

nich, daß ich wenige, aber vielversprechende Punkte noch auf der Weiterreise werde berühren dürfen, um das Bild des Ganzen in mir abzuschließen und die vielseitigen grofsartigen Erfahrungen zu ergänzen, welche ich auf diesen weiten Reisen ohnfehlbar als die besten meines Lebens gesammelt hatte. Lange blieb ich noch wach, meine Phantasie mit dem Sternenmeere beschäftigend, das über meinem Haupte schwebte und mit seltener Klarheit die herrlichen Bilder des südlichen Himmels, das Schiff Argo, das Kreuz und die sonderbaren milchweissen Sternwolken neben dem schwarzen Kohlenbecken zu mir herabsandte. Man wird nicht leicht einen schöneren Genufs haben können, als das sinnige Insiehselbstversenken beim Anblick des gestirnten Himmels der südlichen Hemisphäre innerhalb oder an der Grenze der Tropenzone, wenn die laue Nacht so magisch erquickt und den Träumen der Phantasie mächtige Flügel leiht. Nie habe ich wohlthuenderen Empfindungen mich hingeben können, als diesen; zumal auf dem Rücken des mit Recht so genannten Stillen Oceans, getragen von dem ruhig dahingleitenden, laut rauschend arbeitenden Dampfboot, das neben der hehren Natur für die Gröfse und Kühnheit des menschlichen Geistes so beredtes Zeugniß ablegt und mich selbst, inmitten des wundervollen Weltgebäudes, mit eben so grofsen Stolze wie mit Ehrfurcht erfüllte, wenn ich an das mächtige Element dachte, das ich dennoch beherrscht werden sah!

XIII.

Ueber die wasserführenden Schichten im Allgemeinen und über die Schichten im Besonderen, die in Dänemark die Quellen und Brunnen nähren.

Von J. G. Forchhammer. Uebersetzt von A. v. Etzel.

Wenn wir im täglichen Leben von Wasseradern reden, meinen wir damit Stellen in dem Erdboden, an denen das Wasser, je nachdem die Natur oder der Mensch ihm einen Ausflufs geschaffen hat, reichlicher fließt, als es dies im Allgemeinen zu thun pflegt. Es giebt Länder, in denen die sogenannten Wasseradern aus einem Systeme von wirklichen, gröfseren Canälen bestehen, die durch zusammenhängende Klüfte und Höhlen in unterirdischen Felsenmassen gebildet werden, und in denen das Wasser wie in seinen Betten auf der Oberfläche der Erde fließt. Auch in Dänemark kommen dergleichen unterirdische

Wasserläufe vor, wie zum Beispiel in Thy und überhaupt um den westlichen Theil des Limfjords herum, aber dieselben sind Ausnahmen, und Wasseradern bedeuten so gut wie immer in Dänemark Schichten von Sand oder Kies, die mehr oder minder Wasser geben. Bei einer allgemeinen und oberflächlichen Betrachtung der sehr ausgebreiteten Erfahrung, das man, wenn man in einer Mergelgrube in einer gewissen, nach den Localverhältnissen verschiedenen Tiefe auf eine Sandschicht trifft, eine Wasserzuströmung erhalten wird, oder das man bei dem Brunnengraben sicher sein kann, mit der Sandschicht auch zugleich Wasser zu erreichen, könnte man zu dem Glauben geneigt sein, das das Wasser nur im Sand und Kies gefunden wird, und das die Lehmschichten verhältnißmäßig arm an Wasser sind. Dies würde aber ein großer Fehlschluß sein, denn in Dänemark führen alle Schichten Wasser, wenn man sie in einer gewissen Tiefe trifft, und selbst die allerobersten Schichten, ob sie nun Lehm oder Sand, sind im Allgemeinen mit einer mehr oder minder bedeutenden Menge Wasser durchdrungen. Das Wasser wird in den Zwischenräumen zwischen den festen Theilen gefunden, welche die Erdschichten bilden; je größer die Summe aller dieser Zwischenräume ist, die als zu kleinen Canälen vereint gedacht werden müssen, eine desto größere Menge Wasser wird die Schicht in einem gegebenen Kubikmaasse enthalten. Diese Wassermenge ist viel bedeutender, als man zu glauben geneigt ist, und der Verfasser hat sich die Mühe gegeben, sie in den verschiedenen einzelnen Erdarten zu bestimmen, die in verschiedenen Schichten den Erdboden Dänemarks bilden.

Die darüber angestellten Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt: der Verfasser bezeichnete eine Stelle an dem Halse einer Flasche, und wog darauf die Wassermenge, welche die Flasche bis zu der Marke füllte. Da man nun weiß, das ein Kubikfuß Wasser 62 Pfund wiegt, wird also das Gewicht des Wassers in der Flasche es ausdrücken, der wievielste Theil eines Kubikfußes der Inhalt der Flasche ist. Nachdem das Wasser ganz heraus und die Flasche getrocknet war, wurde sie mit der ausgetrockneten Erde gefüllt, deren Zwischenräume man bestimmen wollte, und die durch Schütteln und kleine Stöße dahin gebracht wurde, in sich zusammenzufallen, wobei man natürlich Erde nachfüllen mußte, bis sie die Marke der Flasche erreichte. Nachdem die so mit Erde gefüllte Flasche wieder gewogen war, erkannte der Verfasser das Gewicht der trockenen Erde, welche den Raum einnahm, der früher mit dem Wasser angefüllt war, dessen Gewicht er bestimmt hatte. Darauf füllte er die Zwischenräume in der Erde mit Wasser, bis sie vollkommen damit gesättigt war, und das Gewicht des in dieser Weise zugesetzten Wassers, verglichen mit dem Gewichte des Wassers,

