

Isidrophons Kennedys

W e r s u c h e

mit

dem Eise.

Multum adhuc restat operis, multumque restabit, nec  
vlli nato post mille saecula praecludetur occasio,  
aliquid adhuc adiiciendi.

SENECA *Epist.* 64.



## Einleitung.

**E**s ist vielleicht kein Theil der Naturlehre öfters und weitläufiger bearbeitet worden, als welche vom Eise handelt. Was für Mühe und Fleiß haben nicht die Naturforscher sowohl in unsern, als in den vorigen Zeiten angewandt, um diese Erscheinung der Natur zu ergründen, und in ein helles Licht zu setzen? Eine fast unendliche Zahl Versuche sind darüber angestellet, und viele Bände davon geschrieben worden. Dessen ohngeachtet müssen wir, wenn wir als Physiker reden wollen, aufrichtig gestehen, daß bis an den heutigen Tag noch wenig von den wahren Ursachen der Entstehung und der übrigen Eigenschaften des Eises so klar ausgemacht sey, daß es keiner weitern Untersuchung bedürfte, oder keinem Zweifel ausgesetzt wäre. Die Durchlesung der Abhandlungen, welche davon geschrieben worden, erweist dieses satzsam. Die Ursache mag wohl diese seyn: fast alle ältere Naturforscher, und viele neuere haben entweder selbst eine Theorie zu bauen, oder das System eines andern zu unterstützen gesucht. Da aber dergleichen Theorien öfters  
nur

nur bloße Muthmassungen sind: so pflegen sie mehrertheils von den wahren Gesetzen der Natur abzuweichen. Bey dergleichen Unternehmungen bemühet man sich vielmehr die natürlichen Erscheinungen, so zu sagen, bey den Haaren zu den beliebten Theorien zu ziehen, als die Theorien auf richtige, wohl überlegte, und öfters wiederholte Beobachtungen und Versuche zu gründen. Daher ist sich's nicht zu verwundern, daß so viele, und nicht selten sich widersprechende Systeme von den Erscheinungen des Eises entstanden sind. Die Kartesianer schreiben sie der Abwesenheit, dem Abgange oder dem Ausfliehen der subtilen Luftmaterie aus den Zwischenräumen der flüssigen Körper zu. Die Korpuskulaner hingegen behaupten, daß sie durch die Eindringung ihrer sogenannten abführenden Partikeln verursacht werden. Hobbes mit seinen Nachfolgern eignen sie der gemeinen Luft zu, welche sich zwischen den kleinsten Theilen des flüssigen Wesens setzet, und auf solche Weise seine Bewegung hemmet. Andere und unter diesen der scharfsinnige Musschenbroëk suchen die Ursache des Gefrieres in einer Gattung nitrosen Salzes, welches in die Zwischenräume des Wassers bringet, und dessen Theilchen, als mit so vielen Nägeln zusammenbesetzt. Andere anderst.

Weit sey von mir der stolze Gedanke, als wollte ich hier die Arbeit dieser um die Naturlehre so wohlverdienen.

dienten Männer tadeln, oder sie zu widerlegen suchen. Ich verehere vielmehr ihre zur Aufnahme der nützlichen Wissenschaften angestellte Bemühungen, und will nur das Meinige zu dem grossen Haufen tragen, aus welchem vielleicht zu seiner Zeit ein vollkommenes Gebäude entstehen kann. Ich will nämlich die Versuche anführen, welche ich binnen 36 Jahren, nämlich von 1742 bis 1778 zu Erfurth, Regensburg und München mit bestmöglicher Behutsamkeit angestellt, sorgfältig aufgezeichnet, und mühesam gesammelt habe.

Ich werde die Beobachtungen und Schlüsse, welche ich von Zeit zu Zeit darüber gemacht habe, getreulich anzeigen, damit andere Liebhaber der wunderbaren und in vielen Stücken uns noch verborgenen Natur aufgemuntert werden, die Schätze und Geheimnisse derselben zu erforschen, und ihre Entdeckungen zur Bequemlichkeit und zum Nutzen des menschlichen Geschlechtes anzuwenden.

Aus angezogenen Ursachen bin ich in meinen Untersuchungen keiner Theorie und keinem Systeme gefolget. Ich habe den einzigen Weg der Beobachtung und der Versuche gewählt, weil ich überzeuget bin, daß dieser der wahre Pfad sey, worauf die ächte Erkenntniß der Werke Gottes anzutreffen ist. Der Schöpfer hat unserm Wesen eine starke Neigung eingedrückt,

einzelne Sachen und deren Beobachtungen zu allgemeinen Regeln zu ziehen, und diese anzuwenden, um den Ursachen anderer Wirkungen nachzuspüren. Wer zu erst entdeckt hat, daß das Wasser durch die Kälte in Eis, und durch die Wärme in Ausdünstungen verwandelt wird, der ist nach den nämlichen Regeln und Grundsätzen, und der nämlichen Methode verfahren, durch welche der grosse Newton das Gesetz der Schwere, und die Eigenschaften des Lichts erforschet hat. Denn was sind seine philosophischen Regeln anders, als allgemeine Sätze der Vernunft, welche von jedem verständigen Menschen täglich in dem gemeinen Leben ausgeübet werden? Wer also nach andern Regeln philosophiren will, der ist gewiß, sein Ziel weit zu verfehlen.

Die Versuche, wie ich oben gemeldet, habe ich nicht nur zu verschiedenen Zeiten, sondern auch in verschiedenen Orten vorgenommen; viele davon habe ich auch in verschiedenen Orten mehr als einmal wiederhollet. Ich werde sie aber nicht nach der Zeitordnung anführen, auch nicht den Ort, wo ich sie angestellt habe, andeuten, ausgenommen, wenn gewisse Umstände bey dem Experiment, oder bey der Beobachtung vorkommen, so eins oder das andere zu fodern scheinen.

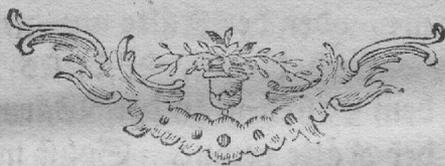
Um alle Verwirrung, so viel als mir möglich ist, zu meiden, theile ich die Abhandlung in drey Abschnitte.

te. Im ersten kommen die Versuche vor, welche ich vor, und bey dem wirklichen Gefrieren der flüssigen Körper angestellet; im andern solche, welche ich bey dem schon gestalteten Eise wahrgenommen; und im dritten endlich diejenigen, welche ich bey dem Aufthauen des Eises beobachtet habe.

