

V.

*Ueber die kalten Winde, welche aus der  
Erde dringen,*

von

Herrn von SAUSSÜRE;

*nebst Bemerkungen*

von

WILL. NICHOLSON. \*)

In dem fünften Theile der *Voyages dans les Alpes* par Mr. de SAUSSÜRE, der erst vor ein paar Jahren erschienen, und noch unübersetzt ist, erzählt der Verfasser, S. 342 u. f., seine Versuche, durch die er fand, daß das Wasser auf dem Grunde der Alpen-Seen mehr kalt, als gemäßigt ist, indem es auf dem Boden die Temperatur von  $4^{\circ}$  Réaumur hatte, während sie auf der Oberfläche  $15^{\circ}$  betrug; dahingegen im Meerbusen von Genua, nahe am Lande, die Temperatur des Wassers in einer Tiefe von 886 und von 1800 Fuß mehr als gemäßigt, nämlich  $10^{\circ},6$  war; während die Wärme der Oberfläche nur auf  $16\frac{1}{2}^{\circ}$  stieg. Dann schreitet er zu Bemerkungen über eine Erscheinung, die wahrscheinlich von derselben Natur ist; nämlich über die unterirdischen Höhlungen, aus denen Winde hervordringen, die kälter sind, als die mittlere

\*) Aus dessen *Journal of Nat. Philos. etc.*, No. 5, 1797.

Temperatur der Erde. Die erstere Erscheinung, die der Verfasser für sehr schwer zu erklären hält, scheint in der That auf der Eigenschaft der flüssigen Körper zu beruhen, daß sie fast Nichtleiter der Wärme sind, welche Graf Rumford in seinem siebenten Versuche zuerst, und bis jetzt noch allein, in ihr gehöriges Licht gesetzt hat. Die Erklärung der andern Erscheinung hält Sauffüre für leichter. Ich werde hier in einer getreuen Uebersetzung die Thatfachen selbst wieder erzählen, den Hauptinhalt seines Raisonnements angeben, und die Bemerkungen, die sich mir dabei aufgedrungen haben, hinzufügen.

Sauffüre beginnt seine Erzählung mit den Höhlen des *Monte Testaceo*, unweit Rom, welche die ersten waren, die die Aufmerksamkeit eines genauen Beobachters fesselten. Nollet beobachtete sie auf seinen Reisen in Italien, \*) und fand den 9ten September 1749 des Nachmittags ihre Temperatur  $9\frac{1}{2}^{\circ}$ , während das Thermometer in der freien Luft auf  $18^{\circ}$  stand, und bemerkt mit Recht, daß ihre Kühle um desto wunderbarer ist, da sie nicht tief sind, ihr Eingang kaum etwas Fall hat, und die Sonne den größten Theil des Tages auf die Thüre des Eingangs scheint.

Sauffüre fand sie noch kühler, als Nollet, ob er sie gleich bei heißerm Wetter besuchte, wo-

\*) *Mém. de l'Acad. des Sciences*, 1749, p. 486.

von man die Ursache aus der Erklärung der Erscheinung abnehmen wird. Den 1ten Jul. 1773 war die Temperatur der äußern Luft im Schatten  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ , die der einen Höhle  $8^{\circ}$ , der andern  $5\frac{3}{4}^{\circ}$ , und der dritten  $5\frac{1}{4}^{\circ}$ . Diese Höhlen befinden sich an der Seite des Berges, und nehmen fast seinen ganzen Umfang ein. Sauffüre befah die an der Abendseite. Die Wände haben auf dem Boden Zuglöcher, durch welche die kalte Luft hineintritt.

Die Luft selbst dringt durch die Zwischenräume der Scherben von zerbrochenen Urnen und andern thönernen Gefäßen, aus welchen dieser kleine Berg ganz zusammengesetzt zu seyn scheint. Er bestieg dessen Gipfel, der ungefähr 200 oder 300 Fuß hoch ist, und erblickte überall dergleichen Scherben, die, nach seiner Meinung, gewiss ehemals auf obrigkeitlichen Befehl hier sind zusammengetragen worden. Die Obrigkeit sucht gegenwärtig diese Höhlen im Stande zu erhalten, weil sie von großem Nutzen sind. Aus Furcht, ihre Beschaffenheit könnte dadurch verändert werden, ist alles Graben, ja sogar das Beackern des Bodens, in der Nähe dieses kleinen Berges verboten. Es ist wirklich ein sehr sonderbares Phänomen, daß in der Mitte einer Gegend, deren Luft im Sommer so heiß und erstickend ist, ein kleiner abgesonderter Hügel steht, aus dessen Fuß ringsherum außerordentlich kühle Luftströme hervorgehn.

Nichtaveniger fällt es auf, in einer noch südlicher liegenden Insel, die so ganz vulkanisch und

voll heißer Quellen ist, wie *Ischia*, eben solche kalte unterirdische Winde, als die hier beschriebenen zu finden, und wie Sir William Hamilton unserm Verfasser versicherte, giebt es auch eine ähnliche Grotte zu Ottraiano am Fusse des Vesuvus. Man hat dort selbst für diese Grotten einen eignen Namen; sie heißen *Ventaroles*, (Wetterhähne.) Die Grotte auf Ischia wird *Ventarola della Funera* genannt. Sie befindet sich unter einer kleinen, dem heiligen Antonius geweihten Kapelle, die selbst wieder unter der Casa Monella steht. Den 9ten März 1773 stand das Thermometer in der freien Luft auf 14°, und das, welches Sauffüre auf den Boden der Grotte stellte, auf 6°, und man versicherte ihm, daß es während der größten Hitze im Sommer noch tiefer fiel.

Die kalten *Höhlen von St. Marino* liegen am Fusse eines Hügels von Sandstein, auf welchen die Hauptstadt dieser kleinen Republik gebaut ist. Den 9ten Jul. 1773 stand um 3 Uhr des Nachmittags das Thermometer in der freien Luft auf 13°, und in den Höhlen auf 6°. Der Boden dieser Höhlen liegt ungefähr 320 oder 330 Toisen über der Meeresfläche.