das erforderlich war, um die Flasche zu füllen, drückte das Verhältniß aus zwischen den Zwischenräumen in der Erde und dem ganzen Raume, welchen die Erde einnimmt. Diese Versuche geben die Summe der Zwischenräume in den Erdarten ein wenig größer als sie es in der Natur ist, weil die Erde durch längeres Liegen und durch die mechanische Wirkung des Regens sicherlich etwas stärker zusammengeprefst wird, als es durch die früher beschriebenen Mittel geschehen kann. Das Vermögen der Kreide, das Wasser in den Poren aufzunehmen, hat der Verfasser in der Weise bestimmt, daß er einen Würfel von Kreide schneiden liefs, die Seiten desselben ausmafs und darauf den kubischen Inhalt desselben berechnete; darauf wurde er vollkommen ausgetrocknet, gewogen, mit so vielem Wasser getränkt, als er nur irgend aufnehmen wollte, und wieder gewogen, wo dann natürlicherweise der Zuwachs des Gewichts die Menge des aufgenommenen Wassers ausdrückt.

Diese Versuche haben, nachdem sie für einen Kubikfuß von jeder der geprüften Erdarten berechnet waren, folgendes Resultat gegeben:

Ein Kubikfuß Kreide nimmt auf: 25,2 Pfund Wasser;

Lehm etwas verschieden, aber ungefähr ebenso wie Kreide;

Strandsand nimmt auf: 24 Pfund Wasser,

Grünsand: 20 Pfund.

Man sieht leicht, daß der Unterschied zwischen den verschiedenen Erdarten Dänemarks nicht sehr groß ist, und wenn man annimmt, daß ein Kubikfuß trockener Erde im Durchschnitt $\frac{1}{3}$ Kubikfuß oder 20 $\frac{2}{3}$ Pfund Wasser aufnimmt, wird der Fehler nicht sehr bedeutend sein. Aus den angeführten Beispielen folgt weiter, daß die feinere Erde etwas mehr als die gröbere aufnimmt, ein Verhältniß, welches davon herrührt, daß die Summe der kleinen Zwischenräume zwischen feinen Partikeln größer ist, als die Summe der größeren Zwischenräume zwischen größeren Theilen, mit anderen Worten, wenn man Kies zu einem feinen Pulver zerstöft, füllt das Pulver einen größeren Raum aus, als der Kies einnahm.

Ganz anders verhält es sich mit der Wassermenge, welche diese Schichten im fließenden Zustande abgeben können, und der Schnelligkeit, mit welcher sich das Wasser in den Zwischenräumen bewegt. Jeder Landmann weiß es, daß Kiesschichten mehr Wasser als Sandschichten geben, während sie in Wirklichkeit weniger Wasser enthalten, und daß Lehm, der in manchen Fällen mehr Wasser enthält als Sand, fast gar kein fließendes Wasser abgiebt, indem Brunnen, welche mit ihrer ganzen Tiefe in Lehm stehen, wohl eine geringe Menge Wasser sammeln können, das zwischen den Lehmpartikeln langsam ausgeprefst wird, aber nie eine reichliche Wassermenge zu geben im Stande

sein werden. Bei dem Lehm scheint die Kraft, mit welcher das Wasser zurückgehalten wird, nicht nur von der Feinheit der Theile abhängig zu sein, sondern auch von einer halb chemischen, halb mechanischen Anziehung, die sich darin äußert, daß er mit einer gewissen Menge Wasser verbunden zähe und plastisch wird, was nie bei der feinsten Kieselerde stattfindet. Auf dieser Eigenschaft beruht die Eigenthümlichkeit des Lehms, das Wasser für die Pflanzenwurzeln zu bewahren, und dadurch diesen zur Ernährung der Pflanzen ganz unentbehrlichen Stoff zu erhalten.

Es darf hier eine andere Eigenthümlichkeit des Lehms nicht übergangen werden, die in Verbindung steht mit der mehr oder minder großen Schwierigkeit, mit welcher ihn das Wasser durchdringt. Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß man zu Wasserbauarbeiten, bei denen man das Wasser ausschließen will, den „blauen Lehm“ aufsucht, und im ersten Augenblick sieht man keine Beziehung zwischen der Farbe und der wasserbindenden Eigenschaft des Lehms. Der Zusammenhang ist indessen folgender: Aller Lehm der dänischen Rollsteinformation ist ursprünglich blaugrau, und in diesem Zustande findet sich derselbe in einer den Umständen nach größeren oder geringeren Tiefe. Diese blaugraue Farbe rührt von dem Eisen her, das in dem dänischen Lehme ursprünglich als Eisenoxydul (*Jernforilte*) vorhanden ist. Der Einwirkung der Luft, und besonders der vereinten der Luft und des Wassers ausgesetzt oxydirt das Eisen sich in höherem Grade zu Eisenoxyd (*Jernveilte*), dieselbe Verbindung, welche mit Wasser vereinigt den gelben Rost bildet, der das Eisen in feuchter Luft überzieht. Wenn daher ein blauer Mergel im Herbste auf den Acker gefahren wird, und im Winter dem Froste ausgesetzt bleibt, der Feuchtigkeit und der Luft zugänglich ist, wird er sehr bald dieselbe gelbe Farbe annehmen, welche der Lehm oder Lehmmergel zeigt, wo er in der Nähe der Erdoberfläche gefunden wird, und wo daher lange von der Luft auf ihn eingewirkt ist. Diese Oxydirung, welche die atmosphärische Luft in dem gemeinen Lehm hervorbringt, wird nicht durch die unmittelbare Einwirkung des luftförmigen Oxyduls der Atmosphäre hervorgebracht; sondern dadurch, daß das Oxydul der Atmosphäre von dem Wasser eingesogen und in diesem verdichteten Zustande auf den Lehm übertragen wird. Je mehr durchdringlich nun der Lehm für das Wasser ist, desto leichter wird er daher oxydirt werden, und da die Durchdringlichkeit des Lehms besonders von dem Vorhandensein des Sandes abhängig ist, wird die Farbveränderung gleichfalls im Verhältniß zu der vorhandenen Sandmenge stehen, und der sandfreie Lehm wird seine blaue Farbe behalten, selbst wenn er sich in der Nähe der Oberfläche findet.