Im Verlaufe der Abhandlung wird nothwendiger Weise öfters von dem Thermometer und Barometer Meldung geschehen. Ich erinnere daher, daß ich mich durchaus des Fahrenheitischen Thermometers bedienet habe; erstens weil ich solches in Abmessung der Kälte zum bequemsten gefunden, zweitens weil es in den Händen fast aller Naturforscher ist, folglich in ähnlichen Fällen mit meinen Versuchen leicht zu Rathe gezogen werden kann. Wenn ich also die Grade der Wärme, oder der Kälte anzeige, so verstehe ich es allzeit so, daß ich die Grade dieses Thermometers, welche über dem 55 stehen, zu der Wärme, die unter diesem aber zu der Kälte rechne. Sonst müßten viele meiner Ausdrücke unverständlich ausfallen.

Im Gebrauche der Barometer bin ich nicht so glücklich gewesen, weil diejenigen, deren ich mich bedienet habe, von verschiedenen Künstlern verfertigt worden, folglich nicht alle von gleicher Güte waren: und weil ich die mittlere Höhe des steigenden Quecksilbers

bers in den verschiedenen Gegenden, in welchen die Versuche angestellt worden sind, nicht so genau habe bestimmen können. Diese Umstände verhinderten mich, die wahre Höhe des Merkurs zur Zeit des vorgenommenen Versuches aufzuzeichnen. Allein eine sorgfältige Anzeige der Höhe des Barometers trägt zu der Vollkommenheit meiner Versuche wenig bey; denn die Kälte oder die Wärme des Wetters hängt nicht allzeit von der Schwere der Luft ab. Ich bediene mich daher nur des beyläufigen Ausdrucks: das Barometer stand hoch, es stand nieder u. s. w.





§. I.

Versuche bey Gefrierung der flüssigen Körper.

N. I.

Der grosse Naturforscher Bërhaave hat schon wahrgenommen, wie schwer es sey, den richtigen Grad der Kälte, in welchem sich das Wasser wirklich in Eis verwandelt, genau zu bestimmen. Als Myops schmeichelte ich mir, diesen Zeitpunkt mittelst des bloßen Auges scharf erhaschen zu können. Zu dem Ende habe ich öfters das Wasser in einem dünnen und sehr durchsichtigen Glase der anfangenden Kälte ausgesetzt; ich habe zu einer andern Zeit gefärbte Geschirre dazu gebraucht; ich habe auch mehrmal undurchsichtige Gefässe probirt; ja ich habe ein helles Glas mit Wasser innerhalb des Sehpunkts eines ziemlich grossen Brennglases gesetzt, um die Minute des Gefrieres zu erlauschen. Allein meine Mühe war stets vergebens. Ich war nie so glücklich, daß ich mit Gewißheit hätte sagen können: jetzt fängt das Wasser wirklich zu frieren an, obschon das Thermometer des Fahrenheits den 32 Grad anzeigte, bey welchem,

them, wie bekannt, er seinen Gefrierpunkt ansetzet. Eine Ursache dieser Ungewisheit mag wohl diese seyn: die Fäserchen oder Spizchen des anschliessenden Eises, welche sich zu erst auf die Oberfläche und an die Seiten des Geschirres setzen, sind anfangs so unendlich klein und subtil, daß sie auf dem Auge kein Bild formiren, folglich unsichtbar sind. Zu dem kömmt ihre Durchsichtigkeit, welche uns verhindert, selbe deutlich von der übrigen Masse des Wassers zu unterscheiden.

Die Hauptursache aber davon, meine ich, ist daher zu holen, daß das Wasser wegen seiner größern Dichtigkeit die Wärme nothwendiger Weise länger bey sich erhält als die Luft: denn es ist bey den Naturforschern eine ausgemachte Sache, daß die Dauer der Hitze oder der Kälte, welche ein Körper einmal an sich gezogen hat, in Verhältniß mit der Dichtigkeit des Körpers steht. Da nun das Wasser gemeiniglich 800mal dichter ist als die Luft; so kann es unmöglich zu der nämlichen Zeit zu frieren anfangen, zu welcher das Fahrenheitische Thermometer 32 Grade anzeigt, obschon dieser Grad als der wahre Gefrierpunkt angenommen wird.

Dieses zu bestätigen habe ich mich, und zwar allzeit mit erwünschtem Erfolge nachstehenden Experiments bedienet. Ich hieng (Fig. I.) meinen Thermometer A in der offenen und von allen Seiten freyen Luft auf. Ich befeuchtete ein in Gestalt eines Fähnchens geschnittenes Stückchen feiner Leinwat B von ungefähr 4 Zoll im Vierecke an einem 10 bis 12 Zoll langen Stäbchen C. Ich tauchte die Leinwat in ein frisches helles Wasser zwey- oder drey- mal ein, bis sie durchaus naß wurde. Damit aber das Wasser in keiner beträchtlichen Quantität an der Leinwat hangen bleiben möchte, sondern daß sie nur damit überall gleich benetzt würde, preßte ich einen Theil des Wassers wieder gelind mit der Hand aus. Zuletzt

be.

befestigte ich das kleine nasse Fähnchen in der nämlichen Stellung mit dem Thermometer in der freyen Luft. Sobald das Thermometer den 32 Grad zu erreichen begann, wurde die Leinwat stark und steif, zum unwidersprechlichen Kennzeichen, daß das darinn enthaltene Wasser zu frieren angefangen habe.

## N. 2.

Ob zwar die meisten Physiker den Anfangsort des Gefrieres bey stillstehendem Wasser auf die Oberfläche desselben setzen: so habe ich doch einige unter ihnen angetroffen, welche zu behaupten scheinen, das Gefrier des stillen Wassers fange bey dem Boden an, und steige stufenweise gegen die Oberfläche auf.

Hinter die Sache nach meiner Art nämlich durch Versuche zu kommen, nahm ich (*Fig. II.*) vier gleiche, sehr dünne und durchsichtige cylindrische Gläser, welche ich zu dergleichen Experimenten auf der Glashütte zu Pömiting in der Oberpfalz habe verfertigen lassen. Diese setzte ich in einer vollkommen gleichen Stellung der freyen Luft aus. Das Wasser stund in dem Glase A 1 Zoll, im B 2, im C 3, und im D 4 Zoll hoch. Ich wiederholte den Versuch bey verschiedenen Witterungen, als bey gelinden, bey mittelmäßigen und bey heftigen Frosten. Der Erfolg war zu allen Zeiten stets der nämliche. Auf der Oberfläche des Wassers erschien anfangs ein überaus feines Häutchen von Eise, so schwärzlich aussah. Bald darauf schossen von allen Seiten der Gläser schmale Fäden in Gestalt der ersten Grundlinien eines Spinnengewebes, welche alle sich mit dem dünnen Häutchen der Oberfläche zu vereinigen aufwärts zielten.