Die *Höhlen von Cesi* befinden sich in der Stadt gleiches Namens, welche im Kirchenstaate, 6 Stunden nördlich von Terni, liegt. Die, welche Sauffüre in Augenschein nahm, befand sich in dem Hause des Don Giuseppe Cesi. Die Kälte dieser Höhle rührt, so wie die der vorhergehenden, nicht

von ihrer Tiefe, sondern von der kalten Luft her, die aus den Spalten eines Felsens hervorsteigt, an welchen das Haus sich lehnt. Die Luft brach gerade damals mit so großer Gewalt hervor, daß sie beinahe die Fackel auslöschte, die ihnen leuchtete, und der Eigenthümer versicherte unserm Verfasser, daß er den Wind noch viel stärker würde gefunden haben, wäre nicht das Wetter, in Rücksicht der Jahreszeit, so kalt gewesen. Im Winter stürzt sich im Gegentheile die Luft mit Heftigkeit hinein, und um desto mehr, je kälter das Wetter ist. Dies ist in den lateinischen Versen ausgedrückt, die ihm der Besitzer des Hauses zeigte:

*Abditus hic ludit vario discrimine ventus,*

*Et faciles miros exhibet aura jocos:*

*Nam si bruma riget, quaecumque objeceris  
haurit;*

*Evomit aestivo cum calet igne dies. etc.*

Der Herr des Hauses zieht aus der Kühle dieser Höhle große Vortheile, indem er hier nicht allein Weine, Früchte und Lebensmittel aller Art aufbewahrt, sondern auch durch Röhren die kalte Luft in die Zimmer leitet. Vermittelt der am Ende dieser Röhren angebrachten Hähne kann man die kalte Luft in solchen Quantitäten herauslassen, als man sie verlangt. Diese Künstelei geht so weit, daß die Luft unter gewissen Gestellen geleitet wird, deren Fuß hohl ist, so daß die darauf gesetzten Flaschen durch den hervorsteigenden Wind beständig kühl erhalten werden. An dem Tage, als

Sauffüre, am Eingange dieser kleinen Grotte, die Temperatur des unterirdischen Windes beobachtete, fand er sie  $5\frac{1}{2}^{\circ}$ , da die der äussern Luft  $14\frac{1}{2}^{\circ}$  war. Dieses geschah den 4ten Julius 1773 des Nachmittags; woraus in der That erhellet, daß der Tag für dies Klima und für die Jahreszeit sehr kalt war.

Die *Cantines*, wie man sie in der italiänischen Schweiz nennt, oder die *kalten Höhlen von Chiavenna*, liegen gleichfalls an einem Felsen, süd-östlich von der Stadt. Die kalte Luft tritt in die Höhlen durch die Ritzen dieses Felsens, der aus verhärtetem Speckstein, vermischet mit Asbest und biegsamen Amianth, besteht. Den 5ten August 1774, des Mittags, stand das Thermometer in diesen Höhlen auf  $6^{\circ}$ , während es in der freien Luft auf  $17^{\circ}$  stand.

Bei dieser Gelegenheit bemerkt unser Verfasser, daß die Steinarten, aus denen die Berge bestehen, woraus die kalten Winde hervorgehen, ihrer Natur nach sehr verschieden sind. Dies bietet, nach seiner Meinung, eine Antwort auf die Frage Nollets, in Rücksicht der Höhle des *Monte Testaceo*, dar; nämlich: „ob nicht vielleicht thönerne Gefäße von der Art sind, daß sie sich schwerer erwärmen lassen, als andere Materialien; oder ob vielleicht hier die Einwirkung der Atmosphäre eine Abkühlung verursache, die anderswo nicht statt finde?“ „Es ist gewiß,“ fügt Sauffüre hinzu, „daß diese Erscheinung nicht von der Natur der

thönernen Gefäße abhängt, denn die kalten Winde von *Cefi* steigen aus einem kalkartigen Berge, die von *St. Marino* aus Sandstein, und die von *Chiavenna* aus Speckstein hervor.

In den Höhlen von *Caprino*, die dieser kleinen angenehmen Stadt gegen über am Luganersee liegen, fand Sauffüre die Luft am kältesten. Sie befinden sich am Fusse eines kalkartigen Berges, dessen steiler Abhang sich nahe am See endet. Schon vor dem Eintritte wird man auf den kalten Wind aufmerksam gemacht, der durch das Schlüßelloch der Thüre kommt, und in einer Entfernung von 7 bis 8 Zoll merklich ist. Bei dem Eintritte selbst ist die Empfindung der Kälte so auffallend, daß man nachtheilige Folgen davon befürchtet; und beim Herausgehen kommt es einem vor, als träte man in einen Ofen. Bei dem ersten Besuche dieser Höhlen, den 29sten Junius 1771, fand der Verfasser das Thermometer auf dem Boden der Höhle auf  $2\frac{1}{3}^{\circ}$ , und im Schatten der freien Luft auf  $21^{\circ}$  stehend. Als er sie den 1sten August 1777 zum zweiten Mahle besuchte, fiel das Thermometer nicht tiefer als auf  $4\frac{1}{2}^{\circ}$ , da es im Freien  $18^{\circ}$  zeigte.

Es ist bemerkenswerth, daß diese Grotten weder tief sind, noch weit in die Erde hinein gehn. Ihr Boden erstreckt sich horizontal mit der Erdoberfläche fort; die äußere Wand und die Bedachung sind ganz der freien Luft ausgesetzt, nur allein die hintere und ein Theil der Seitenwand sind innerhalb des Bergfußes. Dieser ist überall mit eckigen

Gefchieben aus der Steinart des Berges bedeckt, und durch die Zwischenräume derselben dringt die kalte Luft hervor. Ein glücklicher Zufall führte Herrn von Sauffüre gerade hin, als man eine dieser Grotten baute. Der Maurer, der diesem Werke vorstand, gab vor, im Besitze der Kunst zu seyn, die schicklichste Lage für solche Grotten auszufinden, indem er den Oertern nachspüre, aus denen der Wind hervordringt und ihnen gemäß Oeffnungen bohre. Durch diese Windlöcher werden die Grotten gekühlt, wie man leicht durch Hinhalten der Hand merken kann, und hier muß man auch das Thermometer hinstellen, wenn man die niedrigste Temperatur finden will.

