

Ein Beitrag zur Theorie der Beziehung des Eisens zur Entstehung des Lebens.

Von W. D. FRANCIS (Brisbane).

(Autorisierte Übersetzung aus "Proceedings of the Royal
Society of Queensland, XXXVII, nr. 5.)

I. EINLEITENDE BEMERKUNGEN.

Dass ein Botaniker die vorliegende Abhandlung geschrieben hat, fordert Erklärung. Es sei ausgesprochen, dass mein Thema mit dem Studium der Botanik wohl in- niger verknüpft ist, als gemeinlich angenommen wird. Als Beleg sei der kurze einleitende Satz von HAAS und HILLS(1) Werk über die Chemie der pflanzlichen Produkte zitiert: "Das Studium des pflanzlichen Lebens, in seinen Grundlagen physikalisch-chemisch, ist in seinen grossen Zügen das Studium des Ursprungs des Lebens, da die Pflanze vor dem Tier entstand".

Des Verfassers Aufmerksamkeit wurde im Jahre 1915 auf die Frage gelenkt, als er zufällig gewisse physikalische Eigenschaften des Eisen-Rostes beobachtete, die ihm einerseits Beziehungen zwischen den Anfangs-Stadien der Ernährung und Atmung der Pflanzen und gewisser Eisenbakterien, andererseits den beim Rosten des Eisens auftretenden chemischen Prozessen anzeigten. Damals schon erschien dem Verf. die Frage nach den Beziehungen des Eisens zur Urzeugung als eine der noch nicht inbetracht gezogenen Möglichkeiten. Im Jahre 1919, während der Rückkehr von Europa mit den Kaiserlich Australischen Streitkräften, wurden diese Untersuchungen wieder aufgenommen und die verschiedenen physiologischen und chemischen Zeitschriften und Lehrbücher, die in Brisbane zur Verfügung standen, wurden bezüglich der Frage nach der Bedeutung des Eisens für die Funktionen der Organismen herangezogen. Diese Nachsuche, die eine erhebliche Zeit in Anspruch nahm, führte zu einigen interessanten, ja überraschenden Ergebnissen. Neben anderen Angaben zeigte sich, dass MOORE und WEBSTER(2) im Jahre 1914 die Theorie aufgestellt haben, das Leben sei entstanden in kolloidalen Lösungen oder Suspensionen von Eisen-Salzen oder Eisen-Oxyden bei Gegenwart von Kohlensäure und unter Einwirkung des Sonnenlichtes. - Offenbar wurde die Theorie von MOORE und WEBSTER veröffentlicht, bevor ich mich mit dieser Frage beschäftigte; immerhin bleiben die von MOORE und WEBSTER dargelegten Wahrscheinlichkeiten hinter dem zurück, was in vorliegender Abhandlung gezeigt werden soll.

Ein anderer Forscher, N. SACHAROFF(3) hat eine Monographie veröffentlicht, in welcher das Eisen als leitendes Element bei den Lebens-Funktionen in Anspruch genommen wird. So lässt die Gleichläufigkeit einiger organischer Eigentümlichkeiten des Eisens oder seiner Verbindungen mit gewissen Lebens-Funktionen die Vermutung zu, dass das Eisen in Beziehung mit der Urzeugung stehe. Dies scheint bisher noch nicht beachtet zu sein; ich will hier diesen Gesichtspunkt erörtern.

II. LITERATUR-ÜBERSICHT BETREFFEND DIE WICHTIGKEIT DES EISENS BEI FUNKTIONEN DES ORGANISMUS.

Die Theorie von MOORE und WEBSTER nimmt an, das Leben sei entstanden in kolloidalen Lösungen oder Suspensionen von Salzen oder Oxyden des Eisens; sie ist begründet auf der experimentellen Entstehung von Formaldehyd in kolloidalen Lösungen von Ferri-Hydroxyd bei Anwesenheit gelöster Kohlensäure unter Energie-Lieferung seitens des Sonnenlichtes.

Im Jahre 1901 hat SACHAROFF (3) seine ins Deutsche übersetzte Monographie un-

ter dem bezeichnenden Titel "Das Eisen als tätiges Prinzip der Enzyme und der lebendigen Substanz" veröffentlicht. Er schliesst auf Grund von Versuchen mit Papain in Gelatine-Lösung und der Analysen von Papain, Trypsin, Emulsin, Diastase und Pflanzen-Säften darauf, dass der fundamentale Lebens-Prozess auf der Abspaltung von Molekülen der lebendigen Substanz beruhe, eine Spaltung, die beginne mit der Oxydation minimaler Mengen darin enthaltenen elementaren Eisens. Er ist der Meinung, dass die Wirksamkeit der Enzyme im Grunde beruhe auf der Oxydation und Reduktion darin enthaltener ähnlich kleiner Mengen von Eisen-Verbindungen. Nach ihm hat man allen Grund, das Eisen als das "Enzym aller Enzyme" zu bezeichnen. Mit dem Nuklein sei das Eisen in einer Verbindung, die er als "Bio-Nuklein" bezeichnet; dieses sei ein Bestandteil sowohl der lebendigen Substanz wie der Enzyme. Daher seien diese beiden Körpergruppen unter einander verwandt.