Der einzige merkliche Unterschied in den vier Gläsern bestand darinn, daß die Fäden an den Seiten der Gläser fast im Verhältniß der Masse des darinn befindlichen Wassers langsamer gegen den Boden bemerkt wurden, so, daß die Seiten der Gläser A und B vollkommen mit Eispeilen überzogen waren, da das Wasser in den untern Theilen der Gläser C und D, wie im Anfange, noch ganz hell blieb; bis sie endlich alle vier nach und nach zu einem Eis-Körper zusammenfroren.

Um noch mehr von der Richtigkeit dieses Versuchs überzeugt zu seyn, stellte ich die vier Gläser mit der nämlichen Quantität Wasser, wie zuvor, auf unterschiedliche Körper als auf Steine, Marmor, Metalle und auch auf Eis. Ich fand aber allzeit die nämliche Wirkung; das Wasser fieng stets auf der Oberfläche und auf den obern Theilen des Geschirres zu frieren an. Ich merkte nur, daß das Wasser in den untern Theilen der Gläser C und D zwei bis drey Minuten eher die Fäden formirten, wenn sie auf dem Eise standen, als wenn sie auf andere Körper gesetzt wurden, welches eine natürliche Folge der heftigern Kälte war.

Man mag die Ursache des Gefrieres den in das Wasser eindringenden abkühlenden Partikeln, den nitrosen Salzen, dem Abgange der Wärme, oder sonst einem Systeme zuschreiben (ich binde mich, wie ich oben angemerkt habe, an keines) so dünkt mich sonnenklar zu seyn, daß das Wasser darum an der Oberfläche, und von da aus hinunterwärts zu frieren anfange, weil die obern Theile desselben die Luft unmittelbar berühren; denn dadurch muß sie entweder die Hitze aus den obern eher als aus den untern Theilen an sich ziehen, oder sie muß die salzichten u. d. gl. Partikeln, welche in ihr schwimmen, zu erst in die obern, und sofort in die übrigen Theile des Wassers schießen, und auf solche und auf kei-

ne andere Weise das Eis von der Oberfläche gegen den Boden gestalten, wohin die Luft nicht so bald dringen kann.

## N. 3.

Ich habe allezeit beobachtet, daß das Wasser eine kurze Zeit vor dem Gefrieren, und nachdem es zu frieren angefangen hat, beständig eine große Menge Luftblasen gegen seine Oberfläche aufwirft, wo sie in der Luft zerbersten. Je langsamer das Gefrieren von Statten geht, desto langsamer steigen diese Blasen in die Höhe. Daher kommt es oft, daß bey einem sehr geschwinden Einfrieren des Wassers eine beträchtliche Menge dieser Blasen in dem Körper des Eises eingeschperrt bleibt. Das auf solche Art formirte Eis enthält eine weit größere Quantität Luft, als ein anders, welches langsamer und nur nach und nach gestattet wird. Die erste Gattung davon bekömmt durch diese sich überall in großer Anzahl zeigenden Blasen eine solche Unreinigkeit, Rauhe und Ungleichheit in seiner Zusammenfügung, daß es nach Verhältniß der Blasen mehr oder weniger dunkel, und einem zerschmetternen Krystall ähnlich wird; da das langsam zusammengefrorene Eis vollkommen eben, ganz, und wie das hellste Glas durchsichtig aussieht.

Daß zur Reinigkeit des Eises die Ausführung der im Wasser zuvor enthaltenen Luft viel bestrage, das habe ich zu erst im Jahre 1744 zu Erfurth erfahren. Mein Professor in der Mathematik der selige P. And. Gordon wollte uns die Möglichkeit zeigen, Körper mittelst der durch das Eis gesammelten Sonnenstralen anzuzünden. Dazu wünschte er ein reines Eis zu erlangen, ein solches nämlich, welches keine oder nur wenige Luftblasen in seiner Zusammenfügung hätte, damit wenigst die größere Zahl der auf das Eis fal-

lenden Sonnenstralen ungehindert bis an den Körper kommen möchten, den er anzünden wollte. Zu dem Ende goß er in einen hölzernen Zuber eine ziemliche Quantität helles Brunnenwasser, steckte rund um die Seiten desselben abgeschnittene Strohhalmen, so, daß sie 2 bis 3 Zoll über den Rand des Geschirres reichten, und setzte das ganze in dem weitschichtigen Garten über Nacht der freyen Luft aus. Des andern Morgens fanden wir ein zu unserm Versuche weit tüchtigers Eis, als jenes war, so wir zuvor aus dem Flusse Gera, oder aus dem im Garten stehenden Teiche geholt hatten: denn das Stroh, welches die Wärme lange bey sich hält, hat während des Frierens der Luft Raum gelassen aus dem Wasser zu steigen. Das daraus formirte Eis war folglich hell und dicht, weil sich wenige Luftblasen darinn gezeiget haben.

Als ich im Jahre 1751 dieses Experiment dem Herrn Friedrich Prinzen von Turen und Taxis, den ich in der Physik und Mathematik zu unterweisen die Ehre hatte, zeigen wollte, dachte ich nach, die Sache auf eine vortheilhaftere Art anzugreifen. Ich sah wohl ein, und hatte schon zu Erfurth erfahren, daß das Stroh, welches dem Eise einen hinlänglichen Platz überlassen sollte, nur in geringer Quantität an die Seiten des Zubers angelegt werden mußte, folglich seine Wärme nicht so lang bey sich halten konnte, bis der grössere Theil der Luft aus dem Wasser gestiegen wäre; besonders weil die Halme für sich nur dünne und geringe Körper sind. Ich ließ daher von dem Drechsler eine Anzahl hölzerner Röhre verfertigen. (Fig. III.) Ihre Oeffnungen waren nur von einer Linie im Durchschnitte, sie selbst aber hatten 5 Linien im Durchmesser: und dieses, damit das 2 Linien dicke Holz das in den Oeffnungen befindliche Wasser länger vom Einfrieren abhalten möchte, mithin beträchtlich mehr Luft aus dem Wasser steigen müßte, als bey dem Strohe geschehen ist. Die Röhre waren von verschiedener Länge,  
so,

so, daß einige davon a a bis an den Boden des Zubers, andere b b bis an dessen Mitte, und die kürzesten c c c nur 2 Zoll unter die Oberfläche des Wassers reichten. Durch diesen Unterschied der Länge der Röhre wurde die Luft von allen Theilen des Wassers langsam abgesondert. Damit aber die Röhre in der gehörigen Höhe am Zuber fest blieben, habe ich sie mit Häkchen d von Drate versehen. In einer Nacht bey einem anhaltenden Froste von 26 Graden erhielt ich auf diese Weise ein zu meinem Versuche nach Wunsch ausgefallenes Eis, welches wie das reinste Glas hell, und fast von allen Luftblasen frey war.

