7. Ueber die Entstehung der Seeerze.

Von Herrn F. M. Stapff in Falun.

Hierzu Tafel I.

Die Geologie der Gegenwart sucht durch Bezugnahme auf einfache Thatsachen, die in der Natur fortwährend beobachtet, und deren Ursachen und Wirkungsart durch angestellte Versuche erläutert werden können, die Erscheinungen der Bildung und Umbildung der Erdkruste zu erklären, welche lange vor dem Auftreten des Menschengeschlechts Statt fanden, und welche so grossartig sind, dass die ehemalige Geologie zu ihrer Deutung Prozesse anzunehmen genöthigt war, für welche unsere Zeit keine Analogie darbietet.

In vielen Fällen ist jetzt die Zeit der einzige Factor, welchen der experimentirende Geologe in seine Versuche nicht einzuführen vermag. Da die ganze geschichtliche Zeit nur als ein Element der Zeit des Daseins der Erde betrachtet werden kann, so können wir gewöhnlich auch nur die Elemente der Veränderungen, die noch beständig auf der Erdkruste Statt finden, beobachten. Durch Zusammenlegung dieser kleinen Veränderungen treten doch als Summen Wirkungen hervor, die nur durch die kühnsten Hypothesen erklärt werden konnten, so lange man die für dergleichen Erfolge nöthigen Zeitlängen nicht berücksichtigte. Es giebt jedoch geologische Erscheinungen, deren Anfang und Ende der Mensch wahrnehmen kann; solche sind nicht nur die plötzlichen, lokalen, aber heftigen Kraftäusserungen der Vulkane, sondern auch diejenigen, die von dem auflösenden Vermögen des Wassertröpfchens, und von dem Vermögen des niedrigsten und kleinsten organischen Lebens, mineralische Stoffe auszufällen, abhängen.

Unter vielen hierher gehörenden Beispielen ist die Bildung der Seeerze gewiss eines der bemerkenswertheren. Sie fährt ununterbrochen fort und so rasch, dass die erzführenden Seen fortwährend Ernten geben, weshalb auch Svedenborg von dem Seeerze mit Recht sagt: „— — — — estque thesaurus hic

perennis et inexhaustus". Sie giebt unmittelbare Erklärungen über das Entstehen vieler Eisenlagerstätten der vorgeschichtlichen Zeit und Fingerzeige selbst über die Bildungsart auch der ältesten Eisenerzlagerstätten.

Da die Seeerze hinlänglich bekannt sein dürften, so werden wir hier nur diejenigen ihrer Eigenschaften betrachten, die vielleicht zur Erklärung ihrer Bildung beitragen können, ohne in eine umständliche Beschreibung einzugehen. Die Wiesen- und Sumpferze stehen offenbar mit den Seeerzen in einem so nahen Zusammenhang, dass man von den einen nicht sprechen kann, ohne der anderen mit zu gedenken. Aeltere schwedische Mineralogen, besonders Wallerius halten die Seeerze für weggespülte und auf dem Seeboden abgesetzte Wiesenerze. Hausmann ebenso, und Bischof hat dieselbe Ansicht, nach welcher die Wiesenerze als die primären unter diesen Bildungen abgehandelt werden sollten. Wir werden jedoch finden, dass alle Bedingungen zur Bildung der Seeerze auf dem Seeboden gegeben sind, und dass viele Wiesenerze nichts Anderes sein können, als ehemalige Seeerze, welche durch die Verwandlung der Seen in Sümpfe, Moore und Festland auf's Trockene gekommen sind; doch soll nicht bestritten werden, dass fliessende Wässer, welche Lager von Wiesenerz durchschneiden, Theile davon in die Seen führen können, auch nicht, dass Wiesenerze und verwandte Bildungen, wie z. B. Dänemarks, Hollands und des nördlichen Deutschlands, Oort, Uurt, Oehr, Ortstein u. a. auf dem trockenen Land gebildet worden sind und werden.

Geographische Verbreitung der See- und Sumpferze.

Alte Autoren legen dem Auftreten der Sumpferze in schneereichen und sehr kalten nördlichen Gegenden ein grosses Gewicht bei und schliessen daraus, dass die „Hitze der Sonne und die Kälte des Herbstes" zu ihrer Entstehung mitwirken. Ohne zu vergessen, dass wiesenerzartige Bildungen auch in Kordofan, auf dem Caplande und in Ost-Indien gefunden sind, und ohne auf den angedeuteten, unmittelbaren Zusammenhang zwischen Klima und Erzbildung grosses Gewicht zu legen, kann nicht geläugnet werden, dass die meisten bekannten See- und Sumpferze dem Norden angehören. Dasselbe gilt auch von wirklichen Torfmooren, die auf den

Ebenen der nördlichen Halbkugel nördlich von dem 46. Breitengrade und unter den Wendekreisen nur auf hohen Gebirgen, wo das Klima dem der nördlichen Gegenden gleicht, gefunden werden. Ein Zusammenhang zwischen Torfbildungen auf der einen Seite und Limonitbildungen anf der anderen dürfte aus diesem Umstand allerdings nicht gefolgert werden, wenn er nicht durch die Thatsache angedeutet würde, dass die meisten derartigen Erzlagerstätten torfreichen Gegenden angehören.

Wir sehen kräftige Beweise dieser Behauptung in Skandinavien, wo See- oder Sumpferze zwar in keiner einzigen Provinz gänzlich zu fehlen scheinen, wo sie aber hinsichtlich der Quantität sehr verschieden vertheilt sind. Am häufigsten kommen sie in Småland, dem südlichen Oestergötland, dem nordwestlichen Dalarne, Herjeådalen und Theilen von Jemtland und in ganz Norrland, seltener in Helsingland, Gestrikland, dem südöstlichen Dalarne und Wermland vor; in einigen Provinzen z. B. Upland, Södermanland, Westergötland u. a. fehlen sie beinah ganz und gar. Ueberfluss an Kohlen und Mangel an Bergerz mag gewiss eine Hauptursache sein, dass man in etlichen Provinzen (z. B. Småland) diesen Erzen mit grösserem Fleisse nachgeforscht hat und darum ihre Verbreitung besser kennt, als in anderen, wo Vorrath von Bergerz, Mangel an Kohlen oder an Bevölkerung verursachen, dass auch bekannte See- und Wiesenerze unbenutzt liegen; aber dennoch kann niemand behaupten, dass Massen davon in allen Provinzen zu finden wären, wenn sie nur gesucht würden. Beim Forschen nach annehmlichen Gründen für ihre verschiedene Vertheilung im Lande müssen wir nach anderen Erscheinungen suchen, die eine ähnliche geographische Verbreitung zeigen. Die an solchen Erzen reichsten Provinzen haben einen sandigen Boden, sind wenig angebaut und reich an Wäldern und Torfmooren. Die letzteren machen, dass das Wasser der Bäche und Flüsse von gelösten Humussäuren oder humussauren Salzen eine bräunliche Farbe annimmt. Schon Linné bemerkte, dass derartige Wässer in Småland eine Infusion von Thee schwarzfärben, und vermuthete ihre Thätigkeit bei der Bildung des Seeerzes. Dieselbe dunkle Farbe ist mehreren Flüsschen Deutschlands eigenthümlich, welche deshalb „schwarz“ heissen, und welche gewöhnlich durch moorreiche, sumpferzführende Gegenden

fliessen*) (z. B. Schwarze Elster). Sprengel, und nach ihm viele andere Verfasser glauben, dass ein Boden von Sand und Grus eine Hauptbedingung für die Bildung der Torfmoore sei. Im Einzelnen könnte dagegen Vieles einzuwenden sein, aber nicht im Grossen, wenn man z. B. die Verbreitung der Torfmoore in Holland, durch Friesland, über Dänemark, Mecklenburg, Pommern und Brandenburg betrachtet, wo Sandboden der herrschende ist. In Schweden findet man in der That Torfmoore auf allen möglichen Gesteinen; sie fehlen nicht auf dem Kalkstein Gotlands, auf Uplands und Södermanlands Mergel- und Thonboden, aber die meisten kommen doch in den Gegenden vor, wo der Sand, gerollter Kies, Glacier-Schutt und Sandstein herrschen, und dasselbe gilt auch von den See- und Wiesenerzen. Noch deutlicher spricht für obige Vermuthung die Abwesenheit des Limonits in Provinzen, wo Flötz-Kalk, kalkiger Thon und Mergel vorherrschen. Die verschiedene Lösbarkeit der Bestandtheile obengenannter Berg- und Erdarten in Wasser und die Reaktion ihrer kalkigen Bestandtheile auf Eisenlösungen dürften wohl das häufige Auftreten der See- und Wiesenerze zusammen mit Sand und Grus besser erklären, als die Unfruchtbarkeit, die dünne Bevölkerung und der Reichthum an Torfmooren in den Limonit-reichen sandigen Gegenden. Auch müssen wir hier nicht vergessen, dass das mikroskopische organische Leben zu diesen Erzbildungen mitwirkt, und dass nach de Brébisson die Desmidien in Gegenden mit kalkigem Boden seltener sind als in denen mit Granit-, Quarz- oder Schiefer-Grund.

Da die See- und Wiesenerze Fällungen aus eisenhaltigen Wässern sind, so muss in seeerzreichen Gegenden eine grössere Menge solcher Wässer vorkommen als in solchen, wo sie fehlen. Der braungefärbten, eisenhaltigen Ströme wurde schon er-

---

*) Im Canton Neuchâtel sammelt sich in dem rings geschlossenen Jurathal Vallée des Ponts das Wasser in den Torfmooren dieses Thales, fliesst durch die sog. „Emposieux“ ab und tritt 274 M. tiefer im Thale der Reuse als eine so starke Quelle zu Tage, dass davon (unmittelbar am Ausflusse) 5 Räder getrieben werden. Dieses Wasser ist zu Zeiten von aufgelösten Humussubstanzen braun gefärbt, weshalb die Quelle „La Noire aigue“ heisst. Gleichen Namen führt das nahebelegene Dorf und Station der Neuchâtel-Pontarlier Eisenbahn.

wähnt, und an eisenhaltigen Quellen ist keine schwedische Provinz so reich als Småland. Ohne Zweifel hängt das Vermögen des Wassers, Mineralsubstanzen aufzulösen, zunächst von einem Gehalt an Verwesungsproducten ab, welche in torf- und waldreichen Ländern am häufigsten sind; aber eben so gegründet ist auch die Behauptung des PLINIUS: „tales sunt aquae, quales terrae per quas fluunt", welche in den Bergen und dem Boden von Gegenden, wo eisenhaltige Quellen (und Seeerze) gefunden werden, Eisen in auflöslicher Form voraussetzt. Die Anwesenheit von Eisen in beinahe allen Bergarten Schwedens würde die Bildung der Seeerze in allen Theilen des Landes möglich machen; denn SVEDENBORG sagt gewiss mit Recht: „Mars per omnes Sueciae provincias sparsus est". Nicht nur die meisten Bergarten, sondern auch die losen Sand-, Grus- und Lehm-Ablagerungen enthalten Eisen genug, um alles durchströmende Wasser in Gesundbrunnen zu verwandeln, wenn es dasselbe zu lösen vermöchte. Die grössere oder geringere Auflöslichkeit des Eisens aber hängt nicht nur von dem Gehalte des Wassers an organischen oder unorganischen Säuren ab, sondern auch und besonders von der mineralogischen Zusammensetzung der eisenhaltigen Bergarten. Kalireiche Feldspathe (z. B. gewöhnlicher Orthoklas) werden durch Säuren (z. B. Kohlensäure, in Wasser aufgelöst) viel langsamer und unvollständiger zersetzt, als die natron- oder kalkreichen (z. B. Oligoklas, Labrador, Anorthit). Die Eisentheilchen, die sich im ersteren finden könnten, sind deswegen dem Wasser viel unzugänglicher als dergleichen in Labrador oder Anorthit. Augite und Amphibole werden um so leichter von saurem Wasser zersetzt, je reicher sie an Eisen sind; besonders sind gewisse Augite bei Einwirkung der Atmosphärilien der Verwitterung stark ausgesetzt. Die Verwitterung aller dieser so eben genannten Mineralien wird sehr beschleunigt, wenn die Bergart, welche sie zusammensetzen, Schwefelkies enthält. Es mag uns deshalb nicht verwundern, dass ein Granit aus Orthoklas, Quarz und sehr schwer verwitterndem Glimmer an ein durchströmendes Wasser nicht viele mineralische Bestandtheile abgiebt, dass aber Mineralwasser entsteht, wenn das Wasser den Weg durch Bergarten nimmt, welche mit Oligoklas, Anorthit, Augit, Amphibol u. a. bestehen und nebenbei an Kiesen reich sind.

Der Amphibolit, Diorit, Hyperit, Diabas, Gabbro und

Schillerstein, gewöhnlich Schwefelkies, Kupferkies, Magnetkies, Magnetit und Titaneisen als accessorische Bestandtheile enthaltend, sind in Småland sehr gewöhnlich und unter dem Namen „Grönstenar“ oder „Jernbindor“ allgemein bekannte Bergarten, deren Einfluss auf die Bildung der See- und Wiesenerze von Wallerius und seinen Nachfolgern hervorgehoben wurde. Bei Hausmann finden wir, wenn auch in einer etwas modernen Form, die Ansicht S. Rinman's. Der letztere sagt nämlich: „Besonders sind allerlei „Jernbindor“, die aus Hornblende bestehen und mit einer Menge solcher Säure (Vitriolsäure) versehen sind, zur Hervorbringung von dergleichen Erzen sehr geneigt.“ Auch im Auslande, z. B. am Harz und auf dem Thüringer Wald hat man einen nahen Zusammenhang zwischen Hyperit und sumpferzartigen Ockerablagerungen beobachtet. Der Magnetit- und Titan-Gehalt der „Grünsteine“ ist wahrscheinlich an der Entstehung der See- und Wiesenerze sehr unschuldig; denn unverwitterten Sand dieser beiden Mineralien findet man in vielen limonitführenden Seen Smålands und Dalarnes.

Forchhammer leitet jedoch die Oehre-Bildung der dänischen Dünen-Seen von dem Titaneisensand ab, den man auf ihrem Boden trifft, und Wallerius betrachtet den Eisengehalt der schwedischen Berge als eine Hauptbedingung der Entstehung der Seeerze.

Grünsteine findet man in den meisten Provinzen, wo Wiesen- und Seeerze vorkommen, besonders in Wermland und längs den skandinavischen Alpen in Herjeådalen und Jemtland. Es mag jedoch unrichtig sein, das Vorkommen dieser Bergarten in anstehenden Massen als eine unumgängliche Bedingung des Auftretens der See- und Wiesenerze in der betreffenden Gegend zu betrachten; denn kräftiger als auf feste Felsen wirkt das Wasser auf Bergarten, deren Detritus als Grus, Sand und Thon weit von dem Punkt abgesetzt sein kann, wo die fraglichen Bergarten anstehend gefunden werden.

Legen wir die hier hervorgehobenen Erfahrungen zusammen, so stellt sich heraus, dass die See- und Wiesenerze den Gegenden vorzugsweise angehören, welche an Wäldern und Torfmooren reich sind, deren Boden aus Grus und Sand besteht, welche Flötz-Kalk, kalkigen Thon und Mergel entbehren, und wo Grünsteine oder andere Bergarten vorherrschen, welche eisenhaltige Wasser veranlassen können.

Art des Vorkommens der Seeerze.

Sind mehrere Seen durch ein Flüsschen verbunden, so enthalten gewöhnlich alle die Glieder dieses Wassersystems unterhalb eines erzführenden Sees mehr oder weniger Erz; dagegen kann man nicht mit gleicher Bestimmtheit schliessen, dass auch oberhalb liegende Seen und Wasserläufe erzführend sind. Auch ist die Erzquantität nicht durch das ganze, zusammenhängende, erzführende Wassersystem gleichförmig vertheilt. Zwischen zwei reichen Seen kann öfters ein armer liegen, und die Menge des Erzes, sein Eisengehalt und seine accessorischen Bestandtheile, Struktur und Formverhältnisse wechseln nicht nur auf verschiedenen Punkten desselben Wassersystems, sondern sogar auf verschiedenen Stellen desselben Sees. Aeltere Autoren behaupten, dass in grösserer Tiefe als 6 (Swedenborg), 12 bis 14 (Wallerius) Fuss Seeerze in grösserer Menge nicht vorkommen; die Erzfischer der Gegenwart geben eine solche Grenze bei einer Tiefe von etwa 30 Fuss an. Findet eine solche Thatsache wirklich statt, so wird dadurch auf das Bestimmteste ein Abhängen der Seeerzbildung von Wasserdruck und Sonnenlicht unter Vermittelung z. B. von der Mitwirkung des organischen Lebens angedeutet. Man darf jedoch vermuthen, dass man bei Anwendung von Geräthschaften, welche die Förderung des Seeerzes aus noch grösserer Tiefe erleichtern, die so eben erwähnten Grenzen ferner erweitert finden werde, und es ist nicht unmöglich, dass grosse Erzmassen auf dem Boden manches tiefen Sees unberührt liegen, welcher jetzt als geerntet angesehen wird. Es ist gewiss, dass das Erz nicht über den ganzen Seeboden gleichmässig vertheilt vorkommt, sondern in runden oder länglichen Flecken, deren Längenausdehnung meist von Osten nach Westen gerichtet sein soll. Da diese Erzstreifen meistens auf Untiefen liegen, deren Richtung von dem Laufe der Sonne unabhängig ist, so darf man auf die angedeutete ostwestliche Richtung der Erzbänke kein allzu grosses Gewicht legen; findet sie statt, so wird dadurch wiederum ein Zusammenhang zwischen organischem Leben und der Bildung der Seeerze angedeutet, welchen häufig vorkommende Erzablagerungen auf seicht liegenden Schilf- und Rohrbänken bestätigen. Letztere ziehen meistentheils in einiger Entfernung von dem Strande, ohne ihn zu berühren, und sollen

die Erzbänke dem Strande selten auf weniger als 30 bis 40 Fuss nahe kommen. Die Richtung der Bänke in Seen wird ausser durch die Stromrichtung auch durch die Streichrichtung schieferiger Bergarten, welche das Seebassin umkleiden, und durch die Richtung, in welcher Glacier-Grus daselbst abgesetzt worden ist, bestimmt. In vielen Fällen wirken diese Faktoren so zusammen, dass zwischen seicht liegenden Bänken ein Parallelismus entsteht, welches dann auch mit den Erzablagerungen auf denselben der Fall ist. Eine Karte über die Erzbänke eines Sees würde dadurch in vielen Fällen Aehnlichkeit zeigen mit der Projection der Erzfälle eines Ganges auf die Gangfläche.

Ferner soll die Beschaffenheit des Seebodens auf die Erzablagerungen von Einfluss sein, da sich diese öfters auf schlammigem Boden, sandigem und feinem Grus, aber nicht gern auf einem Boden von groben Steinen finden. In dieser Hinsicht mag jedoch die Bemerkung erlaubt sein, dass auch grosse Steine in erzführenden Seen öfters mit hart ansitzenden Erzkrusten überzogen sind, und dass es sehr schwer ist, von einem mit Steinen besäeten Boden Seeerz aufzuholen. Da Wasserpflanzen vorzugsweise auf feinem Sand und Schlamm gedeihen, so würde übrigens der Einfluss der Beschaffenheit des Bodens auf die Bildung des Seeerzes durch den Zusammenhang letzterer mit der Vegetation erklärt werden können. Schlamm und feiner Sand können nur in ruhigem Wasser abgesetzt werden; in Strömen werden sie weggespült und lassen Steine und groben Grus zurück. In Flüsschen, welche erzführende Seen verbinden, findet man Erz nur in tiefem, ruhigem Wasser oder an der convexen Seite der Krümmungen, nicht in reissenden Strömungen. Eine ähnliche Einwirkung der Schnelligkeit des Wassers auf das Absetzen des Erzes muss auch in den Seen stattfinden, und dadurch kann die erwähnte Verschiedenheit in der Ablagerung auf schlammigem und auf steinigem Boden verursacht werden. Ein unmittelbarer Einfluss von Strömungen auf die Vertheilung des Erzes im See wird auch durch die Thatsache bestätigt, dass in gewissen Seen auf derselben Stelle beinahe jährlich Erzgewinnung stattfinden kann. Die Bildung des Seeerzes geht allerdings ununterbrochen fort, und das Erz „wächst nach“; dieses aber geschieht so langsam, dass zu der Bildung einer gewinnungswürdigen Erzschicht angeblich 15 bis

30 Jahre erforderlich sind; damit also Erzgewinnung jährlich an derselben Stelle geschehen könne, muss Erz daselbst gesammelt werden nicht nur durch neue Bildung, sondern auch durch Häufung, was nur durch Ströme geschehen kann.

Die Mächtigkeit der Seeerze übersteigt selten $1\frac{1}{2}$ Fuss, aber es wird Erz gefördert, wenn es nur 4 bis 6 Zoll oder noch weniger dick liegt. Die Art und Weise der Gewinnung erlaubt nicht, den Boden rein zu machen, und ehemals liess man absichtlich ein dünnes Lager zurück, wodurch man den Nachwuchs zu befördern hoffte. Da die Bildung von Seeerz ununterbrochen fortgeht, könnte man mit Recht mächtigere Ablagerungen an völlig unverritzten Stellen erwarten, aber schon fertige Erze können auch wieder weggelöst werden, um anderswo abgesetzt zu werden, und durch eine Erzkruste kann eine Quelle leicht zugestopft werden, um vielleicht auf einem anderen Punkt hervorzubrechen und die Entstehung einer Erzablagerung zu veranlassen. Dass ohne diese Hindernisse ungewöhnlich mächtige Seeerzlager gebildet werden können, wird z. B. im See Tisken bei Falun bestätigt, wo das Wasser aus der Grube und von den Schlackenhalden in der kurzen Periode von etwa 600 Jahren ein über den ganzen Seeboden ausgebreitetes Lager von Ocker abgesetzt hat, welches an mehreren Stellen über 10 Fuss dick ist.

Die hier hervorgehobenen Verhältnisse erinnern wiederum daran, dass das Pflanzenleben auf irgend eine Weise in die Bildung des Seeerzes eingreifen muss, dass aber auch Ströme und unter dem Wasser sich befindende Quellen die Stellen bestimmen, wo diese Ablagerung erfolgt. Runde Erzflecken, die nicht auf Bänken liegen, auch von der Strömung nicht abhängen, können nur Quellen ihren Ursprung verdanken.

Art des Vorkommens der Sumpf- und Wiesenerze.

Wiesenerze fehlen beinahe niemals in Seeerz-reichen Gegenden und liegen zum Theil so, dass an ihrer ehemaligen Seeerznatur nicht gezweifelt werden kann. Sie werden nicht nur auf dem Boden flacher Thäler gefunden, sondern auch auf wenig geneigten Abhängen und auf dem Gipfel niedriger, breiter Hügel. Sie liegen bisweilen ohne andere Decke als die dünne Dammerde mit einer spärlichen, gelben und kränklichen Grasvegetation, aber öfter werden sie von einem $\frac{1}{4}$ Elle dicken

Lager von sandigem Thon bedeckt mit einer Sumpfvegetation, die nicht selten ockerig inkrustirt ist. Die Ockerabsetzungen, welche mitunter am Fusse der „Sandåsar“ eine Art losen, eisenhaltigen, geschichteten Sandsteins bilden, müssen auch hierher gerechnet werden, sowie die Absätze an eisenhaltigen Quellen, welche unmittelbare Aufschlüsse über die Entstehung einiger dieser Erze bieten. Auf dem Boden tiefer Torfmoore sind Wiesenerzablagerungen nicht so gewöhnlich, wie man vielleicht glaubt, wohl aber in deren Nähe. Ein gelb überzogenes oder irisirendes Wasser deutet oft Erz an, wenn nicht in dem Moore selbst, doch in dessen Nähe und gewöhnlich unterhalb desselben. Sogenannte Moorhälse oder Engen zwischen zwei Mooren pflegen besonders erzführend zu sein. Als ein gutes Zeichen wird angesehen, wenn die Moore nicht eben sind, sondern voller Löcher mit hohlen Hübelchen und verfaulten Baumstümpfen besetzt, um deren Wurzeln sich das Erz in der Form unregelmässiger Klumpen mit zerfressener Oberfläche concentrirt. Ausserdem kommen die Wiesenerze an den angedeuteten Stellen gewöhnlich in unregelmässig gestalteten, abgerundeten oder sternförmigen Flecken vor, von 12, 16 bis 100 Fuss Durchmesser und von einer Mächtigkeit, welche selten 1 Fuss übersteigt. Oft enthalten Wiesenerzlager von dieser Dicke Zwischenlagen von ockerigem Sand, der auch zwischen den verschiedenen Flecken auftritt. Als mit den Wiesenerzablagerungen in nahem Zusammenhang stehend ist hier einer weissen Erde zu erwähnen, welche vielerorts in Schweden (Ronneby, Lillhayysjön, Loka, Degernäs u. a.) besonders aber in Småland vorkommt, wo sie oft unmittelbar unter den Wiesenerzen, öfter in deren Nachbarschaft unter Torfmooren liegt. Sie wird allgemein unter dem Namen „hoit lera“ von den Bauern zum Weissanstreichen der Kamine und Wände benutzt und besteht hauptsächlich aus den Kieselpanzern von Infusionsthieren, in Småland aus kaolinisirtem und mit Infusionsthierpanzern vermengtem Glacier-Grus. (Eine entsprechende Bildung ist die sogenannte „Seekreide“ der Schweizerseen, welche in der Schweiz sehr gewöhnlich unter Torfmooren, bei Dürnten, Uznach u. a. O., unter der sogenannten Schieferkohle lagert.)

Solche „hoit lera“ von Hernsås in Småland enthielt

nach einer 1861 von Herrn TILLBERG im Laboratorium der Bergschule angestellten Analyse:

Wasser . .	6,60
Kieselsäure	85,00
Thonerde .	5,80
Eisenoxyd .	0,20
Kalkerde .	0,65
Talkerde .	1,10
Summa	99,35

und zeigte unter dem Mikroskop zahlreiche Infusionsthierpanzer, namentlich Spongolithen und Pinnularien.*) Diese weisse Erde deutet wiederum auf eine Mitwirkung des organischen Lebens bei den erwähnten Erzbildungen und sagt zugleich, wovon ein Theil des dazu nöthigen Eisens gewonnen worden sei; denn das Bleichen des Glacier-Gruses hängt nicht nur von seiner Verwandlung in Kaolin ab, sondern auch von der Wegführung seines Eisengehaltes.

Wiewohl die fortdauernde Bildung der Wiesenerze nicht so bestimmt als die der Seeerze nachgewiesen worden ist, so kann sie doch in vielen Fällen kaum einem Zweifel unterliegen; es kann aber nicht geläugnet werden, dass die Bildung vieler Wiesenerze schon beendigt ist, wie auch, dass einige, welche unter Torfmooren liegen, sogar vermindert werden, anstatt zu wachsen.

Physische und chemische Eigenschaften der See- und Sumpferze.

Bei Småländischen Hohöfen kann man nur selten und in kleinen Quantitäten den Erzschlamm sehen, welcher in allen Seen, wo die Erzbildung fortgeht, zu finden ist; denn dieser wird nicht heraufgeholt oder wird bei dem Waschen des Erzes weggespült. In der Form solchen ockerartigen Schlammes werden jedoch die Bestandtheile der meisten Seeerze aus-

*) 1857 stellte ich mit solcher hoit lera aus der Gegend von Klefva in Småland einige Schmelzversuche an. Geschlämmt war sie plastisch genug, dass kleine Biscuits daraus geformt werden konnten, welche, nach gehöriger Trocknung im Windofen stark gebrannt, zu einem im Bruch wachsglänzenden, wenig durchscheinenden, schmutzigweissen Email sich zusammenzogen. Mit geschlämmtem Feldspath vermischt, schwanden die Biscuits aus „hoit lera“ beim Brennen weniger und besassen nachher einen weissen, porzellanähnlichen Bruch.

gefällt, ehe sie durch fernere Prozesse hart werden und Glanz, Farbe und Festigkeit annehmen, welche den compakten Erzarten eigenthümlich sind. Dieser Schlamm ist gleich nach der Gewinnung schwarzgrau, bräunlich oder grünlich und voller Pflanzenreste in allen Stadien der Fäulniss. Er reagirt auf blaues Lackmuspapier und trocknet unter Entwickelung übelriechender Gase zu einem grauen oder ockerfarbigen Pulver ohne besonderen Zusammenhang. Frisch heraufgeholt wimmelt er nicht selten von grossem und kleinem Gewürm, welches gewiss mit seiner Bildung nicht das Geringste zu thun gehabt hat.