A. B. MACALLUM (4) kommt auf Grund einer ausgedehnten Reihe sorgfältiger mikrochemischer Versuche mit Zellen hoher wie niedriger Formen von Pflanzen und Tieren zum Schluss, eine der charakteristischsten Eigenschaften des Chromatins bestehe in seinem Gehalt von an Nuklein oder Nukleinsäure organisch gebundenem Eisen. Er fand, dass das Chromatin, welches das Eisen festgelegt enthält, ein immer vorhandener Bestandteil sei, sowohl des Nukleins der Pflanzen- und Tierzelle wie auch des Cytoplasmas derjenigen Zellen, welche Zellkern-frei seien oder deutlich rudimentäre Zellkerne besitzen; ferner, dass in dem Cytoplasma Ferment-bildender Zellen ein ähnlich Eisen-haltiger Bestandteil vorhanden sei. In Anbetracht der grundlegend wichtigen Bedeutung des Chromatins für die Zell-Funktion führt er aus, dass die Unterbindung der Eisen-Zufuhr beim pflanzlichen Organismus nicht allein die Chlorophyll-Bildung alteriert, sondern an die elementarsten Lebens-Bedingungen gehe. MACALLUM stellt ferner fest, dass die herrschende Annahme, das Eisen habe im Haemoglobin und Haematin die Wirkung des Sauerstoff-Trägers, korrekt ist. "Daraus folgt, dass das Chromatin als Vorläufer des Haemoglobins die Fähigkeit besitzt, Sauerstoff zu absorbieren und festzuhalten und dass die als "vital" bezeichneten Prozesse in der Aufeinanderfolge der für die Oxydation und Reduktion der Eisen-haltigen Nuklear-Bestandteile bestimmenden Bedingungen bestehen".

Offensichtlich besteht eine nahe Beziehung zwischen einigen der Schlüsse von SACHAROFF und MACALLUM. SACHAROFFs "Bio-Nuklein" gleicht in seiner chemischen Zusammensetzung und seinen physiologischen Funktionen sehr dem eisenhaltigen Chromatin MACALLUMs. Beide Forscher schreiben ihrem Bio-Nuklein resp. Chromatin die Eigenschaften des fundamentalen Lebens-Trägers zu, wobei beide diese Funktion mit der Fähigkeit der darin enthaltenen Eisen-Verbindungen zu Oxydation und Reduktion begründen. MACALLUMs mikrochemische Studien über Ferment-bildende Zellen stützen auch in beachtenswerter Weise SACHAROFFs Ansicht über die Zusammensetzung der Enzyme als Substanzen, welche ihren Eisen-Gehalt ähnlich dem der Zellkerne führen, insofern, als Macallum einen der Zusammensetzung nach dem nuklearen Chromatin ähnlichen eisenhaltigen Bestandteil im Cytoplasma der Ferment-bildenden Zellen auffand. Im Fall der Pankreas-Zellen schliesst MACALLUM (5), dass das Chromatin der Zellkerne in das Cytoplasma übergeht, sich mit einem Bestandteil des Protoplasmas vereinigt und eine enzymogene Substanz bildet, von welcher das von diesen Zellen sezernierte Enzym abstammt.

W. D. HALLIBURTON (6) nennt die Sauerstoff-Verbindung des Haemoglobins, den Sauerstoff-Träger des Blutes, "den Respirations-Sauerstoff des Haemoglobins" und stellt fest, dass das Verhältnis zwischen dem Respirations-Sauerstoff und dem Eisen des Haemoglobins völlig konstant ist derart, dass jedes Gramm Eisen sich mit 400 ccm Sauerstoff, d.h. jedes Eisen-Atom mit 2 Sauerstoff-Atomen sich verbindet. Als Ergebnis seiner Untersuchungen über Extrakte tierischer Organe kommt SPITZER (7) zu dem Schluss, dass die oxydativen Fähigkeiten der Zellen auf Eisen-haltiges Nuklein zurückzuführen seien. G. GOLLA (8) stellt fest, dass bei Pflanzen die peroxydatische Funktion in den meisten Fällen nicht allein durch echte Enzyme bewirkt werde, sondern auch durch verschiedene Eisen-Verbindungen, welche wahrscheinlich Zerfall-Produkte komplexer Verbindungen, wie der Haematoide, seien. G. B. RAY (9) führt aus, dass die merkwürdige Ähnlichkeit des Eisens mit den Oxydasen der