Die Gegenden der Teiche und Flüsse, in welchen Röhre und Binsen wachsen, werden gemeiniglich zu erst mit Eise überzogen, weil in diesen Orten das Wasser mehrertheils leicht und ruhig ist. Man wird aber zugleich wahrnehmen, daß zu Anfange des Gefrieres das Wasser um die Stämme des Rohrs und der Binsse eine Zeit lang flüssig bleibt, da das entfernte schon zu Eise geworden. Wenn auch dieses Wasser durch den anhaltenden Frost wirklich zugefroren ist, so wird man sehen, daß das daraus entstehende Eis fast durchaus hell und durchsichtig bleibt, und wenige Luftblasen bey sich führet. Dieses scheinet mir ein klarer Beweis von der oben angeführten Lehre, daß nämlich die natürliche Wärme dieser Körper das an sich stoffende Wasser wenigstens auf eine Zeit einzufrieren verhindere, und daß während dieser Zeit aus dem herumstehenden Wasser viele Luft ausfliegen könne, welche sonst, wenn sie da geblieben wäre, ein mit Blasen angefülltes Eis verursacht hätte.

## N. 4.

Ich habe oben N. 3., aber nur im Vorbeygehen, angemerkt, daß das Gefrieren augenscheinlich geschwinder von Statten geht,

geht, wenn das Wasser in der Ruhe ist, und fast stille steht, als wenn es schnell fließt, und in einer heftigen Bewegung ist. Die Ursache davon ist leicht anzugeben. Das Eis, wie wir N. 2 gesehen haben, formirt sich durch eine Menge subtiler und schwacher Fädchen, oder Pfeilchen, welche alle gegen die Oberfläche des Wassers schießen, sich daselbst sammeln, und endlich eine Eismasse gestalten.

Die Natur übet diese Wirkung in einem stillen oder gar stehenden Wasser leicht und ungehindert aus, weil ihr dabey nichts im Wege steht. Unmöglich aber kann sie eben so leicht und eben so geschwind bey der heftigen Bewegung eines schnell fließenden Flusses arbeiten: denn der größte Theil der schwach an einander hangenden Fädchen muß nothwendiger Weise von dem schnell vorbeylaufenden Strome so lang abgebrochen und mit ihm fortgeführt werden, bis die vom Ufer stets gegen die Mitte durch den strengen Frost anwachsenden Eispeile die Gewalt des reißenden Flusses überwinden. Den Beweis davon kann man fast alle Jahre in unsern bayerischen Flüssen und Bächen sehen, wovon die meisten im platten Unterlande langsam, im Oberlande aber von dem Gebirge schnell herabstießen. Im Jahre 1767 war die durch die fetten Wiesen schleichende Donau eher als sechs Wochen an den meisten Orten durchaus mit einem so starken Eise bedeckt, daß man ohne die geringste Gefahr mit Pferd und Wagen darüber gefahren ist; da zu der nämlichen Jahreszeit unsre aus den Bergen herabrauschende Isar nur da und dort neben den Ufern und an einigen tiefen Buchen zugefroren war.

Ich habe oftmals dieses prächtige Schauspiel der Natur bey dem Wachstume des Eises mit vielem Vergnügen auf der Donau angesehen, und von Zeit zu Zeit genau beobachtet. Ein mittel-

mäß

mässiger Frost, wenn er einige Tage nach einander anhält, ist im Stande, eine ziemliche Strecke neben dem Ufer und andern stillen Gegenden des Flusses mit Eise zu decken. Fällt aber das Thermometer bis auf den 22, 21, 20 Grad herab, so nimmt das Eis so stark zu, daß es oft innerhalb zwölf Stunden zwanzig, dreißig und mehr Füsse fortrückt. Je mehr aber das Gefrieren sich der Mitte des Stroms nähert, desto langsamer geht es natürlicher Weise wegen des größern Widerstands des dort heftiger reißenden Wassers von Statten. Ja ich habe nicht selten wahrgenommen, daß ein ziemlicher Raum in der Mitte drey, vier und mehr Tage auch bey einer sehr strengen Kälte offen geblieben, und das Eis nicht eher zusammengestossen ist, bis sich große auf dem Flusse schwimmende Eisschollen an dem schon formirten Eisstosse angeklebet, und den Paß gleichsam gesperrt haben, oder bis ein in grosser Menge fallender Schnee sich mit dem Flußwasser vermenghet hat. In beyden Fällen ist oft die ganze Oberfläche der Donau in Zeit von einer Stunde in eine Masse zusammengefroren. Noch geschwinder aber, wie es leicht zu erachten ist, geschieht diese Zusammenschmelzung, wenn es zu gleicher Zeit stark schneyet, und viele Eisschollen herabfahren.

Nichts schöners kann man sehen, als das wunderliche Spiel des am äussern Rande anschießenden Eises. Es stellen sich dem Auge zugleich allerley Figuren vor, deren einige plötzlich von dem Strome abgebrochen, und weggeflößet werden, da sich andere augenblicklich an ihre Stelle setzen. Mich haben besonders die oft zween, drey und mehr Fuß lange, und vier bis fünf Zoll breite Zapfen belustiget. Voraus sind sie mehr oder weniger spizig und dünn; sie nehmen aber gegen das schon gemachte Eis in der Dicke sowohl als in der Breite merklich zu. Einige davon haben auf beyden, andere nur auf einem Rande Zacken, die meisten aber sind glatt in Gestalt eines Schwerts. Sie scheinen dem nachfol-

gen

genden Eise den Weg zu bahnen, bis sie endlich von beyden Seiten des Flusses in der Mitte zusammenstossen, sich aneinander hängen, und geschwind einen Körper ausmachen. Im Jahre 1765 den 14 Jänner gegen 9 Uhr Früh, da das Thermometer  $19\frac{1}{2}$  Grad zeigte, habe ich einen angenehmen Anblick dieser Erscheinung gehabt: denn ich habe sie mittelst eines ziemlich guten Fernrohrs, dessen man sich bey den Schauplätzen zu gebrauchen pflegt, in einem Abstände von ohngefähr 20 Schritten nach allen Veränderungen gemächlich und deutlich beobachten können. Mich näher an die Oeffnung des Eises zu wagen, war nicht rathsam.

## N. 5.

Obschon der Strom eines reissenden Flusses, wie wir im obigen 4<sup>ten</sup> N. gesehen haben, und jede andere starke Bewegung des Wassers die Formirung des Eises in Verhältniß des Widerstands mehr oder weniger aufhält: so ist es doch gewiß, daß oftmals ein gelinder und etwas warmer Wind das Gefrieren nicht wenig befördere. Fahrenheit hat in seiner weitläufigen Abhandlung von dem Thermometer angemerkt, daß ein Teich, welcher ganz ruhig steht, nicht selten eine weit grössere Kälte fodere, um mit Eise überzogen zu werden, als der gewöhnliche Gefrierpunkt von 32 Graden anzeigt.