Zu mikroskopischer Untersuchung derartigen Schlammes nahm ich im Winter Schlamm aus dem See Tisken vor der Hofraithe der Bergschule zu Falun. Folgende Analyse zeigt, dass er hauptsächlich wie gewöhnliches See- oder Wiesenerz zusammengesetzt ist.

Ungelöst in Königswasser	39,9
Organisches und Ammoniak	22,6
Wasser	5,2
Eisenoxyd (mit Spuren von Thonerde)	30,3
Kupferoxyd	0,5
Schwefelsäure	0,4
Phosphorsäure	0,3
Kalk, Talk, Spuren von Mangan, Verlust	0,8
Summe	100,0.

Unter dem Mikroskope zeigt sich besonders eine graue bis dunkelbraune Substanz, bestehend aus grösseren und minderen, unförmlichen, zusammengefilzten und durch Kieselsäure zusammengekitteten Partieen (nicht unähnlich Ackerschollen, deren Höhlungen mit Eis gefüllt sind) sammt gelatinöser Kieselsäure. Die letztgenannte zeigt sich in grösseren und kleineren, eckigen oder abgerundeten Stückchen ohne bestimmte Form, so dass sie an Stücke von in Wasser schmelzendem Eis sehr erinnert. Sie ist grösstentheils wasserklar und farblos, theils graulich und durch ihre poröse Beschaffenheit Schneebreiähnlich; aber viele Stückchen davon enthalten braune Körner von Eisenoxydhydrat, andere haben eine gelbe Farbe, welche in dünnen Splittern sehr licht, in dickeren sehr dunkel ist, so dass sie im Ganzen das Ansehen des Bernsteins oder Kolophoniums haben. Auch die gefärbten Partieen enthalten öfters

kleine Poren und Eisenoxydhydratkörner. Die Kieselsäure in frisch heraufgeholtem Schlamm ist zum Theil noch gallertartig, wovon man sich überzeugen kann, wenn man ein wenig Schlamm nebst einem Wassertröpfchen zwischen zwei Glasscheiben legt, welche unter dem Mikroskop in einer Richtung gegeneinander verschoben werden; es treten dann zwischen den Glasscheiben bandartige, durchsichtige Streifen hervor, welche durch Querspalten in zahlreiche eckige Kieselsäuresplitter zertheilt werden, sobald der eingeschlossene Schlamm trocken geworden ist (siehe Taf. I. Fig. 2). Dieser Versuch gelingt nicht mit vorher getrocknetem Schlamm; auch können nicht alle Kieselsäurepartieen auf diese Weise in Bänder ausgezogen werden, und am wenigsten geschieht dies mit den Kolophoniumähnlichen. Wird glühender Schlamm mit einer kochenden Lösung von kaustischem Kali oder mit Fluorwasserstoff behandelt, so verschwinden die kleinsten Kieselsäurepartieen ganz und gar, die grösseren aber nehmen eine zerfressene, rauhe Oberfläche an und werden nur durch eine fortgesetzte Behandlung mit dem Lösungsmittel aufgelöst. Die gelben Theile werden dabei wenig oder gar nicht verändert und dürften neben Eisenoxydhydrat hauptsächlich Eisensilikate sein. Dem Angriffe von Alkali, Fluorwasserstoff und auch Chlorwasserstoffsäure widerstehen am besten kleine ellipsoidische Körper von der Länge einiger Hunderttheile Millimeter; diese kommen in allen untersuchten See- und Wiesenerzen vor (Fig. 3). Sie erinnern sehr an organische Formen, scheinen aber nichts Anderes zu sein als Eisenoxydsilikate, welche durch Concretion oder durch Abrundnng weniger regulärer Stücke diese Form angenommen haben. Die braune Farbe, am intensivsten in der Mitte, wird gegen die Seiten lichter, bisweilen in dem Grade, dass ein durchsichtiger Kieselsäure-Sack die gefärbte Masse zu umschliessen scheint, welche wegen der zahlreichen inneliegenden dunkleren Körner oder Poren nie ganz durchsichtig ist. Sandkörner werden durch Kali und Fluorwasserstoff auf eine ganz andere Weise geätzt als die übrige Kieselsäure; sie haben auch einen anderen Bruch und eine andere Struktur und oft eine grünliche, lichtblaue oder röthliche Farbe, wodurch man sie unter dem Mikroskope von der gelatinösen Kieselsäure leicht unterscheidet, welche immer die Hauptmasse des Kieselsäuregehalts der gereinigten See- und Wiesenerze ausmacht.

Dieses wird angeführt, weil die Existenz anderer Kieselsäure in Limonit, als mechanisch eingemengten Sandes, in der neuesten Zeit hauptsächlich aus theoretischen Gründen bestritten worden ist.

Die oben genannten dunkelen, zusammengefilzten Massen bestehen grösstentheils aus dem Kolophonium-ähnlichen Eisenoxydhydrat und aus Eisensilikat sammt gelatinöser Kieselsäure und sind von einer schwammigen, porösen und fasrigen Substanz eingehüllt, in welcher man mit 280- bis 590facher Vergrösserung jedoch die einzelnen Fäden nicht unterscheiden kann. Die Kieselsäure imprägnirt diesen braunen Filz, welcher hauptsächlich undurchsichtig ist (Fig. 1 a und b). Oftmals stehen farblose, durchsichtige Röhren daraus hervor, offenbar Kieselzellen mikroskopischer Conferven; andre kleine Algen (Exillarien) sitzen aussen auf wie Krystallbüschel, und im Allgemeinen trifft man die meisten Infusorien in der Nähe dieser braunen, filzigen Massen. Durch Glühen schwinden letztere zusammen, werden compakter, bekommen Sprünge an den Rändern, so dass sie nun aus vielen kantigen, unregelmässig geformten Körnern von dunkelbrauner Farbe und grösserer oder geringerer Durchsichtigkeit zusammengesetzt erscheinen.

Die hervorragenden, farblosen Röhren und Stäbe verändern beim Glühen ihr Ansehen gar nicht. Aber durch Behandlung mit Alkali verschwinden sie, die Oberfläche der braunen Massen wird gleichzeitig angefressen und rauh. Wird das Eisen durch Salzsäure weggelöst, so bleibt eine theils farblose, durchsichtige, theils eine grauliche, halbdurchsichtige Masse zurück, welche ich nicht besser als mit Schneebrei, der mit Eisstückchen vermischt ist, vergleichen kann. Die Kieselskelette der Pflanzen sind wohl erhalten, am deutlichsten, wenn der Schlamm vor der Digestion mit Salzsäure geglüht worden war. Es zeigt sich sehr oft, dass eine Menge Conferven-Fäden, deren Enden hervorragen, gleichwie in ein Knäuel zusammenlaufen, oder dass sie ganz allmälig und nicht deutlich begrenzt in einem porösen Kieselsäuregallert anfangen, woraus sie nach allen Seiten hervortreten, um so schärfer, je länger sie werden (Fig. 4 a). Es ist von grossem Interesse zu sehen, wie die beträchtlichste Eisenfällung eben um solche Gewebe mikroskopischer Algen stattgefunden hat.

Nebst den eben skizzirten Theilen kommen in dem Schlamm

kurze, unregelmässig cylindrische, oft auch eckige, schwarze, faserige Fragmente vor, verkohlten Holzsplittern ähnlich (Fig. 5). In stark durchfallendem Licht und mit geringer Vergrösserung (280) betrachtet, nehmen sie die schönste intensiv azurblaue Farbe an. Da der Schlamm aus dem Tisken, worin sie zuerst beobachtet wurden, ein wenig Kupfer enthält, so hielt ich sie für Kupfer-Indigo oder irgend ein Kupfersalz. Reagentien, unter dem Mikroskope angewendet, zeigten auch deutlich den Kupfergehalt des Schlammes an, nicht aber sein Abhängen von den blauen Splittern; denn ihre Farbe wurde durch Ammoniak, Salzsäure und Salpetersäure nicht verändert. Es wurde jetzt am wahrscheinlichsten, dass die blaue Farbe von irgend einem Eisenoxyduloxydsalz herrührte, da nach Bareswill die blaue, nach Abich die schwarze Farbe Eisensalzen mit 3 Atomen Oxydul und 2 Oxyd eigenthümlich ist. Da die blaue Farbe nicht durch Glühen verschwand, so konnte die Säure dieses Salzes weder organisch (z. B. Gerbsäure), noch Schwefelsäure sein, und die Annahme, dass sie Phosphorsäure sei, wird nicht nur durch die blaue Farbe des Vivianits (wasserhaltiges Eisenoxyduloxydphosphat) begründet, sondern auch dadurch, dass Salzsäure bei längerem Kochen die blaue Farbe dieser Splitter sehr schwer und unvollständig zerstört. Die Farbe wird bei Behandlung mit Salzsäure lichter, violett, eine Mischung von schmutzig Ockergelb und Violett, endlich ockergelb, welche letztere Färbung durch lange fortgesetztes Kochen nicht vollkommen verschwindet. Ich vermuthe, dass durch Salzsäure phosphorsaures Eisenoxydul ausgezogen wird, wobei aber der grösste Theil des phosphorsauren Eisenoxyds ungelöst bleibt. Die Anwesenheit von Phosphorsäure in der sauren Lösung wird unter dem Mikroskope durch Zusatz von einem Tröpfchen Molybdänflüssigkeit entdeckt, wodurch bald kleine lichtgelbe Kugeln ausgefällt werden, welche sich nach und nach in schönen dendritischen Krystallgruppen ordnen; es kann jedoch nicht behauptet werden, dass diese Fällung nahe an den gefärbten Splittern am bedeutendsten sei, wodurch indess nur bewiesen wird, dass die Lösung des Eisenphosphats sehr langsam geschieht. Ich habe mehrere Male beobachtet, dass nach dem Kochen des Seeerzes mit Salzsäure der übrigens ganz weisse Ueberrest von Kieselsäure äusserst kleine schwarze Punkte enthielt, welche unter dem Mikroskope Form und Farbe der

beschriebenen Splitter annahmen und also von nicht zertheiltem Eisenphosphat herrühren dürften.

Durch vorsichtige Reibung des angefeuchteten Schlammes zwischen den Glasscheiben konnten die blauen Körper unter dem Objectiv des Mikroskops bisweilen zerdrückt werden. Sie theilten sich dann parallel mit der langen Achse mit grösster Leichtigkeit in viele Messerklingen-ähnliche Lamellen (Fig. 5 b), welche den Spaltungsformen eines Krystalles nicht unähnlich sind. Zwischen ihnen sitzen nicht selten bernsteinfarbige Lamellen, welche den blauen Splittern fest anhängen (Fig. 5 c).

Da die Splitter nach dem Kochen mit Salzsäure oft eine deutliche Pflanzenstruktur zeigen, so ist wahrscheinlich, dass wir es hier weniger mit Vivianit-Krystallen zu thun haben als mit Pflanzentheilen, welche von diesem Mineral und von Kieselsäure imprägnirt sind. Ich habe unter dem Mikroskope in mehreren Seeerzen deutliche, runde, azurblaue, stängelförmige Pflanzentheile mit farblosen Fibrillen (Fig. 6 a) an den Enden gesehen, welche sich ganz wie diese Splitter verhielten. Auch ein grasgrüner und ein purpurrother und viele violette Stängel wurden beobachtet (Fig. 6 b, c, d). Die meisten davon gehörten nicht Conferven mit einfachen Zellreihen an, sondern zusammengesetzteren Pflanzen mit Zellgewebe, wahrscheinlich Gramineen. Es ist zu vermuthen, dass der Gehalt dieser Pflanzen an Phosphorsäure die Ausfällung des Vivianites in ihren verfaulten Körpern veranlasst hat.

Ich will hier nicht die Kieselpanzer der organisirten Körper besprechen, welche im Schlamm aus dem Tisken vorkommen, weil weiter unten an einer Stelle angeführt ist, was in dieser Hinsicht in allen den untersuchten See- und Wiesenerzen beobachtet wurde.

Die in fester Form vorkommenden Erze bilden theils compakte Nester (Rusor), theils kleinere oder grössere Körner, Kugeln und Scheiben, theils sind sie das Inkrustirungs- oder Petrificirungs-Mittel von Wurzeln, Stammenden und Thieren, z. B. Käfern und Würmern. Wir werden auf diese verschiedenen Formen zurückkommen, welchen das gemein ist, dass sie theils (und hauptsächlich) aus einer harten, amorphen, dunkelbraunen, harzglänzenden Masse zusammengesetzt sind, theils aus einem loseren, wenig zusammenhängenden, graugrünen, gelben, braunen oder schwarzen Ocker, welcher die Höhlungen

der schlackenartigen Klumpen ausfüllt oder in ihnen Schichtung veranlasst. In dem kugelförmigen „Penning"-Erze wechseln concentrische Schalen von festem, glänzendem Erz mit solchen von losem und ockerigem.

Letzteres ist meist mit Sand vermischt, gleicht aber übrigens ganz und gar dem oben beschriebenen Schlamm. Die meisten Panzer von mikroskopischen Organismen kommen in diesem ockerigen Theil des Erzes vor.

Das harte, glänzende Erz zeigt unter dem Mikroskope eine gleichförmige, amorphe Struktur, welche man nur bei einer chemischen Verbindung zu sehen gewohnt ist, nicht aber bei einer Mischung von z. B. Eisenoxydhydrat und Kieselsäure. Das Pulver besteht aus scharfeckigen Splittern mit zum Theil muschligem Bruch. Sie können hinsichtlich der Farbe und des Aussehens mit nichts besser verglichen werden als mit Stückchen von Bernstein oder Kolophonium; wenn sie dünn sind, sind sie gelb durchsichtig, wenn dick, braunroth bis schwarz. Wasserklare Kieselsäurestückchen kommen zwischen ihnen sehr selten vor, öfters Sandkörner verschiedener Farbe.

Die dunkeln Punkte dickerer Erzstückchen scheinen bei längerer Betrachtung eine intensiv dunkelblaue Farbe anzunehmen, die an jene der oben genannten Splitter in dem Schlamm erinnert. Sie tritt oft deutlicher hervor, wenn das Pulver mit Salzsäure, Salpetersäure oder sogar mit Molybdänflüssigkeit angefeuchtet wird, ist aber hauptsächlich subjectiv und eine Folge von dem langen Verweilen des Auges auf den gelben und rothgelben Körnern. Durch veränderte Beleuchtung oder Wendung der schwarzblaufarbigen Stückchen unter dem Objective treten ausser den rothgelben Punkten auch weisse neben den blauen und an ihrer Stelle hervor. Einige blaue Flecken bleiben aber unverändert, und da ich sie auch in dem ockerigen Theile fand, so wurden sie unter dem Mikroskope mit Blaueisenerde verglichen, womit die Uebereinstimmung so deutlich ist, dass man an ihrer Identität mit Eisenoxyduloxydphosphat nicht zweifeln kann. Es kann uns auch nicht befremden, dass in See- und Wiesenerzen Theile eines Minerals mikroskopisch eingemengt sind, welches in ihnen oft in recht beträchtlichen Massen auftritt. Versuche mit Molybdänflüssigkeit zeigten jedoch, dass der hauptsächlichste Theil des Phosphorsäuregehalts der See- und Wiesenerze beinahe gleichförmig und

unsichtbar durch die ganze Erzquantität vertheilt ist, welche auf einmal unter dem Mikroskope betrachtet werden kann.

Mikroskopische Organismen.

Von mikroskopischen Organismen sieht man wenig bei Betrachtung des unvorbereiteten harzigen Erzes; die wenigen sichtbaren (gewöhnlich grössere Conferventheile) liegen lose zwischen den Erzstückchen, in welchen selbst nichts Organisches entdeckt werden kann. Betrachtet man aber die gelatinöskörnige Kieselsäure, welche zurückbleibt, wenn man kleine Stückchen von dem Erz mit kalter Salzsäure behandelt, so entdeckt man in der unter dem Mikroskope einem Eis- und Schneebrei ähnlichen Masse eine Menge von Panzern von Diatomeen. Sie kommen jedoch nur bei einer gewissen Beleuchtung zum Vorschein und gleichen leichten Schatten, deren Umrisse zum Theil mit der umgebenden Kieselsäure zusammengeschmolzen, während einige von ihren feinsten Streifen sehr scharf erhalten sind (Fig. 7). Ich habe versucht, einige von ihnen abzuzeichnen, aber die Figuren geben nur sehr unvollständig den Zustand, in dem sie hervortreten, und eben dieser Zustand ist hier das Wesentliche, weil er zu zeigen scheint, dass die Kieselsäure des Panzers eine chemische Verbindung mit dem umgebenden Eisenoxyd eingegangen ist, so dass uns die Figur als ein Abdruck der verschwundenen Masse zurückblieb. Die Figuren 4. u. 6. zeigen, dass Conferven-Knäule, ganz wie die in dem Schlamm bemerkten, auch in der Kieselsäure aus dem pechähnlichen Erze hervortreten.

Vergleicht man nach allem diesem das feste, harzige Erz mit dem losen, ockerigen (Schlamm), so zeigt sich jenes als eine chemische Verbindung zwischen Kieselsäure und Eisenoxyd etc., dieses aber als eine mechanische Mischung von Kieselsäure (und Sand), Theilen der so eben genannten Silicate, Eisenoxydhydrat- und Verwesungsprodukten, welche bei der Kieselsäure aus dem Schlamme die schwammige Struktur verursachen, die jener aus dem harzigen Erze ganz fehlt. Die Kieselsäure aus letzterem hat vor dem Trocknen gewiss auch eine schwammartige Struktur, aber nur in Folge zahlreicher Höhlungen, die durch das Wegnehmen des Eisenoxyds entstanden waren. Bei der Behandlung des harzigen Erzes mit

Salzsäure werden nebst der Kieselsäure die obengenannten ellipsoidischen Eisenoxydsilikatkörper erhalten (Fig. 3).

Es bleibt uns übrig, durch Analyse die Zusammensetzung des Minerals oder der Minerale, welche den harzigen Theil des See- oder Wiesenerzes ausmachen, zu bestimmen.

Mikroskopische Organismen kommen in allen den schwedischen und finnländischen See- und Wiesenerzen vor, welche ich Gelegenheit hatte zu untersuchen; aber ihre Anzahl und ihr Formenreichthum sind in verschiedenen Arten verschieden, sogar in verschiedenen Stücken derselben Erzprobe; nach dem Gesagten ist jedoch begreiflich, dass der grösste Theil davon in dem braunen, harzigen Erze aufgelöst sein kann, wodurch ihre Form vernichtet wurde, und dass verhältnissmässig mehrere in dem ockerartigen Erze gefunden werden, wie vorher bemerkt worden ist. Die Skelette von allen bestehen hauptsächlich aus Kieselsäure. Dies gilt nicht nur von den kieselgepanzerten (Diatomeen), sondern auch von solchen Conferven, welche nach Verbrennung kein zusammenhängendes Aschen-Skelett zurücklassen, wie durch in dieser Hinsicht angestellte Versuche ermittelt wurde. Keine einzige organische Form blieb übrig, da die Erze mit Kalilösung oder Fluorwasserstoffsäure behandelt worden waren bis zur Lösung des Kieselpanzer. Also kann Eisenoxyd unmöglich ein selbstständiges Baumaterial der Skelette sein. Gewöhnliche mikroskopische Algen nebst kieselbepanzerten Diatomeen (wie auch Conferven), welche letztere einen grossen Theil der von Ehrenberg als Infusionsthiere betrachteten Organismen ausmachen, sind am zahlreichsten. Die Zellenskelette der ersteren bestehen meistentheils aus farbloser Kieselsäure (Fig. 8, a, b, c, d; 4, c.); sehr selten sind sie lichtgelb, blau oder rothviolet, öfters schmuzig ockergelb (Fig. 8, f. e.) mit zahlreichen, sowohl auf, als innerhalb der Zellmembran und in der Zelle selbst liegenden Ockerkörnern Diese ockerbraune Farbe lässt sich äusserst schwer und nur sehr unvollständig durch Salzsäure wegnehmen. Die auswendig an den Zellen sitzenden Ockerkörner sind oft so zahlreich, dass sie ein zusammenhängendes, höckeriges Rohr bilden, welches dem Rohr, womit sich die Larven von den Phryganea-Arten umgeben, ähnlich sieht (Fig. 1, 8, g.). Ockerkörner, welche in einer Zelle zu liegen scheinen, liegen in der That sehr oft auswendig an ihr, wovon man sich dadurch über-

zeugen kann, dass man den unter dem Mikroskope betrachteten Gegenstand in eine leichte Bewegung setzt. Aber in gewissen Fällen kommen Ockerkörner in Zellen nicht nur in offenen, welche sehr oft durch einen Ockerpfropfen zugestopft sind (Fig. 8, h, i), sondern auch in ganz unversehrten und geschlossenen vor. Die in der Fig. 9. gezeichnete Conferve kommt sehr wohl erhalten beinahe in allen den untersuchten Erzen vor, so dass man an einem einzigen, etwa 1 Mm. langen Exemplar nebst 50 bis 60 Internodien die sackähnliche Zelle an dem einen und die feinen Fibrillen an dem andern Ende der Pflanze nicht selten wahrnehmen kann. Die Form der Pflanze erinnert sehr an die der Equisetaceen; ihr Skelett besteht aus wasserklarer Kieselsäure, aber in jedem Internodium sitzt ein rostfarbiger Propfen von Eisenoxydhydrat. Da durch Behandlung mit Salzsäure diese Pfropfen verschwinden, und da gleichzeitig die ganze Zellenreihe mit einer citronengelben Lösung gefüllt wird, welche nur durch anhaltendes Auslaugen mit warmem Wasser weggenommen werden kann, so ist gewiss, dass die braunrothe Farbe der Internodien in ihnen sitzendem Eisenoxydhydrat angehört. Da ich in dem „Falu å“ (oberhalb des Tisken) ganz ähnliche Conferven gesehen habe, obgleich mit farblosen Internodien, so sind die beschriebenen Pfropfen gewiss kein specifisches Merkmal der fraglichen lebenden Pflanze. Wird Seeerz vorsichtig mit Alkalilösung behandelt, so dass die Kieselsäureskelette nicht völlig gelöst werden, so zeigen die vorher ebenen Zellen mitunter Zweigansätze, deren Stellung jener bei Chara-Arten ähnelt (Fig. 9, c).

Schon 1836 sprach Ehrenberg die Ansicht aus, dass die Wiesenerze durch gewisse Infusionsthiere erzeugt werden, welche Panzer von Eisenoxydhydrat und Kieselsäure bauten. Besonders die *Gaillonella ferruginea* (unter dem Namen *Oscillatoria ochracea* zu den Conferven gerechnet) soll ein fleissiger Eisenfabrikant sein; sie wird aber, nach Ehrenberg und Wiegmann, nicht in dem festen Wiesenerze, sondern nur in dem losen Ocker gefunden; Wiegmann bestreitet ganz und gar die Mitwirkung dieser Infusorien bei der Bildung der Seeerze. Ich habe in allen den untersuchten See- und Wiesenerzen keine *Gaillonella ferruginea* finden können, theile aber in Fig 10. eine Abbildung davon mit, die in Poggendorff's Annalen für 1836

zu sehen ist. Da c. dieselbe 2000 Mal vergrössert zeigt, und die gewöhnliche, von mir angewandte Vergrösserung nur 280 (die grösste 590) war, so ist es möglich, dass ich diese Form übersehen habe. Der Name kommt jedoch in Ehrenberg's Mikrogeologie (1854) nicht vor, auch keine andere Figur, die mit der hier mitgetheilten Aehnlichkeit hat. Die gelbe Farbe, welche ich bei einigen Diatomeen bemerkte, ist gewiss nur zufällig, da sich dieselben Formen viel häufiger ganz farblos zeigten. Uebrigens sind sie nicht selten von Eisenoxydhydratkörnern verunreinigt, auf dieselbe Weise, wie oben von den gewöhnlichen Conferven angeführt wurde.

Die in den Figuren 11 bis 19 abgebildeten Formen sind einige der in den Erzen am häufigsten vorkommenden, oder solche, welche mir am bemerkenswerthesten schienen. Sie wurden bei 280- (nur einige bei 590-) facher Vergrösserung, aber ohne Camera lucida, gezeichnet, und die Zeichnungen sind ein wenig zu gross ausgefallen. Sie wurden durch Vergleichung mit Ehrenberg's mikrogeologischen Kupferwerk bestimmt, nach welchem sie ohne Ausnahme Infusionsthieren, die meisten der Classe Polygastrica angehören.

Nebst den eben erwähnten Formen des niedrigsten Pflanzenlebens kommen in den See- und Wiesenerzen nicht selten mikroskopisch kleine Fragmente höher organisirter Pflanzen vor. Hierher gehören die oben erwähnten blauen Splitter Fig. 5, aber auch viele andere nicht blau gefärbte Zellgewebe. Fig. 20 a zeigt ein solches, wahrscheinlich von irgend einem Grase. Es wurde abgezeichnet, weil es im Seeerz von Brusaholm sehr oft vorkommt und äusserlich an gewisse fossile Fenestella-Arten sehr erinnert. Die in Fig. 20, e, f, g abgebildeten Körper gleichen am meisten Pollenkörnern; Fig. 20, c, d stellt Gewächsfragmente vor, vielleicht Spiral- und Ringfibern von Zellenmembranen oder Spiralgefässen. Fig. 20, b ist wohl ein sogenanntes Animalculum des Springfadens einer Chara-Art.

Das Zellgewebe von in Erz verwandelten Pflanzen zeigt sich unter dem Mikroskope als aus beinahe farbloser bis dunkelgelber Kieselsäure bestehend, aus kolophoniumähnlichen Silicaten und aus einer undurchsichtigen, schwarzbraunen, lignitähnlichen Substanz. Bei feinen Längen- oder Querdurchschnitten kann man bemerken, dass die Zellen am häufigsten mit Kieselsäure gefüllt sind, die Zellmembranen dagegen und

die Interzellulargänge sind meistentheils verwandelt in, oder gefüllt mit brauner oder beinahe schwarzer lignitartiger Substanz und Eisensilikaten.

Einige Wurzeln etc. sind durch ihre ganze Masse auf die eben angedeutete Weise petrificirt, andere sind nur mit festem oder ockerartigem Erz inkrustirt. Die Holzsubstanz ist dabei bisweilen ganz verschwunden, so dass röhrenförmige Stengelabdrücke zurückbleiben. Oefters sind inkrustirte Pflanzentheile zu einer gewissen Tiefe petrificirt, während ihr Kern aus loser Kohle mit vielen Zwischenräumen besteht. Diese undurchsichtige Kohle zeigt bisweilen die oben erwähnte blaue Farbe; in ihren Poren sitzt theils wasserklare Kieselsäure, theils Eisensilikat. Ist ein Erz, das sich z. B. zwischen Schilf und Rohr gebildet hat, von lauter petrificirten und inkrustirten Stängeln und Wurzeln zusammengesetzt, so bekommt es ein röhrenförmiges Aussehn (Pip-malm).

Die feinen, oft eckigen Körner, welche je nach ihrer Grösse Pulvererz, Hagelerz etc. genannt werden, sind zum Theil körnig-ockerige Ausfüllungen, zum Theil das Reibungspulver kompakter Erdmassen, meistentheils aber sind sie Inkrustationen von noch feinerem Sand- und Erzstaub; sie machen im letztern Fall die kleinsten Varietäten der abgerundeten Erzarten aus, welche unter dem Namen Perlenerz, Erbsenerz etc. bekannt sind. Die Kugelform der letztgenannten ist bei den kleineren am regelmässigsten. Bisweilen sind sie durch ihre ganze Masse gleichförmig dicht und kompakt, aber viel häufiger besitzen sie eine concentrisch-schalige Structur.

