eigen sind die Umwandlungen des Zelleninhaltes in Nerven und Muskeln, deren complicirter anatomischer Bau einer nicht weniger complicirten, schwer zu erforschenden chemischen Construction entspricht. Höchst mannigfaltig sind die Umwandlungen in den Drüsenzellen der Thiere sowie der Pflanzen; nach chemischen Principien sie zu ordnen, ist noch nicht möglich, man kennt sie noch zu wenig; es muss deshalb auch in dieser Beziehung auf die Schilderung bei den betreffenden Organen im speciellen zweiten Theile verwiesen werden.

Lebenserscheinungen und Lebensprocesse.

§ 55. Das Leben der Organismen ist so mannigfaltig in seinen Erscheinungen, dass es nicht leicht ist, sie nach allgemeinen Gesichtspunkten zu ordnen und zusammenzufassen. An Thieren fällt die periodische Formenänderung und mechanische Bewegung während des Lebens am meisten in die Augen, und wir beurtheilen nach ihnen gewöhnlich, ob ein Mensch oder Thier lebt. So lange die Glieder, die Augen u. s. w. bewegt werden, so lange die Respirationsorgane und das Herz ihre Bewegungen ausführen, halten wir den Organismus für lebend. Die Wimperbewegung bei niederen Thieren, die amiboiden Formänderungen von Protoplasmen sind ebensolche Erscheinungen, welche das Leben erkennen lassen. Bei vielen niederen Thieren und den meisten Pflanzen sind solche schnell direct mit dem Auge erkennbare Bewegungen nicht wahrzunehmen, und nur das allmälige Wachsthum, die Neubildung von Organen giebt uns hier sichere Anhaltspunkte für die Entscheidung.

Das Leben sämmtlicher Organismen beruht auf, — oder man kann fast sagen, ist identisch mit — einer Kette von chemischen Umwandlungen, die in ihrem Innern und an ihrer Oberfläche verlaufen, welche hervorgerufen und unterhalten werden durch äussere Einflüsse und welche selbst wieder die verschiedensten physikalischen und mechanischen Bewegungen veranlassen können. Direct den Sonnenstrahlen entnehmen Thiere und Pflanzen die Kräfte für ihr Leben, ihre chemischen Bewegungen, die nach einem complicirten