Ich habe das nämliche öfters wahrgenommen, aber niemals mit so genauer Bemerkung aller Umstände, als den 6 Kristmonaths im Jahre 1766 auf unserm Stadtgraben zu München zwischen dem Sfarthor und dem sogenannten Kosthörchen, wo das Wasser breit, und ziemlich frey ist, und schier stille steht. Der Himmel war heiter, und die Luft ganz still. Das Barometer stund 26 Zoll 7 Pa-

riferlinien hoch, und das Thermometer, welches ich bey mir führte, und der freyen Luft aussetzte, wie ich es damals oft in Gewohnheit hatte, zeigte 29 Grade Kälte an. Ich verwunderte mich nicht wenig, bey einer solchen Kälte nicht die geringste Spur von Eise auf dem Wasser zu sehen. Ich tauchte daher das Thermometer in das Wasser ein, und ließ es darinn über zwey Minuten, ohne den geringsten Unterschied der Kälte zu bemerken. Als ich bey der Gegend des Grabens wirklich vorbeý war, erhob sich plößlich ein Lüfchen, welches das Thermometer um einen halben Grad steigen machte. Hier erinnerte ich mich der Fahrenheitischen Anmerkung; kehrte geschwind zurück; fand die ganze Oberfläche des Wassers in einer kleinen wellenförmigen Bewegung. Innerhalb vier bis fünf Minuten war die Oberfläche fast des ganzen Grabens mit einem dicken Häutchen von Eise bedeckt. Ich wollte die Kälte des Wassers von Neuem genau mittelst des Thermometers prüfen, welches in der freyen Luft indessen um einen ganzen Grad gestiegen war. Ich sah mit Erstaunen, daß das nunmehr gefrorne Wasser das Quecksilber bis auf den gewöhnlichen Gefrierpunkt von 32 Graden getrieben, da das kurz zuvor noch flüssige Wasser eine Kälte von 29 Graden angezeigt hatte.

Daß eine gelinde Bewegung das Wasser zum geschwindern Einfrieren zubereite, und es wirklich dazu antreibe, dieses läßt sich meiner geringen Einsicht nach dadurch ziemlich wohl erklären, daß eben diese Bewegung die fast unendlich kleinen, mithin dem Auge noch unsichtbaren, und nur sehr dünn im Wasser hin und her schwimmenden Eisfäden an einander schiebe. Die solcher Gestalt zusammengestossenen Eispartikeln kleben durch ihre eigne anziehende Kraft fest an einander, und ziehen die stets neu entstehenden unaufhörlich an sich, bis sie sämmtlich in eine Masse zusammenwachsen, und die Oberfläche des Wassers mit einer Eishaut bedecken. Die

Pro.

Probe dieses Sazes werden wir unten deutlicher sehen, wenn von dem Einfrieren des gekochten Wassers die Rede seyn wird.

Aber ich muß offenherzig gestehen, daß ich keine auch nur von weitem hinlängliche physikalische Ursache anzugeben im Stande bin, woher es komme, daß das Wasser nach dem Einfrieren einen größern Grad der Wärme anzeige, als ehe es zu Eise geworden. Eben so unbegreiflich kömmt mir vor, daß das gefrorne Wasser noch eine geraume Zeit nach dem Einfrieren wärmer bleibet, als die um dasselbe schwimmende Luft: indem, wie wir gesehen haben, das Wasser auf den 32, die Luft aber auf den 29 Grad des Thermometers deutete. Ich habe die ganze Beobachtung nach allen Umständen auf das genaueste noch denselben Tag aufgezeichnet, und hier theile ich sie den Liebhabern der Naturlehre getreulich mit, damit sie mehrere Versuche bequemer anstellen mögen, und damit andere scharfsinnige Köpfe, welche tiefer in die Wirkungen der Natur zu dringen wissen, als ich, die Sache reifer überlegen, und diese besondere Erscheinung, so viel als es die menschliche Einsicht zu thun vermög, in ein helles Licht setzen können; denn sie verdienet gewiß eine besondere Aufmerksamkeit.

## N. 6.

Verschiedene Naturforscher haben Anmerkungen und Versuche über den Unterschied gemacht, welcher sich bey dem Gefrieren des durch Sieden von der Luft gereinigten, und des natürlichen ungesottenen Wassers äussert. Unter diesen hat Herr Black Lehrer der Chemie auf der Universität zu Edinbürgch einen besondern Brief an den Baronet Pringle, Präsidenten der königlichen Gesellschaft zu London, geschrieben. Ich habe viele von diesen Experimenten

ten und Anmerkungen wiederholt. Sie sind auch mehrertheils nach der Vorschrift ihrer Erfinder ausgefallen. Weil ich aber *Eigne* Versuche zu liefern versprochen, und Fremde höchstens nur zu Bestätigung und Erläuterung der Meinigen beyzufügen mir vorgenommen habe, so übergehe ich die meisten davon; weil sie ohne das in den *Philos. Transact.* und andern darüber gedruckten Abhandlungen nachgelesen werden können. Zudem muß ich erinnern, daß mir eben diese Versuche nicht allzeit mit dem erwünschten Fleiße, sondern ziemlich übereilt angestellt worden zu seyn scheinen. Die Erfahrung aber hat mich gelehrt, daß auch ein geringes Uebersehen oder kleine Unachtsamkeit bey dergleichen Versuchen nicht selten der ganzen Sache eine widrige Wendung zu geben pflege. Ich habe daher bey nachfolgenden Untersuchungen nicht nur einem andern Plane gefolget, sondern auch die mir best mögliche Sorge überall angewandt, um nicht den mindesten Umstand auffer Acht zu lassen.

**Erster Versuch.** Ich ließ mir reines Wasser aus der Donau bringen. Morgens um 7 Uhr setzte ich eine Quantität davon in einem irdenen Hafen dem starken Küchenfeuer aus, wo es bis Mittag unaufhörlich fort kochte, mithin ohne allen Zweifel von dem größten Theile der darinn befindlichen Luft gereiniget wurde. Ich nahm darauf drey gleiche gläserne Köpffflaschen Regensburger Maasses A B C. (*Fig. IV.*) Zwo davon A und B, damit sie durch die gählinge Hitze nicht zerspringen möchten, tauchte ich nach und nach in warmes Wasser. Ich füllte beyde bis an den Hals mit siedendem Wasser aus dem Hafen. Ich verstopfte die Flasche A fest mit einem Korke, und überzog die Mündung mit Ziegelwaxse und einer Blase, damit die äussere Luft unmöglich hineindringen könnte. Die Flasche B blieb offen, und die Flasche C ward mit dem nämlichen, aber ungesottenen Donauwasser angefüllet. In diesem Zustande stunden die drey Flaschen 24 Stunden in einem tem-

perirten, und noch 48 Stunden darüber in einem kalten Zimmer. Auf solche Weise hat das Wasser in den drey Flaschen gewiß den nämlichen Grad der Wärme erlangt. Ich setzte drey gläserne Cylinder g e f von 2 Pariserzoll im Durchschnitte, und 3 Zoll in der Höhe auf ein 4 Schuh hohes Gestelle D, zu welchem die Luft von allen Seiten einen freyen Zugang hatte. Ich goß aus der Flasche A versiegeltes Wasser in das Glas g; aus der Flasche B gekochtes, aber offen gestandenes Wasser in das Glas e; und endlich aus der Flasche C natürliches Wasser in das Glas f, bis sie beyläufig  $\frac{3}{4}$  voll waren. Der Himmel war heiter, die umstehenden Häuser hielten die Sonnenstralen von der Maschine im Garten ab, das Barometer stand hoch, und das Thermometer zeigte eine Kälte von 28 Graden an.