Zellen lange bekannt ist. Er experimentierte mit lebendem und totem Material von *Ulva* und mit organischen Säuren und fand, dass die Zugabe von Ferri-Sulfat zu lebendem Material die Respirationsgrösse plötzlich erhöht; dass die Zugabe von Ferri-Sulfat und Wasserstoff-Superoxyd zu totem Material eine überaus starke Kohlensäure-Entwicklung zur Folge hat; dass die Zugabe der gleichen Verbindungen zu gewissen organischen Säuren gleichfalls eine Menge von Kohlensäure erzeugt. Bei organischen Säuren mit doppelter Bindung fand er, dass die wechselnden Mengen der Kohlensäure-Produktion unter Chloroform-Einfluss eine auffallende Ähnlichkeit mit der Reaktion des Organismus zeigen. Die Physiologie eines der weitest verbreiteten Eisenbakterien, des *Spirophyllum ferrugineum* wurde von R. LIESKE (10) untersucht, der es in einem anorganischen Medium, enthaltend metallisches Eisen und Kohlensäure (behufs Produktion von Eisenoxyd), sowie geringe Mengen einiger anorganischer Salze, kultivierte. Er kommt zum Schluss, dass die Art nur bei Gegenwart von Ferro-Bikarbonat wachsen kann, dass sie ihren Kohlenstoff aus dieser Verbindung beziehe und dass die Oxydation des kohlensauren Eisenoxyduls zu Eisenhydroxyd wahrscheinlich als Energiequelle für den Organismus notwendig sei.

Wenn BALY, HEIBRON und BAEKER (11) auch Teile der oben angeführten Arbeit von MOORE und WEBSTER kritisierten, so geben sie doch zu, dass MOORE und WEBSTER echte Photokatalysatoren benutzten, da die Photo-Synthese aus Kohlensäure und Wasser Photo-katalytisch im sichtbaren Licht durch kolloidales Ferri-Hydroxyd und gewisse andere basische Substanzen bewirkt werden kann. PFEFFER (12) stellt fest, dass Eisen zu den unter allen Umständen für die Pflanze notwendigen Nährmitteln gehört. und dass Chlorophyll-Bildung bei Abwesenheit des Eisens nicht stattfindet. Nach E. M. DUGGAR zeigen diese Punkte, dass jede lebende Zelle das Eisen braucht. MOLISCH (13) stellt fest, dass Eisen wahrscheinlich in jeder Zelle vorhanden ist.

III. BESONDERE BEZIEHUNGEN DES EISENS ZUR ATMUNG.

Die innigen Beziehungen des Eisens zur Atmung, besonders unter solchen Verhältnissen, in denen Oxydation stattfindet, wurden in der oben gegebenen Literatur-Übersicht, besonders über die Arbeiten von SACHEROFF, MACALLUM, HALLIBURTON, SPITZER, GOLA, RAY, LIESKE dargelegt +).

In allen diesen Fällen ist Oxydation mit Eisen-Verbindungen verknüpft und es ist ein feststehender fundamentaler Satz der Physiologie, dass die Oxydation entweder komplexer oder einfacher Verbindungen die Energie für die Aufrechterhaltung der Lebenstätigkeit liefert. Die Existenz zweier wohl definierter Reihen von Verbindungen, entsprechend den Ferri- und Ferro-Oxyden, zeigt die Fähigkeit der Eisen-Verbindungen an, unter angemessenen Bedingungen Oxydation oder Reduktion zu erleiden. Wahrscheinlich hat die Kenntnis dieser Tatsache besonders dazu beigetragen, für die Reduktions- und Oxydations-Möglichkeit in Organismen ihre Eisen-haltigen Verbindungen verantwortlich zu machen.

PFEFFER (12) zeigt p. 299, dass den primärsten und einfachsten Organismen die zum Lebensprozess erforderliche Energie durch Oxydation oxydabler anorganischer Verbindungen geliefert werden kann. Diese PFEFFERSchen Annahme lässt Eisen und seine oxydablen Verbindungen, die im Boden und Wasser weit verbreitet sind, als mögliche Energie-Quellen der primitivsten Organismen ins Auge fassen, da bei der Oxydation von Eisen und seiner oxydablen Verbindungen Energie frei wird. Die Oxydationen, welche beim Rosten des Eisens stattfinden, sind Beispiele für Energie-liefernde Prozesse, welche zu denken geben. Die Literatur bezüglich des Rostens