Wenn wir demnächst zur Beantwortung der Frage übergehen, woher das Wasser, welches unseren Erdboden durchdringt, seinen Ursprung nimmt, und wo es die fremden Bestandtheile aufnimmt, welche selbst das reinste Grundwasser enthält, dann lautet die Antwort, wenn wir nur Bezug auf unser Verhältniß nehmen, daß es aus der Atmosphäre herrührt. Hier und dort werden aber auch Quellen gefunden, deren Wasser einen ganz anderen Ursprung hat, indem es nicht von der Verdichtung der in der Atmosphäre verbreiteten Wasserdämpfe herrührt, sondern von Dämpfen, welche durch unterirdisches Feuer im Schoofse der Erde entwickelt sind und sich in den höheren Erdschichten verdichten. Eine solche Quelle hat man in einem alten erloschenen Vulkan in der Nähe von Neapel, Solfatara, künstlich gebildet, wo dort in den sogenannten Fumarolen sich eine Menge Wasserdämpfe entwickeln, die man in einen Thurm geleitet hat, in welchem sie sich auf den Mauern verdichten und zu einer Quelle gesammelt werden. Eine entsprechende Verdichtung geschieht auf einer der jonischen Inseln, wo das Seewasser in eine unterirdische Höhle strömt und die Dämpfe abgibt, welche in einem höheren Theile der Erdschichten als eine Quelle mit fast chemisch reinem Wasser hervorbrechen. Solche Quellen und Brunnen werden in Dänemark nicht gefunden; dahingegen kann das Seewasser hier und dort in der Nähe des Meeres die Schichten durchdringen und sich mit anderem Grundwasser vermischt in Brunnen sammeln, die daher Brakwasser führen. Auch dieses Verhältniß ist nur eine Ausnahme, und die weit überwiegende Menge von Quellen und Brunnen empfängt ihren ganzen Wasservorrath aus der Atmosphäre.

Kommt dieses atmosphärische Wasser in der Form von starken Regen zur Erde, so kann der Lehm nur einen sehr geringen Theil davon aufnehmen, die größte Menge wird auf der Oberfläche fließen, und nur in so weit tiefer in dieselbe eindringen, als sie auf Sandschichten trifft; kommt es dagegen in der Form von feinerem Regen und Thau und besonders von Schnee auf die Oberfläche, so wird die geringe Menge Wasser, die in jeder gegebenen Zeit mit dem Lehm in Berührung kommt, von demselben aufgenommen werden können, und die ausgedörrten Schichten mit Wasser sättigen. Dies ist die Ursache, daß es besonders die schneereichen Winter sind, welche die Erde mit einer hinreichenden Menge Grundwasser versehen. Das von dem Sande aufgenommene Wasser bewegt sich geradeaus und verhältnißmäßig mit großer Geschwindigkeit abwärts durch die kleinen Canäle zwischen den Sandkörnern, bis es den schon vollkommen gesättigten Theil der Sandschichten erreicht. Das von dem Lehm aufgenommene Wasser bewegt sich sehr langsam durch dessen sehr feine Canäle, bis es auch eine

Sandschicht trifft, welche dann, in so weit die Zwischenräume derselben nicht schon mit Wasser angefüllt sind, auf den Lehm wie ein System von kleinen Drainröhren wirken wird. Die Sandschichten empfangen also das Wasser, welches sie enthalten, und welches sie mit Leichtigkeit an Quellen und Brunnen abgeben können, theils unmittelbar von der Oberfläche, theils durch Drainirung des Lehms. Auf dieser Eigenschaft des Lehms, das Wasser langsam aufzunehmen und es wieder langsam an die Sandschichten abzugeben, beruht die ausgleichende Wirkung desselben in Bezug auf das Grundwasser, die sich besonders dadurch zeigt, daß die Erde in der warmen Jahreszeit und in trockenen Jahren im Stande ist, weit mehr Wasser an Quellen und Brunnen abzugeben, als man aus der gefallenen Regenmenge annehmen würde. Darauf beruht es weiter, daß die Quellen ihre größeste Wassermenge nicht in der Regenzeit, sondern ziemlich lange nach der eigentlich nassen Jahreszeit führen.

Die Höhe, bis zu welcher sich das Wasser in den Brunnen und Quellen heben kann, ist ausschließlic von der Höhe abhängig, in welcher das Wasser in der Sandschicht steht.

In dieser Weise geht die mechanische Bewegung des Wassers vor sich, aber auf diesem von ihm durchmessenen Wege löst es die verschiedenen Bestandtheile auf und verändert seine chemische Natur. Das Wasser enthält auch schon, wenn es auf die Erdoberfläche fällt, einige fremde Bestandtheile, die es in der Atmosphäre aufgenommen hat. Dieselben sind eine geringe Menge Oxydul, dessen Wirkung auf die Bestandtheile des Lehms schon weiter oben von dem Verfasser angegeben wurde, eine noch geringere Menge Stickstoff (*Quaelstof*), dessen Einwirkung auf den Erdboden noch nicht genau bekannt ist. Nächst dem enthält es Kohlensäure, die eine außerordentlich wichtige Rolle spielt, wie es bald näher bezeichnet werden wird, und Ammoniak, der sehr schnell von den Pflanzen aufgenommen wird. In einzelnen Fällen kann es eine geringe Menge Salpetersäure enthalten, welche gesättigt von den im Erdboden anwesenden Basen, ebenfalls aufgenommen wird.