In weniger als 3 Minuten sah ich auf dem gekochten, und bis es in den Cylinder gegossen worden, von der Luft frey gehaltenen Wasser in dem Glase g häufige Eisküchlein, welche in zweyen Minuten so stark zusammengefroren, daß sie dem Wasser seine Durchsichtigkeit benommen, und zu einer Masse von Eise geworden, welches nicht fest ineinander geschlossen war, sondern wie ein gestoffenes Eis ausah. In dieser ganzen Zeit, nämlich in 5 Minuten, merkte ich in den zwey übrigen Gläsern e und f nicht die geringste Veränderung des Wassers. Nach noch 4, mithin in allem 9 Minuten, fiengen die Oberflächen des Wassers in beyden Gläsern e und f, und zwar zu gleicher Zeit an, mit einem dünnen Eishäutchen überzogen zu werden. Endlich froren sie nach ohngefähr 15 Minuten gänzlich ein. Indessen ist das Eis in dem Glase g vollkommen hart geworden.

Merkwürdig ist es, daß das Eis in den zweyen Cylindern e und f schön, hell, durchsichtig, und mit wenigen Luftblasen besprenget

sprenget war; da das aus dem gekochten und von der äussern Luft bewahrten Wasser entstandene Eis abgebrochen, dunkel und mit vielen Luftblasen angefüet blieb.

**Zweyter Versuch.** Tags darauf bey unveränderter Witzierung stellte ich wieder 3 cylindrische Gläser E F G, (Fig. V.) sammt ihrem Gestelle an den alten Ort im Garten; und goß, wie in dem vorigen Versuche das gesottene, und noch luftleere Wasser, welches ich am vorigen Tage von der Luft wohl verwahret hatte, aus der Flasche A in das Glas G, das gekochte, fest aber, weil es offen gestanden, mit Luft geschwängerte Wasser aus der Flasche B in das Glas F; und festlich das natürliche Wasser aus der Flasche C in das Glas E.

Nachdem sie etwas über 3 Minuten der freyen Luft ausgesetzt gewesen, fieng das gesottene luftleere Wasser in dem Glase G kleine Eisfädchen, wie bey dem gestrigen Experimente, von allen Seiten auszuschiesßen an. In den andern zweyen Gläsern war nicht die geringste Spur von Eise zu sehen; bis ich das natürliche Wasser in dem Glase E mit einem hölzernen Stäbchen K ziemlich schnell und ohne Unterlaß umgerühret, und auf solche Weise in eine zitternde Bewegung gebracht hatte. Dadurch wurde es in einigen Sekunden in ein festeres Eis verwandelt, als das Wasser in dem Glase G.

Im Glase F war das Wasser noch flüssig und hell: kaum hatte ich es aber zwey bis drey mal mit dem Stäbchen K in Bewegung gesetzt; so ist es augenblicklich zu Eise geworden.

**Dritter Versuch.** Ich bestellte auf der Glashütte gläserne Kugeln von ohngefähr  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser mit tangen  
H h 2 und

und sehr schmalen Hälften, auf daß ich sie nach Belieben geschwind hermetisch zuschmelzen, oder nach Erfoderung der Umstände leicht abbrechen könnte. In die Kugel l, (Fig. VI.) goß ich reines Brunnenwasser bis an die Linie o o; und stellte sie mittelst eines eisernen Dreyfusses D auf glühende Kohlen, wo das Wasser zwei Stunden lang ohne Unterlaß fort kochte, und sich bis an die Linie p p ausdünstete. Unter dem wirklichen Sieden, da die Kugel noch auf dem Feuer stand, schmelzte ich die Mündung derselben hermetisch zu.

Die zwei andern Kugeln m und n (Fig. VII.) wurden auch mit dem nämlichen Brunnenwasser in gleicher Quantität bis an die Linie q q und s s angefüllet. Die Kugel m verschloß ich hermetisch; die Kugel n aber blieb offen.

Um 3 Uhr nach Mittag bey einer Kälte von 28 Graden, und reiner Luft stellte ich die 3 Kugeln auf die gewöhnliche Maschine im Garten der offenen Luft aus. Um 5 $\frac{1}{2}$  Uhr war das Wasser in der Kugel n eingefroren. In der Kugel m zeigten sich auch manche Eisfädchen; das ganze Wasser aber wurde erst um 7 Uhr zu Eise. In der Kugel l blieb das Wasser unverändert.

Den folgenden Tag Morgens um 9 Uhr besuchte ich meine Kugeln, und fand sie im folgenden Umstande. Auf der Seite der Kugel n äufferte sich ein eysförmiges Loch o von etwas über einen Zoll im größten Durchmesser, als wenn man es mit einem Diamante ausgeschnitten hätte. Aus diesem hieng ein ziemlich grosses Stück Eis bis an das Brettchen hinab. Die Kugel m war zertrümmert, und nur der Boden davon, und das Eis in Gestalt einer abgeschnittenen Kugel lag noch auf dem Ringe des Gestelles. Die Kugel l war unverrückt, und das darinn enthaltene Wasser unverändert. Ohne das geringste an der ganzen Maschine zu bewegen,

gen, brach ich den Hals der Kugel I mit einem glühenden Ringe von Eisendrate bey t ab; und in einem Augenblicke wurde das Wasser in ein weisses körnichtiges Eis verwandelt.