+) Während der Drucklegung meiner Abhandlung wurde ich durch Herrn A. LONGMAN auf ein Referat über OTTO WARBURG ("Science", LXI, 5. Juni 1925), das soeben angekommen war, aufmerksam gemacht. WARBURG spricht aus, dass alle, welche Zellen kultiviert haben, mit Recht annehmen, dass jede Zelle Eisen enthalte und dass Leben ohne Eisen unmöglich sei. Er schliesst: Ob wir den Begriff der Atmung eng oder weit fassen, das Eisen wird stets eine zentrale Stellung als der den Sauerstoff tragende Bestandteil des Respirations-Ferments behalten.

des Eisens ist umfangreich und oft besprochen, aber es ist keineswegs allgemein bekannt, dass dieser Prozess in zwei Phasen verläuft. In der ersten entstehen Ferro-Verbindungen, die in der zweiten in Ferri-Verbindungen übergehen (15, 16). ROSCOE und SCHORLEMMER (16, p. 1211, 1212) geben an, dass metallisches Eisen in Form von Spiculae in gewissen Basalten wie als Meteor-Eisen in grossem Masse, auch feinst verteilt im Meteorstaub, vorkommt. Da darf wohl angenommen werden, dass etwas von diesem metallischen Eisen oxydabel ist, und dass in diesem Fall der Prozess des Rostens nicht sein Ende in dem Eisen unserer Gebrauchs-Gegenstände findet. Ein Beispiel für die wahrscheinlich stattfindende Verwendung einer einfachen anorganischen Eisen-Verbindung zur Atmung eines primitiven Organismus wird durch die oben erwähnten Kulturexperimente LIESKES mit *Spirophyllum* geliefert. Hier entspricht der Atmungsprozess auffallend der anorganischen Oxydation von Ferro-Karbonat zu Eisen-Rost insofern, als in beiden Fällen Ausgangsverbindung und Ende des Prozesses ähnlich sind.

IV. EIGENSCHAFTEN DES EISENS BEZÜGLICH DER ERNÄHRUNG.

In der oben, Abschnitt II referierten Literatur ist die Verbindung des Eisens mit der Ernährung durch die Experimente LIESKES dargestellt, welche zeigen, dass *Spirophyllum*, ein primitiver Organismus, seinen Kohlenstoff aus Ferro-Bikarbonat, welches durch Einwirkung von Kohlensäure auf metallisches Eisen entsteht, erhält; ferner durch die Experimente von MOORE und WEBSTER, welche dartun, dass Ferri-Hydroxyd photo-katalytisch Formaldehyd zu bilden vermag. Die photo-katalytische Wirkung des Ferri-Hydroxyd bei der Synthese des Formaldehyds aus Kohlensäure und Wasser ist deshalb so wichtig, weil das Formaldehyd als erstes organisches Produkt der Photosynthese der anorganischen Körper Kohlensäure und Wasser angesehen wird. Einige der Schlüsse MACALLUMS bezüglich der Gegenwart des Eisens im Chromatin und die allgemein bekannte Tatsache, dass Eisen zur Chlorophyll-Bildung notwendig ist, zeigen gleichfalls die Bedeutung des Eisens für die Ernährungs-Prozesse. Der Zusammenhang der Darlegungen von MACALLUM bezüglich der Anwesenheit von Eisen in Chromatin, welche oben im Kapitel II zusammengefasst wurden, wird besonders gewürdigt, wenn man sich daran erinnert (17), dass wir im Chromatin den wichtigsten Bestandteil des Zellkerns sehen, welcher seinerseits der primäre Faktor von Wachstum und Entwicklung ist (18). Auch deshalb haben MACALLUMS Darlegungen bezüglich der Anwesenheit des Eisens im Chromatin weitgehendes Interesse, weil sie beträchtliche Wichtigkeit haben bezüglich des Ursprungs des Lebens im Hinblick auf E. A. MINCHINS (17) bestrittene Ansicht, dass kleinste Partikel von Chromatin-Natur wahrscheinlich die ersten Lebensformen darstellen.

Ohne Zweifel hat W.D. HALLIBUNTON (19) Recht, wenn er sagt, dass die Proteine die wichtigsten Substanzen sind, welche bei Pflanze wie Tier vorkommen, und dass Ab- und Aufbau des Proteins das Leben charakterisiere. Ferner ist allgemein anerkannt, dass die hauptsächlichsten Elemente des Proteins sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und häufig Phosphor. Die chemischen Beziehungen des Eisens zu den Protein-Elementen scheint bezeichnend zu sein.

Die folgende Tabelle zeigt einige der anorganischen Eisen-Verbindungen mit den das Protein zusammensetzenden Elementen. Bezeichnungen und Formeln der weniger bekannten Verbindungen in dieser Tabelle sind ROSCOE und SCHORLEMMERS Lehrbuch entnommen.

The Protein Elements.	Compounds of Iron with Single Protein Elements.	Compounds of Iron with Two or Three Protein Elements.
Carbon (C) Iron carbide (Fe ₃ C) Iron dicarbide (FeC ₂)	Ferrous carbonate (Fe CO ₃) Ferrous bicarbonate, hypothetical.