In dem Erdboden selbst werden Stoffe gefunden, welche von dem reinen Wasser aufgelöst werden können. Dieses sind, so weit sie unorganische sind, besonders Kochsalz und Gyps; wo dahingegen ein durch Jahrhunderte und Jahrtausende fortgesetzter Pflanzenwuchs die ursprüngliche Erde bedeckt hat, ist eben durch diese Pflanzen selbst eine große Veränderung vorgegangen und eine Menge verschiedener Stoffe, die als unauflöslich in dem ursprünglichen Erdboden gefunden werden, sind, besonders durch Mitwirkung der Pflanzen, neue Verbindungen eingegangen, und werden nun in einem auflösbaren Zustande

in dem Theile der Erdrinde gefunden, welche wir die Erd- oder Humusschicht nennen. Hier finden sich nun als der wesentlichste Bestandtheil Ueberreste von Pflanzen selbst, die besonders eine große Menge Kohlenstoff enthalten, und welche, wenn durch die Wärme der Atmosphäre und die Feuchtigkeit auf sie eingewirkt wird, eine langsame Verbrennung erleiden, wodurch der Erdboden erwärmt wird und sich in ihm Kohlensäure bildet, welche sowohl unmittelbar als mittelbar durch die Eigenschaft derselben, andere in dem Erdboden vorkommende Stoffe aufzulösen, das Hauptmaterial zur Ernährung der Pflanzen liefert. Die Kohlensäure, welche in dieser Weise in einem humusreichen, besonders frischgedüngten Erdboden gebildet werden kann, vermag bis zu einer Höhe von mehr als 14 Procent von der in der Schicht anwesenden Luft anzusteigen, während sie in der Luft selten mehr als $\frac{1}{20}$ Procent erreicht. In dieser obersten Humusschicht wird nun das verhältnißmäßig sehr reine Regen- und Schneewasser außerordentlich stark verunreinigt und durch unverbrannte organische Stoffe gefärbt. Es nimmt eine große Menge Kohlensäure auf und erhält dadurch die Eigenschaft Kalk und Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul aufzulösen, und ebenso die in reinem Wasser unauflösbaren phosphorsauren Salze. Es kann kieselsaure Salze zersetzen und dadurch die Auflösung von einiger Kieselerde veranlassen. Dazu kommen noch alle die Salze, welche in den Säften der Pflanzen aufgelöst waren und nach deren Verrottung in die Humusschicht übergegangen sind, worauf das Wasser wieder sie auflöst. Das Wasser aus einer solchen Humusschicht würde für Menschen und Thiere völlig unbrauchbar sein, und selbst eine geringere Menge desselben ist im Stande jedes andere Wasser zu verderben. Indem wir demselben nun in seiner Bewegung nach unten folgen, gehen daselbst sehr wesentliche Veränderungen mit ihm vor; wohl wird die reichliche Menge Kohlensäure, welche es enthält, eine noch größere Menge Kalk auflösen, aber indem es noch tiefer abwärts dringt, wird die Kohlensäure verdampfen und dadurch der Kalk, Magnesia und die phosphorsauren Salze abgesetzt werden, während das Eisen, auf welches die atmosphärische Luft einwirkt, ebenfalls unauflöslich gemacht wird. Die organischen Substanzen und viele von den aus den Pflanzen herrührenden Salzen werden von dem eisenhaltigen Lehm angezogen, und also wird die Filtration durch die ersten 4 bis 5 Fuß Erde nicht nur das Wasser von den darin mechanisch schwebenden Stoffen befreien, sondern auch einen großen Theil der chemischen Beimischungen wegnehmen, die es in den höher liegenden Schichten aufgenommen hat. Darum ist das Wasser, welches aus Drainröhren kommt, die in einer Tiefe von 4 bis

5 Fufs im Lehm liegen, schon farbefrei und enthält selten recht viele unorganische Salze.

In vielen Ländern findet sich in einer gröfseren Tiefe wieder eine reichlichere Menge Kohlensäure, deren Menge mit der wachsenden Tiefe zunimmt, weil sie aus dem Innern der Erde herrührt, und mit der wachsenden Kohlensäuremenge wächst dann wieder die Quantität der aufgelösten fremden Stoffe, die indessen nun fast ganz frei von organischen Substanzen sind. Das Wasser nähert sich dann der Zusammensetzung, welche die sogenannten Mineralwasser charakterisirt. In Dänemark ist diese, aus dem Innern der Erde herstammende Kohlensäure etwas Seltenes, und da die dänischen Erdschichten in gröfserer Tiefe meistentheils nicht viele, in reinem Wasser auflösbare Stoffe enthalten, ist dasselbe, selbst wenn es aus tieferen Brunnen und Bohrungen herrührt, im Ganzen genommen sehr rein und weich.

Wir wollen nun zu einer Betrachtung der Beschaffenheit des Wassers in den verschiedenen Formationen im Allgemeinen übergehen, um von dieser zu den einzelnen Schichten zu gelangen, die in Dänemark vorzugsweise wasserführend sind.

Die Urformation. In dieser Bildung, in soweit sie aus Granit und Gneifs besteht, was in Skandinavien der vorherrschendste Fall ist, sind sehr wenige, in reinem Wasser auflösbare Bestandtheile enthalten und selbst das kohlensaure Wasser wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nur sehr wenig auf dieselben ein. Da sie auferdem nicht besonders poröse Substanzen enthält, kommen keine eigentlich wasserführende Schichten darin vor, so dafs sich das Wasser nur in Klüften und Ritzen sammeln kann, wovon dann wieder eine Folge ist, dafs sie ziemlich arm an Wasser, aber dafs dieses Wasser im Allgemeinen sehr rein ist.