**Vierter Versuch.** Zwey Jahre, ehe ich diese Versuche das letztemal vorgenommen habe, ist mir folgendes unvermuthet widerfahren. Bey sehr kaltem Wetter hob ich aus meinem Instrumentenkasten, welcher in einem ungeheizten Zimmer stand, eine gläserne Röhre, in welcher sich ein durch das Feuer gereinigtes Wasser befand, und hermetisch verschlossen war. Die Italiäner nennen dieses Maschinchen ein Martello, weil es, wenn man das Wasser darinn schnell bewegt, einen Schall von sich giebt, als wenn ein Stein auf den Boden der Röhre A (Fig. VIII.) gefallen wäre. Ich schüttelte die Röhre auf die gewöhnliche Art, um einen Schall hervorzubringen, doch ohne auf ein Experiment zu denken. Auf einmal verlor das ganze Wasser seine vorige Flüssigkeit, und schien sammt der Röhre nur einen einzigen Eiszapfen auszumachen. Ich stuzte zwar über diese unerwartete Erscheinung, war aber zu selbiger Zeit mit andern Geschäften so überhäuft, daß ich sie auffer Acht gelassen, bis ich die oben vorgelegten Versuche unter der Hand hatte. Ich wollte daher untersuchen, ob ein zu dem Ende eigens angestellter Versuch einen ähnlichen Erfolg haben würde. Ein cylindrisches Glas von 1 Zoll im Durchschnitte, und 3 Zoll in der Länge B, (Fig. IX.) schien mir dazu tauglicher zu seyn, als ein kugelrunder Körper, weil das Wasser in jenem behender als in diesem in eine schüttelnde Bewegung zu bringen ist. Den Hals C aber, um ihn bequem und geschwind hermetisch schliessen zu können, ließ ich oben spizig ausziehen, aber nicht so lang als bey den obigen Kugeln, aus Furcht, er möchte bey einer heftigen Bewegung abspringen, und folglich meine ganze Absicht vernichten.

Nach:

Nachdem ich in dieses Glas ohngefähr  $1\frac{1}{2}$  Zoll Brunnenwasser bis D einlaufen lassen, und den Hals hermetisch zugeschmolzen hatte, so stellte ich es auf die Maschine im Garten zu gleicher Zeit mit den Kugeln des dritten Experiments. Des andern Tags Früh um 9 Uhr fand ich das Wasser in dem Cylinder, wie in der Kugel I noch vollkommen flüssig, und ohne das geringste Kennzeichen eines Eises. Ich hob ihn behutsam von dem Gestelle auf, wandte ihn sachte gegen alle Seiten, und kehrte ihn zuletzt gänzlich um, doch mit solcher Behutsamkeit, daß sowohl in dieser als in den übrigen Wendungen desselben das darinn enthaltene Wasser niemals in eine zitternde Bewegung gebracht worden, sondern so zu sagen, allzeit ganz, und beysammen geblieben ist. Während dieser Handlung spürte ich nichts von einem anschießenden Eise. Kaum aber hatte ich die Theile des Wassers durch eine stoßende Erschütterung untereinander gemischt, und auf solche Weise den Zusammenhang derselben unterbrochen, so wurde das Wasser fast augenblicklich in eine Masse vom Eise verwandelt, welche sowohl der Farbe als den übrigen Eigenschaften nach dem Eise in der Kugel I ähnlich schien.

Diese vier Versuche habe ich darum voneinander nicht absondern wollen, weil ich nach reifer Ueberlegung überzeugt zu seyn glaubte, daß sie nicht nur enge miteinander verbunden sind, sondern auch, daß jeder zur wechselseitigen Erklärung des andern vieles beytragen muß.

Hauptsächlich kommen hier vier Sachen vor, welche vorzüglich betrachtet zu werden verdienen. 1) Das gesottene, und, bis es zum Einfrieren ausgesetzt wird, von Luft freygehaltene Wasser verwandelt sich eher in Eis, als alle andere Wässer in gleichen Umständen. 2) Jedes Wasser wird durch eine gewisse Bewegung seiner Theile zum Gefrieren befördert. 3) Eine plötzliche Eindringung

gung

gung der äuffern Luft verursacht ein geschwindes Gefrieren. 4) Endlich bringt eine erschütternde Vermischung der Partikeln des Wassers eine gählinge Einfrierung zu Wege.

In diesen Versuchen findet man überall eine Bewegung der Bestandtheile des Wassers, wie es einem jeden in die Augen fallen muß, wer sie aufmerksam prüfen will. Soll also die Bewegung die Hauptursache aller dieser Erscheinungen seyn? Ich halte sie vielmehr nur für eine Zubereitung, oder mittelbare Ursache, die anziehende Kraft aber der im Wasser schwimmenden Eispartikeln für die unmittelbare und Hauptursache derselben.

In dem obigen 5ten N. haben wir gesehen, daß das Wasser oftmals eher in Eisfädchen auszuschießen pflege, wenn es bewegt wird, als wenn es ruhig steht, weil durch diese Bewegung die zwar schon im Wasser durch die Kälte gestalteten, aber wegen ihrer Kleinheit und Durchsichtigkeit dem Auge unsichtbaren Eispartikeln aneinander getrieben, und durch ihre anziehende Kraft in eine Masse von Eise gestaltet werden. Das nämliche fast geschieht mit dem gekochten und luftleeren Wasser des ersten Experiments: denn sobald es aus der hermetisch verschlossenen Flasche A kömmt, so fängt es an, die umschwebende Luft so lange mit Gewalt an sich zu ziehen, bis es eben so stark mit ihr geschwängert wird, als es vor dem Sieden war. Dieses kann man nach Belieben mittelst der Luftpumpe stündlich erproben. Nun ist es wohl möglich, daß die einschießende Luft alle Theile des Wassers sogar die untersten desselben durchdringen kann, ohne eine Bewegung darinn hervorzubringen? Diese Bewegung aber muß nothwendiger Weise eine Menge von den unendlich kleinen Eiskörperchen, welche die Kälte zwar schon gestaltet hat, das schärfste Aug aber von dem Wasser nicht unterscheiden kann, innerhalb des Kreises ihrer Attraktion

tion treiben: wo sie wechselweise voneinander angezogen werden, bis sie in einen Eisklumpen zusammenwachsen. Auf solche Art geht diese Wirkung der Natur viel geschwinder von Statten, als in den übrigen zweyen Geschirren, in deren Wasser die Luft hinein zu dringen unvermögend ist; weil es schon so viel Luft in sich hält, als es fassen kann. Und eben darum ist es auch keiner Bewegung unterworfen, mithin auch noch nicht im Stande eine anziehende Kraft an den dünn hin und her schwimmenden Eiskörperchen auszuüben: sondern es muß noch lange flüssig bleiben, bis durch die anhaltende Kälte eine weit grössere Anzahl dieser Eisfädchen darinn gezeuget worden ist.