The Protein Elements	Compounds of Iron with Single Protein Elements.	Compounds of Iron with Two or Three Protein Elements
Hydrogen (H)	..Iron absorbs H when heated in that gas. It is possible that a definite compound is formed under certain circumstances	Ferrous carbonate, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ Ferric hydroxide, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ Acid salts of iron, such as diacid ferric phosphate, $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$
Oxygen (O)Ferrous oxide (FeO) Ferric oxide (Fe_2O_3) Ferrose-ferric oxide (Fe_3O_4)	Iron hydroxides and iron salts of the oxy-acids (carbonates, nitrates, sulphates, phosphates) could also be included here.
Nitrogen (N)	..Iron nitride (Fe_2N) Ferrous nitride (Fe_3N_2) Ferric nitride (FeN)	Ferrous nitrate, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ Ferric nitrate, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
Sulphur (S)	..Iron monosulphide (FeS) Iron sesquisulphide (Fe_2S_3) Iron disulphide (FeS_2) Iron subsulphide (Fe_4S_3)	Ferrous sulphite (FeSO_3) Ferrous sulphate (FeSO_4) Ferric sulphate, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
Phosphorus (P)	..Phosphides of iron (Fe_2P , FeP , Fe_3P_4 , Fe_3P)	Ferrous phosphate, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ Ferric phosphate, FePO_4 Ferric metaphosphate, $\text{Fe}(\text{PO}_3)_3$

Die Tabelle zeigt die grosse Zahl von Verbindungen, welche das Eisen in oxydiertem wie mehr reduziertem Zustand mit den Elementen des Proteins eingeht. Ebenso zeigt sie, dass das im Organismus enthaltene Eisen zu weitgehender chemischer Aktivität befähigt ist, da die Protein-Elemente als die hauptsächlichsten organischen Elemente anzusehen sind, weil, abgesehen von ihrer für die Zusammensetzung des Proteins wichtigen Bedeutung drei von ihnen auch die Bestandteile der Kohlenhydrate und Fette sind. In Anbetracht dessen, dass oben die chemischen verwandtschaftlichen Beziehungen des Eisens zu den Elementen des Proteins und der Kohlenhydrate gezeigt wurde, besteht die Möglichkeit, das Eisen möge gewirkt haben oder möge noch wirken als die zusammenfassende Ursache der Elemente von Protein und Kohlenhydraten oder der darin enthaltenen Verbindungen derselben. Diese Möglichkeit führt zu einer interessanten Vorstellung; es wird weiter unten gezeigt werden, dass Eisen-Rost ein konkretes Beispiel eines Eisen-Produktes ist, in dem die das Protein und die Kohlenhydrate zusammensetzenden Elemente gegenwärtig sind.

Immerhin ist bekannt, dass Eisen nicht das einzige metallische Element ist, welches die Fähigkeit hat, in ähnliche Verbindungen mit den das Protein zusammensetzenden Elementen zu treten. Kalzium und Magnesium sind die beiden anderen Metalle, die derselben organischen Kategorie angehören wie das Eisen, deshalb sind sie, mit letzterem zusammen, die einzigen metallischen Elemente, welche unter allen Umständen für das Pflanzenwachstum notwendig sind (12). Wenn aber auch Kalzium und Magnesium mit den Protein-Elementen ähnliche Verbindung ergeben, so bilden sie doch nicht zwei Reihen von Salzen wie die Ferro- und Ferri-Verbindungen, deren Vorhandensein, wie oben unter III gezeigt wurde, ein Anzeichen ist für die Fähigkeit der Eisen-Verbindungen, unter angemessenen Umständen Oxydations- oder Reduktionsprozesse zu bewirken.

Die Beziehungen zwischen den chemischen Prozessen, welche einerseits die Oxydation des Eisens, oder die ursprünglichsten Stufen der Pflanzen-Ernährung aufweisen, wurde durch die Tatsache belegt, dass beim Rosten des Eisens unter atmosphärischen Bedingungen der Zutritt von Wasser und die Fixation von Kohlensäure und Ammoniak stattfindet. Diese drei Verbindungen, deren Kombination resp. Fixa-

tion bei der Oxydation des Eisens bewirkt wird, liefern einen hohen Prozentsatz des Materials der lebenden Substanz, entweder direkt oder indirekt durch Pflanzen und gewisse Bakterien wie die Nitro-Bakterien.