In der Uebergangsform, besonders in der, welche sich auf der skandinavischen Halbinsel und Bornholm findet, kommen schon mehrere weiche, vom Wasser durchdringliche Schichten vor, aber diese bestehen theils aus schwefelkieshaltendem Schiefer, theils aus Sandstein. Nur auf den letzten wirkt das Wasser nicht ein und er giebt deshalb reines Wasser, während das aus den übrigen Schichten, sowohl Kalk, wie Eisen- und Schwefelsäure auflöst.

In der Kohlenformation sind die Schichten bedeutend weicher, da sie aber Eisenkies in grofser Menge enthalten, wird das Wasser häufig Eisen- und Schwefelsäure aufnehmen und dadurch stark verunreinigt werden.

Die permische Formation, welche eine so unbedeutende Rolle in Europa spielt, kann hier ganz übergangen werden, besonders da

sie sich auch in Beziehung auf ihre Wasserführung nicht gerade auszeichnet; desto wichtiger sind die Bildungen, die man unter dem Namen Trias zusammenzufassen pflegt und die den wichtigsten Theil aller Salzformationen und die grösste Masse von Gypsgebirgen, die in irgend einer Bildung vorkommen, enthalten. Es liegt schon in dem Angeführten, dafs reines und weiches Wasser hier zu den Ausnahmen gehören, und dafs das Wasser, das diese Formation durchströmt, viel Gyps aufgenommen haben mufs, und im Allgemeinen auch eine nicht geringe Menge von Kochsalz.

Darauf kommen die jurassischen Bildungen, deren tiefsten Schichten, die sogenannten Liasschiefer, mit Eisenkies von einer so eigenthümlichen Zusammensetzung überladen sind, dafs die Kohlensäure schon Schwefelbrinte oder Schwefelwasserstoffgas austreiben kann. Aus diesem Grunde kommen unter den aus dieser Formation hervorbrechenden Quellen eine Menge vor, welche Schwefelwasserstoff enthalten und nach faulen Eiern riechen, und dieses Verhältnifs ist so charakteristisch, dafs fast alle schwefelwasserstoffhaltenden Gesundbrunnen, die sogenannten natürlichen Schwefelbäder, aus dieser Bildung herrühren. Es folgt schon daraus, dafs das Wasser aus dem Liaschiefer im Ganzen genommen für die Bedürfnisse des täglichen Lebens ganz unbrauchbar sein mufs. Die oberen Schichten der Jurabildung sind poröser, zum Theil sehr eisenhaltiger Kalkstein, und das Wasser, welche diese Schichten durchsickert hat, pflegt sowohl stark kalk- als eisenhaltig zu sein.

Die darauf folgende grofse Kreideformation tritt nun in einem ganz andern Charakter vor. Abwechselnd mit den grofsen, porösen Kalkschichten, welche diese Bildung charakterisiren, werden ebenso grofse Schichten von Sand und Sandstein gefunden. Während die Kalkschichten oft Kalk an das Wasser abgeben, sind dahingegen die sandigen Schichten von einer so eigenthümlichen Beschaffenheit, dafs sie Wasser sowohl in einer sehr reichlichen Menge, als auch von einer vorzüglichen Beschaffenheit abgeben. Die erste Eigenschaft ist abhängig von der grofsen Ausdehnung und ebenso grofsen Mächtigkeit der sandigen Schichten; die Reinheit des Wassers dagegen beruht auf der eigenthümlichen Verbindung, in welcher das Eisen in dieser Bildung gefunden wird. Dieses Metall ist nämlich überall in der Natur ausgebreitet, kommt aber in sehr verschiedenen Vereinigungen vor. In einer grofsen Menge Bildungen ist es als Schwefeleisen vorhanden und diese Verbindung leidet unter der Einwirkung des Wassers solche Veränderungen, dafs sie bald Schwefelsäure bildet, bald Schwefelwasserstoff, der sich im Wasser auflöst, während darin auch gleichzeitig eine mehr oder minder grofse Menge Eisen aufgelöst werden kann. Dem-

nächst wird das Eisen in anderen Formationen in großer Menge als kohlen-saures Eisen vorkommen, das sich gleichfalls in kohlen-saurem Wasser auflöst, oder als Eisenoxyd, das unter Einwirkung der meisten organischen Substanzen reducirt wird und dann gleichfalls in dem kohlen-sauren Wasser auflösbar ist. In der Grünsandschicht der Kreideformation ist das Eisen dagegen als kieselsaures Eisenoxydul zugegen, auf welches das kohlen-saure in einem außerordentlichen geringen Grade und das reine Wasser durchaus nicht einwirkt. Fügen wir hinzu, daß Salz und Gyps nur ausnahmsweise und äußerst selten in der Kreideformation vorkommen, dann wird es klar, daß diese sich vor allen den älteren Bildungen durch reines Wasser in reichlicher Menge auszeichnen muß. In allen den Bildungen, die neuer als die Kreide sind, gehören sehr ausgedehnte Schichten zu den großen Seltenheiten, und daher rührt es, daß diese wohl viele und gute Quellen haben, dieselben jedoch selten sehr wasserreich sind. Tiefe Bohrungen in der Absicht angestellt, reichliches und gutes Wasser zu schaffen, sind deshalb zum größten Theile in den Gegenden angestellt, in welchen man Grund hat die Grünsandschicht der Kreideformation in einer erreichbaren Tiefe zu erwarten. Dazu gehören die berühmten Brunnen in der Grafschaft Artois, die allen tiefen gebohrten Quellen den Namen artesischer gegeben haben, ferner der berühmte Brunnen in Grenelle bei Paris, und einige Brunnen in London.