Man sagt, daß man ihre Entdeckung den Schafen verdanke. Ein Schäfer bemerkte, daß seine Schafe während der größten Hitze ganz vorzugsweise zu gewissen Oertern ihre Zuflucht nahmen, und dort ihre Nasen zur Erde hin hielten; er suchte den Grund dieses Vorzugs auszuforschen, und hielt deshalb seine Hand auf den Boden; die kalte Luft, welche heraus kam, bewog ihn, eine Grotte dorthin zu bauen.

Von der Grotte, die Sauffüre bauen sah, war erst die Hinterwand aufgerichtet, so daß ihre Vorderseite noch ganz im Freien lag; dessen ungeachtet stand an der Oeffnung der Windlöcher das Thermometer auf 4°. Als er es 8 Zoll tief in den Erdboden dieser offenen Grotte senkte, zeigte es 7°, und 8°, als er es auf den Boden legte. Auf dem



dem Boden einer verschlossnen Grotte stand es auf 5°, und in der freien Luft auf 18°.

Diese kalte Luft hat keine bemerkbare Eigenschaft, wodurch sie sich von der reinen atmosphärischen, wenn sie bis zu demselben Grade abgekühlt ist, unterscheidet. Sie hat weder Geruch noch Geschmack, ist aber noch nicht chemisch untersucht worden, so interessant dieses auch seyn müßte.

Der Baumeister dieser Grotte, der ein verständiger Mann zu seyn schien, war der Meinung, daß die kalte Luft aus dem Innern des Berges käme und sich durch die unter den Gesteinen verborgenen Spalten hervor dränge. Uebrigens hat man hier gar keine Spur von einer unterirdischen, natürlichen Eisniederlage, wo der Schnee während des Winters sich aufammeln könnte. Auch ist der Berg nicht hoch genug, als daß sich auf ihm der Schnee den Sommer über erhalten könnte. Indess muß sich doch die Ursache dieses Phänomens ziemlich weit erstrecken; denn es wurde Sauffüre auf das Glaubwürdigste versichert, daß dergleichen Höhlen bis gegen *Capo di Logo* hin, 5 Stunden weit von *Caprino*, ja sogar bei *Mendrisio*, welches noch eine Stunde weiter liegt, zu finden sind. Eben so giebt es auch einige an der andern Seite des Sees. Man sagt, daß sich auch einige an dem Ufer des *Comer Sees* befinden sollen, was Sauffüre um desto mehr glaubt, da er auf der Villa des *Plinius*, die am Ufer dieses Sees liegt, das Wasser der intermittirenden Quelle  $7\frac{1}{2}$ ° kalt fand.

Die letzten von Sauffüre beschriebenen Höhlen, aus denen kühle Luftströme kommen, sind die von *Hergisweil*. Diese waren die einzigen, welche er auf der nördlichen Seite der Alpen sah. In dem von *Lucern* eine Stunde entfernten Dorfe *Winckel* schiffte er sich auf dem See ein, und in weniger denn einer halben Stunde kam er in den gegen über liegenden *Hergisweil* an. Dieses Dorf gehört zu Unterwalden, und liegt am Ende einer kleinen Bucht, in einer sehr ländlichen und romantischen Lage, mit Wiesen und Weingärten umringt. Zehn Minuten vom Dorfe sind am Fusse des Berges die kalten Grotten, die bloß aus hölzernen Hütten bestehn; die hintere Wand aber lehnt sich, so wie bei denen zu *Lugano*, an die aufgehäuften Geschiebe des Berges an. Die Steine dieser Wand sind nicht mit Mörtel verbunden, und durch ihre Zwischenräume tritt der kalte Wind hinein, der aus dem Geröll des Berges kommt.

Den 51sten Julius 1785 Mittags stand das Thermometer im Schatten auf 18°, 5, und am Boden der Grotte auf 5°, 3. Der Herr des Hauses versicherte, daß er in dieser Grotte die Milch drei Wochen, Fleisch einen Monath und Erdbeeren von einem Jahre zum andern aufbewahren könne. Nahe bei dieser Hütte war eine andere von derselben Art, in welcher man Schnee aufbewahrt, um ihn im Sommer nach *Lucern* zu verkaufen. In der Grotte, wo er die Temperatur beobachtete, war kein Schnee. Dicht an der Hütte, unter demselben

Dache, inacht man Feuer zu häuslichen Bedürfnissen, ohne zu befürchten, daß es auf die Temperatur der Grotte Einfluß habe. Im Winter gefriert es in diesen Hütten etwas später, als in der freien Luft, aber nachher, wie man behauptet, desto heftiger. Sauffüre glaubt, daß dieses ohne Zweifel davon herrühre, daß alsdann der Luftstrom, in diese unterirdischen Höhlen hineingehe.

Der Berg, welcher über die Höhlen hinwegragt, ist kalkartig, und an seine steile Seite, die gegen Norden liegt, lehnen sich die Hütten an. Sein Name ist *Renq*, sein Fuß erstreckt sich bis in den Lucerner See, wo er ein Vorgebirge bildet, und er ist eine von den Grundstützen des Pilatusberges, zu dem er gerechnet wird.

Herr Pfeyffer benachrichtigte Sauffüre, daß nahe an diesem Felsen der See sehr tief sey. Es scheint, daß der kalte Wind aus mehrern Stellen hervorbricht; denn wenn man in dieser Gegend am Fusse des Berges die Erde, welche die Geschiebe bedeckt, wegräumt und die Hand darüber hält, so kann man die hervordringenden kalten Winde fühlen. \*)

\*) Zu diesen Beispielen kann man noch die *Grotte von Roquefort* hinzufügen, welche Chaptal in den *Annales de Chimie*, IV, 31, 45, doch nicht so genau, wie Sauffüre die vorigen, beschreibt. Die Luft dringt hier durch das Geschiebe eines Kalkberges hervor, und man nutzt die Grotten zur Verfertigung eines besondern und sehr gesuchten

Die Theorie, welche Sauffüre über diese Grotten giebt, um ihre Kälte zu erklären, ist folgende.