Wird die eine Hälfte solcher Erzkugeln weggeschliffen, so entdeckt man in ihrer Mitte einen fremden Körper, ein Sandkörnchen, ein Pulvererzstückchen, ein wenig erhärtete Kieselsäure oder nur einige silificirte mikroskopische Pflanzen-Uebereste, rings um welche die Schalen um so mehr excentrisch liegen, je grösser sie werden. Nicht selten sind zwei und mehrere kleinere, excentrisch zusammengesetzte Erzkörner zusammengekittet und von unter sich parallelen Schalen umgeben. Je nach der Anzahl, relativer Grösse, gegenseitiger Lage der zusammengekitteten Kugeln erhält dann die ganze Zusammenhäufung ein mehr oder weniger regelmässig ellipsoidisches oder bohnenähnliches Aussehen. Haben die Kugeln eine gewisse absolute Grösse erreicht ($\frac{1}{2}$ bis 2 Linien), so

legen sich die folgenden Schalen oft nicht mehr sphärisch an, sondern sie werden ringförmig abgesetzt; dadurch entsteht eine plane oder schalenförmig gebogene Scheibe als die Schlussform bei den Erzarten, die „Penningerz“ genannt werden (Fig. 21.) Die verschiedenen Schalen der centrisch zusammengesetzten Erze zeigen bisweilen unter sich so wenig Verschiedenheit hinsichtlich der Farbe und Härte, dass man sie nicht leicht unterscheiden kann, wenn man nicht auf den Durchschnitt haucht oder ihn mit Säure ätzt. Aber viel häufiger wechseln harte, braune Schalen mit ockerartigen losen; oft kommen nur diese letzteren vor mit wenig Zusammenhang in ihrer Masse und unter sich. Ja, es kommt vor, dass die Schalen ganz lose in einander oder nur auf wenigen Punkten zusammengewachsen liegen. Da die Zwischenräume bei der Heraufholung des Erzes mit Wasser gefüllt sind, so fallen die dünnen Schalen oft zusammen, sobald das Wasser verdunstet. Solche Erze stimmen mit den sogenannten „Adlersteinen“ (*Aetites Aquilini*) überein, welche die Aufmerksamkeit älterer Mineralogen in hohem Grade erregten. Wenn man erwägt, dass Linné vor 100 Jahren die Entstehung der sphärischen Struktur der kugelförmigen Seeerze (*Tophus globosus*) ganz richtig erklärt hat *(natus e ferro in arena, a centro multiplicatus versus peripheriam)*, so muss es Erstaunen erwecken, dass man noch in der neuesten Zeit wahrscheinlich machen wollte, dass kleine Thiere die Schalen von aussen nach einwärts „spinnen“ sollen.

Haben die kugel- oder „penning“-förmigen Erze eine gewisse Grösse erreicht, so wachsen sie nicht mehr regelmässig, sondern sie werden unter sich zu dünnen, rauhen Krusten zusammengekittet. Diese liefern einen Theil des sogenannten Skraggerzes. Andere Skraggerzarten sind aber krustenartige Ockerabsetzungen und Ueberzüge ohne inneliegende Perlen- und „Penning“-Erze; durch zwischenliegende, dünne Sandlager können sie eine Art Schichtung annehmen.

Chemische Zusammensetzung von Seeerzen.

Von schwedischen Seeerzen hat man sehr viele Analysen; dass diese zu keinen stöchiometrischen Formeln korrekt führen, ist nicht auffällig, da sie nicht mit der harten, harzigen Masse

für sich angestellt worden sind, sondern mit der ganzen Masse nebst deren Verunreinigung durch Sand, Pflanzenüberreste etc.

Lidbäck's Analysen von geglühtem Seeerz von Kronobergs län, Gelserum und Ryd:

Sand und Kieselsäure	10,60	24,2	30,0
Thonerde	2,80	1,4	1,6
Manganoxyd	4,40	1,9	0,8
Eisenoxydphosphat	1,00	6,4	4,0
Eisenoxyd	78,72	67,0	61,0
Schwefel	0,01	—	—
Summe	97,53	100,9	97,4

führen zu resp: $\dddot{R}^5 \dddot{Si} + ?\dot{H}$, $\dddot{R}^5 \dddot{Si}^3 + ?\dot{H}$ und $\dddot{R}^5 \dddot{Si}^4 + ?\dot{H}$.

Aus Stael v. Holstein's Analyse von Pulvererz aus Särna:

Phosphorsäure	0,119
Kieselsäure	4,318
Thonerde	0,431
Kalkerde	0,091
Talkerde	0,534
Manganoxyd	19,297
Eisenoxyd	62,322
Wasser	12,056
Summe	99,168

kann die Formel $\ddot{R}^4 \ddot{Si}^3 + 15\ddot{R}^2 \dot{H}^3$ berechnet werden.

Svanberg's 30 Analysen von Seeerzen, nebst zweien von Wiesenerzen aus Småland, Wermland, Dalarne, Helsingland geben:

Phosphorsäure	0,051	bis	1,213;	im Durchschnitt	0,476
Schwefelsäure	Spuren	„	0,430	„	0,070
Kalkerde	0,266	„	3,095	„	1,366
Talkerde	0,021	„	0,731	„	0,192
Thonerde	1,232	„	7,894	„	3,581
Kieselsäure	5,488	„	41,258	„	12,639
Eisenoxyd	43,225	„	75,685	„	62,566
Manganoxyd	0,463	„	34,715	„	5,578
Wasser (incl. Organisches)	7,576	„	17,814	„	13,532
				Summe	100,00.

und deuten auf die Formel:

$$\dddot{R}^3 \dddot{Si} + 6\dot{H}.$$

Wiewohl weder diese, noch andere Analysen von ausländischen Wiesenerzen einen Gehalt an Eisenoxydul angeben, so lässt sich doch ein solcher in den meisten manganarmen Erzarten nachweisen; es dürfte auch in den manganreichen vorkommen; da aber das Manganoxyd bei Lösung des Erzes in warmer Säure Sauerstoffgas entwickelt, welches das anwesende Eisenoxydul zu Oxyd oxydiren wird, so kann in solchen Erzen die Anwesenheit des Oxyduls weniger leicht nachgewiesen werden. Auf der anderen Seite veranlassen organische Substanzen bei der Auflösung des Erzes eine Reduktion von Eisenoxyd, so dass Eisenoxydul in der Lösung vorkommen kann, ohne in dem Erze selbst zu existiren.

Dass der harzähnliche Theil der See- und Wiesenerze ein Silicat ist (oder eine Mischung von mehreren solchen), folgt nicht nur aus seiner Homogenität und anderen äusseren Kennzeichen, sondern besonders auch aus dem Umstande, dass er bei der Auflösung gelatinöse Kieselsäure giebt. Dieses Silicat ist sehr basisch, dürfte aber in vielen bekannten basisch schwefel-, arsenik- und phosphorsauren Eisenoxyd- (und Oxyduloxyd-) Salzen Analogieen haben. Dass der ockerige Theil des Seeerzes eine mechanische Mischung ist, kann man mit Hülfe des Mikroskops wahrnehmen.

Die Schwefelsäure und besonders die Phosphorsäure sind an Eisenoxyd gebunden. Man hört bisweilen Eisenhüttenleute behaupten, dass die Wiesenerze gewöhnlich schwefelhaltiger als Seeerze seien, aber die bekannten Analysen sprechen nicht für diese Behauptung, die jedoch nicht unwahrscheinlich sein dürfte hinsichtlich der Verhältnisse, unter welchen beide Erze entstehen. Auch hält nicht die Ansicht Stich, dass schwefelhaltige Seeerze phosphorarm seien und *vice versa*, oder dass der Phosphorgehalt mit dem Eisengehalt steigt. Die Kalk- und Talkerde kommen immer nur in sehr kleinen Quantitäten vor; sie dürften meistentheils an Kieselsäure gebunden sein, in den ockerigen Erzen theils auch an organische Säuren und Kohlensäure. Nicht alle schwedischen See- und Wiesenerze enthalten letztere; sie kann mitunter nicht entdeckt werden, wenn man frisch heraufgeholte Erze untersucht, zeigt sich aber oft, wenn die Erze mehrere Jahre

in der Luft gelegen haben. Ohne Zweifel ist sie da durch Verwesung organischer Substanzen entstanden. Da der Talk- und Kalkgehalt bisweilen zu der Sättigung der gefundenen Kohlensäure nicht hinreichend erscheint, so darf man mit Wallat annehmen, dass Verbindungen wie: $\ddot{Al}^3\,\ddot{C}^2 + 4\,\dot{H}$, $\ddot{Fe}\ddot{C} + 6\dot{H}$; $\ddot{Fe}^9\,\ddot{C} + 12\dot{H}$ existiren können.

Die Thonerde, insofern sie nicht von mechanisch eingemichtem Thon herrührt, folgt ohne Zweifel dem Eisenoxyd. Ockerschlämme enthalten sie als basisch quellsaures und quellsalzsaures Salz, welches unlöslich ist und Reagentien kräftig widersteht. Das Manganoxyd kommt am meisten in den weniger zusammenhängenden, körnig-ockerigen, schwarzen Erzarten (Pulvererz) vor und scheint sogar zu verursachen, dass diese zu kompakten und homogenen Massen weniger leicht erhärten. Gelbe, ockerige Erze sind bisweilen von Manganoxydhydrat schwarz gefleckt. Ausser den nach obigen Analysen gewöhnlich vorkommenden Bestandtheilen enthalten viele See- und Wiesenerze einige andere Stoffe, allerdings nur als Spuren, welche aber über die Bildungsart dieser Erze Fingerzeige geben können. Hierher gehören: Chlor, Arsenik-säure, Titan, Molybdän, Chrom, Vanadin, Kupfer Nickel, Kobalt, Zink. Unter ihnen habe ich in den Seeerzen Smålands Chrom*), Kupfer und Nickel gefunden, des Vorkommens von Vanadin aber bin ich nicht sicher. Im Erz aus Amungen kommen Spuren von Zink vor. Da Spuren von Chrom und Vanadin in den småländischen Grünsteinen vorkommen, so deutet ihre Anwesenheit in See- und Wiesenerzen an, wovon die resp. Eisenlösungen gekommen sind; Nickel, Kupfer und Schwefelsäure deuten auf zersetzte Kiese. Titan in Wiesenerzen von Walchner, Berthier und Forchhammer (von letzterem in den dänischen Erzen) gefunden, habe ich vergebens in Småländischen Seeerzen gesucht, wo es doch aus guten Gründen vermuthet werden könnte, da titanhaltige Eisenerze die dortigen Grünsteine reichlich imprägniren.

---

*) Lidbaeck hat (schon 1811) in Seeerzen von Gelserum, Lilla Ryd und Kronobergs Län (der Ort nicht näher bestimmt) Chrom gesucht.

Alle ockerartigen See- und Wiesenerze enthalten kleine Quantitäten von Ammoniak, welches in frisch heraufgeholten Erzen sich bisweilen nur dann zu erkennen giebt, wenn sie mit kaustischem Kali erhitzt werden; aber aus Seeerzen, welche mehrere Jahre der Luft ausgesetzt gewesen sind, kann kohlensaures Ammoniak durch Wasser ausgezogen werden. Da alle Eisenerze (sogar die stahldichten Dannemora-Steine) absorbirtes Ammoniak enthalten, so kann seine Anwesenheit in See- und Wiesenerzen keine Verwunderung erregen; wir werden aber finden, dass es bei der Entstehung dieser Erze keine unbedeutende Rolle spielt.

Ich will hier nicht unerwähnt lassen, dass schon Sven Rinman bei der trockenen Destillation der Seeerze ein flüchtiges, urinöses Salz „und den Geruch von Spiritus fuliginis" bemerkte. Er fand auch, dass kohlensäurehaltiges, gelbliches Wasser mit einer schwarzen, fetten, bituminösen Materie überging, so dass die condensirte Flüssigkeit (25% von dem Gewicht des Erzes) dick, stinkend, von stiptischem Geschmak war; an den Wänden des Recipienten sublimirten weisse Krystalle, wahrscheinlich kohlensaures Ammoniak (vielleicht Pyrogallussäure?). Von Interesse ist auch ein anderer Versuch Rinman's, nach welchem aus Seeerzen durch Glühen ohne Kohlenzusatz in lutirtem Tiegel metallisches Eisen reducirt wurde. Die genannten theerartigen Produkte können allerdings durch die trockene Destillation der Pflanzenüberreste entstehen; aber in See- und Wiesenerzen kommen auch fertige harz-, wachs- und talgähnliche Verbindungen vor, wovon kleine Quantäten durch Alkohol, Aether und Naphta ausgezogen werden können. Uebrigens giebt die trockene Destillation zuerst eine ammoniakalische, aber später eine von Holzessigsäure und Ameisensäure saure Flüssigkeit; beide Säuren dürften kaum in dem Erze fertig sich vorfinden; sie sind vielmehr Zersetzungsprodukte von darin vorkommenden Humussäuren.

Berzelius fand den Lokaocker zusammengesetzt aus:

basisch quellsaurem Eisenoxyd 90,54	Eisenoxyd	42,343
	Quellsäure	33,860
	Wasser	14,340
		90,543
Kohlensaurem Kalk		3,54
Phosphorsaurer Thonerde, Spuren von Talkerde und Manganoxyd		0,38
Kieselerde		5,54
	Summe:	100,00.

Hierbei ist zu bemerken, dass das basisch quellsaure Eisenoxyd Ammoniak enthält, was aus der Analyse nicht ersehen werden kann, weil Berzelius die Quellsäuren für stickstoffhaltig ansah, als er sie in dem Lokawasser entdeckte.

Nach Nöggerath und Mohr besteht Wiesenerz von Marienbad aus:

Eisenoxyd	39,58
Humussäure	20,40
Wasser	36,42
Sulphate von Eisenoxydul, Talkerde, Verlust	3,60
	100,00

Wiegmann fand die Zusammensetzung des Limonits von Braunschweig

Eisenoxydul .	66	68,5	60
Phosphorsäure .	7	7,0	8
Humussäure .	14	12,5	3,75
Wasser . . .	13	10,5	4,25
Manganoxydul .	—	1,5	1,5
Kieselsäure . .	—	—	22,5
	100	100,0	100,00.

Senft giebt im Wiesenerz von Lingen (Hannover) 9 pCt., in solchem von Lithwinsk (Ural) 15,8 pCt., und von Mecklenburg 4,56 pCt. Humussäure und Quellsatzsäure an; Gräger in Ortstein von der Lüneburger Haide und Mecklenburg

Quellsäuren .	3,128 pCt.	2,817 pCt.
Humussäure .	2,780 „	1,502 „
Ulminsäure .	3,782 „	3,531 „
Summe: Humussäuren	9,690 pCt.	7,850 pCt.

Im Allgemeinen ist jedoch die Quantität dieser Säuren geringer als in den eben genannten Erzarten.

Nach Hermann enthält das Wiesenerz aus Nischnei-Nowgorod 1,08 und 2,50 Quellsäuren, nach Gottlieb das aus Olonetz 1,54, aus Buzias 1,72, Seeerz aus dem Santéefluss

(Carolina) 1,64 pCt. Quellsäuren (incl. ein wenig Kalk und Talk; das letztgenannte ausserdem 0,37 pCt. Chlor). In Erz aus dem Helgasiä fand ich (1857) 3,08 pCt. organische Säuren, welche durch kaustisches Kali ausgezogen wurden.

Von allen den vorstehenden Analysen gilt auch, dass der Gehalt der Humussäuren zu niedrig angegeben ist, sofern sie durch kohlensaures oder kaustisches Kali ausgezogen worden sind; denn keins von beiden Reagentien extrahirt sie völlig.

Ausser den genannten organischen Säuren findet man Spuren von Gerbsäuren verschiedener Pflanzen in manchen Seeerzen, besonders in denjenigen, welche Theile von *Calluna vulgaris* und andere Pflanzen imprägniren und inkrustiren; sie geben sich oft durch die schwarzblaue Farbe des Erzes zu erkennen. Auch ist die Einmischung von sogenannter Humuskohle in dem Erz nicht selten.

Alle diese organischen Säuren sind nur in den frisch gefällten, ockerartigen Erzarten wesentlich; in den harzähnlichen Silikaten kommen nur Spuren davon vor. Sie verwesen, und wenn das Oxyd, an welches sie gebunden sind, dabei nicht aufgelöst wird, so wird es mit Wasser, Kieselsäure und Kohlensäure, welche eines der Verwesungsprodukte ist, vereinigt; dadurch dürfte erklärlich sein, dass kohlensaures Ammoniak aus Erzen extrahirt werden kann, die dem Zutritt der Luft lange ausgesetzt gewesen sind.

Was endlich den Wassergehalt der See- und Wiesenerze betrifft, so gehört er theils dem oft genannten Eisensilicate, theils den basisch humussauren Oxydsalzen an; es soll aber nicht bestritten werden, dass viele ockerartige Erze hauptsächlich aus Eisenoxydhydraten bestehen. Hermann berechnet die Zusammensetzung von Quellerz aus Nischnei-Nowgorod zu $\dddot{F}e\dddot{H}^3$; Redtenbacher's Analysen von Sumpferz von Ivan führen zu $(\dddot{F}e, \dddot{A}l, \dddot{M}n)\,\dddot{H}^3$, Gottlieb's von Seeerz vom Santéefluss zu $\dddot{R}^2\dddot{H}^3$; die in Brauneisenstein etc. vorkommenden Hydrate haben gewöhnlich die Zusammensetzung: $\dddot{F}e\,\dddot{H}^2$, $\dddot{F}e^2\dddot{H}^3$, $\dddot{F}e\dddot{H}$: aber auch $\dddot{F}e^2\,\dddot{H}$ und $2\,(\dddot{F}e, \dddot{F}e) + 3\,\dddot{H}$ existiren, und alle diese Hydrate können möglicherweise in See- und Sumpferzen auftreten.

Von geologischem Interesse ist die Existenz von wasserfreien Wiesenerzen. Pfaff analysirte zwei solche aus Schleswig; ich habe eines dergleichen aus Oekna Locken gesehen, welches

der Rothfarbe (gebrannter Eisenocker) glich. Die gewöhnlichen See- und Wiesenerze werden nur in gebranntem Zustande von dem Magnet angezogen, die genannten wasserfreien dagegen ungebrannt, wenn auch in geringerem Grade. Pfaff fand das specifische Gewicht des wasserfreien Wiesenerzes 4,021, während gewöhnliche See- und Wiesenerze $3\frac{1}{3}$ bis $3\frac{1}{2}$ wiegen, sehr verunreinigte sogar nur $2\frac{1}{2}$.

Aus dem gewöhnlichen Auftreten der See- und Wiesenerze in torf- und waldreichen Gegenden, aus der Art des Vorkommens des ersteren, aus den zahlreichen organischen Ueberresten, welche sie enthalten, konnte man schliessen, dass lebende und todte Organismen bei ihrer Entstehung wirkend sind; die Existenz der eben genannten organischen Säuren in diesen Erzen rechtfertigt eine solche Vermuthung, welche schon lange, ehe man die Existenz, die Zusammensetzung, Entstehung und Reaktionen dieser Säuren kannte, wie eine Ahnung ausgesprochen wurde.

Wir finden z. B. bei Urban Hjärne (1702) Folgendes: „Weiter ist nicht zu vergessen, was für eine grosse, reichliche Fettigkeit sich in den Morästen zu erkennen giebt, besonders in Roth- (Rödmyror) und Squacker-Mooren; denn, wenn das Wasser ruhig steht und nirgends fliesst, extrahirt, saugt und zieht es die innere Fettigkeit und Oelhaftigkeit aus dem Boden, welche dann von dem Zutritt der Sonnenstrahlen und der Kraft des Mondes unter dem Sommer sehr zunimmt, und endlich entsteht solche Fettigkeit in dem Grade, dass schwefelhaltige Erze und Mineralien, gemeiner Schwefel, Feuerstein und Eisen, ja mitunter wohl sogar Kupfer an solchen Orten von der Natur hervorgebracht werden. Wie man hier in Schweden an sehr vielen Stellen, auch in Finnland, ganze Gegenden von mehreren Meilen, besonders in Savolax und Korelen und dann an der russischen Grenze in Ingermanland u. s. w., sieht, was für eine Menge von Mooreisen und Rothschlamm da zu finden ist. Ja, alle röthlich gefärbte Moore sind schon mineralisch, schwefel- und eisenhaltig, wie Proben sowohl im Niederschlag, als im Feuer zeigen. Man hat auch Exempel davon, dass, wenn solche Eisenerde ganz weggenommen wird, wächst sie mit der Zeit von Neuem nach, hier geschwinder, da langsamer, je nachdem der Ort grössere oder geringere Menge von Fettigkeit in sich hat, was ich selbst bei Medevi Hochbrunnen un-

weit der Einfassung im Rasen und bei Baggeby daselbst einige Jahre mit Fleiss beobachtet habe.“ u. s. w.

Ein wenig deutlicher sind die Ansichten, welche Swedenborg (1734) in dieser Hinsicht an mehreren Stellen ausspricht, z. B. „*Genesin et natales suos debere videtur succo illo paludinoso ferreo, unde etiam conspicue admodum aliquibus in locis derivare a paludine vicina videtur .... Ferrum enim sensim generari videtur in aquis stagnantibus etiam humo palustri commixtis et quasi fermentatis, praecipue cum etiam igni solari et frigori brumali expositae sint .... Hoc etiam indicat matricem esse ipsam paludem, ex qua continuo in undas fluit succus in ipsa palude exclusus.*“ etc.

Deutlich ist die Erklärung S. Rinmans (1782): „Diese zusammengeballten Ockerarten sind wahrscheinlich aus einem mit Schwefel oder dessen Säure mineralisirtem Eisenerz oder Schwefelkies entstanden, das durch den Zutritt der Luft zu Eisenerde verzehrt oder zersetzt worden ist; oder auch ist das Eisen durch vegetabilische Säuren aufgelöst und daraus auf verschiedene Weise ausgefällt worden.“

Die Erklärung Werner's (1780, in der Uebersetzung von Cronstedt's Mineralogie) entbehrt nur des Wortes Humussäure, um noch heute als ganz richtig gelten zu können. Nach ihm enthält das Moorwasser eine aus organischen Substanzen entstandene Säure; es nimmt das Eisen aus Erde und Steinen auf und lässt es bei Verdunstung fallen; beim Austrocknen des Platzes erhärtet der so entstandene Ocker zu Sumpferz (bei dessen Bildung Schwefelkies nicht mitwirkend sein soll).

In der neueren Zeit haben besonders Wiegmann (1835), Kindler (1837) und Senft (1862) durch Hülfe der Humussäuren die Entstehung der Moorerze auf eine genügende Weise zu erklären gesucht.

Aber nicht nur durch ihre Verwesung dürften organische Stoffe in diesem Falle mitwirkend sein, sondern auch durch ihren Lebensprozess, wenn auch vielleicht weniger dadurch, dass Gaillonellen etc. ihre Panzer von Eisenoxyd bauen (Ehrenberg), als auf eine mehr indirekte Weise, wie wir weiter unten Gelegenheit haben werden näher zu betrachten.

Es wäre jedoch sehr einseitig, nur der werdenden oder sterbenden organischen Natur die Entstehung dieser Erze zuschrei-

ben zu wollen, mit welchen wir Erscheinungen nahe verknüpft sehen, welche der unorganischen Natur angehören.

Quellen, welche kohlensaures Eisenoxydul enthalten, setzen täglich Massen von Eisenocker ab, welcher sich nicht wesentlich von gewissen Moorerzen unterscheidet, und nicht alle Kohlensäure leitet ihre Entstehung von verfaulten Pflanzensubstanzen her. Das Wasser aus Schwefelkies- und Kupfergruben lässt eine Menge von Eisenocker fallen; dieser ist wohl von gewöhnlichen See- und Wiesenerzen ein wenig verschieden, aber wir werden einige sehr einfache Prozesse kennen lernen, wodurch er in die letzteren verwandelt wird.

Bildungsweise der See- und Sumpferze.

Die Bildung der See- und Wiesenerze hängt, kurz gesagt, davon ab, dass Eisenpartikel, welche in einer grossen Masse Berg- und Erdarten zerstreut sind, auf dem nassen Wege auf einem Punkt concentrirt werden. Sie müssen also in lösliche Form versetzt werden; aber dabei werden auch gleichzeitig andere Substanzen, je nach der Natur des Lösungsmittels und der angegriffenen Bergart, in grösserer oder geringerer Menge als das Eisen aufgelöst. Werden also aus einer solchen, vielleicht innerhalb eines grossen Areales gesammelten, aber auf einem Punkte hervortretenden Lösung, alle mineralischen Bestandtheile auf einmal gefällt, so kann die Fällung in einigen Fällen reicher, in anderen auch ärmer an Eisen sein als die Bergart, wovon die mineralischen Substanzen genommen worden sind, und eine Concentration des Eisens findet nur da statt, wo entweder die Lösungsmittel solche sind, dass sie das Eisen wegführen, aber gleichzeitig keine andere Substanzen, oder die Ausfällungsmittel solche, dass sie aus einer zusammengesetzten Lösung nur das Eisen ausfällen.

In der Natur kommt weder das eine noch das andere mit mathematischer Genauigkeit vor, aber in vielen Fällen sind die Verhältnisse solche, dass sie sich den Bedingungen der hier gesetzten Extreme nähern, und nicht selten helfen sich diese beiden Concentrationsarten in der Weise, dass sie als Schlussresultat eine sehr reine Eisenfällung hervorbringen.

Wir werden zuerst einige der wesentlichsten Mittel betrachten, welche die Natur anwendet, um die sparsam und weit vertheilten Eisenpartikel zu lösen und in einem gemeinsamen

Wasserlauf zu sammeln, aber wir müssen einige allgemeine Bemerkungen über schwedische Quellen vorausschicken.

Tiefe, aus welcher die Quellen kommen. Aus Hisinger's Zusammenstellung der Temperatur verschiedener schwedischen Quellen folgt, dass letztere in höherem Grade und öfter als anderswo von der mittleren Lufttemperatur der Gegend, wo sie hervortreten, abhängt; die Temperatur der Quellen drückt hier im Allgemeinen recht wohl die konstante Mitteltemperatur der Erdkruste aus; also können diese Quellen nicht aus einer sehr bedeutenden Tiefe kommen. Da die meisten schwedischen Mineralquellen (siehe die Analysen weiter unten) Kali in einer viel grösseren Proportion gegen Natron enthalten, als es bei den Mineralquellen des Auslandes gewöhnlich ist, und da bei Wässern, welche feste Silikatgesteine durchdringen, ein entgegengesetztes Verhältniss stattfinden sollte in Folge der schwereren Zersetzbarkeit der kalihaltigen Mineralien, der leichteren aber der natronhaltigen, so hat man allen Grund zu vermuthen, dass dieser grosse Kaligehalt nicht aus dem anstehenden Gestein, sondern aus verfaulten Pflanzenresten aufgenommen worden ist; die fraglichen Mineralquellen scheinen also nicht aus Klüften in dem festen Gestein zu kommen, sondern sie können schlechthin Moorwasser sein, welches durch lose Erdschichten filtrirt worden ist. Diese Folgerung wurde hinsichtlich des Adolfsbergswassers vor vielen Jahren von Bischof gemacht. Berzelius dagegen schliesst aus der konstanten Temperatur der Loka-Quelle (7 Grad), dass dieses Wasser aus einer grösseren Tiefe kommt. Da die Mitteltemperatur bei Loka etwa $5\frac{1}{2}$ Grad ist, so braucht jedoch diese Tiefe nicht grösser als ca. 150 Fuss zu sein, wenn die Erdtemperatur mit 1 Grad auf je 100 Fuss zunimmt.

Falu Surbrunn hatte nach Helleday im Mai 1855 eine Temperatur von 5 Grad; 1865 den 27. Januar fand ich die Temperatur dieser Quelle + 4,2 Grad. Die Differenz von 0,8 Grad, die doch nicht der Unterschied zwischen dem Temperatur-Minimum und Maximum ist, da letzteres erst im Nachsommer einzutreten pflegt, giebt zu erkennen, dass die fragliche Mineralquelle aus einer geringeren Tiefe kommt als der, welche der konstanten Erdwärme entspricht.

Aus allem Diesem dürfen wir schliessen, dass die schwedischen Mineralquellen im Allgemeinen nicht aus tiefen Klüften in

dem festen Gestein kommen, sondern dass sie sich zwischen letzterem und den losen Erdlagern sammeln oder nur zwischen den letzteren, von welchen also auch ihre Mineralsubstanzen grösstentheils herrühren müssen.

Lösungsmittel. Die Auflösung der unorganischen Substanzen kann vorzugsweise geschehen

1) durch reines Wasser,
2) durch Zersetzung von Kiesen und der dabei gebildeten Schwefelsäure
3) durch Kohlensäure
4) durch organische Säuren

} und Wasser.

Da man weiss, dass reines Wasser 0,013 pro mille von seinem Gewichte Glas aus Gefässen löst, worin es gekocht wird (Fresenius), dass pulverisirtes Glas von reinem Wasser so rasch angegriffen wird, dass ein mit feuchtem Glaspulver bedecktes Lackmuspapier blau gefärbt wird, so dürfte wohl niemand bestreiten wollen, dass auch in der Natur vorkommende Silikate in höherem oder geringerem Grade von reinem Wasser mit oder ohne vorhergehende Zersetzung aufgelöst werden können. In dieser Hinsicht mit Feldspath angestellte Versuche beweisen die Behauptung ebensowohl als Islands kieselsäurehaltige Quellen.