Nach ROSCOE und SCHORLEMMER (16) p. 1270 hat völlig oxydierter Eisenrost eine dem Limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$) sehr ähnliche Zusammensetzung. Ebendort sagen dieselben Autoren, dass nach VAN BEMMELN tatsächlich alle roten Ferri-Hydrate kolloidale Körper sind und dass der Wassergehalt derselben vom atmosphärischen Wasserdampf-Druck abhängt, mit dem sie im Gleichgewicht stehen. Ausser dem in der eben zitierten Formel angegebenen Wassergehalt, der sich wahrscheinlich auf den trockenen Körper bezieht, steht fest, dass frischer feuchter Eisen-Rost von beträchtlichen Wasser-Quantitäten begleitet wird, deren Anwesenheit eine der notwendigen Bedingungen für die Rost-Bildung ist.

G. T. MOODY (15) hat gezeigt, dass frisch gebildeter Eisenrost 12 - 8% Ferro-Carbonat und 36 - 23% Ferri-Oxyd enthält. Nach MOODY und anderen (16) p. 1218 greift die im Wasser gelöste Luft-Kohlensäure Eisen unter Bildung von Ferro-Carbonat an, welches der Luft ausgesetzt, sich dann leicht in Ferri-Oxyd verwandelt. Diese Verbindung des Eisens mit der Kohlensäure ist ähnlich derjenigen, welche nach LIESKE das *Spirophyllum* braucht, um bei seiner Ernährung die Kohlensäure zu fixieren (siehe oben II).

Die Fixation von Ammoniak im Rost unseres technischen Eisens wird durch die Gegenwart kleiner Ammoniak-Mengen im Rost bewiesen. DONATH und INDRA (20) stellen die Erwägung auf, dass Ferri-Sulfat, durch Oxydation des Ferro-Sulfids entstanden, zusammen mit dem schwachsauren Ferri-Hydroxyd geeignet sei, Spuren von Ammoniak aus der Luft zu binden.

Es sei zugestanden, dass die Fixation von Ammoniak, welches ursprünglich aus dem Zerfall von Organismen stammt, im Eisen-Rost für die Frage nach der Entstehung des Lebens nicht von übergrosser Bedeutung ist. Aber NEWTH (21) schreibt, dass Ammoniak von den Fumarolen Toscanas ausgeschieden wird, dass Ammoniak-Chlorid in der Nachbarschaft tätiger vulkanischer Stellen sich bildet, und dass in kochenden wässerigen Lösungen von Ammon-Chlorid in geringem Masse Dissoziation stattfindet, sodass das Ammoniak teilweise mit dem Dampf entweicht. Werden diese Feststellungen gewürdigt, so sieht man, dass Ammoniak nicht ausschliesslich organischen Ursprungs zu sein braucht.

Sowohl Schwefel wie Phosphor sind in geringen Mengen im käuflichen Eisen vorhanden (16) und beim Prozess des Rostens können diese Elemente in den Rost übergehen. Aus diesem Grund und wegen der oben dargelegten Feststellungen enthält der Rost unseres käuflichen Eisens offenbar bei seiner Bildung an der Atmosphäre unter Umständen alle häufigen Bausteine des Proteins und der Kohlenhydrate, nämlich Wasser, Carbonate, Oxyde, Ammoniak, Schwefel und Phosphor.

Es fragt sich nun, in welchem Umfang die chemischen Prozesse des Eisen-Rostens sich in der Natur finden, denn die Untersuchungen darüber haben sich hauptsächlich auf das von Menschen hergestellte Eisen bezogen. Wie diese Frage anzusehen ist, wurde oben im Abschnitt III behandelt, wo gezeigt wurde, dass auch einzelne natürliche Eisen-Formen gleichfalls der Oxydation unterliegen. Schwefel und Phosphor sind in ihrem Auftreten nicht auf technisches Eisen beschränkt, denn bei Analyse von 4 Meteoriten, welche ROSCOE und SCHORLEMMER (15) p. 1212 anführen, zeigt sich, dass drei derselben gemeinsam Schwefel und Kohlenstoff und zwei Phosphor enthalten. In Anbetracht dieser Tatsache kann angenommen werden, dass die Korrosion einiger natürlicher Eisen-Sorten nicht wesentlich verschieden ist von dem Rost-Prozess des technischen Eisens.

V. EIGENSCHAFTEN DES EISENS BEZÜGLICH DES COLLOID-ZUSTANDES.

Da jetzt bekannt ist, dass die Lebens-Erscheinungen weitgehend vom kolloidalen Zustand des die Organismen aufbauenden Materials abhängig sind, erfordern die

Beziehungen des Eisens zum kolloidalen Zustand besondere Erwägung. Bereits vor mehr als 60 Jahren sprach THOMAS GRAHAM (22) aus, dass der kolloidale Zustand wahrscheinlich angesehen werden könne als die primäre Quelle der Energie, welche bei den Lebensprozessen in Erscheinung tritt. Alle neuen Arbeiten der Kolloid-Forscher betonen intensiv die übergrosse Bedeutung des kolloiden Zustandes bei lebenden Organismen