Er nimmt an, daß die Luft, welche die Grotten kühlt, in unterirdische Höhlungen eingeschlossen ist, die nicht tief genug liegen, um der Einwirkung der Sommerwärme und der Winterkälte gänzlich zu entgehen, jedoch durch diesen Wechsel nur eine Veränderung der Temperatur von wenig Graden erleiden. Die Luft wird in ihnen durch die Winterkälte etwas verdichtet, beim Beginnen des Sommers wieder ausgedehnt, und herauszudringen gezwungen; und indem sie dabei durch feuchte

Käses. Herr Marcoré bemerkte im Oktober, daß das Reaumur'sche Thermometer in diesen Grotten bis auf  $5\frac{1}{2}^{\circ}$  fiel, während es in der freien Luft auf  $13^{\circ}$  stand, und Chaptal fand den 21sten August 1787 mit einem guten Thermometer, welches im Schatten an der freien Luft auf  $13^{\circ}$  stand, die Temperatur eines starken Luftzuges in einer dieser Grotten  $4^{\circ}$ . Man versicherte ihm, das Thermometer dort schon auf  $2^{\circ}$  über Null gesehen zu haben. Je heißer die äußere Luft ist, desto kühler sind die Grotten, weil der Luftzug dann desto stärker wird. Herr Chaptal nimmt in seiner sehr kurzen Erklärung an, die äußere Luft dringe in die Erde ein und werde dort durch Ausdünstung abgekühlt, giebt aber keine Ursache von der Entstehung des Luftzuges an, und warum dieser in seiner Stärke sich verhältnißmäßig nach der äußern Wärme richtet.

*Nicholson.*

Felsenritzen oder durch die Zwischenräume nasser Steine geht, wird sie durch die Ausdünstung, die dieses bewirkt, so abgekühlt, daß sie als ein kalter Luftstrom hervordringt.

Die Wirklichkeit solcher Luftbehälter, zu denen die Winterkälte und die Sommerwärme vordringen, glaubt Sauffüre, sey keine bloße Hypothese, sondern fließe unmittelbar aus der von den Besitzern dieser Grotten allgemein bezeugten Thatfache, daß im Sommer die Luft mit desto mehr Gewalt hervordringt, je wärmer das Wetter ist, und daß sie im Winter durch dieselben Oeffnungen, nach Verhältniß der intensiven Stärke der Kälte, wieder zurückkehrt.

Wiewohl es gar keinem Zweifel unterworfen ist, daß das Ausdünsten ein Abkühlen bewirkt, so suchte Sauffüre dieses doch noch durch einen Prozeß zu zeigen, dem ähnlich, den er in dieser Erscheinung vermuthete. Er nahm eine Glasröhre von einem Zoll im Durchmesser, und füllte sie mit zerbröckelten, nassen Steinen. Durch diese Röhre trieb er den Wind aus ein Paar großen Blasebälgen. Die Luft ging in der Temperatur von  $18^{\circ}$  aus den Blasebälgen heraus, und das Durchgehn durch die Röhre verminderte sie bis zu  $15^{\circ}$ . Er bekam dasselbe Resultat, als er eine chemische Vorlage mit 2 Hälften, halb mit kleinen nassen Flintensteinen füllte. Wenn er aber den Wind dieser Blasebälge gegen die Kugel eines mit einer nassen Hülle umkleideten Thermometers richtete, so war die

Abkühlung 4°. Eine noch grössere Erkältung, nämlich von 9°, erfolgte, als er die Kugel des Thermometers mit einem nassen Schwamme umgab, und es in der Luft herumdrehte. Allein, da hier die Luft, die mit dem nassen Schwamme in Berührung kommt, beständig erneuet wird, so sind, wie auch Sauffüre erinnert, die Umstände dabei anders, als in den ersten Fällen, wo die Luft beständig mehr und mehr mit Feuchtigkeit beladen wird. Er glaubt daher auch, daß die Ausdünstung nicht hinreiche, eine Abkühlung von 7 bis 8° unter der mittlern Temperatur, so wie man sie in den Grotten von *Lugano* findet, zu erklären; wohl aber die von 5 oder 6°, wie sie in *Cesti*, *Ischia* und dem *Monte Testaceo* statt hat. Hier sollen sich große unterirdische Luftbehälter, nahe genug an der Oberfläche der Erde befinden, um die Luft in ihnen durch die Winterkälte bis auf 3° unter, und durch die Sommerwärme bis auf 3° über der mittlern Temperatur zu bringen. Hat die Kälte in diesem Behälter ihr Maximum erreicht, so soll ihre Temperatur 7° seyn. Wenn darauf die Wärme des Frühlings die Luft auszudehnen beginnt, so steigt ihre Temperatur z. B. bis auf 8°, und sie fängt an sich herauszudrängen. Da nun aber das Ausdünsten ihre Wärme um 3° verringert, so vermindert sich diese bis auf 5°, und dies wird der Grad ihrer größten Kälte seyn. Nach dem Verhältnisse, als die Wärme des Sommers in diesen Behälter hineindringt, vermehrt sich auch die Wärme der hervorströmenden Luft,

die jedoch nie über die mittlere Temperatur steigen kann, weil die größte Wärme des Behälters  $13^{\circ}$  ist, und das Ausdünften diese bis auf  $10^{\circ}$  zurückbringt.

Sauffüre's Versuche unter einander, und mit denen des Abbé Nollet verglichen, beweisen in der That, daß die Wärme dieser kühlen Winde sich mit der vorrückenden Jahreszeit vermehrt. Denn der Abbé Nollet fand den 9ten September die Temperatur der Grotten des *Monte Testaceo*  $9^{\circ},5$ , Sauffüre hingegen den 11ten Jul.  $5^{\circ},3$ . Eben so fand er die Temperatur der Grotten von *Lugano* am 1sten August  $4\frac{1}{2}^{\circ}$ , und den 29sten Jun.  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Wenn die Luft in der Höhle den höchsten Grad von Wärme erreicht hat, so muß eine Zeit lang eine Art von Stockung erfolgen; nach welcher der Behälter anfängt sich abzukühlen, und dann die äußere Luft einschluckt. Und so wird durch die Kühle des Herbsts und durch die Winterkälte die kalte Temperatur der Höhlen erhalten.