Bei dem Uebergange zu einer genaueren Angabe der Schichten, welche in Dänemark vorzugsweise wasserführend sind, kann der Verfasser die älteren Schichten nur in Kürze erwähnen, da sie hier nur eine sehr unbedeutende Rolle spielen und ausschließlich auf der Insel Bornholm vorkommen. Dort findet man einige einzelne, nur sehr wenig Wasser führende Quellen im Graniterrain, und in der Juraformation treten dort mehrere stark eisenhaltige Quellen auf, die, wie ja auch die zu Ranlösa in Schonen, welche auch aus der Jurabildung kommt, schon zu den Mineralquellen gerechnet werden können.

Die älteste Schicht, welche in Dänemark bedeutende Wassermassen führt, ist die des dänischen Grünsands, die in ihren Verhältnissen zu den anderen Schichten der Kreideformation insoweit verschieden von dem Grünsande in Westeuropa ist, daß sie über der Schriftkreide liegt, während die westeuropäische Grünsandschicht unter der Schriftkreide gefunden wird. Diese Eigenschaft führt zu dem Gewinne zweier wesentlicher Vortheile, von denen der erste der ist, daß man diese Schicht in einer verhältnißweise geringen Tiefe findet, und der andere der, daß die darunterliegende Kreide, die, wie es schon früher bemerkt wurde, auf die unterirdische Wasserbewegung wie der Lehm wirkt, das Wasser fest hält, welches sonst vielleicht tiefer hinabsinken

könnte. Diese Grünsandschicht beginnt in dem östlichen Theile von Seeland bei der Kjøge-Bucht, erstreckt sich von dort gegen Roeskilde, wo man sie bei dem Dorfe Thune ganz kürzlich bei einer Brunnengrabung gefunden hat, und in einer großen Menge von Bruchstücken, die auf der Oberfläche liegen, kann man sie durch das ganze nördliche Seeland bis zum Klintbjerg im Odsherred verfolgen. Ganz vor Kurzem hat man bei einer Ausmodderung des Hafens in Aarhus eine Steinschicht gefunden, die eine auffallende Aehnlichkeit mit den festeren Schichten des Grünsands hat. Da Aarhus in der Fortsetzung des seeländischen Grünsandgürtels liegt, ist es wahrscheinlich, daß diese aufgenommenen Stücke zu einer feststehenden Grünsandbildung gehören, welche sich dann wahrscheinlicher Weise in nordwestlicher Richtung in Jütland hinein fortsetzt.

Nächst dem ist der Grünsand auf der westlichen Seite der bornholmschen älteren Gebirge bekannt, wie denn auch einige Andeutungen vorhanden sind, daß er auf der südlichen Seite von Falster gefunden werden kann. Der seeländische Grünsandgürtel ist außerordentlich reich an natürlichen, sehr wasserreichen Quellen. Dazu gehören die Quellen bei Aashøi in der Nähe von Kjøge, wo der Grünsand fast an die Oberfläche tritt, die Quelle bei den Solhøi-Häusern, wo eine vor einigen Jahren angestellte Bohrung es bewiesen hat, daß sie ihren Ursprung in dieser Schicht hat. Die Quelle in Taastrup-Waldby gehört gleichfalls hierzu, was auch durch eine Bohrung bewiesen ist, und dasselbe gilt ohne Zweifel von der Quelle am Thorsbrunnen am Kjøgeweg. Es kann kaum einem Zweifel unterworfen sein, daß die sehr wasserreichen Quellen bei Roeskilde ihren Ursprung in derselben Schicht haben, denn theils hat sich die Grünsandschicht bis Thune, eine Meile von Roeskilde, verfolgen lassen, theils liegen diese Quellen in dem Grünsandgürtel, theils hat das Wasser ganz dieselbe Beschaffenheit, wie andere Quellen, welche nachweislich ihren Ursprung in derselben Schicht haben. Ob die starken Quellen, die bei Rye in der Nähe vom Issefjord hervorbrechen und die schon sehr nahe an ihrem Ursprunge die Werke der Wintermühlen treiben, sowie auch die Vindequelle in Odsherred auch aus derselben Bildung herrühren, ist nicht entschieden, wird aber durch die Lage derselben in dem Grünsandgürtel wahrscheinlich gemacht.

Nach der durch geognostische Beobachtungen bestimmten Begrenzung des Grünsandgürtels wurden in dem Oberlande des sogenannten Ladegaardstrom in einer Gegend, wo keine wasserreichen Quellen bekannt waren, Bohrungen angestellt, um wo möglich einen Theil des zur Versorgung Kopenhagens nothwendigen Wassers herbeizuschaffen. Diese mit großem Glücke ausgeführte Unternehmung hat Gelegenheit

gegeben, die Grünsandschicht und deren Wasserreichthum näher kennen zu lernen. Sie besteht theils aus Sand, theils aus grobem Kies, die bald von einer dünnen Kalksteinschicht, bald hingegen von dem weit jüngeren Rollsteinlehm bedeckt ist. Der Wasserreichthum war im Anfange außerordentlich groß, so groß, daß in 24 Stunden aus 16 Bohrlöchern gegen 80,000 Tonnen Wasser gewonnen wurden. Diese Wassermenge hat nach und nach ein wenig abgenommen, was, wie man vermuthen kann, durch zwei Ursachen veranlaßt wird, nämlich theils durch die geringere Regenmenge, welche die späteren Jahre gegeben haben, und die namentlich bis zu diesem Jahre (1858) sehr deutlich zu erkennen war, theils durch den feinen Sand, welchen der starke Wasserstrom mit sich geführt und in den Bohrlöchern und nahe bei deren niederen Mündung abgesetzt hat. Das Wasser ist sehr rein, enthält aber eine Spur von Schwefelwasserstoff und eine geringe Menge Eisen, von welchen die erste verdampft und das andere sich in den ersten zweihundert Schritten des Laufs des Wassers absetzt.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man an vielen anderen Stellen in diesem seeländischen Grünsandgürtel durch Bohrungen Wasser erhalten wird, das sich über die Erdoberfläche hebt, überall ist es aber nicht der Fall, und unter den behufs der Versorgung Kopenhagens mit Wasser angelegten Bohrlöchern ist auch eins, in welchem das Wasser sich 8 bis 10 Fufs unter der Oberfläche hält, während der Brunnen im Dorfe Thune, der durch 20 Fufs Grünsand gebrochen ist, das Wasser sich über 60 Fufs unter der Erdoberfläche hält.