Es ist bekannt, dass Eisen-Rost hauptsächlich aus kolloidalem Material besteht. Kolloidales Ferri-Hydroxyd ist eine wohl bekannte Substanz, die man in verschiedenen Formen mit weit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften hergestellt hat. OSTWALD (23) zeigt, dass flüssige Eisen-Hydroxyd-Lösungen in Konzentration von Suspensoid-Charakter erhalten werden können, während andererseits auch eine Gel-artige Emulsoid-Modifikation bekannt ist. Wenn kolloidales Ferri-Hydroxyd auch in der Technik der kolloid-chemischen Untersuchungen als Typ eines positiv geladenen Suspensoids in Gebrauch ist, so schreibt doch H. BECHOLD (25), dass H.W. FISCHER ein negativ geladenes Hydrosol des Ferri-Oxyds hergestellt hat, welches eine tief rubin-rote Lösung darstellt, die viel mehr als ihr eigenes Gewicht an Sauerstoff aufzunehmen vermag und welche FISCHER, da sie auch sonst noch einige Eigenschaften des Haemoglobins besitzt, als "synthetisches aktives Haemoglobin" bezeichnet. THOMAS GRAHAM (25) stellte gleichfalls kolloidales Ferri-Hydroxyd her und machte auf seine merkwürdige Ähnlichkeit mit venösem Blut aufmerksam. Auch fand er, dass beide Flüssigkeiten bei weiterem Vergleich einander im Aussehen ihrer Koagula und in ihrer leichten Denaturierbarkeit gleichen. Diese den Arbeiten von FISCHER und von GRAHAM entnommenen Angaben werden hier angeführt um zu zeigen, dass kolloidale Zubereitungen anorganischer Eisenverbindungen einige Eigenschaften besitzen, die denen hochkomplexer organischer Substanzen gleichen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG.

Die Möglichkeit, dass das Eisen mit der Entstehung des Lebens im Zusammenhang steht, wird durch folgende Eigenschaften des Eisens resp. seiner anorganischen Verbindungen wahrscheinlich gemacht:

1.) Die Oxydation von Eisen-Verbindungen findet im Boden wie in den Gewässern statt; ebenso die Oxydation metallischen Eisens von Form der Spiculae gewisser Basalte wie auch von gröberen oder feinst verteilten Massen meteorischen Eisens. Man kann annehmen, dass derartige Oxydationen ursprünglichen Organismen die Energie liefern in ähnlicher Weise, wie nach LIESKE das *Spirophyllum* die Energie für seine Lebenstätigkeit durch die Oxydation von Ferro-Carbonat gewinnt. Dieser Prozess stellt physiologisch betrachtet einen Atmungsvorgang dar.

2 a.) Das Eisen verbindet sich mit allen häufigen, das Protein und die Kohlenhydrate aufbauenden Elementen (ausser Wasserstoff) in Form von binären Verbindungen, nämlich: Eisen-Karbide, -Oxyde, -Nitrite, -Sulfide und -Phosphide. Gerade bei dem Ausnahmefall des Wasserstoffs ist eine Verwandtschaft selektiver Art insofern vorhanden, als das Eisen, in diesem Gas erhitzt, es aufnimmt und so vielleicht unter Umständen bestimmte Verbindungen mit ihm bildet.

2 b.) Das Eisen vereinigt sich mit den das Protein und die Kohlenhydrate zusammensetzenden Elementen in Form von ternären und quaternären Verbindungen, wie Eisen-Carbonat, -Hydroxyden, -Nitraten, -Sulfaten, -Phosphaten und sauren Salzen, die zusammen alle Protein und Kohlenhydrate zusammensetzenden Elemente enthalten.

2 c.) Der Prozess des Rostens bewirkt neben der Aufnahme des Wassers auch die Festlegung von Kohlensäure und Ammoniak durch das Eisen.

Die kombinierenden und selektiven Beziehungen mit den Protein und Kohlenhydrate zusammensetzenden Elementen, welche oben dargelegt wurden, machen es wahrscheinlich, dass das Eisen gewirkt haben kann oder noch wirke als der Körper, welcher die Elemente zur Bildung von Protein und Kohlenhydraten oder Verbindun-

gen derselben zusammenbringt. Ein konkretes Beispiel für die Fähigkeit des Eisens zum Zusammenbringen von Verbindungen dieser Elemente liefert uns der Rost des technischen Eisens, der die Fähigkeit besitzt, sich durch alle häufigen Protein und Kohlenhydrate bildenden Elemente zu ergänzen. LIESKES Kulturen geben uns ein konkretes Beispiel der durch Organismen stattfindenden Verwendung der zusammenbringenden Eigenschaften des Eisens bezüglich der Kohlensäure, da ein Prozess, welcher dem Rosten des Eisens überaus ähnlich ist, und bei dem auch Kohlensäure in Funktion tritt, *Spirophyllum* mit Kohlenstoff versorgt.