Durch diese Voraussetzungen einer mittlern Temperatur der Höhlen von  $10^{\circ}$  und einer Erkältung durch Ausdünstung von  $5^{\circ}$ , läßt sich, wie Sauffüre bemerkt, eine Kälte dieser Luftströme, die im Sommer nur  $5^{\circ}$  R. und darunter beträgt, leicht erklären. Denn wollte man sich auch den Behälter näher an der Oberfläche denken, so daß die Kälte des Winters seine Temperatur bis auf  $5^{\circ}$  erniedrigte; so würde zwar anfangs, wenn die Abkühlung durch Ausdünstung hinzukommt, die Luft in der

Temperatur von  $2^{\circ}$  herausdringen; allein nicht lange, da dann auch die Erwärmung des Behälters durch die Hitze des Sommers verhältnißmäßig höher steigen müßte. — Soll man einen größern Grad der Kühle, als den von 4 bis 5, z. B. den von *Lugano* und *Kiergisweil*, erklären, ohne voraussetzen zu dürfen, daß hier die Ausdünstung eine größere Erkältung, als die von  $3^{\circ}$  bewirke, so ist es nothwendig, die gewöhnliche Temperatur des Behälters unter  $10^{\circ}$  anzunehmen; eine Annahme, die bei der Nähe der Alpen, wo man auch nur allein Höhlen von so niedriger Temperatur entdeckt hat, nicht unerlaubt scheint.

Dem Einwurfe, daß die Luft in einer unterirdischen, mithin feuchten Höhle bereits mit Feuchtigkeit gesättigt sey, und dann keine Verdunstung mehr bei ihrem Herausströmen bewirken könne, sucht Sauffüre durch die Bemerkung auszuweichen: daß nicht alle Höhlen nothwendig feucht sind; daß die hier angenommenen von sehr großem Umfange seyn müssen, um durch eine Ausdehnung der eingeschlossnen Luft von wenigen Graden so beträchtliche Luftströme den ganzen Sommer hindurch zu bewirken; und daß folglich im Winter eine große Quantität kalter, trockner Luft in sie hindringe, die, durch die Wärme ausgedehnt, sehr austrocknend sey und den Wänden dieser Höhlen die Feuchtigkeit benehme, so daß man sie trocken genug annehmen könne, um eine Ausdünstung, die sie  $3^{\circ}$  abkühle, zu bewirken.



Nachdem ich aus dem Werke eines Naturkündigers, dem die Physik so viel verdankt, eine so interessante und genaue Beschreibung der Thatfachen über diesen merkwürdigen Gegenstand gegeben hatte; so hielt ich es für billig, seine Theorie nicht weniger umständlich zu erzählen, besonders, da meine Gedanken über diesen Gegenstand, von seiner Meinung abweichen.

1. Muß ich bemerken, daß wir gar keine Nachricht von dem Daseyn solcher großen Höhlen haben, die noch dazu der Oberfläche der Erde so nahe seyn sollten. 2. Aus des Verfassers eignen Beobachtungen erhellet, daß in Tiefen, die sehr unbedeutend im Vergleiche mit der Dicke sind, welche die Decke so großer Höhlungen nothwendig haben müßte, der Einfluß der Jahreszeiten kaum merklich ist. Er fand, daß in einer Tiefe von  $29\frac{1}{2}$  Fufs, in festem Boden, der größte Unterschied der Temperatur während dreier Jahre,  $8^{\circ},95$  und  $7^{\circ},75$ , also im Ganzen nur  $1^{\circ},2$  betrug. \*) 3. Wäre aber

\*) Der Graf Cassini, sonst Director der Pariser Sternwarte, hatte im Jahre 1783 in den Höhlen unter der Sternwarte, welche zu alten Steinbrüchen gehören, ein höchst empfindliches Quecksilber-Thermometer aufgestellt, mit einer Kugel von  $2\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser und einer 22 Zoll langen Haarröhre, dessen Verfertigung und Gradation von Lavoisier besorgt worden war, und welches im *Journal de Phys.*, t. 35, abgebildet und beschrieben ist. Es steht in einer 100 Fufs langen, 6 Fufs breiten und

auch die Erddecke dieser Höhlungen noch viel dünner; so würde doch die Wärme, die, nach den Ver-

8 Fufs hohen, noch mit 3 Seitenhöhlen versehenen Höhle, 10,5 Fufs tief unter dem Observations-Zimmer, und ist so empfindlich, dafs es durch die Gegenwart dreier Personen in 5 Minuten um  $0,02$  Grad stieg. Um dieses zu vermeiden, wurde es in ein Glas mit sehr feinem und trockenem Sande gethan, der es bis zum 7ten Grade bedeckte; und in diesem Zustande findet es sich noch jetzt in dieser Höhle.

Als Caffini es hinabbrachte, war die Höhle mit andern Höhlen des Steinbruchs durchschlägig und es fiel bis auf  $7^{\circ}\frac{1}{2}$ ; als aber die Oeffnungen rings umher vermauert, und der Eingang mit einer Thüre verschlossen wurde, stieg es bis über  $9^{\circ}$ . Vom 3ten August 1783 bis zum 29sten Jun. 1785, also fast während zweier Jahre, während derer Caffini es fleissig beobachtet hatte, wie das Journal darüber im *Journal de Physique* beweist, war der höchste beobachtete Stand  $9^{\circ},28$ , der niedrigste  $9^{\circ},06$ , mithin die Veränderung  $0^{\circ},22$ , und die mittlere Temperatur  $9^{\circ},17$ . Es sank im August 1783 bei einer sehr starken Hitze von  $9^{\circ},09$  auf  $9^{\circ},06$ ; stieg bei einer starken Kälte gegen Ende Januar 1784 auf  $9^{\circ},12$ ; fiel im Mai 1784, dem wärmsten Monat dieses Jahrs, wieder auf  $9^{\circ},09$ , stieg dann wieder im Winter 1785 bis auf  $9^{\circ},23$ , fiel aber den folgenden Sommer nicht, sondern blieb den ganzen Julius über auf  $9^{\circ},26$  bis  $9^{\circ},28$  stehn. Dafs es im Sommer tiefer als im Winter stand, daran ist wahrscheinlich die Verdunstung in der Höhle, vielleicht auch besonders die des fechtgewordenen Sandes im

fuchen des Grafen Rumford, in Fluidis, und so auch wohl in der Luft, nur durch das Aufsteigen

Gläse schuld, die im Sommer stärker als im Winter ist, und im Sommer 1785 durch irgend einen Umstand unterbrochen seyn mochte. Liefse sich dieser Einfluß vermeiden, so stünde das Thermometer vielleicht stets unveränderlich auf einerlei Temperatur.