Nach Bischof wird kieselsaures Eisenoxyd von 105,000 Theilen Wasser gelöst, Magneteisenstein von 280,000 bis 300,000 Theilen, nach Bineau Dolomit von 10,000 Theilen, kohlensaurer Kalk von 200,000 bis 300,000, Eisenoxydul von 150,000 Theilen. Auch Kalk- und Talksilikate sind nach Pagenstecher, Müller und Löwig in reinem Wasser löslich.

Von viel grösserem Gewicht als die Lösbarkeit der Mineralien in reinem Wasser ist ihr Verhalten zu lufthaltigem und saurem, da solches beinahe ausschliesslich in der Natur vorkommt und wirkt.

Verwitternde Kiese. Nicht alles Schwefeleisen verwittert gleich leicht, wenn es der Einwirkung feuchter Luft ausgesetzt ist, am leichtesten der Wasserkies, demnächst der Magnetkies, am schwersten der gewöhnliche tesserale Schwefelkies, dieser aber in verschiedenem Grade, je nach seiner Dichtigkeit und inneren Struktur. Kiese, die mit anderen Schwefelmetallen oder mit Gold gemischt sind, verwittern leichter als chemisch reine. Daraus entstand die Ansicht der alten Me-

tallurgen, dass Gold vorzugsweise in rostigem, angefressenem oder wurmstichigem Kiese zu Hause sei, dass solche Kiesgänge die silberreichsten seien, deren Ausgehendes zu Brauneisenerz oder Ocker (Colorados, Gossan, Eiserner Hut) verwittert ist. Kies, der in dünnen Lagen mit Blättern von Glimmerschiefer, Thonschiefer, Talk wechselt, verwittert leichter als solcher, der in derben Massen oder feinen Körnern in krystallinisch körnigen Bergarten sitzt; je leichter die umgebende Bergart durch Schwefelsäure zersetzt wird, desto leichter scheint auch der eingeschlossene Kies zu verwittern. Wie man in Kiesgruben sieht, beschleunigt eine gewisse gleichförmige Temperatur in hohem Grade die Verwitterung.

In Mineraliensammlungen kann man oft wahrnehmen, dass das erste Produkt von verwitterndem Schwefelkies Eisenoxydulsulphat ist. Dies setzt voraus, dass gegen 1 Atom Eisenvitriol 1 Atom Schwefel frei wird, oder dass 1 Atom freie Schwefelsäure entsteht. Die Bildung letzterer zeigt die Zerstörung des Papiers an, auf welchem die Kiesstufe liegt.

Findet dieser Prozess mit eingewachsenem Schwefelkies statt, so muss die frei gewordene Schwefelsäure auf umliegende Mineralien auflösend wirken; die Vitriollösung wird in Folge davon von anderen Sulphaten verunreinigt.

Aus Eisenoxydulsulphatlösung entsteht bei Zutritt der Luft ein neutrales Eisenoxydsulphat, aber gleichzeitig wird auch ein basisches Sulphat ausgefällt; beider (und in gewissen Fällen auch Eisenvitriol-) Lösungen zersetzen umliegende Silikate, in Folge wovon wiederum andere Sulphate zu dem Eisensulphate kommen. Eine Quelle, die Wasser führt, welches mit eingewachsenem, verwittertem Kies in Berührung gewesen ist, kann also nebst den Metallen der Schwefelverbindung eine Menge anderer Basen enthalten, welche durch die Einwirkung der Schwefelsäure auf Mineralien entstanden sind, womit das Wasser in Berührung gewesen ist.

Als ein hierhergehörendes Beispiel kann die Ronneby-Quelle angeführt werden, welche nach Berzelius und Wachtmeister in 1000 Theilen Wasser enthält:

Eisenvitriol	1,0686
Zinkvitriol	0,0133
Manganvitriol . . .	0,0260
Kalksulphat	0,3705
Talksulphat	0,1716
Ammoniakalaun . .	0,2126
Natronalaun	0,4790
Kalialaun	0,0433
Chloraluminium . . .	0,0230
Kieselsäure	0,1150
Extractivsubstanzen	nicht bestimmt
Summe:	2,5229;

spec. Gewicht: 1,00255.

Es ist begreiflich, dass aus einem Eisenoxydulsulphathaltigen Wasser, welches auf einem langen Wege mit leicht zersetzbaren Silikaten, besonders aber mit Carbonaten in Berührung kommt, der Eisenoxydgehalt von anderen Basen, (Kalk, Talk, Alkali) ausgefällt werden kann; rühren diese von Carbonaten her, so kann die frei werdende Kohlensäure einen anderen Theil von Carbonat in Bicarbonat verwandeln, welches in Wasser löslich ist; auch Eisenoxydulsulphat kann in gewissen Fällen mit Carbonaten in Eisenoxydulcarbonat und Sulphat von z. B. Alkali zersetzt werden. Also kann ein ursprünglich rein vitriolisches Wasser nach längerer Berührung mit z. B. kalkhaltigem Thon oder Mergel seinen ganzen Eisenoxydgehalt (und wenn es nur Eisenoxyd und nicht Oxydul enthielt, seinen ganzen Eisengehalt) verlieren und Eisenoxydulcarbonat, Kalkcarbonat aufnehmen. Wir können als Beispiel das Medevi-Wasser anführen, welches nach Berzelius auf 16 Unzen enthält:

Kohlensäure und Schwefelwasserstoffgas 1,09 Volumproc.

Natronsulphat . .	0,01	Gran
Kalksulphat . .	0,46	„
Chlornatrium . .	0,32	„
Kalkcarbonat . .	0,31	„
Talkcarbonat . .	0,10	„
Eisenoxydulcarbonat	0,25	„
Extractivsubstanzen	0,01	„
Summe:	1,46	Gran,

und Falu Surbrunn, in welchem Helleday fand:

Kalisulphat	0,048	Gran
Natronsulphat . . .	0,031	„
Kalksulphat . . .	0,369	„
Chlornatrium . . .	0,060	„
Kalkcarbonat . . .	0,102	„
Talkcarbonat . . .	0,099	„
Eisenoxydulcarbonat	0,030	„
Kieselsäure . . .	0,097	„
Extractivsubstanzen .	0,129	„
Summe:	0,965	Gran pro 16 Unzen.

Wird ein vitriolisches Wasser auf oben angegebene Weise verändert, so muss dann auf jedes Atom darin befindlicher Schwefelsäure 1 Atom Kohlensäure (ganz gebundene) sich finden.

Im Falu-Wasser wurde gegen 0,251 Schwefelsäure 0,107 Kohlensäure gefunden, während davon doch 0,137 hätten sein sollen; im Medevi-Wasser verhält sich die Schwefelsäure zu der gebundenen Kohlensäure wie 0,272 : 0,283, während die Proportion 0,272 : 0,156 sein müsste. Also ist aus dem Medevi-Wasser Schwefelsäure verschwunden, und die 1,09 pCt. Schwefelwasserstoff (und Kohlensäuregas) dieses Brunnens deuten darauf hin, dass Schwefelsäure (durch organische Substanzen) reducirt worden ist. Aehnliches findet mit vielen småländischen Mineralquellen statt.

Eine vitriolische Wasserader setzt während ihres ganzen Laufs durch z. B. kalkhaltige Bergarten basisches Salz als Ocker ab, was auch deutlich durch die rostfarbigen Klüfte in vielen Gesteinen bestätigt wird. Die Behauptung, dass See- und Wiesenerze in kalk- und thonreichen Gegenden gewöhnlich nicht vorkommen, kann also nicht weiter als unbegründet betrachtet werden; denn der Eisengehalt kann in solchen Gegenden hauptsächlich ausgefällt sein, ehe die Quellen an den Tag treten.

Scheerer fand als Verwitterungsprodukte von Schwefelkies im Alaunschiefer bei Modum Gyps, $2\dddot{Fe}^{7}\,\dddot{S} + 21\,\dot{H}$, $\dot{Na}\,\ddot{S} + 4\,\dddot{Fe}\,\dddot{S} + 9\,\dot{H}$.

Alles Eisen kommt also darin in der Form eines unlös-

lichen basischen Salzes*) vor, welches schwerlich vom Wasser weggeführt werden dürfte. Der grosse Schwefelkiesgehalt des Alaunschiefers konnte dann nicht bei der Verwitterung die Entstehung vitriolischer Quellen oder Absetzungen von See- und Wiesenerzen veranlassen. In den Alaunschiefer-reichen Gegenden von Nerike, Westergötland und Oeland kommen auch nach dem, was man darüber weiss, keine solche Erze vor.

Kohlensäurehaltiges Wasser. Quellen, die an freier Kohlensäure reich sind, gehören vorzugsweise vulkanischen Gegenden an, wo Emanationen von Kohlensäure die Imprägnirung des Wassers mit diesem Gas leicht erklären. Die in nichtvulkanischen Gegenden vorkommenden Kohlensäure-haltigen Quellen, deren hohe Temperatur auf tiefer gehende Quelladern schliessen lässt, werden nach Bischof mit Kohlensäure gesättigt, dadurch dass in Wasser gelöste Kieselsäure bei höherer Temperatur auf kohlensauren Kalk, Talk u. s. w. reagirt.

In Schweden sind keine Quellen bekannt, die zu einer der genannten Klassen gezählt werden können. Die kleine Quantität freier Kohlensäure, welche in den meisten vorkommt, ist zum Theil aus der Luft absorbirt, grösstentheils aber aus verfaulten Pflanzenüberresten aufgenommen, deren Menge in Proportion zu den Wäldern und Torfmooren einer Gegend steht. Wasser, welches nicht tief geht, kann nur unter geringem Druck Kohlensäure absorbiren. Unsere Quellen sind also arm an Kohlensäure, obwohl ihr Wasser in Berührung mit grossen Quantitäten dieses Gases sein kann.

Kohlensäure-haltiges Wasser löst alle Mineralien auf, welche auch von reinem Wasser aufgelöst werden. Einige aber werden viel leichter von ersterem als von letzterem aufgelöst. Alle in einer Quelle vorkommenden einatomigen Basen, die nicht mit Chlor, Schwefelsäure verbunden sind, brauchen also nicht nothwendigerweise an Kohlensäure gebunden zu sein, sondern sind wohl zum Theil an die Kieselsäure gebunden, welche bei Analysen von Quellwassern gewöhnlich getroffen wird.

Struckmann und Ludwig haben gezeigt, dass die in Was-

---

*) Ich will hier nicht unerwähnt lassen, dass Eisenvitriol-Efflorescenzen auf schwedischen Alaunschiefern nicht selten vorkommen. Es ist jedoch ungewiss, ob viel löslicher Eisenvitriol in einem Wasser nach dessen Filtrirung durch Alaunschiefer zurückbleibe.

ser lösbare Kieselsäure einem sehr sauren, alkalischen Silikat angehört.

Eisenoxydsilikat, Talksilikat, (auch Kalksilikat) kommen nach Bischof in Kohlensäure-haltigem Wasser gelöst vor.

Die Lösbarkeit der Kieselsäure wird durch einen Kohlensäuregehalt des Wassers nicht vergrössert.

100 Theile reines Wasser lösen nach Struckmann 0,021 $\ddot{S}i$, 0,09 nach Ludwig,

100 Theile Kohlensäure-haltiges Wasser lösen nach Struckmann 0,0136 $\ddot{S}i$, 0,078 nach Ludwig,

100 Theile Salzsäure-haltiges Wasser lösen nach Struckmann 0,0172 $\ddot{S}i$;

dagegen nimmt die Lösbarkeit durch Zusatz von ein wenig Alkali (so dass ein saures Silikat gebildet werden kann) zu.

100 Theile Ammoniak- und kohlensaures Ammoniak-haltiges Wasser lösen nach Ludwig 0,02 bis 0,062 $\ddot{S}i$,

100 Theile Ammoniak- und kohlensaures Ammoniak-haltiges Wasser lösen nach Struckmann 0,091 bis 0,0986 $\ddot{S}i$.

Nach Liebig wird die Kieselsäure am leichtesten gelöst, wenn sie *in statu nascente* eine hinlängliche Quantität Wasser trifft, und dieses findet in den meisten Fällen statt, wenn Kohlensäure-haltiges Wasser auf Silikate wirkt.

Weiter löst Kohlensäure-haltiges Wasser alle Carbonate auf, dadurch dass sie dieselben in Bicarbonate verwandelt. Auf diese Weise wird der bei weitem grösste Theil des Kalkgehalts der Quellen aufgenommen, wie auch des Eisenoxyduls, wenn das Wasser in Berührung mit Eisenspath gewesen ist. Am wirksamsten ist jedoch wohl das Kohlensäure-haltige Wasser durch sein Vermögen, Silikate zu zersetzen, ebenso wohl wie z. B. verdünnte Salzsäure. Am leichtesten werden Kalk- und Natron-haltige Feldspatharten und eisenreiche Augite angegriffen.

Neben aufgelösten Silikaten enthält die Lösung Alkalicarbonat, welches wiederum auf eine grosse Menge Silikate (nicht Talksilikate) zersetzend wirkt. Der Eisenoxydul- und Mangangehalt der Mineralien wird als Bicarbonat aufgenommen.

Die Thonerde des Feldspaths bleibt nach der Zersetzung desselben hauptsächlich in einem kaolinartigen Minerale zurück. Hier mag an Wallace's obengenannte Eisenoxyd- und Thonerde-Carbonate erinnert werden, wie auch an die Behauptung Crum's, dass $\dddot{Al} + 2\dot{H}$ (in einer eigenthümlichen Modifikation der Thonerde) in Wasser lösbar sei, womit ein Erklärungsgrund der Erscheinung geliefert werden mag, dass Thonerde in einigen Wässern vorkommen kann, welche keine andere Säure als Kohlensäure enthalten. In dieser Hinsicht ist es jedoch von grösserem Gewicht, dass kiesel- und kohlensaure Alkalien aus Silikaten Thonerde ausziehen können. Kommt Kohlensäurehaltiges Wasser, welches die hier genannten Substanzen aufgenommen hatte, in Berührung mit vitriolischem Wasser, so treten viele Reaktionen ein, von welchen hier angeführt werden mag, dass Kalkbicarbonat und Eisenvitriol sich in Gyps und Eisenoxydulbicarbonat zersetzen. Je nach der Beschaffenheit der Mineralien, mit welchen Carbonat-haltiges Wasser auf seinem Wege in Berührung kommt, ist seine ursprüngliche Zusammensetzung vielen Veränderungen ausgesetzt. Von besonderem Interesse für den hier zu behandelnden Gegenstand ist, dass Eisenoxydulcarbonat ausgefällt wird, wenn eine Lösung von Eisenoxydulbicarbonat auf kohlensauren Kalk reagirt; ein sehr eisenreiches Wasser kann also in höherem oder geringerem Grade den Eisengehalt verlieren, wenn es einen langen Weg durch Mergel, Kalkstein oder kalkhaltigen Thon passirt, und dadurch ohne Einfluss auf die Bildung der See- und Wiesenerze werden.

Die Quellen, von deren Wasser Analysen hier unten mitgetheilt werden, dürften vorzugsweise der Kohlensäure ihre mineralischen Bestandtheile verdanken; aber auch verwitternder Schwefelkies hat dazu beigetragen, und organische Säuren sind ohne Zweifel gleichzeitig mit der Kohlensäure wirksam gewesen.

	Adolfsberg (Berzelius)	Lund (Lychnell)	Loka (Berzelius)	Ramlösa (Berlin)
Kohlensäuregas	0,23 pCt.	—	—	—
Stickstoffgas	0,41 „		0,04 pCt.	—
Schwefelwasserstoffgas	— „	—	— „	—
Kalisulphat	0,03 Gran	0,03 Gran	—	0,198 Gran
Kalksulphat	—	—	0,029 Gran	—
Chlorkalium	0,03 „	0,03 „	—	0,030 „
Chlornatrium	—	0,06 „	0,068 „	0,217 „
Kohlens. Kali	0,10 „	0,20 (NaC̈)	—	—
„ Lithion	—	0,04 „	—	—
„ Kalk	0,50 „	0,29 „	0,051 „	0,422 „
„ Talk	—	0,09 „	0,043 „	0,113 „
„ Eisenoxydul	0,11 „	0,19 „	—	0,121 „
„ Manganoxydul	0,03 „	Spuren	—	0,018 „
Thonerde	—	—	—	0,011 „
Kieselsäure	0,24 „	0,12 „	0,131 „	0,180 „
Extractivsubstanz	0,13 „	—	0,017 „	—
Summa:	1,17 Gran pr. 16 Unz.	1,05 Gran pr. 16 Unz.	0,339 Gran pr. 16 Unz.	1,310 Gran pr. 16 Unz.

Alle die vorstehenden Analysen geben einen Chlorgehalt an, dessen Entstehung hier nicht, wie an vielen Orten im Auslande, aus Steinsalzlagern abgeleitet werden kann.

Wird er durch den Chlorgehalt verfaulter Pflanzentheile erklärt, so muss nachgewiesen werden, woher die Pflanzen das Chlor genommen haben. Unter allen Chlor-haltigen Mineralien kommt hier im Lande keines so oft vor, als der Apatit, dessen Chlorgehalt bis 6,8 pCt. gehen kann. Er ist in Grünsteinen und auf Eisenerzlagerstätten sehr gewöhnlich und wird leicht von Kohlensäure-haltigem Wasser aufgelöst, er wird auch von Alkalisilikaten in Alkaliphosphat, Kalksilikat und Chlorkalium zersetzt. Wird auf diese Weise durch Apatit der Chlorgehalt des Wassers (und der Pflanzen) erklärbar, so kann man fragen, wohin der Phosphorsäuregehalt des Apatits gerathen sei, da in keiner von den obigen Analysen Phosphorsäure angegeben ist. Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, braucht man jedoch nur daran zu denken, dass Eisenfällungen aus allen diesen Wässern stattgefunden haben dürften, ehe sie als Quellen hervortraten, und dass Eisenoxyd, aus Phosphor-

säure-haltiger Lösung gefällt, den ganzen Phosphorsäuregehalt letzterer mitnimmt.

Endlich muss bemerkt werden, dass Chloralkalien in geringerer Menge allen aus Salzwassern abgesetzten losen Erdlagern anhängen, aus welchen sie nach und nach ausgelaugt werden. In Bohus Län kommen mehrere Salzquellen vor, welche ihren Gehalt an Chlorkalium u. s. w. dem schwarzblauen Fucus-Thon verdanken dürften. Zwei solche Quellen in Elfsbergs Län enthalten nach Analysen von Olbers und Svanberg:

	Torpa Q. (Flundre Socken).	Torps Q. (Hjertums Socken).
Temperatur =	11 Grad	10 Grad.
Spec. Gewicht =	1,0084	1,008.
Jodnatrium . . .	1,8058	0,4373
Chlornatrium . .	8,3605	8,3350
Chlormagnesium .	0,3090	0,4487
Talkbicarbonat .	1,2772	0,7780
Kalk	0,1391	0,3063
Eisenoxydul . . .	0,0186	—
Eisenoxydphosphat	0,0186	Spuren
Kieselsäure . .	0,0290	0,0339
Summa:	11,9441 (in 1000 Theil.)	10,3392.

Freie Kohlensäure = 0,1962.

Organische Säuren. Die meisten von den oben mit getheilten Analysen geben in den Quellen einen Gehalt an Extractivstoff an, von welchem man nicht glauben darf, dass er ganz indifferent neben den unorganischen Bestandtheilen vorkomme. Diese Extractivstoffe sind Humussäuren, mit einem Theil der Basen verbunden, welche in den Analysen als an Kohlensäure gebunden angegeben sind. *) Die Humussäuren entstehen bei Verwesung von Pflanzenüberresten z. B. in Torfmooren. Eine Folge ihrer Bildung ist die Reduktion von in vielen Säuren unlöslichem Eisenoxyd zu löslichem Eisenoxydul, und ein Produkt ihrer Zerstörung ist die Kohlensäure, deren Lösungsvermögen soeben erwähnt worden ist. Ihr Ein-

*) Die Quantität von gebundener Kohlensäure dürfte kaum in einem der analysirten Wässer direkt bestimmt worden sein; sie ist nach der Quantität der Basen berechnet, zu dessen Sättigung hinlänglicher Vorrath an Chlor oder Schwefelsäure nicht vorhanden war.

fluss auf die See- und Wiesenerzbildung muss deswegen ein sehr grosser sein, und dasselbe gilt von den Torfmooren, den Werkstätten der Bildung der Humussäuren.*) Bei der Fäulniss von vegetabilischen Stoffen unter einer gewissen niederen Temperatur und bei mässigem Zutritt von Luft und Wasser entsteht sogenannter Humus, eine Mischung von namentlich sieben mit einiger Genauigkeit untersuchten Stoffen: Ulmin, Humin, Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsäure, Quellsatzsäure, welche theils direkte Fäulnissprodukte sind, theils der eine aus dem anderen durch weitere Zersetzung entstehen können. Findet keine weitere Zersetzung statt, so heisst die betreffende unveränderliche Substanz Humuskohle oder auch todte Humuskohle.

Bei der Entstehung der genannten Säuren aus Ulmin und Humin sind Alkalien sehr wirksam, namentlich Ammoniak. Schon 1747 giebt Wallerius „Hirschhornspiritus" als eines der Destillationsprodukte des Torfes an. Die Alkalien verbinden sich mit den entstehenden Humussäuren *in statu nascente*. Nach Mulder giebt bei derartigen Fäulnissprozessen das Wasser Veranlassung zur Bildung von Salpetersäure. Wir dürfen uns da nicht wundern, dass Quellen, welche durch humushaltige Erdlager geflossen sind, salpetersaure Salze enthalten. So fand Bahr in 10000 Theilen Wasser aus einem Brunnen in Stockholm (Drottningzaten No. 66)

Kieselsäure	0,149
Bas. phosphorsauren Kalk	0,053
Schwefelsauren Kalk . .	0,602
Kohlensauren Kalk . . .	3,648
„ Talk . . .	0,870
Chlornatrium	8,616
Schwefelsaures Natron . .	1,554
„ Kali . . .	2,330
Salpetersauren Kalk . .	6,686
„ Talk . . .	1,777
Eisen	Spur
Summe:	26,285.

*) In der schwedischen Publikation dieses Aufsatzes ist die Humifikation ausführlich erörtert, hier nur das speciell für den vorliegenden Fall darüber Nöthigste mitgetheilt.

Die letzten Zersetzungsprodukte aller dieser Säuren sind Wasser, Kohlensäure und, wenn sie mit Ammoniak verbunden gewesen sind, kohlensaures (und salpetersaures) Ammoniak.

Geschieht ein solcher Verwesungsprozess ohne Zuführung von Sauerstoff von aussen, so wird dazu ein grösserer Theil des Sauerstoffgehaltes der Pflanzensubstanz verbraucht, und die Folge ist, dass eine gewisse Portion Wasserstoff frei wird, welcher theils mit Stickstoff zu dem schon erwähnten Ammoniak zusammentritt, theils mit Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel zu dem übel riechenden Wasserstoffgas, das sich oft aus Wasser entwickelt, auf dessen Boden Pflanzen verwesen. Solches Gas aus dem See Rålången in Småland fand Bahr zusammengesetzt aus:*)

Kohlensäure .	6,324
Stickstoff . .	43,235
Grubengas .	49,588
Wasserstoff .	0,853
Sauerstoff .	0,000
Kohlenoxyd .	0,000
	100,000

Es ist gar nicht unwahrscheinlich, dass neben diesen gasförmigen auch feste oder fliessende Kohlenwasserstoffverbindungen durch Verwesung von Pflanzensubstanzen unter dem Wasser gebildet werden können. Aber nicht alle wachs-, harz-, talg- oder asphaltähnlichen Substanzen, welche oft genug in Torfmooren gefunden werden, müssen als auf diese Weise entstanden betrachtet werden, weil sie hauptsächlich in den Pflanzensubstanzen fertig gebildet vorkommen können, ehe diese zu verwesen anfingen (Chlorophyll, Harz, Terpentin). Das sogenannte „Pysslingebrödet“ (mit Bernstein gemischte Asphaltkrusten, die in den Torfmooren Skånes vorkommen) dürfte wohl ein Kunstprodukt sein, das von den Alten benutzt wurde, um Steinwaffen an Holzstielen zu befestigen.

*) Als man 1864 Solstads Grube (unweit Westerwik) gewältigte, auf deren Boden altes Grubenholz unter Wasser verfaulte, entwickelte sich Kohlenwasserstoffgas in so grosser Quantität, dass es über dem Wasser angezündet werden konnte und danach zu brennen fortfuhr, ganz wie auf Wasser gegossenes Oel.

Der zu der Humifikation nöthige Sauerstoff wird demnächst aus Oxyden aufgenommen, welche zu Oxydulen reducirt werden können, wie aus Eisenoxyd und Manganoxyd. Den auffallendsten Beweis für diese Behauptung giebt die Ackererde, deren Eisenoxydulgehalt nach Versuchen von Pepys, Lewis, Phillips u. a. von durchströmendem Sauerstoffgas in Oxyd nicht verwandelt wird, so lange Humus in der Erde zu finden ist.

Das Reduktionsvermögen verwesender Pflanzensubstanzen kann so weit gehen, dass schwefelsaure Metalloxyde in Torfschlamm, Fucus-Thon u. a. in Schwefelmetalle verwandelt werden. In der Sammlung der Wissenschaftsakademie in Stockholm befindet sich ein Stück metallisches Eisen mit ganz deutlicher Holzstruktur, welches auf der schwimmenden Insel des Seees Rålången gefunden wurde. Es ist jedoch fraglich, ob dies Eisenstück aus Oxyd auf nassem Wege reducirt oder nicht wahrscheinlicher Roheisen ist, das im Hohofen ein Stück Holzkohle durchdrungen und deren Gefüge angenommen hat. Die Sammlung der Bergschule in Falun besitzt ein Stück Gusseisen, welches auf die Weise die deutlichste Holzstruktur angenommen hat, dass es beim Giessen mit Tannenholz in Berührung gekommen ist, dasselbe verbrannt, aber seine vegetabilische Struktur bewahrt hat. Ebenso habe ich öfters beobachtet, dass die Holzpflöcke, womit man die Stichöffnungen schwedischer Rohöfen schliesst, vom Rohstein (im Heerde) ganz verbrannt waren, und an ihrer Stelle befand sich ein Pfropfen Rohstein mit deutlicher Holzstruktur.

Unter Torfmooren entwickelt sich sehr oft auf einer Unterlage von Sand oder Silikat-Bergarten ein Leben von kieselbepanzerten Diatomeen, welche da alle Bedingungen für ihre Entwickelung finden. Ihr Lebensprozess bedingt das Ausathmen von Sauerstoff, wodurch wiederum eine schnell fortschreitende Humifikation bewirkt wird, deren Produkte die mikroskopischen Algen nähren.

Endlich darf man nicht vergessen, dass verwesende Pflanzensubstanzen den Sauerstoff ozonisiren, welcher dadurch um so schicklicher wird, die Humification zu beschleunigen.

Die Produkte der Verwesung der Pflanzen, z. B. in einem Torfmoore, sind theils in Wasser unlösbar (Humuskohle, Ulmin, Humin, auch die resp. Säuren, da das Wasser wenig sauer ist),

theils löslich (Quellsäure, Quellsatzsäure). Anwesenheit von Alkalien vergrössert in hohem Grade die Lösbarkeit. 3857 Theile Wasser ziehen aus Torfschlamm 1 Theil Humussäuren, wovon der sogenannte Humusextrakt seine gelbe oder braune Farbe bekommt, die den meisten Wasserströmen Smålands und Norrlands so allgemein ist.

Neben den jetzt erwähnten Humussäuren müssen wir auch an die Gerbsäuren denken, die in vielen sehr gewöhnlichen Pflanzen vorkommen, z. B. in *Calluna vulgaris, Ledum palustre, Pinus sylvestris* etc., an einen durch Säuren coagulirenden Körper gebunden, nach dessen Verwesung ihre Reaktionen hervortreten. Die Gerbsäuren aus verschiedenen Pflanzen besitzen gewiss verschiedene Zusammensetzung und Eigenschaften, alle aber können Eisenoxyd zu Oxydul reduciren und unlösliche, schwarzblaue, grünliche oder bräunliche Eisenoxydul-oxydsalze geben. Aus einigen entsteht Gallussäure durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure oder durch Gährung. Weitere Zersetzungsprodukte sind die Pyrogallussäure und eine eigene Art von Humussäuren.