3 a.) Eisen-Rost stellt einen kolloidalen Zustand dar oder nähert sich demselben wenigstens sehr.

3 b.) Ferri-Hydroxyd wie Ferri-Oxyd sind geeignet, die hauptsächlichsten Bestandteile von in ihren Eigenschaften weit verschiedenen kolloidalen Zuständen, wie Suspensioide, Emulsoide, positiv und negativ geladenen Kolloiden zu bilden.

Es kann angenommen werden, dass einige der chemischen Prozesse, wie Oxydation und Hydratisation, welchen Eisen und einige seiner Verbindungen unterworfen sind wenn sie mit Wasser und Kohlensäure in Berührung kommen, in der Vergangenheit oder auch noch in der Gegenwart die primitivsten kolloidalen Zustände des Protoplasmas gebildet haben, des Protoplasmas, welches in seiner lebendigen Ausbildung als Kolloid-Komplex aus verschiedenen Formen von Kolloiden, wie Suspensioide, Emulsoide, Sols und Gels besteht (26). Die chemischen Grundlagen dieser beiden Prozesse, der Oxydation und der Hydratisation, welche die primären Faktoren bei der Erzeugung des kolloidalen Zustandes aus dem Eisen sind, stellen die grundlegenden Faktoren für die Forterhaltung des Lebens dar

LITERATUR.

- (1) HAAS, P. and HILL, An Introduction to the Chemistry of Plant Products, II, p. 1, 1922. - (2) MOORE and WERSTER, Roy. Soc. Proc. B., vol. 87, p. 163 and p. 556, 1913 and 1914. - (3) SACHAROFF, Das Eisen als das tätige Prinzip der Enzyme und der lebendigen Substanz, translated into German by M. RECHTSAMER (Gust. Fischer, Jena 1902. - (4) MACALLUM, Quart. Jour. Micro. Science, 38, pp. 175-274, 1895. - (5) MACALLUM, Transactions of Canadian Institute, vol. I, part. II, p. 271, 1891. (6) HALLIBURTON, Handbook of Physiology, 11. edition, pp. 465 and 366, 1913. - (7) Quoted by SACHAROFF (3, p. 34) and by LOEB, The Dynamics of Living Matter, p. 15, 1906. - (8) GOLA, Abstract in Jour. Chem. Soc., vol. CXVIII, Abs. 1, p. 208, 1920. - (9) RAY, Journal of General Physiology, V, 4, 469-478, 1923, V., 5, 611-622. - (10) LIESKE, quoted by HARDER, Iron-depositing Bacteria and their Geologie Relations, U.S. Geological Survey Professional Paper 113, pp. 13, 77, 78, 1919.- (11). BALY, HEILBRON and BAKKER, Jour. Chem. Society Trans., vol. CXIX, p. 1032, 1921. - (12) PFEFFER, The Physiology of Plants, Ewart's Translation, vol. I, p. 411, 1900. - (13) DUGGAR, Plant Physiology, p. 180, 1914. - (14) MOLISCH, HANS, Mikrochemie der Pflanze, 2. Auflage, 41, 1921. - (15) MOODY, Journ. Chem. Soc., vol. LXXXIX, p. 720, 1906. - (16) ROSCOE and SCHORLEMMER, A Treatise on Chemistry, vol. II, part II, p. 1218, 1923. - (17) SEE MINCHIN, Presidential Address to Zoological Section, British Assoc. for the Advancement of Science, Manchester, p. 4, 1915. - (18) WILSON, The Cell in Development and Inheritance, 2. Edition, pp. 30, 31, 1911. - (19) HALLIBURTON, Handbook of Physiology, 11. Edition, p.416, 1913. - (20) DONATH and INDRA, Abstract in Journ. Soc. Chem. Ind., vol. 30, p.959, 1912.- (21) NEWTH, Text-book of Inorganic Chemistry, pp. 272, 546, 1912. - (22) GRAHAM, THOMAS, quoted by MOORE and EVANS, Roy. Soc. Proc. B., vol. 89, p. 17, 1915. - (23) OSTWALD, A Handbook of Colloid Chemistry, translated by M.H.FISCHER, p. 136, 1919. - (24) BECHHOLD, Colloids in Biology and Medicine, translated by BULLOWA, p.p. 384, 385, 1919. - (25) GRAHAM, THOMAS, quoted by HERBERT SPENCER, The Principles of Biology, p. 17, 1898. - (26) SEE PRICE, Annals of Botany, XXVIII, p.229, 1914, as to presence of hydrogels in protoplasm.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Ein Beitrag zur Theorie der Beziehung des Eisens zur Entstehung des Lebens 377-384](#)