Cotte erzählt im *Journal de Physique*, Tom. 4, p. 247, er sey, in Gesellschaft der Hrn. Delamétherie, von Humboldt, Bouvard und Fleuriot Bellevue, den 2ten Messidor 1798 in diese Höhlen unter der pariser National-Sternwarte 171 Stufen tief hinabgestiegen, wo Lavoisiers Quecksilber-Thermometer in einem Gefäße voll nassen Sandes aufbewahrt wird. Der ~~nächste~~ Stand, den man seit 1783 an diesem Thermometer beobachtet hat, sey  $9^{\circ},585$ , und zwar im Winter; der niedrigste  $9^{\circ},565$ , und zwar im Sommer; sie selbst beobachteten  $9^{\circ},569$ . Ist Cotte hier nur falsch berichtet worden, und brachte, als er es sah, die Gegenwart von 5 oder 6 Personen das Thermometer um  $\frac{1}{4}^{\circ}$  zum Steigen, oder sollte sich die Temperatur der Höhlen seit 1785 wirklich so merklich erhöht haben?

Dafs übrigens  $29\frac{1}{2}$  Fufs tief unter der Oberfläche der Erde die Temperatur sich noch um  $1^{\circ},2$ , dagegen 105 Fufs tief so gut als gar nicht mehr verändert, ist begreiflich; dafs aber bei Genf die mittlere Temperatur in ersterer Tiefe  $8^{\circ},85$ , in Paris dagegen in letzterer Tiefe  $9^{\circ},17$  beträgt, scheint auf den ersten Anblick überraschend, und läßt sich wohl nur aus der beträchtlich höhern Lage

der erwärmten und das Sinken der abgekühlten Theile sich fortpflanzte, nicht niederwärts gehen, weil die verdünnten Theile nicht sinken können, und daher, selbst bei jener sehr unwahrscheinlichen Annahme, doch keine Erwärmung und Ausdehnung der Luft in der Höhle statt finden. 4. Aus den Versuchen des Herrn Duvernois, (deren Beschreibung man in der *Encyclopédie methodique*, Artikel

Genfs, mit der eine beträchtlich geringere Lufttemperatur verbunden seyn muß, erklären,

Guyton erwähnt bei Gelegenheit des Sauffürschen Aufsatzes, in den *Annal. de Chimie*, t. 25, p. 81, einiger Beobachtungen, die Kirwan 1788 auf seiner Durchreise durch Dijon mit einem guten Fahrenheitischen Haar-Thermometer über die Temperatur in der Tiefe der Brunnen gemacht habe. Er fand sie im Durchschnitte kälter als gleich tiefe pariser Brunnen. Was ihn in Verwunderung setzte, waren 2 Brunnen in Guyton's Wohnung, die, nur 14 Toisen von einander entfernt, einen Temperatur-Unterschied von 2° zeigten. Der kältere stiefs gegen Norden, der wärmere gegen Süden an ein Gebäude. Die Beobachtungen auf das Reaumürsche Thermometer reducirt, waren folgende:

Pariser Brunnen, mittlere Temperatur	9°,333
Brunnen südwestlich von Dijon	8°,444
Brunnen in Guyton's Wohnung zu Dijon	
erster, nach Norden zu frei	8,333
zweyter, nach Süden zu frei	7,25

Sollte vielleicht auch die Verdunstung an diesem Unterschiede mit Schuld seyn, oder nur ein Mangel an Sorgfalt im Beobachten? d. H.

*Air*, Seite 686, und auch im ersten Theile der *Annales de Chimie* findet,) erhellt, daß die gemeine Luft, wenn ihre Temperatur von  $0^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  nach Reaumur erhöht wird, sich kaum um  $\frac{1}{12}$  ihres ganzen Volumens ausdehnt, daher sie sich, bei dem von Hrn. von Sauffüre angenommenen Unterschiede der Temperatur, kaum um  $\frac{1}{8}$  ausdehnen möchte. Die Höhle, die so nahe an der Oberfläche der Erde liegen soll, daß sie innerhalb des Wirkungskreises der Jahreszeiten ist, müßte folglich 8omal mehr Luft enthalten, als den ganzen Sommer hindurch, durch alle ihre Oeffnungen auströmt. Zwar läßt sich, weil weder diese Oeffnungen noch die Geschwindigkeit der Luftströme bekannt sind, hierauf keine förmliche Berechnung über den Inhalt einer solchen Höhle gründen. Aber auf jeden Fall scheint es ganz unwahrscheinlich zu seyn, daß sich ein so großer Luftbehälter dicht unter der Erdoberfläche befinden sollte. Besonders ist es, nach allen Beobachtungen, nicht im geringsten wahrscheinlich, daß der *Monte Testaceo* eine solche Aushöhlung in sich schliesse, oder mit ihm in Verbindung stünde. 5. Endlich ist es eine sehr willkührliche Annahme, daß der Behälter selbst immer ganz trocken, die Gänge hingegen, durch welche die Luft herausströmt, immer feucht seyn sollen.

Dieser freimüthigen Prüfung der Erklärung des Herrn von Sauffüre füge ich einige Gedanken über die Ursache dieses Phänomens bei, die ich widerlegt zu sehn wünsche, sollte in ihnen ein Irrthum

verborgen seyn, oder sollten Thatfachen und künftige Entdeckungen ihnen entgegen stehn.

Es scheint mir alles auf dem einfachen Umstande zu beruhen, daß die Höhle, die von einer ansehnlichen Stein- oder Erdmasse umgeben ist, ihre Temperatur *nur vermittelt der Luft* oder eines andern sie durchdringenden Fluidums, zu verändern vermag. Wir wollen z. B. annehmen, die St.-Paulskirche in London, die bis zum Dache beinahe 400 Fufs hoch ist, sey mit Scherben von Töpfergefäßen angefüllt. Diese große Masse würde zuerst die Temperatur der Luft besitzen, in der sie aufgehäuft wurde. Da aber Thon und die meisten erdigen Stoffe schlechte Wärmeleiter sind, so würden die Wirkung der Sonnenstrahlen und die zunehmende Wärme der äußern Luft sich in diesen Steinhäufen nur auf eine sehr kleine Tiefe erstrecken, und zwar, nach verschiedenen bekannten Thatfachen zu schließen, kaum bis zu einer Tiefe von 3 Fufs. Wir wollen nun annehmen, die äußere Luft wäre um  $10^{\circ}$  abgekühlt worden. Die ganze Luftmasse innerhalb des Scherbenhaufens würde dann, da sie leichter wäre, als die außerhalb, durch die obern Oeffnungen der Kirche hinausdringen, dem Drucke zufolge, mit dem die dichtere äußere Luft durch die untern Oeffnungen hineindränge; und dieses würde so fort dauern, bis alles im Inneren des Gebäudes die Temperatur der äußern Luft bekommen hätte. Folglich müßte, (wenn wir sowohl die Capacität der Thongefäße und der Luft für die Wär-

me, als auch die Gröſſen der Zwischenräume und der feſten Theile im Scherbenhaufen gleich ſetzen,) eine Luftmaſſe von einem beinahe tauſendmal ſo groſſen Umfange, als der des Gebäudes iſt, durch die Zwischenräume hindurchziehn, bevor alles die Temperatur der Luft wiedergewönne. \*) Käme nun