Von Interesse ist für uns die Erscheinung, dass Gerbsäuren Eisenoxyd reduciren, dass gerbsaures Eisenoxydul in Wasser löslich, gerbsaures Eisenoxyduloxyd unlöslich ist. Gerbsaure Alkalien sind löslich, gerbsaurer Kalk und Talk (basische Salze) unlöslich.

Auch die Gallussäure reducirt Eisenoxyd zu Oxydul, gallussaures Eisenoxyduloxyd ist unlöslich, das Oxydulsalz dagegen in Wasser löslich. Gallussaure Alkalien sind leicht löslich, die Kalk- und Talksalze schwer löslich, gallussaure Thonerde ist unlöslich.

Thonerde (auch Kohle) absorbirt und hält grosse Quantitäten Gerb- und Gallussäure fest. In Småland findet man öfters im Walde Wasserlöcher, die mit einem schwarzen Schlamm angefüllt sind, welcher von den Bauern unter dem Namen „Swartjord“ zum Schwarzfärben von Zeugen gebraucht wird. Er ist nichts als eine Mischung von Sand und dergleichen mit Thonerde, welche Gerb- und Gallussäuren absorbirt hat und ihre schwarze Farbe einem wenig Eisenoxyduloxyd verdankt.

Ihr Auftreten in nicht geringen Quantitäten giebt zu der Schlussfolge Veranlassung, dass die fraglichen Säuren an

manchen Orten eine nicht unbedeutende Rolle bei der See- und Wiesenerzbildung spielen müssen.

Nicht nur dadurch, dass während des Humusbildungsprozesses das Eisenoxyd in den losen Erdlagern (z. B. unter einem Torfmoore) zu Oxydul reducirt wird, welches in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist, wirken die Verwesungsprodukte kräftig bei der See- und Wiesenerzbildung. Ihr hauptsächlichster Einfluss hängt davon ab, dass sie selbst unter gewissen Bedingungen Eisen etc. auflösen, und dass sie unter anderen Verhältnissen Eisenfällungen verursachen können.

Halten wir uns nun zuerst an ihr Vermögen, aus der Erde Eisen zu lösen, so wird dieses in einem jeden ockerigen Sandlager, wo Pflanzenwurzeln verwesen, bestätigt. Rund um die Wurzel ist nämlich das Eisen weggeführt und der Sand gebleicht, oft 1 bis 2 Zoll weit von einer 1 Linie dicken Wurzel. Auf diese Beobachtung gründete Kindler seine Theorie über die Wiesenerzbildung.

Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde geben mit den Humussäuren unlösliche Salze (nach Sprengel wird jedoch huminsaures Eisenoxyd in 2300 Theilen Wasser, humin- und geïnsaure Thonerde in 4200 Theilen gelöst); aber die mehrbasischen Säuren mit den genannten Oxyden und mit Ammoniak sind leicht löslich. In der Natur ist ein jeder Humusextrakt ammoniakhaltig und kann also hummussaures Eisenoxyd etc. aus den Erd- und Bergarten auflösen, mit welchen er in Berührung kommt. In den meisten Fällen ist jedoch so gute Gelegenheit zur Reduktion des Eisenoxydes an allen den Orten gegeben, wo Humussäuren gebildet werden und wirken, dass man in allen den entstehenden Lösungen das Eisen als Oxydul voraussetzen kann. Humussaure Eisenoxydulsalze sind in reinem und ammoniakhaltigem Wasser leicht löslich. Humussaurer Kalk wird von 2000 Theilen Wasser, huminsaurer Talk von 160 gelöst; auch quellsaure Talkerde ist leicht löslich. Quellsaurer Kalk dagegen ist schwer löslich, quellsatzsaurer Kalk und Talk sind in reinem Wasser unlöslich, in ammoniakalischem aber löslich.

Torfextrakt, der durch lose Erdlager oder Ritzen in Gesteine eindringt, kann also auch ohne Beihülfe der Kohlensäure aus der Erde als ein Mineralwasser hervorkommen. Dass das Torfwasser wirklich Mineralsubstanzen und besonders Eisen auf-

löst, wird z. B. dadurch bewiesen, dass Grünsteine, welche unter Torfmooren liegen, gebleicht und sogar kaolinisirt werden, wie auch durch die Kaolinisation des Småländischen Glacier-Gruses zu der oben erwähnten „Hoitlera". Verschiedene Erscheinungen deuten an, dass diese Auslaugung verhältnissmässig sehr rasch geschieht.

In einem Torfmoore Skånes wurde ein Messer von Feuerstein gefunden, das mehrere Linien tief weiss und undurchsichtig war. Berzelius fand in der äusseren, verwitterten Schale: Kali 3,2 pCt., Kalk 3,2 pCt., aber kein Eisenoxyd und keine Thonerde. Dagegen wurde in der inneren, beinahe unveränderten Masse: Kali 1,34 pCt., Kalk 5,74 pCt., Eisenoxyd und Thonerde 1,20 pCt. gefunden. Also hatte der Feuerstein aus dem umgebenden Torfwasser Kali aufgenommen, gleichzeitig aber den ganzen Eisenoxyd- und Thonerdegehalt und einen Theil des Kalkgehaltes an dasselbe abgegeben.

Auf einem Torfmoore nahe Carlsjö in Småland fand ich viele lose Fragmente von einem labradorreichen Diorit, welche das Ansehn dicker Nägel hatten. Ueber dem Moore traten nämlich rundliche Köpfe hervor, die alle mit in den Torf versenkten Spitzen versehen waren, welche von der ringsum weggelösten Steinmasse zurückgeblieben sind.

An dem Meeresufer kann man oft wahrnehmen, dass Muschelschalen, die zur Hälfte in Schlamm (an verfaulten Pflanzensubstanzen reich) stecken, wohlerhalten sind, so weit sie frei liegen, während der versenkte Theil ganz aufgelöst ist. Der Kalkgehalt der Schalen ist hier wahrscheinlich von den humusartigen Säuren des Schlammes weggeführt.

Feuersteingerölle, welche in ungeheuren Massen an der Meeresküste unweit Brighton vorkommen, sind glatt und glänzend, wenn sie frei liegen; solche aber, die in verfaulten Meertang gebettet sind, zeigen oft eine rauhe, gewissermaassen geätzte Oberfläche. Bei dieser beginnt eine Auslaugung, die dann auf eine Weise fortschreitet, worüber das oben erwähnte Feuersteinmesser Aufschluss giebt.

Es ist natürlich, dass Wiesenerz unter einem Torfmoore, wo die Humifikation fortgeht, nicht existiren kann; es wird eben so leicht und vielleicht leichter als die Eisenoxydtheile im Grus, Thon etc. aufgelöst. Aus diesem Grunde kann Wiesenerz,

das unter Torfmooren vorkommt, nicht daselbst gebildet worden sein.

Es darf mit grösserer Wahrscheinlichkeit als Seeerz betrachtet werden, welches durch das Verschwinden des Sees auf's Trockne gerathen und vielleicht grade im Begriff ist, aufgelöst und weggeführt zu werden. Anders ist das Verhältniss, wenn „todte" Humuskohle über dem Wiesenerze liegen sollte.

Obschon die Möglichkeit gegeben ist, dass Mineralquellen nur humussaure Salze enthalten, so dürfte doch dies in der Wirklichkeit selten oder niemals vorkommen. Da bei dem Verwesungsprozess immer Kohlensäure entsteht, so folgt ein Theil davon dem Humusextrakte und wirkt auf Mineralsubstanzen auf die Weise, welche oben, wo von dem Lösungsvermögen kohlensäurehaltigen Wassers die Rede war, angegeben wurde. Kommt Wasser, welches Bicarbonate aufgelöst enthält, in Berührung mit humussäurehaltigen Lösungen, so wird ein Theil der Bicarbonate in Humate verwandelt, und das Resultat ist eine Mischung von kohlensauren und humussauren Salzen, in Wasser gelöst. Freier Sauerstoff, der vielleicht in einem mineralischen Wasser vorkommen kann, wird von den Humussäuren absorbirt, sobald diese mit dem Wasser in Berührung kommen.

In den schwedischen Mineralwässern, deren Luftgehalt bestimmt worden ist, werden nur Kohlensäure, Stickstoff und Schwefelwasserstoffgas angegeben, aber nicht Sauerstoffgas, und doch absorbirt Wasser bei 5 Grad C. (nach Bunsen) aus der Atmosphäre eine Luft mit 63,35 pCt. Stickstoff, 2,68 pCt. Kohlensäure und 33,97 pCt. Sauerstoff, welche also den Sauerstoff in reicherem Maass als die Atmosphäre enthält. Auch die Sulphate werden von den Humussäuren reducirt; der Schwefelwasserstoff in Medevi und anderen Wassern ist davon eine Folge.

Mehrere der Quellen, von denen Analysen oben mitgetheilt sind, dürften ebensowohl den Humussäuren als der Kohlensäure ihre mineralischen Bestandtheile verdanken. Als ein Beispiel von Wasser, dessen mineralische Bestandtheile hauptsächlich durch Humussäuren gelöst worden sind, mag die Porla-Quelle gelten, welche nach Berzelius in 100,000 Theilen enthält:

Chlorkalium	0,3398
Chlornatrium	0,7937
Quellsaures Natron	0,6413
Quellsaures und kohlensaures Ammoniak	0,8608
Kalkbicarbonat	9,0578
Talkbicarbonat	1,9103
Manganoxydulbicarbonat . .	0,0307
Eisenoxydulbicarbonat . . .	6,6109
Phosphorsaure Thonerde . .	0,0110
Kieselsäure	3,8960
Quellsäuren	5,2535
Summe:	29,4058.

In „Porla Drängstugukälla" fand Berzelius $10\frac{1}{3}$ Volumprocent Kohlensäure und ausserdem Stickstoff und Kohlenwasserstoff.

Die meisten småländischen Mineralquellen dürften in ihrer Zusammensetzung dem Porla-Wasser nahe kommen.

Im Hotsby-Wasser (Temperatur am 26. Juli 1857 7,2 Grad; die Lufttemperatur 20 Grad) fand ich 1858: Quellsäuren, Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlor, Kieselsäure, Eisenoxydul, Kalkerde, Talkerde, Manganoxydul, Alkalien, Ammoniak. Der Eisengehalt war: 0,0043 pCt. Eisen oder 0,0055 pCt. Eisenoxydul. Die von dem Wasser absorbirte Luft bestand aus Kohlensäure, Stickstoff nebst Kohlenwasserstoff und Schwefelwasserstoffgas.

Der Mineralquelle von Hotsby ganz ähnlich ist jene von Lannaskede, gleichfalls in Småland, worin Hamberg fand:

In der kleinen Quelle: Feuerbeständiges 1,512; Organisches 0,188; Summe 1,700,

in der grossen Quelle: Feuerbeständiges 1,133; Organisches 0,293; Summe 1,426

in 10000 Theilen Wasser.

Das Feuerbeständige bestand aus: kohlensaurem Eisenoxydul, kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Talk, Chlornatrium, Kieselsäure.

Fällungsmittel. Wir haben keine Ursache zu vermuthen dass die Wässer, aus welchen See- und Wiesenerze abgesetzt werden, ihre mineralischen Bestandtheile in wesentlich anderen

Proportionen oder Verbindungen enthalten, als obige Analysen von eisenhaltigen Quellen zeigen. Wir sehen, dass die meisten von ihnen wiesenerzartige Ocker absetzen, und wir können also nicht daran zweifeln, dass ein Theil der Wiesenerze von ihnen herrührt. Ebensowohl wie an dem Seestrande können solche Quellen auch auf dem Seeboden selbst hervortreten (dass Quellen auf dem Boden aller grösseren Erzseen hervordringen, wird durch Luhme in dem neugebildeten Eis bestätigt), und gegen Absetzungen von Ocker unter dem Wasser giebt es keine chemische Gründe.

Die mitgetheilten Analysen zeigen, dass unter den mineralischen Bestandtheilen in einem Wasser das Eisen oft einen sehr unbedeutenden Theil ausmacht. Von den in den Erdlagern zerstreuten Eisenpartikeln hat also bei der Lösung keine absehbare Concentration im Quellwasser stattgefunden, und wenn durch eine einfache Verdampfung die mineralischen Bestandtheile ausgefällt würden, so würde die Fällung in den meisten Fällen so arm an Eisen sein, dass sie als ein Eisenerz nicht betrachtet werden könnte. Wenn aus diesen Quellen eine Eisen-Erzbildung stattfinden soll, muss die Concentration des Eisens also hauptsächlich den auf das Mineralwasser reagirenden Fällungsmitteln zugeschrieben werden, welche vorzugsweise Eisenoxyd präcipitiren, während sie andere Bestandtheile gelöst lassen.

Fällung aus vitriolischem Wasser. Alles schwefelsaure Eisenoxydul, dessen Lösung mit der Luft in Berührung kommt, wird allmälig zu schwefelsaurem Eisenoxyd oxydirt; ist die Lösung neutral, so wird eine solche Oxydirung immer von der Ausfällung eines basisch schwefelsauren Eisenoxydsalzes begleitet.

Aus einer Lösung von neutralem Eisenoxydsulphat wird basisches Eisensulphat durch die Verdünnung der Lösung mit Wasser ausgefällt. Nach Scheerer trüben sich (bei 14 Grad) 10,000 Theile Wasser, worin ein Theil neutrales Eisenoxydsulphat gelöst worden ist; die Ausfällung geschieht um so vollständiger, je mehr die Lösung verdünnt und je mehr sie erhitzt wird. Von 1 Theil Salz, in 1000 Theilen Wasser gelöst, wird bei gewöhnlicher Temperatur 0,9 ausgefällt. Die Fällung hat die Zusammensetzung $5\,\ddot{F}e^3\,\ddot{S} + 9\,\dot{H}$, enthält 12,4 pCt. $\ddot{S}$ und ist ockergelb, wird aber um so dunkler, je

mehr die Lösung verdünnt wird. Es ist unstreitig, dass eine solche Fällung in einem Seebassin ebensowohl als in einem Glasbecher stattfinden kann, aber vollständiger geschieht sie in ersterem in Folge von der grösseren Verdünnung. Uebrigens haben die Vitriolsieder lange dieses Fällungmittel gebraucht, um eine Vitriollösung von Eisenoxydsulphat zu befreien, welches die grüne Farbe des Vitriols verdecken und ihn für gewisse Zwecke weniger passend machen würde. In Falun wurde das vitriolische Grubenwasser in grosse Teiche geleitet, wo es vom Regen (auch durch dahin geleitetes süsses Wasser) verdünnt wird; nach einiger Zeit hat die Eisenoxydfällung stattgefunden, und die klar gewordene Lösung wird gradirt.

Da andere Sulphate durch die Verdünnung der Lösung nicht ausgefällt werden, so kann aus einer vitriolischen Quelle (z. B. der Ronneby-Quelle), die in einem See ausrinnt, eine Absetzung von beinahe reinem basisch schwefelsauren Eisenoxyd entstehen und mit der Zeit bedeutend wachsen, wie man von dem, was oben hinsichtlich des Tisken bei Falun angeführt worden ist, ersehen kann.

Liefert die Ronneby-Quelle z. B. jährlich 5 Kubikfuss Wasser pro Minute, so würde sie jährlich in einem See 631 Ctr. Eisen als Ocker absetzen. Diese Eisenmasse entspricht etwa 1470 Ctr. gewöhnlichem Seeerz. Eine Eisenoxydfällung nimmt jedoch immer aus der Lösung, worin sie stattfindet, kleine Quantitäten von anderen Substanzen (Kieselsäure, Kalk, Talk, Thonerde etc.) mit, welche also einen auf diese Weise gebildeten Ocker verunreinigen.

Demnächst entsteht die Frage, auf welche Weise das ausgefällte Eisenoxydsulphat von der Schwefelsäure befreit wird, da die See- und Wiesenerze gewöhnlich nur Spuren dieser Säure enthalten. Es ist möglich, dass Wasser durch lange Berührung einen Theil davon auszuziehen vermag, aber schnell und vollständig geschieht die Extraktion durch Alkalien (z. B. Ammoniak) und alkalische Erdarten, frei oder an Kohlensäure oder Humussäuren gebunden, so wie sie in allen Torfwässern vorkommen. In dieser Hinsicht stellte ich einige Versuche mit Ockern an, die sich aus dem Grubenwasser bei Falun abgesetzt haben.

Der Ocker aus dem Bach gleich unterhalb des „Drottningschachtes“ enthielt, auf dem Wasserbad getrocknet:

In Säuren Unlösliches .	37,2	
Eisenoxyd mit ein wenig Thonerde	40,8	Ungefähr $\dot{F}^2\ddot{S} + 3\dot{H}$ entsprechend.
Kupferoxyd	1,8	
Schwefelsäure	11,5	
Phosphorsäure	keine	
Wasser	7,1	
Organisches	0,8	
Kalk, Talk, Manganoxydul, Verlust	0,8	
	100,0.	

$2\frac{1}{2}$ Gramm von diesem Ocker wurden 16 Stunden lang mit humussaurem Ammoniak digerirt, welches durch Extraktion von Torf mit Ammoniak und die Neutralisation des Extrakts durch Salzsäure bereitet war. Bei der Neutralisation entstand eine dunkelbraune Fällung, welche von der gelben Lösung nicht filtrirt wurde; also wurde eigentlich zum Experiment humussaures Ammoniak + Humussäuren angewendet. In kurzer Zeit wurden die aufgeschlämmten Humussäuren von dem Eisenocker vollständig ausgefällt, und die Lösung wurde beinahe wasserklar. Die wohl gewaschene und auf dem Wasserbad getrocknete Fällung wog 2,67 Gramm und war zusammengesetzt aus:

Humussäuren, Wasser, Spuren von Ammoniak (wovon etwa 16,4 pCt. Humussäuren) . .	23,7	
In Säuren Unlösliches	34,8	
Schwefelsäure . .	1,5	
Kupferoxyd . . .	1,7	
Eisenoxyd und ein wenig Thonerde	37,9	
Summe	99,6.	

Dieselben Reaktionen, welche concentrirte und erhitzte Lösungen hier binnen Kurzem bewirkten, müssen sich in der Natur einfinden, sobald verdünnte Lösungen bei niedriger Temperatur lange auf schwefelsäurehaltigen Eisenocker wirken.

Um die Richtigkeit dieser Behauptung zu prüfen, wurde der Ocker analysirt, welcher sich aus dem Grubenwasser in dem See Tisken (nahe an seinem westlichen Strande Daglösdägten) abgesetzt hatte. Er enthielt, auf dem Wasserbad getrocknet:

In Säuren Unlösliches	34,7
Humussäuren	7,2 (mit Spuren von Ammoniak)
Wasser	7,4
Eisenoxyd u. Thonerde	44,1
Kupferoxyd	0,2
Schwefelsäure . . .	5,5
Phosphorsäure . . .	Spuren.
Kalk, Talk, Mangan-oxydul, Verlust .	0,9
	100,0.

Vergleicht man diese Analyse mit der obigen von Ocker nahe dem „Drottningschachte“ genommen, welcher nur 0,8 pCt. organische Substanzen, aber 11,5 Schwefelsäure enthielt, so erscheint es unstreitig, dass die Verminderung des Schwefelsäuregehalts auf 5,5 pCt. keinen anderen Ursachen zuzuschreiben ist als den Salzen der im Tisken gelösten organischen Säuren, von welchen im Ocker 7,4 pCt. Humussäuren wieder gefunden werden.

Humussaures Ammoniak nimmt jedoch nicht allein die Schwefelsäure aus schon gefällten Ockern weg, sondern vermag auch in Eisenvitriollösungen Eisenfällungen zu bewirken. Eine concentrirte Eisenvitriollösung wurde mit einer Lösung von aus Torf bereitetem, humussaurem Ammoniak, in welchem Humussäuren aufgeschlämmt waren, digerirt. Diese wurden bald nach der Vereinigung beider Lösungen ausgefällt, und die Lösung über der Fällung wurde klar. Die Fällung hatte nach dem Auswaschen und Trocknen auf dem Wasserbad eine dunkle Farbe, gab einen grünlichen Strich und zeigte sich zusammengesetzt aus:

Wasser, organische Substanzen (Ammoniak)	93,08
Schwefelsäure	0,04
Eisenoxyd (in der Fällung theilweise Oxydul)	6,88
	100,00.

Das ausgefällte Eisen kann grösstentheils wieder gelöst werden, wenn man die frische Fällung mit einem Ueberschuss des Fällungsmittels digerirt. Enthält der Eisenvitriol Eisenoxyd, so gelingt das Ausziehen des Eisens aus der Fällung nicht vollständig, auch nicht, wenn die Fällung vor der Digestion getrocknet worden ist.

Diese Versuche geben Erklärung über eine Bildungsart

von sogenanntem „Grönörke“ (grünes eisenoxydulhaltiges Seeerz), aber sie zeigen auch, dass je nach dem Ueberwiegen von Vitriollösung oder Humuslösung in einem See Erz ausgefällt oder schon abgesetztes Erz vielleicht wieder aufgelöst werden kann.

Es wurde oben eine Analyse von Ockerschlamm aus dem Tisken mitgetheilt, welcher unterhalb der Bergschule an der östlichen Seite des Sees aufgenommen wurde. Da Falu å durch den See Tisken rinnt, so ist wenig wahrscheinlich, dass eine absehbare Quantität des Ockers, der aus dem Grabenbach auf der entgegensetzten westlichen Seite des Sees abgesetzt wird, jenseits des Stromlaufes zur Ausfällung gekommen sei. Der dortige Schlamm muss also hauptsächlich als eine Fällung der aus umliegenden Schlackenhalden gelösten mineralischen Substanzen durch die organischen Säuren, die Falu å mit sich führt, betrachtet werden.

Oberhalb der Stadt enthält dieser Strom neben ein wenig Kieselsäure nur organische Substanzen (nach Gahns Analyse), während des Laufs durch die Stadt wird er durch Abfälle von Färbereien, Gerbereien etc. verunreinigt. Die Zusammensetzung des fraglichen Ockers war:

Kieselsäure . . .	39,9	
Wasser	5,2	incl. ein wenig
Organisches . . .	27,8	Ammoniak
Eisenoxyd u. Thonerde	30,3	
Kupferoxyd . . .	0,5	
Schwefelsäure . .	0,4	
Posphorsäure . . .	0,3	
Kalk, Talk, Manganoxyd, Verlust . .	0,8	
Summe:	100,0.*)	

Diese Analyse zeigt einen Schwefelsäuregehalt, der nicht grösser ist als jener in vielen Wiesenerzen, und doch dürfte die Lösung der Mineralsubstanzen hauptsächlich durch Schwefelsäure geschehen sein, die bei der Verwitterung der in der Schlacke sitzenden Rohsteinpartikeln entsteht.

*) Die angegebenen Zahlen ergeben die Summe 105,2.
Anm. d. Redaktion.

Kupferoxyd wird nach Forchhammer aus neutraler Kupfervitriollösung durch Humussäuren gefällt.

Die Analyse zeigt auch einen Phosphorsäuregehalt, der in dem Ocker an der anderen Seite des Sees nicht zu finden ist. Ich kochte Ocker aus dem Bache nahe dem „Drottningschachte" mit humussaurem Ammoniak und Phosphorsalz, aber wiewohl der Ocker die Humusssäure ausfällte und von seinem Schwefelsäuregehalt befreit wurde, so nahm er doch keine Phosphorsäure auf. Als hingegen Eisenvitriol mit einer neutralen Lösung von humussaurem Ammoniak und Phosphorsalz gekocht wurde, entstand eine phosphorhaltige Fällung von humussaurem Eisenoxydul (Oxyd?). Wir haben daher alle Ursache zu glauben, dass ein ausgefällter Ocker (Seeerz) keinen Phosphor aus den phosphorsäurehaltigen Lösungen aufnimmt, die mit dem Ocker nach seiner Präcipitation in Berührung kommen, aber dass phosphorsäurehaltiges Seeerz entsteht, wenn die Fällung des Ockers aus einer phosphorsäurehaltigen Lösung geschieht, oder wenn der Ocker auf Pflanzenüberresten mit phosporsäurehaltiger Asche ausgefällt wird. Dass das Eisenoxydul eben so gut als das Eisenoxyd bei der Fällung Phosphorsäure mitnimmt, wird durch die eben angeführten Versuche angedeutet, wie auch durch die Erscheinung, dass der Vivianit in Wiesenerzen und Torfmooren gewöhnlich mit weisser Farbe vorkommt (phosphorsaures Eisenoxydul), die erst bei dem Zutritt der Luft in Blau (phosphorsaures Eisenoxyduloxyd) verwandelt wird.

Kommen Gerb- oder Gallussäurelösungen mit Eisenvitriollösungen zusammen, so wird, wenn die Luft Zutritt hat, ein tintenschwarzes Oxyduloxydsalz ausgefällt. Dieselbe Präcipitation findet auch in gerbsäurehaltigen Pflanzensubstanzen statt, welche Eisenlösungen aufsaugen. Man sieht oft genug steinharte und tintenschwarze Heidekrautstengel, welche auf diese Weise mineralisirt worden sind.

Dass kohlensaure Alkalien und alkalische Erdarten Eisenoxyd (in gewissen Fällen auch Oxydul) auszufällen vermögen, ist eine bekannte Sache. Ich will deswegen hier nur an den Gehalt an kohlensauren Alkalien und alkalischen Erden in Torfwasser und in Quellen erinnern, wie ihn die meisten mitgetheilten Analysen anzeigen.

Von besonderem Interesse ist hierbei die Beobachtung

Yorkes', dass Eisenoxydhydrat, aus einer Sulphatlösung durch kohlensaures Natron gefällt, die Zusammensetzung $\ddot{F}^2\dot{H}^3$ oder dieselbe wie die meisten Brauneisensteine hat.

Dass bei der Präcipitation von Eisenoxyd auch andere gelöste Substanzen mit zur Fällung kommen, ist schon bemerkt worden, und dadurch dürfte der Gehalt der Seeerze an Kalk- und Talkerde, wie auch an Kieselsäure erklärt werden können. Alle mitgetheilten Analysen von Quellen geben eine Quantität Kieselsäure an, welche, mit dem Kieselsäuregehalt des Quellwassers verglichen, relativ grösser als in den Seeerzen ist; also braucht das Eisenoxyd keineswegs den ganzen Kieselsäuregehalt des Wassers mitzunehmen, um von Kieselsäure so verunreinigt zu werden, wie die Seeerze zu sein pflegen. Es ist ziemlich allgemein angenommen, dass verwesende organische Substanzen gelöste Kieselsäure begierig aufnehmen. L. v. Buch hat gezeigt, dass bei der Silifikation von Muschelschalen nicht der Kalk, sondern die zwischen den Kalklamellen liegenden thierischen Membranen zuerst und hauptsächlich die Kieselsäure absorbiren. Die meisten fossilen Bäume sind silificirt. Pfeiler der Brücke, die Trajanus über die Donau unterhalb Belgrad schlagen liess, sind durch das Wasser der Donau auf eine Tiefe von mehreren Zollen mit Kieselsäure imprägnirt. Papier, das in eine Wasserglaslösung getaucht und danach gewaschen wird, hält einen grossen Theil der Kieselsäure des Wasserglases fest; alles dieses deutet auf das Vermögen organischer Substanzen hin, die Kieselsäure zu absorbiren und festzuhalten. Findet eine Fällung von Eisenoxyd gleichzeitig mit einer solchen von organischen Substanzen oder mit deren Hilfe statt, so kann eine gleichzeitige Ausfällung von Kieselsäure in grösserer Menge, als vielleicht die Eisenoxyde allein mitzunehmen vermögen, kein Erstaunen erregen. Ich will jedoch hier nicht unerwähnt lassen, dass Liebig bei agriculturchemischen Versuchen zu dem Resultat gelangte, dass gebrannter Thon grosse Quantitäten gelöster Kieselsäure absorbirt, aber dass dies nicht mit humusreicher Erde der Fall ist, weil nach seiner Ansicht die Kieselsäure humussaure Salze zu zersetzen nicht vermag. Weiter unten werden wir sehen, dass eine Menge von Kieselsäure durch den Lebensprozess der sogenannten Infusionsthiere aus Lösungen ausgefällt wird, woraus auch gleichzeitig Seeerze ausgefällt werden.

Hier will ich als eine weitere Art der Ausfällung der Kieselsäure nur noch anführen, dass aus verdünnten Wasserglaslösungen im Lauf der Zeit eine harte Kruste von beinahe reiner Kieselsäure auf dem Boden des Gefässes abgesetzt wird, und die erwähnten Reaktionen dürften hinreichend sein, um den Kieselsäuregehalt des Seeerzes zu erklären, wenn sie auch nicht alle gleichzeitig wirkend sind.