In den übrigen Theilen der Kreideformation kommt im Allgemeinen eine geringe Menge Wasser auf der Grenze zwischen Schriftkreide und Leimstein (Līmsteen) vor. Man sieht diese Quellen auf der angeführten Grenze in Stevns Klint, wo sie an manchen Stellen als ein feuchter Streif zu Tage treten. Zu diesen Quellen gehören auch die, welche in einem Halbkreise auf dem Abhange von Faxö-Bakke vorkommen, und ohne Zweifel zwischen dem Faxökalk und der Schriftkreide fließen. Das Wasser aus einer dieser Quellen von der Oberfläche der Schriftkreide, welches der Verfasser untersucht hat, enthält eine merkwürdige Menge kohlen-saures Natron, welches auch ein nicht seltener Bestandtheil vom dänischen Quellwasser ist.

In der Braunkohlenformation kommen auch ausgedehnte und mächtige Sandschichten vor, die fast immer Eisen enthalten und meistentheils auch eisenhaltiges Wasser abgeben. Uebrigens kennt man sehr wenig über die Wasserführung dieser Schicht.

Weit wichtiger sind die Sand- und Kiesschichten, die der dänischen Rollstein-Lehmformation angehören, und eine derselben, die eine große Rolle auf dem südöstlichen Theile der Halbinsel, zwi-

schen Kiel und Veile, spielt, ist bekannt unter dem Namen Korallensand. Sie besteht aus Sand und Kies, wovon der letzte eine Menge flacher und abgeschliffener Strandsteine aufweist, deren Oberfläche häufig 6 bis 8 Quadratzoll einnehmen; sie hat ihren Namen davon erhalten, daß sie eine große Menge ausgewaschener Korallenbruchstücke enthält, die von dem zerstörten Leimstein der Kreideformation herrühren. In Angeln, wo sie häufig gefunden werden, benutzt man sie als Sandmergel. Die Stelle, wo diese Bildung am ausgezeichnetsten vorkommt, ist die Umgegend von Flensburg, wo sie unter Lehm liegt und außerordentlich wasserreich ist. Alle Quellen, welche in der Stadt Flensburg selbst und zu beiden Seiten des Flensburger Fjord hervorbrechen, rühren aus dieser Schicht her. Dasselbe ist der Fall in der Umgegend von Apenrade, und auf der Westküste von Fühnen sieht man in den steilen Felsufern, daß das Wasser in einer großen Menge von Quellen auf der untersten Grenze der Schicht, wo sie auf dem Lehme ruht, hervortritt. Das Wasser des Korallensandes ist im Allgemeinen sehr rein, enthält aber doch häufig eine ziemlich bedeutende Menge Kalk, die von Korallenstücken herrührt und sich als eine Ablagerung von Kalksinter an den Stellen zeigt, wo die Quelle an die Oberfläche hervortritt.

In dem westlichen Jütlande findet sich unter der großen Haideebene, deren Oberfläche aus gelbem Sand besteht, in einer etwas wechselnden Tiefe, die man vielleicht auf einen Zwischenraum von 6 bis 16 Fufs veranschlagen kann, eine Lehm- und Mergelschicht, welche wieder eine sehr mächtige und ausgedehnte Kiesschicht bedeckt. Am besten ist diese Schicht bei Rögindkro, in der Nähe von Ringkjöbing bekannt, wo auf Veranlassung des Ministers des Innern eine tiefe Bohrung ausgeführt wurde. Der Lehm fing in einer Tiefe von $4\frac{1}{2}$ Fufs an und blieb bei bis zu 23 Fufs 10 Zoll, wo die Sand- und Kiesschicht anfang und in einer Tiefe von 182 Fufs 10 Zoll noch nicht durchbohrt war. Die tieferen Theile der Sandschicht sind lehmhaltend, und es scheint, als ob man bald eine Lehmschicht treffen würde. Das Wasser steht in diesem Bohrloche mit einer schwach wechselnden Höhe, die nicht weniger als 9 Fufs 6 Zoll unter der Erdoberfläche war, während sie zuweilen bis gegen 8 Fufs unter derselben Fläche aufstieg. Da der Lehm bis in eine größere Tiefe reicht, folgt daraus, daß diese Lehmschicht einen Wasserdruck von unten empfängt, der sich an vielen Stellen dadurch zu erkennen giebt, daß das Wasser den Grund in den Mergelgruben anbricht, wenn man unvorsichtig zu tief hinab in die Mergelschicht gedrungen ist. Es scheint aus den bei den Bohrungen und in den Mergelgruben gesammelten Erfahrungen zu folgen, daß der Wasserdruck in dieser Kies- und Sandschicht an keiner Stelle

stark genug ist, um das Wasser an die Oberfläche hinaufzutreiben, und daß der außerordentlich große Wasserreichthum, der in dieser tiefen Sandschicht gefunden wird, nur mit Hilfe von mechanischen Mitteln zur Nutzleistung an die Oberfläche geschafft werden kann. Für die täglichen Bedürfnisse der Bewohner ist dieses Wasser leicht zugänglich, man braucht dazu nur einen Brunnen bis zu einer Tiefe von 12 bis 16 Fuß unter der Oberfläche zu graben, und dann den Lehm zu durchbohren, bis man auf die Kiesschicht stößt. Man wird dann Zugang zu einem Wasservorrath haben, der wohl als unerschöpflich angesehen werden darf.