\*) Ni ch ol ſ ſ on ſcheint bei dieſer Erläuterung zu nächſt den *Monte Teſtaceo* vor Augen gehabt zu haben, der, nach *Sauſſüre's* Beſchreibung zu urtheilen, ungefähr den Umfang der Paulskirche haben mag, und, welches mir jedoch unglaublich ſcheint, ganz aus thönernen Scherben zuſammengelerzt ſeyn ſoll. Geſetzt, dieſer Berg habe gleichen Inhalt mit einem Kegel, der 300 Fuſs hoch iſt, und deſſen Grundfläche 1200 Fuſs im Durchmeſſer hat, ſo enthielte er 112 Millionen Kubikfuſs. Davon mögen die Scherben oder ſonſtigen Geſchiebe  $\frac{2}{3}$ , die Zwischenräume  $\frac{1}{3}$  betragen, ſo wären 22 Millionen Kubikfuſs Luft in dem Berge. Sollten dieſe in einem Tage aus 500 Zuglöchern, deren jedes einen Quadratzoſs im Querſchnitt hielte, aus dem Innern des Berges ausſtrömen, ſo geſchähe das mit einer mittlern Geſchwindigkeit von etwas mehr als 5 F. in einer Sekunde, welches einen ganz merklichen Luftſtrom gäbe. Behielte die äußere Luft ihre Temperatur unverändert bei, und nehmen wir an, daß die Capacität für Wärme ſich ungefähr nach den Dichtigkeiten richte, ſo würden 7500 Tage, d. h. 20 Jahre, darauf vergehn, ehe die Scherbenhaufen bloß von der hindurchſtreichenden Luft bis zu einerlei Temperatur mit ihr gebracht würden. Man ſieht daher, daß die Erkältung der durchziehenden

vollends der Winter, und erkältete die äufseren Luft immer mehr, so würde dieser Luftzug, der bei der Thüre oder am Boden des Haufens hindringt, und oberhalb herausströmt, so lange fort dauern, als die äufseren Luft an Kälte die innern Theile des Haufens überträte, und die Gewalt des Luftzuges müßte um desto gröfser seyn,

Luft sehr wohl den ganzen Sommer hindurch so ziemlich in gleichem Grade statt finden kann. Wirke kein andrer Grund einer Temperatur-Veränderung in einem solchen Berge, als blofs die durchziehende Luft; so müßte er so ziemlich die mittlere Temperatur der Erde ( $8^{\circ},4$  R.) unverändert behalten. Allein da die äufseren Temperatur-Veränderung doch etwas in die Erde selbst, wenn gleich nicht tief, hineingeht, und überdies, wenn der Zwischenräume im Berge weniger im Verhältnisse der Masse sind, als wir annehmen, die Temperatur der Theile, welche die Luft berührt, da Thon und Erden schlechte Wärmeleiter sind, sich etwas schneller verändern würde; so erklärt es sich auch aus diesem von Nicholson angegebenen Grunde, (besonders wenn man noch die Verdunstung zu Hülfe nimmt,) genugthuend, wie in den von Sauffüre besuchten Ventaroles die herausdringende Luft nicht immer die mittlere und einerlei Temperatur hatte, sondern gegen den Winter zu wärmer als im Anfange des Sommers war. Daß aus demselben Berge Luft von verschiedner Wärme herausdringt, wie im *Monte Tejlacco*, erklärt sich leicht aus der verschiednen Länge und Weite der Kanäle, welche die Luft durchstreicht. d. H.



je größer der Unterschied zwischen diesen Temperaturen ist. Hätte nun aber der Winter die ganze Masse dem Gefrierpunkte nahe oder unter denselben gebracht, und bei Rückkehr des Frühlings würde die äussere Luft erwärmt und verdünnt; so müßte umgekehrt die innere kalte, und mithin verdichtete Luft des Haufens, unterwärts herausströmen, und dagegen die warme äussere Luft oberhalb nachdringen, und, im Scherbenhaufen abgekühlt, ebenfalls wieder unterhalb herausdringen. Die Stärke dieses Luftzuges würde sich wiederum nach dem Unterschiede der Wärme der äussern Luft und des Scherbenhaufens richten.

Man kann sich hier sehr viel verschiedene Fälle denken. Ist die Scherbenmasse sehr groß, so wird auch der äußerste Grad der Temperatur-Veränderheit um desto beträchtlicher, und ihre Wirkung desto dauernder und stätiger seyn. Bei großen Scherben ist der Luftzug schneller, aber auch die Erkältung geringer; und befindet sich innerhalb der Scherbenmasse eine beständige Quelle von Feuchtigkeit, so muß der herabsinkende Luftstrom durch die Ausdünstung, die er bewirkt, noch stärker erkältet werden.