Den Thonerdegehalt der Seeerze zu erklären, ist in vielen Fällen nicht so leicht, da nach den meisten oben mitgetheilten Analysen von Wässern die Quellen keine Thonerde enthalten. Nach Bischof werden jedoch Spuren von Thonerde in beinahe allen Quellen gefunden, wenn sie bei dem bei der Analyse ausgefällten Eisenoxyd aufgesucht werden. Dass die Thonerde aus quell- und quellsatzsaurer Ammoniak-Thonerde (die gewiss in manchem Torfwasser enthalten ist) ausgefällt wird, soll weiter unten erwähnt werden. Hier mag nur bemerkt werden, dass thoniger Schlamm einen bedeutenden Theil des Thonerdegehalts der Seeerze und vielleicht auch ihres Kieselsäuregehalts liefern dürfte nicht nur durch mechanische Einmischung, sondern auch dadurch, dass Eisenoxydhydrat Silikate zersetzt, mit welchen es sich im nassen Zustande in langer Berührung befindet.

Mündet eine vitriolische Quelle nicht auf dem Seeboden, sondern auf dem trockenen Lande aus, so finden auch da Eisenfällungen von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd statt, welches durch die Oxydation des Oxydulsulphats zu Oxydsulphat gebildet wird. Das gleichzeitig damit entstehende neutrale Oxydsulphat kann jedoch in diesem Falle nur durch zutretende Basen oder Alkali- und andere Salze mit schwachen Säuren ausgefällt werden, welche gleichzeitig mit dem Eisenoxyd auch andere im Wasser gelöste Oxyde präcipitiren, so dass eine solche Fällung (Wiesenerz) mehr durch fremde Substanzen verunreinigt wird als ein analoges Seeerz. Diese Fällungen können sich auf oder nahe an der Erdoberfläche absetzen, in compakten Massen oder mit Sand gemischt, welcher von ihnen zu einem ockerigen Sandstein zusammengekittet wird („Ortstein“).

Die Schwefelsäure dürfte auch in diesem Falle aus dem Ocker durch Lösungen von humussaurem Ammoniak (Torfwasser) entfernt werden, welche durch die Eisenfällungen ihren Weg

nehmen. Es ist leicht zu begreifen, dass diese Extraction der Schwefelsäure unter übrigens ähnlichen Verhältnissen in bedeutendem Grade durch die Einwirkung der Sonne befördert werden muss. Eine Beobachtung von SWEDENBORG dürfte für diese Behauptung als ein Beweis gelten, aber ich weiss nicht, ob die Erfahrung der Neuzeit in dieser Hinsicht die Aussage SWEDENBORG's bestätigt: *„Paludes hujus generis prostant, quae devexo et declive solem meridianum prospiciunt, humus ibi melioris sanguinis venam sive ochram recondit: sed si solem declive boream spectat, datur vena vilioris pretii. —“*

Da nach oben mitgetheilten Versuchen Ocker keine Phosphorsäure aus Lösungen aufnimmt, welche mit demselben in Berührung kommen, und da auf der anderen Seite die Auslaugung der Schwefelsäure aus compakten Ockermassen weniger vollständig geschehen muss, als wenn die verschiedenen Humuslösungen mit dem Ocker bei dessen Ausfällung in einem See in Berührung kommen, so würde es nicht sonderbar erscheinen, wenn aus vitriolischen Lösungen entstandene Wiesenerze gewöhnlich mehr Schwefel und weniger Phosphor enthielten als die entsprechenden Seeerze, was auch mit der älteren Erfahrung übereinstimmt.

Rinnt vitriolisches Wasser durch ein Torfmoor, so muss dadurch die Humifikation verzögert oder verhindert werden, da die Schwefelsäure die Alkalien absorbirt, welche die Entstehung der Humussäuren beschleunigen. Damit ist die Ausfällung eines basischen Eisensulphates verbunden, welche jedoch aufhört, sobald die ganze Torfmasse mit Vitriol getränkt ist. Wir können es daher nicht sonderbar finden, dass der Vitriolgehalt vieler Torfmoore so bedeutend ist, dass er nutzbar gemacht werden kann (wie in Böhmen), auch nicht, dass Efflorescenzen von Alaun, Bittersalz etc. in vielen Torfmooren vorkommen, oder dass eine beträchtlichere Ablagerung von Wiesenerz in Torfmooren nicht stattfinden kann, obschon vitriolisches Wasser durch dieselben seinen Weg nimmt, und obschon nicht nur humussaure Alkalien, sondern auch die Humuskohle Eisenoxyde aus der Lösung auszufällen vermögen. HELLMANN, WEPPEN, CHEVALLIER, WASSINGTON u. a. haben Versuche über die Ausfällung von Metalloxyden aus ihren Salzen durch nicht vollständig gebrannte organische Substanzen angestellt, von welchen Versuchen hier nur angeführt werden mag, dass aus

Lösungen von Kupfervitriol, essigsaurem Eisenoxyd, Eisenchlorid, Zinkvitriol, Eisenvitriol und Chromvitriol basische Salze ausgefällt wurden; Alkalien, Gyps, Alaun, Kalk (aus Kalkwasser) wurden dagegen nicht gefällt. In Frankreich und Deutschland wird Lignit anstatt Knochenkohle zum Klären von Zuckerlösungen gebraucht, in Indien sogenanntes Ulmin (der braun gewordene Saft von Acer-Arten) zu demselben Zweck. Thonerdehydrat hält die Humussäure fest, und dasselbe gilt (wie es scheint) von ganz indifferenten Substanzen, wie Gyps und schwefelsaurem Baryt. Es lag daher, mit Hinsicht auf alle diese Thatsachen, nahe, das Verhalten der Humuskohle zu Eisenlösungen zu prüfen. Schlamm aus dem östlichen Tisken wurde mit Salzsäure ausgekocht und danach gewaschen, bis das Waschwasser Humussäuren zu lösen anfing. Eine grössere Menge kochende, concentrirte Eisenvitriollösung wurde durch diesen Schlamm filtrirt, wobei eine klare, braune Lösung durch das Filtrum ging. Während des Waschens mit heissem Wasser wurde das Filtrat von einem basischen Salze getrübt.

Der vorher dunkelbraune Schlamm hatte nach dem Trocknen eine schmuzig ockerbraune Farbe. 0,493 Gramm von dem mit Säure ausgelaugten Schlamm, 0,146 Gramm Wasser und organische Substanzen (nach dem Trocknen auf dem Wasserbad) enthaltend, hatte aus der Eisenvitriollösung 0,010 Gramm Eisenoxyd (als Oxydul in der Fällung?) ausgefällt, d. i. etwa 7 pCt. von dem Gehalt des Schlammes an organischen Substanzen und Wasser. Dieser Versuch zeigt, dass nicht allein die humussauren Alkalien in einem Torfmoore, sondern auch die Humuskohle (und freien Humussäuren) aus Vitriollösungen Eisen auszufällen vermögen. Die geringe Quantität des gefällten Eisens sagt jedoch zugleich, dass eine solche Präcipitation aufhören muss, sobald eine relativ so unbedeutende Eisenquantität zur Ausfällung gelangt ist, dass sie wohl den grossen Eisengehalt in der Asche vieler Torfarten, nicht aber eine absehbare Wiesenerzbildung in einem Torfmoore erklären kann. Sobald die Torfsubstanz so viel Eisen ausgefällt hat, als sie vermag, kann natürlicherweise die Eisenvitriollösung dieselbe ohne weitere Zersetzung passiren. Dass die Gerb- und Gallussäuren in verfaulenden Wurzeln, Stammenden etc. aus eingesaugten Lösungen Eisenoxyd ausfällen, wurde schon erwähnt,

und wir können aus den jetzt angeführten Versuchen schliessen, dass Fällungen ausserdem durch die Humuskohle und Humussäuren bewirkt wurden, welche in verfaulenden Bäumen vorkommen. Da Schwefelsäure die Holzsubstanz kohlt, so ist natürlich, dass solche in Erz verwandelte Holztheile meistentheils gekohlt worden sind, da vitriolische Lösungen die Eisenimprägnation bewirkten.

Ueberall, wo sich schwefelkieshaltige Gesteine, Luft und Wasser (am liebsten kohlensäurehaltiges) finden, können auch vitriolische Quellen gebildet werden, welche durch eben erwähnte Reaktionen die Veranlassung zur Entstehung der See- und Wiesenerze geben. Diese Verhältnisse kommen in den limonitreichsten Gegenden Schwedens vor, und man dürfte daher nicht bezweifeln können, dass ein Theil der See- und Wiesenerze aus vitriolischem Wasser auf die hier angegebenen Weisen gebildet wird, welche hier etwas weitläufig behandelt worden, weil sie wenig oder gar nicht von den neueren Verfassern über diese Gegenstände, wie Kindler, Wiegmann, Bischof, Senft berührt worden sind.

Fällung aus kohlensauren Lösungen. Kommt eine Quelle, welche freie Kohlensäure und Bicarbonate von Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul etc. enthält, in Berührung mit der Luft, so verschwindet zuerst die freie Kohlensäure, demnächst die an Eisenoxydul- (und Manganoxydul-) Carbonate halb gebundene und zuletzt die an Kalkcarbonat halb gebundene. Die Folge davon ist, dass aus einem solchen Wasser zuerst Eisenoxydul- (und Manganoxydul-) Carbonat ausgefällt wird, also eine fractionirte Präcipitation, durch welche aus einem eisenarmen kohlensauren Wasser nahe an der Mündung der Quelle ein eisenreicher Niederschlag bewirkt werden kann. In der zuerst entstehenden Fällung wird die Präcipitation des Eisens durch die grosse Neigung des Eisenoxyduls, sich höher zu oxydiren, in hohem Grade begünstigt.

Aus einer Lösung von Eisenoxydul-Bicarbonat wird nämlich bei dem Zutritt der Luft nicht nur Eisenoydulcarbonat, sondern gleichzeitig auch eine gewisse Menge Eisenoxydhydrat ausgefällt, während sich Kalkbicarbonate etc. gelöst halten, je mehr, je niedriger die Temperatur ist.

Um die Richtigkeit dieser Behauptung zu beweisen, dürfte es hinreichend sein, einige der Analysen Ludwig's von Ocker-

fällungen, welche sich in verschiedener Entfernung von der Quellöffnung des Nauheimer Sprudels abgesetzt haben, mitzutheilen:

	I.	II.	III.
Kohlensaurer Kalk . .	35,40	83,58	87,81
Kohlensaurer Talk . .	—	2,49	9,05
Eisenoxyd	44,28	2,07	2,05
Manganoxyd	2,11	5,49	
Kieselsäure	2,65	3,09	Spuren
Arseniksäure	1,05	—	—
Organisches	—	—	0,12
Wasser	14,32	3,28	0,97
Verlust	0,19		
	100,00	100,00	100,00.

I. ist der Ockerabsatz bei der Quellenmündung.

II. ist der Ockerabsatz 220 Meter von der Quellenmündung.

III. ist der Ockerabsatz 400 Meter von der Quellenmündung.

Es leuchtet aus diesen Analysen nicht nur ein, dass der Gehalt des Absatzes an kohlensaurem Kalk und Talk mit der Entfernung von der Quellöffnung zunimmt, und dass in demselben Maasse der Eisen- und Manganoxydgehalt (der unmittelbar bei der Quellöffnung am grössten ist) abnimmt, sondern auch dass die Kiesel- und Arseniksäure hauptsächlich mit dem Eisen ausgefällt werden. Man weiss, dass die Phosphorsäure sich gegen Eisenoxyd analog der Arseniksäure verhält, und es darf daher nicht überraschen, dass Seeerze, welche sich aus kohlensäurehaltigem Wasser absetzen, den ganzen Phosphorsäuregehalt der Lösung, woraus die Fällung geschieht, mitnehmen.

Das Verhältniss zwischen Kieselsäure auf der einen und Eisen- und Manganoxyd auf der anderen Seite ist nach I und II im Durchschnitt wie 2,87 : 26,97 = 1 : 9,4 und im Durchschnitt bei schwedischen Seeerzen, nach Svanberg's Analysen, wie 12,64 : 68,14 = 1 : 5,4. Ich mache diesen Vergleich nur, um zu zeigen, wie Ocker, dessen Absatz aus Quellen vor dem Auge liegt, relativ gegen den Eisengehalt nicht viel weniger Kieselsäure enthalten als die Seeerze, deren Absetzung, unserer Meinung nach, aus ähnlichen Quellen geschehen ist. In dem vorliegenden Fall wirkt jedoch nur ein Factor zu der Präcipita-

tion der Kieselsäure (nämlich das fallende Eisenoxyd), während wir dagegen oben gesehen haben, dass bei der Seeerzbildung mehrere andere gleichzeitig zur Kieselsäurefällung mitwirkend sein können.

Der nicht so ungewöhnliche Kohlensäuregehalt der Seeerze, welcher oft grösser zu sein scheint, als dem Kalk- und Talkgehalt des Erzes entspricht, kann durch die Annahme leicht erklärt werden, dass aus kohlensäurehaltigem Wasser gefällte Ocker Eisenoxydulcarbonat enthalten, welches nicht zur Verwandlung in Eisenoxydhydrat gelangt ist. Hier mag auch an die mögliche Existenz von Eisenoxyd- und Thonerdecarbonaten erinnert werden, nach Angaben von WALLACE (siehe oben) und SOUBEIRAN, welcher letztere beobachtete, dass *Crocus Martis aperitivus* in feuchter Luft zu einem kohlensäurehaltigen Eisenoxydhydrat verwandelt wird, vielleicht von der Zusammensetzung $\ddot{F}\,\ddot{C}^3 + 6\ddot{F}\,\dot{H}^3$. In allen Seeerzen, welche Eisenoxydul neben mehr Kohlensäure enthalten, als der anwesende Kalk zu binden vermag, hat man jedoch grössere Veranlassung die Existenz von Eisenoxydulcarbonat zu vermuthen, als jene von den genannten Oxydcarbonaten.

Bei Analysen kann man oft wahrnehmen, wie begierig Eisenoxyd- und Thonerdehydratfällungen kleine Quantitäten von Kalkcarbonat, Talk etc. mitnehmen und festhalten. Diese Erscheinung erklärt den geringen Kalk- und Talkgehalt der See- und Wiesenerze; denn die Wassermenge in einem See dürfte hinreichend sein, um das in geringer Quantität mit dem Eisenocker ausgefällte Kalkcarbonat ganz und gar aufzulösen, da letzteres (nach FRESENIUS) von 10,600 Theilen Wasser gelöst wird, sofern Spuren davon von den Eisenoxydhydraten nicht festgehalten wurden.*)

Da der geringe Talkgehalt einer Quelle in den meisten Fällen an Kieselsäure gebunden sein muss, so kann die Talkerde natürlicherweise nicht zur Ausfällung gelangen, da die Quelle mit einem See verdünnt wird, sofern nicht andere Fällungen kleine Portionen davon mitnehmen.

---

*) An den Ufern einiger Småländischen Flüsse (z. B. Emmån nahe Holtsby) kann bisweilen eine lose Kalkfällung beobachtet werden, die sich vielleicht aus kohlensaurem Wasser abgetzt hat, nachdem daraus die Ausfällung des Eisenockers in den Seen stattgefunden hat.

Von dem Thonerdegehalt in aus kohlensäurehaltigem Wasser ausgefällten Seeerzen gilt dasselbe, was oben bei den aus vitriolischen Wässern entstandenen ausgeführt wurde.

Der Mitwirkung des organischen Lebens bei der Seeerzbildung aus kohlensäurehaltigem Wasser wird weiter unten erwähnt werden.

Münden solche Quellen nicht unter dem Wasser, sondern auf der Erdoberfläche aus, so verdampft die freie und halb gebundene Kohlensäure schneller, das Eisenoxydul wird leichter oxydirt, und die Absetzung von Ocker geschieht daher rascher als in ersterem Falle. Ein solcher Ocker (Wiesenerz) muss jedoch von Kalkcarbonat etc. mehr verunreinigt sein als das entsprechende Seeerz; denn unter den gegebenen Verhältnissen werden auch die übrigen Mineralbestandtheile der Quelle leichter ausgefällt, und Wasser fehlt zu ihrer Wiederauflösung.

In einem Torfmoore, wo die Humifikation fortschreitet, kann aus kohlensäurehaltigem Wasser Eisenoxydhydrat nicht abgesetzt werden, aber die Ausfällung von einfachem Eisenoxydulcarbonat ist da in vielen Fällen möglich; und wenn wir auch Eisenspath-Sumpferze nicht kennen, welche diese Behauptung beweisen könnten, so haben wir doch alle Ursache, eine beinahe ähnliche Entstehung bei den meisten Sphärosideriten zu vermuthen, welche mit Steinkohlen etc. zusammen vorkommen.

Dass organische Säuren, welche Fällungen in Vitriollösungen bewirken (z. B. Gerbsäuren, Gallussäure etc.) auch aus Eisenbicarbonatlösungen unter gewissen Verhältnissen Oxyduloxydsalze präcipitiren können, leuchtet von selbst ein, und solche Reaktionen können ebensowohl bei der Bildung von Seeerzen als bei der von Wiesenerz lokal wirkend sein.

Fällung aus humussauren Lösungen. Eisenoxyd, Thonerde u. a. Sesquioxyde werden aus humussauren Lösungen nicht durch Alkalien oder kohlensaures Alkali gefällt; denn die Humussäuren verhindern die Fällung auf dieselbe Weise, wie Weinsäure und andere nicht flüchtige organische Säuren. Auch treiben die Humussäuren Kohlensäure aus Alkalicarbonaten aus, und in Wasser unlösliche, einfache, humussaure Salze nehmen das Alkali auf, um mehrbasische, lösliche Salze zu bilden. Es ist daher leicht zu erklären, dass in Torfmooren oder Seen eine Ockerfällung nicht dadurch bewirkt werden kann, dass sich alkalinische Quellen mit dem

Moor- oder Seewasser mischen, worin humussaure Eisenoxyde gelöst sind; im Gegentheil, schon gebildete Ocker, welche Humussäure enthalten (gewisse See- und Wiesenerze), können durch das Dazwischenkommen von alkalinischen Quellen theilweise wieder aufgelöst werden.

Die Ausfällung des Eisengehalts aus humussauren Lösungen kann dagegen unter den in der Natur gegebenen Verhältnissen auf mehrfache Weise geschehen. Wirkt eine freie Säure (z. B. die Schwefelsäure, die in einem See vorkommt, wo aus neutralem schwefelsaurem Eisenoxydul basisches Eisenoxydsulphat ausgefällt worden ist) auf ein mehrbasisches, humussaures Sesquioxydsalz ein, welches durch seinen Ammoniakgehalt löslich ist, so wird dieser ausgezogen, und das Sesquioxydsalz wird ausgefällt.

Dieselbe Wirkung übt auch Eisenoxydsulphat aus, und die dadurch entstehende Fällung besteht theils aus Eisenoxydhydrat (aus dem Sulphate), theils aus humussaurem Sesquioxyd. Enthält das mehrbasische, humussaure Salz nur Monoxyde, so wird sein Ammoniakgehalt ebenfalls von stärkeren Säuren ausgezogen, aber dabei entsteht keine Fällung, da auch die einfachen, humussauren Oxydulsalze leicht löslich sind. In der Lösung der letzteren findet jedoch eine eisenhaltige Fällung statt, sobald der Oxydulgehalt Gelegenheit hat, sich zu oxydiren.

Endlich entstehen Fällungen, sowohl aus einfachen, als mehrbasischen, humussauren Salzen, durch die Oxydation der Humussäuren und deren schliessliche Verwandlung in Kohlensäure und Wasser. Quellsaures Eisenoxydul ist in Wasser leicht löslich; aber sobald die Quellsäure in Quellsatzsäure verwandelt wird, und das Eisenoxydul in Oxyd, entsteht ein Ocker, dem, von Porla ähnlich, von welchem oben eine Analyse mitgetheilt ist. Diese Verwandlung der Humussäuren sind Oxydationsprozesse. Wenn daher Sauerstoff nicht von aussen zugeführt wird, so muss er aus dem Salz selbst genommen werden, z. B. von einem darin befindlichen Sesquioxyd, welches zu Oxydul reducirt werden kann. Da aber die resp. Oxydulsalze löslich sind, so kann keine Fällung entstehen, ehe ein Zuschuss von Sauerstoff von aussen möglich macht, dass gleichzeitig mit der Oxydation der Humussäuren das Eisenoxydul zu Oxyd oxydirt werden kann; oder ehe die Humussäuren in

Wasser und Kohlensäure verwandelt sind. Die Kohlensäure wird dann an die Oxydule des ehemaligen humussauren Salzes gebunden, und diese werden nach und nach aus der Lösung auf dieselbe Weise ausgefällt, welche wir oben hinsichtlich der Carbonate andeuteten.

Bei diesen Fällungen spielt daher die Oxydation eine Hauptrolle, und weiter unten werden wir finden, wie der dazu nöthige Sauerstoff hauptsächlich durch organisches Leben zugeführt wird. Ausserdem würde die Ausfällung äusserst langsam geschehen, wenn sie nicht durch vitriolische Quellen lokal befördert würde.

Es folgt auch aus dem Angeführten, dass in einem zusammenhängenden System von eisenhaltigem Moorwasser die Verhältnisse an einem Orte für Eisenfällungen günstiger sein können als an einem anderen, je nachdem auf der einen Seite z. B. vitriolische Quellen hervordringen oder lebende Pflanzen Vorrath an Sauerstoff etc. liefern, oder auf der anderen Massen von verfaulenden Pflanzensubstanzen Sauerstoff consumiren und die Oxydation des Eisenoxyduls verhindern; ferner dass an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten bald Ausfällung, bald Auflösung von ausgefälltem Ocker stattfinden kann, je nach dem Vorrath an Sauerstoff, welcher auf humussaure Metallösungen oder auf verfaulende Pflanzensubstanzen einwirkt. Letztere entziehen dem Eisenoxyd Sauerstoff, verwandeln sich in Humussäuren und führen das Eisenoxydul weg. Gewöhnlich dürften unter übrigens ähnlichen Verhältnissen Oxydation und Ausfällung während des Sommers, aber Reduktion und Auflösung während des Winters*) überwiegen. Seeerze sind daher keineswegs sehr

---

*) Das Gas, welches sich aus einem Teich im Marburger botanischen Garten entwickelte, hatte nach Bunsen die Zusammensetzung:

	(im Winter)	(im Sommer)
Kohlenwasserstoff . . .	47,37	76,61
Kohlensäure	3,10	—
Sauerstoff	0,17	5,36
Stickstoff	49,39	18,03
	100,03	100,00.

Der Gehalt an freiem Sauerstoff ist hier während des Sommers also 31 Mal grösser als während des Winters; daher ist auch im Sommer 31 Mal grössere Gelegenheit zur Oxydation d. i. Ausfällung von Ocker aus möglicherweise anwesenden Eisenlösungen.

beständig; sie können Spielbälle eines oft erneuerten Streits zwischen Oxydations- und Reductions-Prozessen (oder Ausfällung und Wiederauflösung) sein, besonders so lange sie noch in dem Zustande von ockerigem Schlamm vorkommen.

Einige Verhältnisse tragen jedoch dazu bei, dass Eisenoxydhydratfällungen, welche noch nicht in compakte Massen verwandelt sind, besser der Wiederauflösung widerstehen können. Nach Ordway werden lösliche basische Salze nach der Ausfällung oft unlöslich. Limberg und Wittstein fanden, dass Eisenoxydhydrat durch ein längeres Verweilen unter Wasser in Säuren schwer löslich wird. Bei gewöhnlicher Temperatur bekommt es dabei die Zusammensetzung $\ddot{F}e^2\dot{H}^3$, aber bei gleichzeitiger Einwirkung von Kälte $\ddot{F}\dot{H}^3$. Die Kälte soll in hohem Grade dazu beitragen, dass Eisenoxydhydrat unter Wasser schwer löslich wird; man mag daher nicht über Svedenborg lächeln, welcher die Hitze der Sonne und die Kälte des Herbstes als bei der Seeerzbildung wirkende Factoren (siehe obiges Citat) anführt.*)

---

*) Hinsichtlich der Einwirkung von Kälte auf Eisenoxydhydrat habe ich einige Versuche angestellt, welche Folgendes ergaben:

Eisenoxydhydrat in der Kälte gefällt, mit kaltem Wasser gewaschen und im Exsiccator in Laboratoriumtemperatur getrocknet, enthielt 80,65 Procent $\ddot{F}e$ und 19,35 $\dot{H}$, der Formel $\ddot{F}e\dot{H}^2$ entsprechend, welche 81,63 $\ddot{F}e$ und 18,37 $\dot{H}$ fordert. Ein Theil des frischgefällten und gewaschenen, voluminösen Niederschlages wurde mit Wasser begossen und das Wasser gefrieren gelassen, worauf der Eisklumpen sammt dem inneliegenden Ball Eisenoxydhydrat 4 Tage lang einer Temperatur von — 6 bis — 10 ° ausgesetzt blieb. Während des Gefrierens hatte das voluminöse Eisenoxydhydrat sich zu einem kleinen Ball von concentrisch schaliger Structur zusammengezogen, der mitten im Eis lag, und von welchem aus durch das Eis zahlreiche dünne Luftröhrchen sich verbreiteten. Nach dem Aufthauen des Eises zerfiel das Eisenoxydhydrat zu einer wenig voluminösen, wenig zusammenhängenden, rothbraunen, pulverigen Masse, welche nach dem Trocknen im Exsiccator 80,696 $\ddot{F}e$ und 19,304 $\dot{H}$ enthielt, also nach der Formel $\ddot{F}e\dot{H}^2$ (wie das nicht gefrorene Hydrat) zusammengesetzt war. Dies ist die Formel des Xanthosiderites. Eine Portion des Eisenoxydhydrates endlich wurde mit Wasser begossen und eine Woche lang einer Temperatur von 85 bis 90 Grad ausgesetzt. Schon nach 1½ Tagen hatte dieses Hydrat eine blutrothe Farbe, geringes Volumen und pulverige Structur angenommen. Es enthielt aber noch einzelne Partieen gelatinösen, braunen Hydrates, die sich unter dem Mikroskop

Die oben angegebenen Reactionen geben in erster Hand nur die Eisenoxyde an, aber die Reactionen der Manganoxyde sind denselben so ähnlich, dass ein Mangangehalt in Eisenocker, der aus einer von Mangan verunreinigten Lösung abgesetzt wird, keine Verwunderung erregen kann.*)

Dasselbe dürfte auch von Chrom und Vanadin gelten.

Die Thonerde ist in Huminsäuren (besonders Quellsäuren) löslich, da gleichzeitig Ammoniak als Base auftritt, aber nach der Entfernung des Ammoniaks fällt die Thonerde in einem basischen, unlöslichen, quellsauren und quellsatzsauren Salz, welches den Reagentien kräftig widersteht. Ist die Thonerdefällung mit Eisenocker gemischt, welcher theilweise wieder aufgelöst werden kann (siehe oben), so wird der relative Thonerdegehalt des Rückstandes vergrössert, und ganz unbedeutende Spuren von Thonerde in einem Wasser können dadurch im Ocker hervortreten. Uebrigens gilt auch hier, was schon oben von der Verunreinigung der Seeerze mit Thonschlamm angeführt wurde.

Die Kieselsäure folgt der Fällung von Eisenoxyd etc. aus demselben Grunde, der schon an einer andern Stelle angegeben ist, aber bei den aus humussauren Salzen gefällten Ockern hat wohl die Ausfällung der Kieselsäure durch organische Substanzen mehr Bedeutung als bei allen andern Ockern. Von

---

entdecken liessen, und welche nach 4 bis 5 Tagen völlig verschwunden waren. Im Exsiccator getrocknet, bis das Gewicht konstant blieb, bestand das pulverisirtem Rotheisenstein gleiche Pulver aus 96,675 $\dddot{Fe}$, 3,325 $\dot{H}$, entsprechend der Formel $\dddot{Fe}^{10}\ \dot{H}^{3}$. Dann auf dem Wasserbad getrocknet, war die Zusammensetzung: $\dddot{Fe}$ 97,202, $\dot{H}$ 2,798, entsprechend der Formel $\dddot{F}^{4}\ \dot{H}$. Unmagnetisch. Unter dem Mikroskop konnte in keinem dieser Hydrate krystallinische Structur entdeckt werden; mit Ausnahme der Farbe waren sie einander gleich, von splittrigem Bruch, Bernstein oder Kolophonium ähnlich. Das rothe Hydrat erinnert an die oben erwähnten wasserfreien Sumpferze. Ich sollte meinen, dass viele blutroth gefärbte Sedimentärgesteine weniger von Eisenoxyd als von einem dem dargestellten ähnlichen Eisenoxydhydrat gefärbt seien. In der Juraformation hört die blutrothe Farbe auf, die herrschende eisenhaltiger Sedimentbildungen zu sein. Mag die höhere Temperatur des Wassers, aus welchem ältere, die niedrigere des Wassers, aus welchem jüngere Schichten abgesetzt wurden, hierbei eine Rolle spielen?