In den übrigen Theilen des dänischen Landes kommen auch wohl in der Rollstein-Lehmbildung eine große Menge kleinere Sandschichten vor, die zwar Wasser führen, aber doch nur in einer verhältnißmäßig geringen Menge.

Die letzte wasserführende Schicht von größerer Ausdehnung wird in der Bildung gefunden, welche der Verfasser Rollsteinsand nannte, der in dem größten Theile des Landes die oberste Schicht ist, die überhaupt vorkommt. Die Rollsteinsandberge pflegen alle dänischen Fjorden und alle dänischen Landseen zu umgeben und scheinen den größeren Theil des Materials zu enthalten, das durch die Wasserbewegung während der Bildung der Fjorde und Landseen versetzt wurde, während der feinere Theil fortgespült und ohne Zweifel zum größten Theile auf dem Grunde des Meeres abgelagert ist. Diese Schichten des Rollsteinsandes haben im Allgemeinen keine sehr große Ausdehnung, und da sie gleichzeitig der Austrocknung durch Sonne und Wind ausgesetzt sind, pflegen die Quellen, die ihren Ursprung in diesen Schichten haben, weder sehr wasserreich, noch in ihrem Wassergehalt sehr beständig zu sein, und das Wasser ist im Allgemeinen gut, da sie aber in unmittelbarer Verbindung mit der durch Pflanzenwuchs bedeckten und theilweise veränderten Oberfläche stehen, kommt es auch nicht selten vor, daß das Wasser einen Theil organischer Substanzen enthält, die durch ihre Gährung auf die schwefelsauren Salze einwirken, die Bildung von Schwefel veranlassen und dem Wasser einen fauligen, höchst unangenehmen Geschmack und Geruch mittheilen. Diese Veränderung kommt nur selten bei den eigentlichen Quellen mit fließendem Wasser vor, dagegen häufiger bei Brunnen, in denen das Wasser stehend ist und dadurch die Gährung begünstigt.

Nach dieser Schilderung der dänischen wasserführenden Schichten erlaubt sich der Verfasser eine Frage aufzuwerfen, deren völlige Beantwortung ihm von außerordentlich großer Wichtigkeit zu sein scheint; es geht aus allen bisher gemachten Erfahrungen hervor, daß unter einem großen Theile der westlich jütländischen Haideebene eine aus-

gedehnte, mächtige und wasserreiche Kies- und Sandschicht befindlich ist, deren Wasser unter einem Druck steht, welcher es nicht an die Oberfläche treiben kann, das sich aber nach einer etwas unsicheren Mittelzahl zwischen 8 und 12 Fufs unter derselben erhält. Die Frage ist nun, ob dieses Wasser mit Vortheil durch mechanische Kräfte, entweder des Windes oder der Dampfmaschinen auf die Oberfläche gepumpt und zur Bewässerung der Wiesen und Grasflächen benutzt werden kann.

XIV.

Consul Wetzstein's und R. Doergens' Reise in das Ost-Jordan-Land.

Von R. Doergens.

(Vortrag, gehalten in den Sitzungen der geographischen Gesellschaft zu Berlin vom 4. November und 8. December 1860.)

(Hierzu eine Karte, Taf. IV, Orthographie gleich der im Bericht des Consuls Wetzstein Bd. VII gebrauchten, in der Karte $g' = g$ des Textes = deutschem $d s c h.$)

Von der Reise, welche ich im Auftrage Sr. Excellenz des Herrn Cultusministers mit dem preussischen Consul Herrn Dr. Wetzstein in die östlich vom Jordan gelegenen Districte Syriens machte, bin ich Ende August hierher zurückgekehrt. Ueber diese Reise, auf welcher ich Höhenmessungen, geographische Ortsbestimmungen und Zeichnungen zu machen hatte, erlaube ich mir im Folgenden einen kurzen Bericht zu erstatten.

Höhenmessungen sind bisher in den von uns bereisten Gegenden fast gar nicht gemacht worden, theils weil die Bewohner jener Länder die dazu erforderlichen Instrumente schon mit verdächtigen Blicken betrachten und die Operationen damit sehr gefährden, theils wegen des schwierigen Transports solcher Instrumente in jenen Gegenden.

Die erste Schwierigkeit wurde grösstentheils dadurch beseitigt, daß ich mit Herrn Dr. Wetzstein als preussischem Consul die Reise machen konnte; denn die Worte „preussischer Consul“ ebenso wie „englischer Consul“ haben unter den Arabern einen sehr guten Klang. Was die zweite Schwierigkeit betrifft, so war ich so glücklich, das Barometer, welches ich von hier mitnahm, eben so wie die astronomischen Instrumente ganz und unversehrt wieder zurückzubringen. Die Vergleichung mit dem Normalbarometer ergab, daß das von mir benutzte Barometer sich gar nicht verändert hat, daß seine Gleichung $= 0$ ist, ein Umstand, den ich deshalb erwähne, weil er zu der Ga-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für allgemeine Erdkunde](#)

Jahr/Year: 1860

Band/Volume: [NS_9](#)

Autor(en)/Author(s): Forchhammer Johann Georg

Artikel/Article: [XIII. Ueber die wasserführenden Schichten im Allgemeinen und über die Schichten im Besonderen, die in Dänemark die Quellen und Brunnen nähren. 388-402](#)