Ich habe hier der *Paulskirche* deshalb Erwähnung gethan, weil ich oft bei heißem Wetter einen auffallend kühlen Luftzug fühlte, der aus den Thüren und Gewölben dieses Gebäudes kam, und der, wie ich glaube, durch das Abkühlen der Luft, an den großen Massen von Mauerwerk in ihr hervor-

gebracht wird. Da mir die wahrscheinliche Ursache dieses Luftzugs vor der gegenwärtigen Untersuchung nicht einfiel, so habe ich den Umständen nicht genauer nachgeforscht. Luftzüge dieser Art sind indess sehr gewöhnlich. Der sehr bekannte Versuch mit einem Lichte, das man erst oberwärts und dann unterwärts vor die geöffnete Thüre eines Zimmers hält, ist von derselben Art. Sind die Luft und die Wände innerhalb der Stube wärmer als die äussere Luft, so wird die Flamme in der Höhe hinauswärts, und am Boden der Thüre hineinwärts geblasen. Das Gegentheil geschieht, wenn die Wände der Stube oder ihre Luft kälter sind. \*) In die-

\*) Gerade auf demselben Grunde ruht auch der *regelmässig wechselnde See- und Landwind*, den man an den Küsten der heißen Zonen wahrnimmt. „In *Malacca* z. B. erhebt sich, nach eines aufmerksamen Beobachters Angabe, (Herrn, Hensels zu Pirna, im *Journal für Fabriken*, 1799, Oct., S. 302,) regelmäßig täglich zwischen 11 und 1 Uhr Mittags der *Seewind*, und weht sehr stark bis Abends gegen 6 Uhr, zu welcher Stunde, sollte er auch noch so heftig blasen, der *Landwind* an seine Stelle tritt, der bis gegen 11 Uhr des andern Tages anhält. Beide geben eine angenehme Kühlung, so daß das *Fahrenheit'sche* Thermometer sich in *Malacca*, ob es gleich nahe an der Linie liegt, doch immer zwischen 80 und 90 Grad erhält, indess es in *Calcutta* unter 23° nördlicher Breite im April und Mai nicht selten im Schatten bis auf 110° steigt. Nur in den

fem Falle gleicht der untere Luftzug dem kühlenden Winde den Höhlen. Bohrte man im Sommer

Zwischenzeiten, da beide Winde eine Pause machen, ist es erstickend heifs.“

Die Erde wirft viel mehr Sonnenstrahlen zurück, und wird selbst viel stärker im Sonnenscheine erhitzt, als das Wasser, welches einen grossen Theil der Sonnenstrahlen verschluckt. Bald nach Sonnenuntergang, der hier stets um 6 Uhr erfolgt, fällt der Thau in diesen heissen Ländern in ausserordentlicher Fülle, und dieser Uebergang dampfförmiger Flüssigkeiten in tropfbare erkaltet die Luft so stark, daß dadurch eine empfindliche Kühlung entsteht. Die Luft über dem Wasser wird nicht so stark erkaltet, steigt also als die leichtere auf, und die schwerere Landluft zieht nach der See zu. Daher der kühle Landwind die Nacht über, der wahrscheinlich mit einem Gegenwinde in den höhern Regionen begleitet ist. Nach Sonnenaufgang muß erst aller Thau verdunstet, und die Erdoberfläche eine Zeit lang durchhitzt seyn, ehe sie und die Luftschicht über ihr stärker als das Wasser erwärmt sind, (welches, wegen der zunehmenden Verdunstung mit grösserer Wärme, einen gewissen Wärmegrad nicht leicht übersteigt.) Daher dauert der Landwind bis 11 oder 1 Uhr fort. Alsdann aber wird die Landluft die leichtere, steigt also aufwärts, und die kältere, und folglich schwerere Seeluft zieht längs der Seeoberfläche zum Lande hin, und dieser Luftzug dauert so lange, bis die Sonne sinkt und der Thau die Landluft wieder abkühlt und zur schwerern macht. So geht dieser Wechsel beständig fort, und so wird die Temperatur an der Küste mittelst der Ver-

zwei Löcher in eine Kellerthüre, das eine in den obern, das andere in den untern Theil; so würde ohne

dunstung immer so ziemlich in einerlei Höhe erhalten.

„Der Landwind ist in Malacca, wie Herr Hensel meint, deshalb so erfrischend, weil er, da Malacca eine Halbinsel ist, immer über das Meer herkömmt, da hingegen der heiße Landwind an der Küste von Coromandel über die brennenden Sandwüsten Persiens herweht.“ Dieses ist aber wohl nicht der wahre Grund. Der Landwind in Malacca kommt wohl schwerlich über das Meer, sondern bläst zu gleicher Zeit an der Westküste östlich, an der Ostküste westlich, da der Grund, der ihn veranlaßt, an beiden Küsten derselbe ist; und so bläst auch wahrscheinlich an beiden zugleich der Seewind. Nur erhält die Nachbarschaft der See ringsum die Landluft überhaupt in einer niedrigeren Temperatur als an der Küste Coromandel, wo an die persischen Wüsten wohl schwerlich zu denken ist.

„Die häufigen und außerordentlichen Donnerwetter, bemerkt Herr Hensel weiter, tragen ebenfalls sehr viel zur Mäßigung der Hitze bei. Sie bringen eine solche Kühlung, daß ich mehr als Ein Mahl des Nachts auf meinem Lager so froh, daß ich zu mehrerer Bedeckung meine Zuflucht nehmen mußte. Freylich ist dort der Körper gegen den geringsten Grad von Kälte empfindlicher als in unserm Klima, da dort die Schweisslöcher durch die Hitze so sehr geöffnet werden. — Der Süd-Ostwind herrscht hier fast das ganze Jahr durch, (den sich nicht weit erstreckenden Land- und See-

Zweifel das obere Loch die Luft einziehn, und das andere einen kalten Strom ausstoßen, bis die Kellerwände die Wärme der äußern Luft erhalten hätten.\*)"

wind nicht gerechnet;) die Gewitter steigen aber immer von Nord-West auf; der Kompaß ist bei ihnen in einer beständigen unruhigen Bewegung; ja, ein Kapitän eines englischen Ost-Indien-Fabriers erzählte mir, die Nord-Spitze seiner Magnetnadel habe in einem sehr heftigen Ungewitter gänzlich nach Süden gewiesen.“ 1

d. H.

\*) Dafs etwas ganz ähnliches beim Wechsel des Luftzugs in Bergwerken vorgeht, ist bekannt. Liegen zwei mit einander durchschlägige Schächte in verschiedener Höhe; so geht im Frühjahre, da die Luft wärmer als die Erde ist, ein warmer Luftzug zum höher liegenden Schachte hinein, hingegen im Herbst und Winter, so lange die Luft kälter als die Erde ist, ein kalter Luftstrom vom niedriger zum höher liegenden Schachte; wovon der Grund derselbe ist, woraus Nicholson die *Ventrole* erklärt.

d. H.