*) In Neu-England setzen, nach Wells, viele Bäche und Flüsschen Manganoxyd ab, besonders unterhalb Wasserfällen und Strömungen.

Interesse sind in dieser Hinsicht die oben mitgetheilten mikroskopischen Untersuchungen, die einen nahen Zusammenhang zwischen Infusorienpanzern und Kieselsäure auf der einen Seite und humushaltigen Eisenockern auf der andern zeigen.

Die Phosphorsäure folgt hier dem ausfallenden Eisenoxyd eben so gut, als wenn dieses Oxyd aus der Lösung in anderen Säuren ausgefällt wird. Was endlich den Kalk und Talk betrifft, so sind ihre humussauren Salze so leicht löslich, dass sie nicht wesentlich mit dem Eisenocker ausgefällt werden; kämen aber diese Basen durch die Zersetzung der Humussäuren auch mit Kohlensäure in Verbindung, so würden ihre Carbonate gewiss durch einen See wieder aufgelöst werden, mit Ausnahme der geringen Spuren, welche von dem Eisenoxyde etc. festgehalten werden.

Rinnt eisenhaltiger Torfextrakt aus einem Moore in ein anderes aus, so ist klar, dass in diesem letzteren nicht abgesetzt werden kann, was in ersterem gelöst worden ist. Man sieht oft, dass Wassergräben in und aus Torfmooren mit Eisenocker gefüllt sind, obschon keine Spur des letzteren in und unter dem Moore selbst vorkommt, und man wird also auch erklärlich finden, dass Wiesenerze unterhalb eines Moores, zwischen zwei Mooren oder in den sogenannten Moorhälsen abgesetzt werden, obgleich in den Mooren selbst keine Erzablagerung vorkommt. Bei solchen Wiesenerzfällungen aus Moorwasser machen sich dieselben Reactionen geltend, welche die resp. Seeerzbildungen bedingen; aber in vielen Fällen können sie schneller wirken, da der Zutritt der Luft freier ist.

Die erwähnten verschiedenen Fällungsarten von See- und Wiesenerzen haben wir hier gesondert betrachtet, um die Darstellung nicht allzu verwickelt zu machen. Es folgt jedoch schon aus dem Angeführten, dass sie in der Natur gewöhnlich nicht isolirt, sondern in zufälligem, aber nothwendigem Zusammenhange mit einander wirken.

Mitwirkung des organischen Lebens bei der Seeerzbildung. Wir haben gesehen, dass die organische Natur bei der Entstehung dieser Erze eine bedeutende Rolle spielt, nicht durch den Lebensprozess als Organismen, sondern durch ihren Verwesungsprozess, besonders bei der Auflösung der mineralischen Bestandtheile. Wir werden jetzt untersuchen, ob nicht auch der Lebensprozess höherer oder niedriger Pflan-

zen zur Seeerzbildung wirkend sein kann, was durch einige schon mitgetheilte Erscheinungen angedeutet und von mehreren Verfassern angegeben wird. Wir brauchen jedoch nicht bei Hypothesen uns aufzuhalten, welche annehmen, dass kleine Würmer und andere Wasserthiere, wovon der Seeerzschlamm oft zu wimmeln scheint, das Seeerz spinnen, etwa wie die Seidenraupe die Seide; diese Thiere gedeihen im Schlamm, an dessen Entstehung sie gewiss eben so unschuldig sind, wie gewisse Käfer an der Entstehung der Excremente, worin sie schwelgen. Auch fabriciren die Larven von Phryganea-Arten kein Seeerz, obschon sie aus vorhandenen Erzkörnern bisweilen ihre röhrenförmigen Häuser bauen.

Ehrenberg schreibt der *Gaillonella ferruginea* einen wesentlichen Einfluss bei der Entstehung der Wiesenerze zu, da die Panzer dieser mikroskopischen Oscillatorien hauptsächlich aus Eisenoxyd und Kieselsäure bestehen. Wir dürfen jedoch hierbei nicht eine andere Anschauungsweise der Sache vergessen, welche z. B. von Liebig geltend gemacht wird, indem er sagt:*) „Man hat sich damit amüsirt, von den Infusionsthieren der Urwelt die unerhörten Lager von Kieselerde, Kalk und Eisenoxyd in Kieselguhr, Polirschiefer, Trippel, Kreide, Sumpferz abzuleiten und ihrem Lebensverlauf die Bildung aller dieser Berglager zuzuschreiben; aber dabei bedachte man nicht, dass Kreide, Kieselerde und Eisenoxyd, die nothwendigen Bedingungen für ihren Lebensverlauf, vorher und ehe die aus diesen Stoffen gebildeten thierischen Körper sich entwickeln konnten, vorhanden sein mussten, und dass diese Bestandtheile niemals in den Meeren, Seen und Sümpfen fehlen, wo diese Thierklassen vorkommen. Die Gewässer, in denen diese Infusionsthiere der Urwelt lebten, enthielten die Kieselerde und Kreide in einer Auflösung, völlig geeignet zum Absatz durch Verdunstung in Form von Marmor, Quarz und ähnlichen Steinarten.

Diese Fällung würde ohne Zweifel auf gewöhnliche Weise stattgefunden haben, auch wenn das Wasser nicht gleichzeitig die dem Vergängniss unterworfenen Ueberreste todter Thiere

*) Das folgende Citat aus Liebig's „chemischen Briefen" ist hier aus der schwedischen Uebersetzung von Scheutz in's Deutsche übertragen, daher etwaige Unterschiede von dem Ausdrucke im deutschen Original zu entschuldigen sind.

enthalten hätte und damit die übrigen Bedingungen für das Leben der Kalk- und Infusionsthiere."

Vielleicht unterschätzt Liebig hier den Einfluss, welchen sogenannte Infusionsthiere durch ihren Lebensprozess auf die Seeerzbildung ausüben; denn wenn wir auch kennen gelernt haben, dass Eisenocker auf mannichfaltige Weise durch gewöhnliche chemische Reactionen ohne Zuhülfe lebender Organismen ausgefällt werden kann, so muss doch zugegeben werden, dass der Lebensverlauf der Pflanzen mehrere Erscheinungen bedingt, welche auf eine kräftige Weise (wenn auch indirect) die Erzbildung befördern müssen.

Es wurde oben erwähnt, wie Pflanzen Eisenlösungen begierig aufsaugen, deren Metallgehalt in sich fixiren. Dies scheint jedoch hauptsächlich erst dann stattzufinden, wenn die Wurzeln verletzt worden sind, oder wenn die endosmotische Kraft der Zellmembranen durch Kränklichkeit oder Tod der Pflanze hinsichtlich gewisser (besonders metallischer) Lösungen gesteigert worden ist.

Denn so wenig übereinstimmend die Resultate der vielen Versuche auch sind, welche angestellt wurden, um zu ermitteln, ob Pflanzenwurzeln mit oder ohne Auswahl die ihnen dargebotenen, organischen und unorganischen Substanzen aufnehmen, so scheint man doch aus diesen Versuchen schliessen zu können, dass gewöhnlich nur kranke oder in den Wurzeln verletzte Exemplare Lösungen aufsaugen, die für die Pflanzen giftig sind. Algen, die in Kupfervitriollösung gewachsen sind, enthalten kein Kupfer; auch enthält Schimmel, der sich auf arsenikhaltigem Kleister gebildet, kein Arsenik.

Verschiedene Pflanzen nehmen mineralische Bestandtheile in verschiedenen Proportionen auf, so dass die Zusammensetzung der Asche ein und derselben Pflanze in der Hauptsache dieselbe ist, auf welchem Erdboden sie auch gewachsen sein mag. Daraus folgt, dass die Pflanzen solche Mineralsubstanzen in sich concentriren können, welche rings um dieselben im Boden weit zerstreut sein können. Dies ist auch der Fall mit Eisenoxyd und Manganoxyd, wovon einige Land-, aber besonders Wasserpflanzen relativ grosse Quantitäten enthalten, z. B.

die Asche von *Erica carnea* . . . . . 3,44 Proc. $\dddot{M}n$ und $\dddot{F}e$,
Eriophorum vaginatum 4,60 „ „ „ „
Carex caespitosa . . . 7,20 „ „ „ „
Erica vulgaris . 7,3 — 9,03 „ „ „ „
Sphagnum palustre . 16,9 „ „ „ „
Lemna trisulca . . . 7,36 „ $\dddot{F}e$,
Trapa natans . . . . 19,65 „ $\dddot{F}e$, 13,85
Proc. ($\dddot{M}n$, $\dddot{M}n$) und 6,01 „ $\dddot{F}e$ $\ddot{P}$.

Ist eine Vegetation solcher eisenreicher Pflanzen der Fäulniss an Ort und Stelle unterworfen, so kann der Eisengehalt durch die humusartigen Verwesungsprodukte wieder aufgelöst und durch Wasser weggeführt werden, und da dieselbe Sache jedes Jahr erneuert wird, so können auf diese Weise unbedeutende, in dem Boden zerstreute Eisenpartikel nach und nach zusammengeführt, gelöst und an anderen Orten aus der Lösung als Ocker abgesetzt werden.

Wird der Eisengehalt von Wasserpflanzen (wie Sphagnum, Lemna, Trapa) aus dem umgebenden Wasser aufgenommen, so wird er entweder demselben durch Verwesung der Pflanzen zurückgegeben, oder er kann in gewissen Fällen (zum Theil wenigstens) ungelöst und gesammelt bleiben, obschon die organischen Bestandtheile der Pflanzen und mit ihnen einige der unorganischen mit der Zeit verschwinden.

Sinkt die jährliche Vegetation in einem See zu Boden, so kann daselbst also im Laufe der Zeit aus der Pflanzenasche ein eisenoxydreiches Lager oder ein Seeerz entstehen.

Eben derselbe Prozess muss natürlicherweise eben so gut wie mit grösseren und höher organisirten Pflanzen auch mit mikroskopischen Algen (oder einigen der sogenannten Infusionsthiere, z. B. *Gaillonella ferruginea)* stattfinden können, sofern diese als Nahrung so viel Eisen aufnehmen, dass sie ein eisenoxydreiches Skelett oder einen solchen Panzer bekommen.

Nimmt eine gesunde Pflanze nur solche unorganische Substanzen auf, welche derselben nützlich sind, so scheint sie auch nicht durch die Wurzel schädliche Mineralsubstanzen als eine Art Excrement abzusondern genöthigt zu sein, welche sie wie durch Missgriff neben den nützlichen aufgenommen haben sollte.*)

*) Nach den Versuchen von Macaire-Princeps nehmen nämlich de

Dagegen wird von einigen Pflanzen behauptet, dass sie durch die Wurzel Substanzen absondern, welche in ihnen während des Lebensprozesses gebildet worden sind, z. B. Gerbsäure, Weinsäure, Oxalsäure u. a., und diese Excremente haben für uns ein Interesse, da sie bei der See- und Wiesenerzbildung auf eine indirecte Weise wirkend sein können, z. B. dadurch, dass die Oxalsäure und die Weinsäure, welche aus auf kalksilikathaltigen Bergen wachsenden Flechten abgesondert werden, die Verwitterung der Bergart, d. i. auch die Auflösung des darin befindlichen Eisens, kräftig einleiten. (Nach Bayley kommt oxalsaurer Kalk in den meisten Pflanzen vor, ausgenommen die Compositae, Labiatae, Gramineae, Filices, Musci, Algae.) In blauem und graugrünem Alluvialthon (in Schweden) sieht man Pflanzenwurzeln sehr oft von erhärtetem und gewöhnlich ockrigem Thon gewissermaassen inkrustirt, und diese Morpholithe dürften ebenfalls indirect von Pflanzenexcrementen herrühren.

Auch die Nothwendigkeit organischer Substanzen zur Unterhaltung des Pflanzenlebens ist ein bei der Erzfällung wirkender Factor. Es ist hier ganz gleichgültig, ob die Pflanzen die Humussäuren oder ihre Zersetzungs-Producte aufnehmen; jedenfalls müssen wurzellose Wasserpflanzen, z. B. Algen, die umgebenden humussauren Metalloxydammoniaksalze zersetzen können, wenn sie deren Stickstoff, Kohle etc. zu ihrem Unterhalt brauchen. Diese Zersetzung der Salze bedingt unmittelbar die Ausfällung eines eisenoxydreichen Ockers (Grönöcke), welcher den Seeboden oder die Algen inkrustirt und dann durch Oxydation in Eisenoxydhydrat verwandelt wird.*)

Candolle, Liebig u. a. an, dass die Pflanzenwurzeln mehr dem Pflanzenleben schädliche Substanzen aufsaugen, welche darnach durch die Wurzel wieder abgesondert würden; dieses wird von Boussingault u. a. bestritten.

*) Dass Pflanzen begierig auch die geringen Quantitäten von Humussäuren aufnehmen, welche in gewöhnlichem Seeerz zurückbleiben, wird durch das kräftige Grün bewiesen, womit die Erzhaufen auf den Hüttenhöfen der Eisenwerke schon im ersten Sommer nach der Aufholung des Erzes sich bedecken. Diese Vegetation absorbirt ohne Zweifel auch Phosphorsäure aus dem Erze, und es wäre vielleicht von wissenschaftlichem Interesse, experimentell zu ermitteln, wie viel Phosphorsäure aus einem Seeerz dadurch entfernt werden kann, dass man in dasselbe Pflanzen mit phosphorreicher Asche wiederholte Male, und so lange das Erz die

Die Richtigkeit der Behauptung Draper's, dass die Blätter frischer Pflanzen Alkalicarbonate zersetzen, mit deren Lösung sie im Sonnenschein in Berührung kommen, ist mit Recht bestritten worden; dagegen bestätigen vielfache Beobachtungen (besonders von Ludwig und Theobald), dass lebende Pflanzen Bicarbonate von Kalk, Eisenoxydul etc. zu zersetzen vermögen, wenn sie im Licht von deren Lösungen umgeben sind. Sie nehmen aus dem Bicarbonate 1 Atom Kohlensäure zu ihrem Unterhalt und das übrigbleibende, unlösliche, einfache Carbonat inkrustirt die Pflanze, welche dessenungeachtet zu leben und frische Schösslinge zu treiben fortfährt. Nicht allein aus kohlensauren Mineralwässern findet in Wassergräben diese Ausfällung durch Chara, Hypnum,*) Algen etc. statt, sondern auch in sogenanntem süssem Wasser, das von gelösten Bicarbonaten nur Spuren enthält, werden Stängel und Blätter der erst erwähnten und auch höher organisirten Pflanzen, wie Nymphaea, Typha, Hottonia etc. inkrustirt.

Da das Eisenoxydulcarbonat gewöhnlich leichter als das Kalbcarbonat zersetzt wird, so kann man voraussetzen, dass lebende Wasserpflanzen, wenn sie mit einer gemischten Lösung von diesen beiden Bicarbonaten in Berührung kommen, vorzugsweise das Eisen ausfällen. Die Analyse zeigt auch einen relativ grösseren Eisengehalt in solchen Incrustationen als in den resp. Lösungen. Daher trägt das Pflanzenleben hier nicht allein zur Ausfällung des Eisengehalts eines Wassers bei, sondern gleichzeitig auch zu der relativen Concentration des letzteren im Ocker. Diese Concentration wird dadurch fortgesetzt, dass das ausgefällte Eisenoxydulcarbonat bald in Eisenoxydhydrat verwandelt wird, von welchem das verhältnissmässig leicht lösliche Kalkcarbonat bald und beinahe vollständig von gewöhnlichem Wasser wieder weggelöst werden kann.

Von grösstem Einfluss auf die Seeerzbildung wird jedoch das Pflanzenleben dadurch, dass höhere und niedrigere Pflan-

---

Vegetation zu unterhalten vermag, säet. Die zur Reife gekommenen Pflanzen müssten bei einem Versuch dieser Art von dem Erze entfernt werden, ehe eine neue Aussaat geschieht.

*) Hoffmann behauptet jedoch, dass Hypnum auch im Sonnenlicht Kohlensäure ausathmet. Ist dieses richtig, so würden lebende Exemplare dieser Pflanze inkrustirtes Kalk-Carbonat leichter wiederauflösen können als aus Bicarbonaten solches auf sich ausfällen.

zen, besonders mikroskopisch kleine Algen (Oscillatorien), welche wegen eines gewissen freiwilligen Bewegungsvermögens theilweise zu den sogenannten Infusionsthieren gezählt werden, während des Lebensverlaufs Sauerstoff ausathmen; denn wir haben gesehen, dass die Ockerfällung in den meisten Fällen von der Oxydation des Eisenoxyduls bedingt wird; für den dazu nöthigen Sauerstoff haben wir bisher keine andere Quelle kennen gelernt als die Atmosphäre, da alle mit der Seebildung in Verbindung stehenden Verwesungsprozesse reducirend wirken.

Nach Schultz entwickelte 1 bis 2 Loth frische Pflanzensubstanz, welche in einer verdünnten Salzlösung oder in Humusextrakt während 8 bis 10 Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzt steht, 4 bis 9 Kubikzoll Sauerstoffgas. Wir können hier an allen Bemerkungen und Experimenten vorbeigehen, welche die Versuche Schultz's veranlassten, da aus ihnen als summarisches Resultat folgt, dass alle grünen Phanerogamen und die meisten Kryptogamen sowohl Kohlensäure, als Sauerstoff ein- und ausathmen, und dass die erstere vorzugsweise des Nachts, der letztere während des Tages ausgeathmet wird, wenn sich die Pflanzen unter natürlichen Verhältnissen befinden. Werden die Quantitäten der während der ganzen Lebenszeit der Pflanzen ausgeathmeten Kohlensäure und des Sauerstoffgases mit einander verglichen, so dürfte letzteres beträchtlich überwiegen. Die intensivste Entwickelung von Sauerstoffgas scheint jedoch von dem Lebensprozess der kleinsten Algen (sogenannten Infusionsthiere) bedingt zu werden.

Grüne Infusionsthiere (z. B. *Monadina virescens subsphaerica*) entwickeln nach Morren Sauerstoffgas in Menge, wenn sie in kohlensäurehaltigem Wasser dem Sonnenlicht ausgesetzt werden; grössere Algen athmen während der Nacht Luft von gewöhnlicher Zusammensetzung, im Sonnenschein dagegen Luft mit 54 pCt. Sauerstoff aus. Blätter von phanerogamen Pflanzen entwickeln in der Nacht Luft mit 17 pCt. und des Tages Luft mit 36 pCt. Sauerstoff.

Wöhler fand in Wasserrinnen bei dem Salzwerke Rodernberg in Hessen 51 pCt. Sauerstoff und 49 pCt. Stickstoff in dem Gase, welches von *Frustula salina* und anderen zu den Bacillarien gezählten Infusionsthieren in solcher Menge entwickelt wurde, dass in Kurzem mit demselben Hunderte von Flaschen hätten gefüllt werden können.

Etwas Aehnliches wurde auch bei dem Salzwerke Dürrenberg und an mehreren anderen Stellen beobachtet.

In See- und Wiesenerzen kommen nicht wenige Panzer von Bacillarien vor, unter ihnen auch Frustulina-Arten (siehe Figuren) und Theile von anderen mikroskopischen Conferven. So lange sie in dem eisenhaltigen Wasser lebten, woraus diese Erze ausgefällt wurden, mussten sie Sauerstoff ausgeathmet haben, welcher das umgebende, gelöste Eisenoxydul nothwendig oxydiren*) und dadurch die Ausfällung von Eisenoxydocker eben so gut aus vitriolischen wie aus kohlen- oder humussauren Lösungen bedingen musste.

Die sogenannten Infusionsthiere, die in dem Seeerze begraben liegen, dürfen daher nicht als ein Appendix betrachtet werden, welcher aller Bedeutung entbehrt; man darf nicht vergessen, dass ein jedes von ihnen während seiner Lebenszeit Erde für seinen Grabhügel bereitet hat.

Grosse und kleine Algen werden in eisenhaltigem Wasser oft von einem Ocker-Ueberzug umgeben, welcher von dem Sauerstoff, den sie ausathmen, bedingt wird. Unter dem Mikroskop zeigt er sich aus nahe an einander liegenden Ockerkörnern bestehend, welche jedoch auch in das Kieselskelett selbst eindringen und dieses ockergelb färben. Mögen nicht die *Gaillonella ferruginea* auf dieselbe Weise mit Eisen getränkt sein? Die Ockerpfropfen in den Internodien der auf Fig. 9 a abgezeichneten Alge sind wohl auch nur eine Folge der Respiration, welche sich vielleicht lebhafter zwischen zwei Zellen als auf ihrer Oberfläche äussert, und auf dieselbe Weise dürften auch die Pfropfen, mit welchen offne Zellen oft zugestopft sind, erklärt werden können (Fig. 8, h, i). Die Ockerkörner in geschlossenen Zellen sind dagegen wahrscheinlich inkrustirte Chlorophyllkugeln.

Wenn die Ockerbekleidung auf den kleinen Algen zu schwer wird, um von ihnen länger getragen werden zu können, so sinken die Algen zu Boden, verwesen und steigen darnach (wahrscheinlich von entwickelten Gasen gehoben) wieder zur Wasseroberfläche. Durch die Verwesung wird das Eisenoxydhydrat in ihrer Kruste theilweise zu Oxydul reducirt, wovon sie eine

*) Besonders, da der Sauerstoff von umgebenden, verfaulenden Substanzen ozonisirt wurde.

graugrüne Farbe annehmen. Nach dem Ende des Verwesungsprozesses wird wieder das Oxydul oxydirt, und das Skelett sinkt mit seinem gelbbraunen Ockerpanzer nieder.

Die allermeisten von den fraglichen Algen haben einen Kieselpanzer, wozu das Material aus dem umgebenden Wasser genommen wurde. Auf diese Weise wird ein nicht unbedeutender Theil der Seeerze ausgefällt.

Da diese Organismen zu ihrer Nahrung verfaulte organische Substanzen brauchen, und da sie während des Lebensprozesses Kieselsäure und Eisenoxydhydrat ausfällen, so ist leicht erklärlich, warum die drei genannten Substanzen in dem nahen wechselseitigen Zusammenhang vorkommen, der sich so deutlich bei der mikroskopischen Untersuchung des Seeerzschlammes zu erkennen gab. Es mag gestattet sein, eine approximative Berechnung über die Wirkungskraft dieser Infusorien bei der Erzbildung anzustellen.

Die Infusorienerde von Degernäs enthält nach Trail 72 pCt. Kieselsäure und 22 pCt. organische Bestandtheile.*) Berechnen wir mit Liebig, dass Kohle im Durchschnitt 56 pCt. von dem Gewicht der Pflanzensubstanzen ausmacht, so ist der Kohlegehalt dieser Infusorienerde 12,3 pCt. oder ungefähr $\frac{1}{8}$. Diese Kohle ist unstreitig aus einer sauerstoffhaltigen Verbindung aufgenommen worden, welche wir der Einfachheit wegen als Kohlensäure ansehen wollen. Würde diese durch den Lebensprozess vollständig zersetzt, so müssten die Infusorien $\frac{1}{3}$ von ihrem Gewicht Sauerstoff ausgeathmet haben. Wäre dieser Sauerstoff zur Oxydation von Eisenoxydul ganz und gar verbraucht worden, so hätte das dreifache Gewicht der Infusorien Eisenoxydul dadurch oxydirt oder ihr $3\frac{1}{3}$faches Gewicht Eisenoxyd ausgefällt werden müssen. Ist dieses letztere mit Kieselpanzern vermischt, so würde die Mischung ungefähr 0,72 Kieselsäure auf $3\frac{1}{3}$ Eisenoxyd oder etwa 1 Kieselsäure auf 4,6 Eisenoxyd enthalten. Svanberg's oben mitgetheilte Analysen von schwedischen Seeerzen geben im Durchschnitt 12,6 Kieselsäure auf 62,5 Eisenoxyd oder 1 Kieselsäure auf 4,9 Eisenoxyd.

---

*) Infusorienerde von Kalfvola gab 10,7 pCt. Glühverlust, 6 pCt. Kohle entsprechend, aber diese Erde hatte mehrere Jahre lang in der Sammlung der Bergschule gelegen.

Die Uebereinstimmung zwischen dieser Proportion und der soeben berechneten ist so überraschend, dass man verleitet werden könnte, ausschliesslich dem für das unbewaffnete Auge unsichtbaren organischen Leben die Ausfällung von dem Eisenocker und der Kieselsäure der Seeerze zuzuschreiben; aber wir dürfen nicht vergessen, dass einige Annahmen in der Berechnung arbiträr sind. Wir wissen nämlich nicht, ob die Infusorien Humussäuren oder die aus ihnen entstandene Kohlensäure aufnehmen; wir wissen auch nicht, ob nur der Kohlegehalt oder gleichzeitig auch ein Theil des Sauerstoffgehalts der Kohlensäure im Organismus zurückgehalten werde; wir können endlich nicht behaupten, dass die ganze ausgeathmete Sauerstoffquantität zur Oxydation von Eisenoxydul verbraucht worden sei, weil ein Theil davon möglicherweise zu der Oxydation der umgebenden organischen Substanzen verwendet worden ist (welche letztere Oxydation jedoch ebenfalls indirekt von Okerausfällung begleitet sein muss). Noch mehrere Bemerkungen könnten gemacht werden, aber es mag hinreichend sein, die Anzahl der Infusorien, welche nach oben gemachter Berechnung zur Hervorbringung von einem gegebenen Gewicht Seeerz nöthig ist, mit der Anzahl zu vergleichen, welche unter dem Mikroskope beobachtet werden kann.

Die in den Seeerzen gewöhnlichst vorkommenden Formen sind: Synedra (Ehr.) Fig. 15 und Spongolithis (Ehr.) Fig. 11. Ich habe verschiedene Exemplare von Synedra gemessen, und im Durchschnitt

die Länge	0,08	Millimeter	
„ Dicke	0,0075	„	
„ Dicke des Kanals	0,0020	„	gefunden.

Das Volum des Panzers ist mithin 0,0000033 Kubikmillim. und das Gewicht 0,0000066 Milligramm (das specifische Gewicht der Kieselsäure des Panzers gleich dem des Opales angenommen, oder in runder Zahl = 2).

Macht der Kieselsäuregehalt 0,72 von den Panzern der Fragillarien aus (siehe obige Analyse von Trail), so würden zu 0,126 Milligramm Kieselsäure, die in 1 Milligramm Seeerz enthalten sind, 26,809 Individuen Synedra nöthig gewesen sein oder 2681 Stück zu $\frac{1}{10}$ Milligramm Erz. Die Kieselsäure von dieser letzteren Quantität kann, über das Gesichtsfeld des Mikroskops ausgebreitet, leicht auf einmal überschaut werden, aber ich habe niemals in der Kieselsäure aus Seeerz eine

Anzahl Infusorien auf einmal beobachten können, die sich nur entfernt jener Ziffer näherte.

Ein grösseres, massives Exemplar von Spongolithis zeigte sich 0,32 Mm. lang und (im Durchschnitt) 0,015 Mm. dick: sein Volumen ist also 0,000056 Kubikmillim. und das Gewicht 0,000112 Milligramm. $\frac{1}{10}$ Milligramm Seeerz müsste daher hiervon 157 Stück enthalten, welche Ziffer jedoch augenscheinlich ebenfalls zu hoch ist. Die meisten Spongolithe sind jedoch viel kleiner, viele kaum $\frac{1}{10}$ so gross als das gemessene Exemplar. Von diesen letzteren würden daher 157000 St. zu $\frac{1}{10}$ Milligramm Seeerz nöthig sein.

Viele Infusorienpanzer sind wohl durch Auflösung in dem harzähnlichen Eisenoxydsilikate für die Observation verschwunden, und darin könnte daher eine Ursache gefunden werden, dass die im Erze sichtbare Anzahl von ihnen so viel geringer ist als die berechnete; aber nebst Kieselsäure in Panzerform wird auch in allen Seeerzen solche gefunden, welche ohne Beihülfe des organischen Lebens ausgefällt worden ist, und daraus folgt, dass nicht alles Eisenoxyd durch den Lebensprozess der Infusorien ausgefällt sein kann; denn die oben angeführte Berechnung setzt gegen 62,5 pCt. Eisenoxyd 13,6 pCt. Kieselsäure voraus, welche ausschliesslich von Infusorienpanzern herrühren sollte. Wenn wir daher dem Lebensprozess der Infusorien eine wesentliche Rolle bei der Seeerzbildung einräumen, so sind wir doch weit entfernt, demselben ausschliesslich die Entstehung der Seeerze zuzuschreiben, welche so leicht durch einfache, rein chemische Prozesse erklärt werden kann. Die Bedingungen für diese sind auch grösstentheils Bedingungen für die Entstehung von Infusionsthieren, und letztere finden sich deswegen an vielen Orten ein, wo Seeerzbildung stattfindet, und befördern dieselbe in hohem Grade durch ihren Lebensprozess.

Viele der Erscheinungen, welche erwähnt wurden, als von der Art des Vorkommens der Seeerze die Rede war, und welche einen Zusammenhang zwischen Pflanzenleben und Seeerzbildung andeuten, finden daher eine ganz einfache Erklärung. Der Einfluss der Infusionsthiere wird hier von dem Sonnenlicht bedingt; wird dieses von tiefem Wasser absorbirt, oder wird sein Zutritt auf eine andere Weise gehindert, so geschieht keine solche Erzbildung, zu welcher die Wirksamkeit

der Infusionsthiere in Anspruch genommen wird. Wir wollen nicht weiter gehen und z. B. die langen, hellen Sommertage des Nordens in Verbindung mit seinem Reichthum an Seeerz bringen, um nicht Gefahr zu laufen, zu den Grübeleien der alten Naturforscher über den Zusammenhang zwischen den Constellationen der Himmelskörper und der Erzbildung und endlich vielleicht zu der Behauptung des Paracelsus verleitet zu werden, dass der grösste Erzreichthum der Erde zwischen dem 60. und 70. Grad nördlicher Breite zu finden sei.

Wie Seeerze fest werden. Nur ein Theil der Seeerze kommt in der Form von losem Ocker oder Schlamm vor, welcher jedoch selten oder niemals zu den Eisenhütten geführt wird; die gewöhnlich so genannten See- und Wiesenerze dagegen haben einen gewissen Zusammenhang, oft eine bedeutende Festigkeit und Härte. Es entsteht daher die Frage, wie die losen Ockerfällungen, deren Entstehung beschrieben worden ist, unter dem Wasser theilweise zu homogenen, amorphen, harten und zähen compacten Massen erhärten können.

Nach Horsford erhärten Corallenkalksteine in Folge der Verwesung der Corallenthiere; nach Dana kittet Kalksinter Corallenfragmente zusammen. Im vorliegenden Fall dürfte jedoch die Verwesung der im Erzocker befindlichen organischen Substanzen keine direkte Veranlassung zur Erhärtung desselben geben, und der Kalkgehalt der Seeerze ist so unbedeutend, dass dieser auch kein hinreichendes Bindemittel sein kann.

Vergleicht man die Analysen von losen Eisenockern und festen (oft stalaktitischen) basischen Eisenoxydsalzen (z. B. Pissophan, Delvauxit, Pitticit, Misy und anderen), welche aus demselben Grubenwasser abgesetzt worden sind, so zeigt sich gewöhnlich, dass die losen Ocker eine geringere Menge Säure als die festen enthalten. So z. B. wird im Bach, welcher Falu-Grubenwasser zum Vitriolwerke nahe an der Grube leitet, ein Ocker in festen zusammenhängenden Krusten abgesetzt; in dem weiter unten liegenden See Tisken dagegen setzt dasselbe Wasser einen losen, erdigen Ocker ab. Der erstere enthält $11\frac{1}{2}$ pCt., der letztere $5\frac{1}{2}$ pCt. Schwefelsäure.

In den fertigen Seeerzen kommt jedoch weder Schwefelsäure, noch Phosphorsäure in einer solchen Menge vor, dass ihr Hartwerden dadurch erklärt werden dürfte, aber sie enthalten Kieselsäure chemisch mit den Eisenoxyden verbunden,

und die Vermuthung liegt daher nahe, dass die Kieselsäure hier denselben Einfluss ausübt, wie die Arseniksäure, Phosphorsäure oder die Schwefelsäure in den genannten Mineralien.

Gelatinöse Kieselsäure in Wasser in intimer Berührung mit Eisenoxydhydrat verbindet sich mit diesem; denn nach Bischof vermag das Eisenoxydhydrat sogar Silikate zu zersetzen, mit welchen es bei gewöhnlicher Temperatur in langer unmittelbarer Berührung ist. Für die Richtigkeit dieser Behauptung finden wir einen Beweis in vielen Erzseen, wo Fragmente von Granit und anderen Silikatgesteinen oft mit einer so fest angewachsenen Ockerkruste überzogen sind, dass sie auf mechanischem Wege von dem Stein nicht getrennt werden kann, zwischen welchem und dem Ocker sich ein wasserhaltiges Eisenoxydsilikat gebildet hat. Die Verbindung der Kieselsäure mit dem Eisenocker kann jedoch nicht beständig werden, ehe die organischen Bestandtheile des Ockers zersetzt worden sind; denn wie wir gesehen haben, wirkt der Verwesungsprozess auf Eisensilikate zersetzend ein.

Es wird also erklärlich, dass wir im Ockerschlamm Kieselsäure, Humussubstanzen und Eisenoxydhydrat lose nebeneinander liegend finden, und dass wir in dem homogenen, harzartigen Erze mit dem Mikroskope keine absehbare Quantität von organischen Substanzen entdecken können. Spuren von solchen, welche auf chemischem Wege darin entdeckt werden können, sind wahrscheinlich harz-, wachs- oder talgartige Verwesungsprodukte, welche unter den gegebenen Verhältnissen keiner weiteren Zersetzung ausgesetzt sind.

Durch die Verwesung der mit dem Ocker ausgefällten organischen Substanzen wird immer Eisenoxyd zu Oxydul reducirt. Wird dieses letztere von den Humussäuren etc. nicht vollständig gelöst, so wird es mit der Kieselsäure verbunden, und gewiss noch leichter als das Eisenoxyd. Daher muss das durch die Einwirkung der Kieselsäure auf den Ocker enstandene Silikat in vielen Fällen Eisenoxydul enthalten.

Dass die Kieselsäure der Infusionspanzer sich auf dieselbe Weise mit dem Eisenoxydhydrat verbindet, wie die nicht organische, gelatinöse Kieselsäure, geht aus den oben mitgetheilten, mikroskopischen Beobachtungen hervor. Sandkörner werden von dem Eisenocker zu einem rostigen Sandstein zu-

sammengekittet, dessen eigentliches Cäment in vielen Fällen gewiss nichts Anderes als Eisenoxydsilikat ist.

Das Mikroskop zeigte im Ockerschlamm aus dem Tisken auch nicht erhärtetes Kieselgelée; aber dagegen waren alle harzähnlichen Eisenoxydsilikatstücke fest. Wir können nun eben so wenig daran zweifeln, dass das Erz nach der Ausfällung des Ockers durch die Reaktion der Kieselsäure auf denselben harzig wird, als dass diese Reaktion (Silikatbildung) das Erhärten sowohl des Eisenoxydhydrats, als des Kieselgelées bedingt, da diese in Verbindung mit einander treten.

Es bleibt noch übrig, durch Analysen zu zeigen, in wiefern dieses Silikat eine konstante stöchiometrische Zusammensetzung hat oder eine regellose Mischung von verschiedenen Silikaten ausmacht. Da wir in dem centrisch zusammengesetzten Perlenerzen u. a. oft wechselnde Silikat- und Ockerschalen sehen, so hat man Veranlassung zu der Vermuthung, dass die Silikatbildung oft mit Concretion verbunden ist, welche entweder von dem Streben gleichartiger Massen, sich zu consolidiren, oder von jenem ungleichartiger Substanzen, in chemische Verbindung mit einander zu treten, bedingt wird. Das letztere gilt wohl hauptsächlich im vorliegenden Fall. Die Ockerlagen enthalten sowohl lose Kieselsäure als loses Eisenoxydhydrat, welche ein festwerdendes Silikat eingehen würden, um es zu einer stöchiometrischen Zusammensetzung zu bringen, sofern in dem letzteren Basen und Säure nicht schon in einem für die gegebenen Verhältnisse passenden Sättigungsgrade vorhanden wären.

Endlich mag man nicht vergessen, dass Eisenoxydhydrate erhärten, sogar krystallisiren können, ohne sich mit Kieselsäure zu verbinden. Göthit, Stilpnosiderit, Brauneisenstein und andere Mineralien liefern dazu einen Beweis, aber wir vermögen nicht die Bedingungen anzugeben, welche die Verwandlung der erdigen Modifikation des Eisenoxydhydrats in die amorphe oder krystallinische und feste bedingen; wahrscheinlich ist der Temperaturgrad dabei nicht ohne Einfluss.

Wie Seeerze Kugel- und andere Formen annehmen. Auf einem Seeboden gleichförmig ausgefällter Ocker wird durch das Erhärten krustenähnlich, und durch zwischenliegende Schlamm-, Sand- und (nicht erhärtete) Ockerschichten bekommt er eine Art Parallelstruktur; diese Ockerkrusten werden nach dem Zerbrechen Skragg-Erz genannt.

Bei der Absetzung von Ocker zwischen Sand scheint er durch Concretion in dünnere, eisenreichere Lager zusammengeführt werden zu können, welche die Schichtung einiger ockeriger Sandsteine bedingen. Auch massige, unförmliche Klumpen von Wiesenerz haben sich wohl aus der sandigen Umgebung congregirt, sofern sie nicht überdeckte Ueberreste ehemaliger Seeerze sind; denn wir haben gesehen, wie Seeerze durch den Einfluss verfaulender Pflanzensubstanzen wieder aufgelöst werden können, besonders wenn sie im Lauf der Zeit von Torfmooren überwachsen werden. Das noch nicht Gelöste bleibt in Klumpen übrig, deren schlackige, angefressene Oberfläche ein Merkmal des ringsum zehrenden Lösungsmittels trägt, welches durch Ritzen auch in die Masse selbst dringen kann. Einige kugelförmige Seeerze, die ganz homogen und ohne Spuren einer concentrisch-schaligen Structur sind, können auch als Uebereste von Seeerzstücken betrachtet werden, deren Ecken und Kanten abgerieben oder weggelöst worden sind. Man darf hierbei an die Neigung der meisten massigen Bergarten denken, bei der Verwitterung in kugelförmigen Grus zu zerfallen. Die feinkörnigen, schwarzen, manganreichen Pulvererze scheinen dagegen hauptsächlich in der Form eines körnigen Ockers ausgefällt worden zu sein, der späteren Verwandlungen weniger ausgesetzt gewesen ist als der manganarme Eisenocker.

Erz, welches Wurzelstöcke und Stammenden inkrustirt und petrificirt hat, kommt in der Form derselben vor, auch nachdem ihre Holzsubstanz im Verlauf der Zeit beinahe ganz verschwunden ist. Hierher gehört das Pipmalm, welches sich zwischen stehenden oder umgefallenen Schilfröhren und deren Wurzeln abgesetzt hat, und hierher könnte auch alles Erz gerechnet werden, das Infusionsthiere inkrustirt, oder dessen Masse Panzer von solchen enthält.

Diese Ueberreste mikroskopischer Organismen können in einigen Fällen die innere, feinste Textur des Erzes bedingen; sie sind jedoch ohne allen Einfluss auf die äussere, kugelartige Form desselben, zu welcher die kleinen Erzpartikeln auf mechanischem Wege vereinigt worden sind. Die reguläre Form der Erbsen-, Perlen- und anderer Erzarten in Zusammenhang mit Süsswassercorallen oder dergleichen zu bringen, ist gewiss eben so unrichtig, als sogenannte Marlekör und andere Morpholithen als versteinerte Amorphozoen zu betrachten.

Bei kalkhaltigen Quellen, welche mit einer gewissen Heftigkeit hervordringen, kann man bisweilen bemerken, wie Kalksinter (Erbsenstein, Rogenstein und auch zum Theil Sprudelstein) eine oolithische oder concentrisch-schalige Structur dadurch bekommen, dass die Kalklagen rings um Sandkörner abgesetzt werden, welche von dem aufsteigenden Wasserstrome schwebend und in einer rotirenden Bewegung gehalten werden. Die Structur der kugelförmigen Seeerze ist ganz und gar oolithisch. Die Ausfällung des Eisenockers wird in einigen Fällen von ähnlichen chemischen Prozessen bedingt wie die des Kalks, und der mechanische Verlauf ist in beiden Fällen derselbe; wir können daher mit Grund annehmen, dass Perlen-, Erbsen-, Bohn- und andere Erze Structur und Form auf einerlei Art wie die Kalkoolithe bekommen haben.

Ein im Wasser tanzendes Korn, gleichgültig von welcher Materie, wird vom Eisenocker gleichförmig ringsum inkrustirt, da die Rotation in Kurzem alle Punkte der Oberfläche des Kornes in die für die Inkrustirung passendste Lage bringt. Erst wenn die Ockerabsetzung so zugenommen hat, dass der Wasserstrom nicht länger das Korn frei schwebend zu halten vermag, hört die gleichförmige und allseitige Inkrustirung auf, und die Erzkugel wächst mehr in der einen Richtung als in der andern, wodurch sie eine unregelmässige Form erhält. Dasselbe findet statt, wenn mehrere Erzkörner zusammenwachsen und dann von den folgenden Ockerschalen gemeinsam überzogen werden. In vielen Fällen hört die shpärische, gleichförmige Inkrustirung auf, sobald die Körner $\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2}$ Linie dick geworden sind, aber der weitere Zuwachs geschieht in regulären, in einem gemeinsamen Plan liegenden Ringen, welche zusammen die scheibenartige Form des „Penning“-Erzes hervorbringen. Die ringförmige Ockerabsetzung wird wahrscheinlich durch Wasserströme hervorgerufen, welche vertikal gegen die Ebene des entstehenden „Penning“-Erzes gerichtet sind (Fig. 21). Der Strom muss da symmetrisch um die Kante der Scheibe gebogen werden, wodurch ein ringförmiger Wirbel entsteht, in welchem vorzugsweise der Ocker abgesetzt wird. Die Bedingungen für diesen Prozess werden erfüllt, sobald z. B. Perlenerzkörner über einer vertikal aufsteigenden Wasserader schwebend, aber doch fest genug liegen, dass sie von dem Wasserstrome nicht weiter gewältzt werden

können. Mit dieser Erklärung stimmt die Erscheinung recht wohl überein, dass „Penning"-Erze durch weiteren Zuwachs oft ein gewölbtes oder tellerähnliches Aussehen bekommen (Fig. 21 b). Ihre convexe Seite muss gegen die Stromrichtung gewendet gewesen sein.

Ungleich grosse, einander nahe liegende Erzkörner müssen durch fortschreitendes Zuwachsen oder Ockerabsetzungen endlich unter sich zu einer Art von „Skragg"-Erz verbunden werden, das mit Rogenstein-Conglomerat Aehnlichkeit hat.

Wird Ocker von gleicher Zusammensetzung ununterbrochen ausgefällt, so muss das Erz unter den gegebenen Verhältnissen die beschriebenen Formen annehmen, ohne dass jedoch eine concentrisch-schalige Structur hervorzutreten braucht.*) Diese letztere wird durch den Wechsel verschiedenartiger Lager oder durch Structurflächen zwischen gleichartigen Lagern sichtbar. Wie durch Concretion in einer ockerigen Fällung harzähnliche oder ockerige Lager entstehen können, wurde oben angedeutet, und in einigen Fällen ist wohl durch diesen secundären Prozess die schalige Structur der Erbsen- und anderer Erze entstanden. In den meisten Fällen deuten jedoch die Structuroberflächen eine Unterbrechung in der Ausfällung des Ockers an, und verschiedenartige Schalen zeigen Verschiedenheiten in der Fällungsart oder eine veränderte Beschaffenheit des Seewassers an, in welchem die Präcipitation stattgefunden hat. Eine Fällung aus unklarem Wasser muss von Sand und Thon verunreinigt sein. Im Winter, wo das organische Leben bei der Ockerbildung nicht mitwirkt, muss diese langsamer geschehen als im Sommer und ein etwas abweichendes Resultat geben. Humussaure Eisenlösungen, die aus Torfmooren kommen, können in verschiedenen Jahreszeiten ebenfalls von verschiedener Beschaffenheit sein u. s. w.

Alle diese Verhältnisse bedingen etwas verschiedene Fällungen, welche mit einander in derselben Ordnung wechseln wie die Erscheinungen, durch welche die Verschiedenheiten hervorgebracht werden; und da diese hauptsächlich von den Jahreszeiten abhängen, so dürfte ein näheres Studium über die

---

*) Die oben mitgetheilten Versuche deuten an, dass Eisenoxydhydrat durch blosses Gefrieren unter Wasser eine concentrisch-schalige Structur annehmen könne.

schalige Zusammensetzung der Perlenerze einen Leitfaden zur Bezeichnung der Zeit abgeben, welche zur Bildung eines Erzkornes nöthig war.

Oft ist der Zusammenhang zwischen aufeinanderliegenden Lagern sehr unbedeutend, und nicht selten verschwindet er ganz und gar, so dass die Schalen lose in einander liegen, ungefähr wie die Kugeln in den bekannten chinesischen Elfenbein-Drechseleien. So lange solches Erz im See liegt, sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Schalen mit Wasser gefüllt, welches nach dem Aufholen des Erzes verdampft. Dünne Schalen fallen demnach oft zusammen, und das Erz bekommt das Ansehen von „Penning"-Erz. Es ist möglich, dass durch das Zusammensinken solcher hohler Erzkörner (während sie auf dem Seeboden liegen) ein Theil des „Penning"-Erzes wirklich entstanden ist.

Die erwähnten Zwischenräume dürften überhaupt dadurch entstanden sein, dass Erzkörner von organischen Substanzen überzogen worden sind, welche von Ocker inkrustirt wurden und später verfault sind, so dass zwischen dem innern Korn und der äusseren Ockerkruste ein Zwischenraum entstanden ist. Es ist klar, dass derselbe Prozess mehrere Male um die äussere Ockerkruste herum wiederholt werden konnte.

Die Wasserströme, welche die sphäroidale Form und Structur des Seeerzes bedingen, dürften in den meisten Fällen von unterseeischen Quellen herrühren, und dies lässt darauf schliessen, dass perlen- und andere kugelförmige Erzarten vorzugsweise an solchen Orten vorkommen müssen, wo Löcher in dem neu gebildeten Eis hervortretende Quellen andeuten. Ich weiss jedoch nicht, in wie fern die Erfahrung der Erzfischer diese theoretische Schlussfolge bestätigt. Die hervorbrechenden Quellen brauchen keineswegs das Material des Erzes mitzuführen, dessen Kugelform sie bewirken, wenn das Seewasser selbst Eisen in einer unter den gegebenen Verhältnissen fällbaren Form enthält.

Die Erzablagerungen müssen endlich die Mündung einer Quelle verstopfen können, so dass sie dadurch nach einem andern Punkt verlegt wird entweder in demselben See oder in der umliegenden Gegend. Dadurch kann in gewissen Fällen die Erzbildung in einem See unterbrochen werden, um vielleicht in einem nahe liegenden zu beginnen.

Auch andere Ströme als die von unterseeischen Quellen kommenden können Kugelform bei Seeerzabsetzungen bedingen. Ein horizontaler Strom braucht nur gegen einen Stein zu stossen, um Wirbel zu veranlassen, welche Sandkörner etc. frei schwebend halten, so dass sie gleichförmig und allseitig inkrustirt werden, wodurch endlich Perlenerz entsteht. Viele Wirbel enthalten vertikal aufwärts oder abwärts gerichtete Wasserstrahlen, welche zu der scheibenähnlichen Form des „Penning"-Erzes Veranlassung geben. Es ist daher nicht unerklärlich, dass Kugel-, Erbsen-, Perlen-, Penning- und andere ähnliche Erzarten nicht allein auf dem Boden von Seen, sondern auch in rinnenden Wassern vorkommen und daselbst ausgebildet werden können, wie auch unterhalb kleiner Wasserfälle hinter Steinen und anderen Hindernissen in einem Strom; vorausgesetzt, dass die Schnelligkeit des Wassers nicht so gross ist, dass der Ocker in demselben Augenblicke weggespült wird, wo er zur Ausfällung kommt.

Aus mehr concentrischen, vitriolischen Eisenlösungen, wie z. B. aus Falu-Grubenwasser, wird basisches schwefelsaures Eisenoxyd auch in reissenden Bächen abgesetzt, nicht als loser Ocker, sondern in der Form harter, auf vielfache Art gebogener Krusten mit glatter Oberfläche. Zerbrochen gleichen diese Krusten gewissen „Skragg"-Erzen. In ruhigem Wasser dagegen scheint die Entstehung festerer, regelmässig construirter Erze leichter aus verdünnten als aus concentrirten Lösungen stattzufinden.

Auf welche Weise das Auftreten der Wiesenerze in Klumpen verschiedener Form erklärt werden könne, ist schon oben mitgetheilt worden. Ich will hier nur anführen, dass Eisenfällungen, die zwischen Sand abgesetzt werden, bisweilen eine sphäroidale Structur zeigen, indem sich eisenreichere und eisenärmere, sandgemischte, concentrische Ockerschalen zu kugelförmigen Körpern zusammensetzten. Bisweilen liegt ein Korn lose in einer ringsum geschlossenen Schale; Farbe und Zusammensetzung bei Kern und Schale sind dann gewöhnlich etwas verschieden. Die Structur dieser sogenannten „Adlersteine" hängt wohl hauptsächlich von Concretion ab. Senft erzählt jedoch, dass in einigen Fällen inkrustirte, aber später verfaulte Kartoffeln die Entstehung von Adlersteinen verursacht haben, und Kindler glaubt, dass einige von den Adlersteinen, aber

besonders ihre schaligen Fragmente, von oberflächlichen, dünnen Ockerabsetzungen herrühren, welche beim Trocknen in Stücke zerborsten sind. Diese Stücke sollen durch weiteres Austrocknen aufwärts gebogene Kanten und durch Rollen vor dem Winde eine mehr abgerundete Form erhalten haben. Diese Erklärung scheint jedoch wenig befriedigend.

Schluss. In dem Vorliegenden habe ich einige wesentlichere Momente aufzuführen gesucht, welche sich bei der Entstehung der See- und Wiesenerze geltend machen müssen, wiewohl nicht alle angeführten Prozesse gleichzeitig stattzufinden brauchen. Dieser Bildungsprozess, welcher vor unseren Augen stattfindet und einer der einfachsten zu sein scheint, nimmt eine Menge gleichzeitig wirkender Kräfte in Anspruch, und er kann dadurch in speciellen Fällen sehr complicirt werden. Ebenso muss auch die Erklärung geologischer Erscheinungen, auch wenn sie durch Berufung auf in der Natur beobachtete oder experimentell ermittelte Prozesse (und nicht durch leere Hypothesen) erklärt werden, doch in den meisten Fällen einseitig und unvollständig ausfallen; denn viele Eigenschaften der ursprünglichen Producte, welche zu den bei ihrer Bildung wirkenden Mitteln Fingerzeige geben könnten, sind jetzt verschwunden, und die Zahl der auf einmal wirksamen Reactionen kann in Folge davon leicht zu niedrig angeschlagen werden.

Die soeben beschriebenen See- und Wiesenerze haben viel Aehnlichkeit mit sogenannten Bohnerzen und gewissen Brauneisensteinen. Die letzteren stehen oft in einem deutlichen genetischen Zusammenhang mit gewissen Spatheisensteinen und diese und Brauneisensteine wiederum mit Magneteisensteinen und Rotheisensteinen. Eine Reihe von Schlussfolgerungen führt zu dem Resultat, dass auch diese letzteren in sehr vielen Fällen ursprünglich nichts Anderes gewesen sein können als See- und Wiesenerz-artige Ausfällungen, deren Natur und Lage durch spätere Einwirkungen verändert worden sind.

Ich hatte gedacht, am Ende dieser Abhandlung diese Behauptung näher zu beweisen, breche aber ab, weil ich vielleicht schon zu lange die Aufmerksamkeit des Lesers in Anspruch genommen habe.

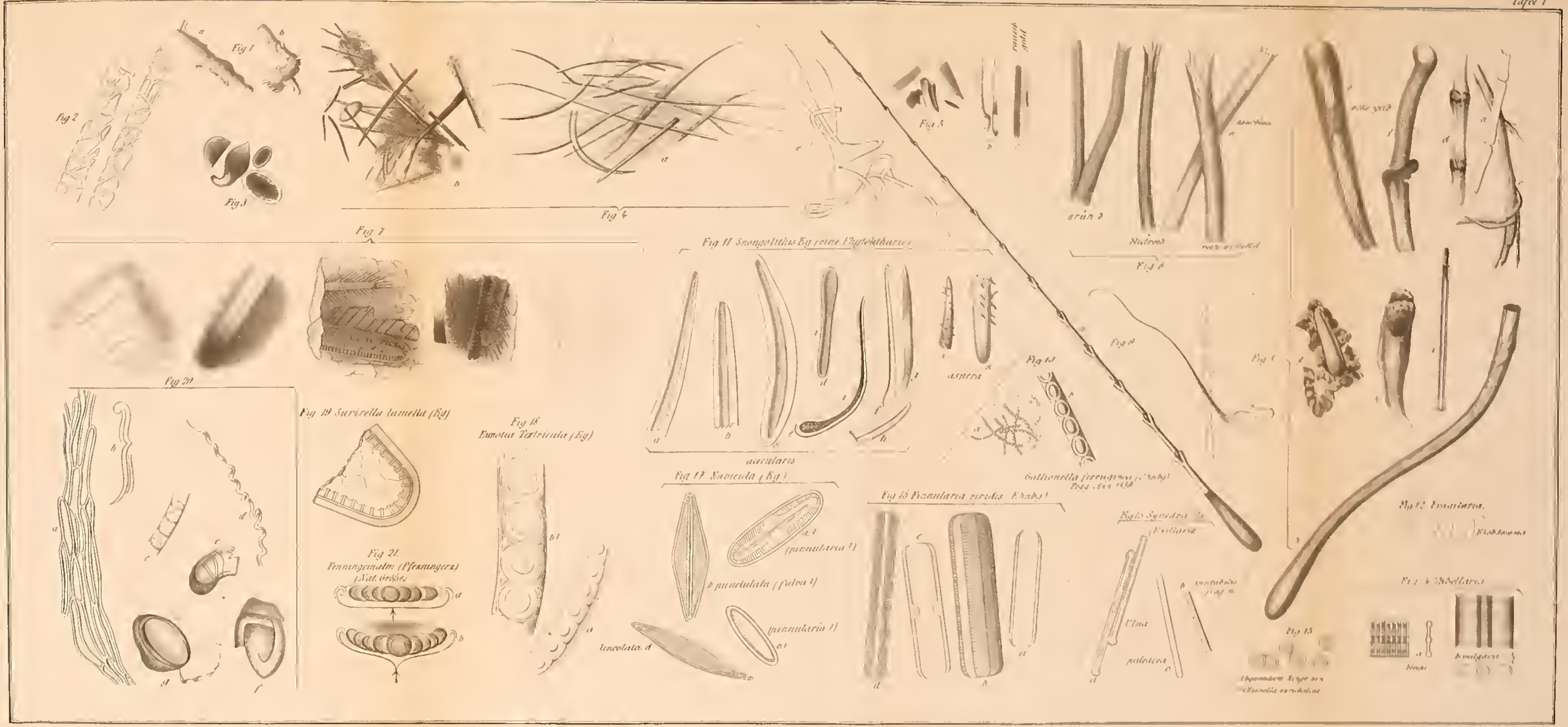
Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
grün
Fig 7
Fig 11 Spongolithus Eg (eine Phytolitharie)
acicularis
aspera
Fig 12
Fig 13
Fig 14
Fig 15
Fig 16 Pinnularia viridis Ehrbg
Fig 17 Navicula (Eg)
punctulata (fulva ?)
lineolata d
Fig 18
Eunotia Textricula (Eg)
Fig 19 Surirella lamella (Eg)
Fig 20
Fig 21
Penningemalm (Pfenningerz)
(Nat. Größe)
Ulna
paludosa

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1865-1866

Band/Volume: 18

Autor(en)/Author(s): Stapff Friedrich Moritz

Artikel/Article: Ueber die Entstehung der Seeerze. 86-173