Weil ich, wie anfangs erinnert worden, bey diesen Untersuchungen keiner Theorie gefolget bin, auch die Systeme anderer nicht verworfen habe: so will ich hier nicht gänzlich in Abrede stellen, daß nicht zu gleicher Zeit eine Quantität abkühlender Salze mit der Luft in das Wasser dringe, welche das Gefriere zu befördern hilft; wie solches viele in der Naturlehre wohl erfahrne Männer behaupten. Unmöglich aber kann ich begreifen, wie diese Salze, wenn sie wirklich zugegen sind, die einzige und Hauptursache der Beförderung des Gefrierens seyn können, indem bey dem vierten Versuche, (*Fig. IX.*) wo der Cylinder hermetisch verschlossen bleibt, nicht nur diesen Salzen, sondern sogar der Luft aller Zugang vollkommen versperrt ist: und doch haben wir bey diesem Experimente das Wasser augenblicklich durch eine blosser Erschütterung seiner Theile in Eis verwandelt gesehen. Eben dieses bestätigt der dritte Versuch. Das Wasser in der Kugel (*Fig. VII.*) ist zu Eise zusammengeschmolzen, sobald man den Hals der Kugel in *t* abgebrochen hat. Daß die dicke und schwere Luft in den fast luftleeren Raum der Kugel und des Wassers mit Gewalt dringen, und auf solche Weise eine zitternde Bewegung darinn hat verursachen

ursachen müssen, das lehret bey dergleichen Umständen die tägliche Erfahrung. Daß aber in einer so kurzen Zeit eine hinlängliche Quantität der abkühlenden Salze sich zugleich hineingezwungen hätte, dieses scheint mir wider alle Geseze der Natur zu streiten.

Der Erfolg des zweyten Experiments, dünkt mich, entscheidet die Sache noch mehr. Die Cylinder F und E stunden sowohl als der Cylinder G der freyen Luft offen. Das gekochte, und bis es zum Gefrieren ausgefetzt wurde, von Luft gereinigte Wasser ist in etlichen Minuten eingefroren, wie es sich bey dem ersten Experimente zugetragen hatte: da das gesottene, aber schon mit Luft gesättigte sowohl, als das ungesottene Wasser nicht eher in Eis abgegangen ist, bis es mittelst des Stäbchens k in Bewegung gesezt, und dadurch der Attraktion Gelegenheit gegeben worden, ihre Kräfte an den kleinen schon formirten Eiskörperchen auszuüben.

## N. 7.

Ich habe in verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten manche Versuche mit der Electricität in Absicht auf das Gefrieren angestellt. Ich muß aber aufrichtig gestehen, daß wenige darunter mir nach Wunsche ausgefallen sind: ob ich schon dabey viele Mühe angewandt, und nicht wenig Zeit zugebracht habe. Im Jahre 1758 zu Anfange des Hornungs bey einer Kälte von 28 Graden, und heiterm Wetter schien mir nachstehendes Experiment unter allen zum besten gerathen zu seyn:

Ich nahm (Fig. X.) sechs gleiche, dünne, und sehr durchsichtige gläserne Becher A C E und B D F, welche ohngefähr 1 Zoll und 8 Parisertinien im Durchschnitte hatten, und 3 Zoll hoch waren. A und B füllte ich mit gekochtem und von Luft verwahr-

tem Brunnenwasser: C und D mit dem nämlichen gekochten, aber lange offen gestandenen, folglich wieder mit Luft gesättigten Wasser: E und F mit eben diesem, aber ungesottenen Wasser. Drey dieser Becher A C und E setzte ich mittelst eines Eisenblechs auf das gewöhnliche Gestell der Elektrirmaschine. Die drey übrigen B D und F stunden in dem nämlichen Zimmer, aber in einer Entfernung, daß die Elektricität unmöglich einen merklichen Einfluß auf sie haben konnte.

Nachmittags um 4 Uhr elektrisirte ich das Wasser in den 3 Bechern A C und E lang und stark. B D und F blieben also unelektrisirt in ihrem natürlichen Stande. Damit die Kälte von allen Seiten ungehindert die Becher bestreichen möchte, öffnete ich Thüre und Fenster auf allen vier Gegenden des Zimmers. Um die Zeit des Anfangs von Gefriere genau bestimmen zu können, hielt ich eine Sekundenuhr in der Hand. In 2 Minuten und ohngefähr 26 Sekunden erschienen auf der dem Winde entgegengesetzten Seite des Bechers A fünf bis sechs schmale doch deutliche Eispeilchen. Ich durchsuchte mit dem Auge den Becher B auf das schärfste; konnte aber darinn kein Kennzeichen eines angefangenen Eises finden. Nach noch 37 Sekunden erblickte ich daran vier oder fünf überaus kleine Eiskörperchen. Indessen ist der Becher A gänzlich mit Eise überzogen worden. In den andern vier Bechern C E D und F war das Wasser noch flüssig und hell, ohne die geringste Spur vom Eise zu zeigen. In 8 Minuten und ohngefähr 10 Sekunden, vom Anfange des Experiments zu rechnen, fieng auch das Wasser in diesen vier Gläsern zu frieren an: und zwar so schnell, und so zu gleicher Zeit, daß es mir unmöglich war, einen Unterschied der Zeit von 2 Sekunden machen zu können.

Ich wiederholte das Experiment drey Tage nacheinander; wozu sich das stette Wetter sehr günstig zeigte, indem das Thermometer, und zwar im zweyten Tage, nur um einen halben Grad gestiegen ist: am dritten stund es wieder auf 28 Graden, wie am ersten Tage. Bey den auf beschriebene Weise einmal wie das andere vorgenommenen Versuchen traf ich in dem Erfolge keinen wesentlichen Unterschied an: denn, daß am zweyten Tage das Gefriere überall um etliche Sekunden später einfiel, als am ersten und dritten Tage, ist dem um einen halben Grad gelinderten Wetter zuzuschreiben. Ich will daher den Leser mit einer weitläuftigen und genauen Anmerkung der dabey vorgefallenen kleinen Veränderungen nicht aufhalten, weil sie zu der Hauptsache wenig oder nichts beytragen können.

Wenn man dies Experiment mit dem ersten und zweyten vergleicht, welche N. 6. sind untersucht worden, so ist der einzige auffallende Unterschied dieser: das gekochte und noch elektrisirte Wasser im Glase A fieng um 37 Sekunden eher zu frieren an, als das auch gekochte, aber nicht elektrisirte im Glase B; wobey nicht zu vergessen, daß beyde Wässer von der Luft bewahret worden, bis sie zu gleicher Zeit zum Einfrieren ausgesetzt worden sind.

Dieser Versuch scheint außser Zweifel zu setzen, daß das Gefrieren mittelst der Elektricität befördert werde. Die Ursache davon, dünkt mich, ist keine andere, als eine stärkere und schnellere Bewegung der Bestandtheile des Wassers. Es ist eine unläugbare Sache, daß alle Körper, so lang sie elektrische Funken von sich geben, in einer besondern und beständigen Bewegung sind. Wenn nun zu dieser im Wasser durch die Elektricität verursachten Bewegung noch die Bewegung der eindringenden Luft kömmt, (N. 6. Fig. IV. d.) so müssen nothwendiger Weise die im Wasser schon

gestalteten Eiskörperchen mit einer größern Gewalt zusammengestoßen, voneinander wechselweise stärker angezogen, und eben darum eher in ein sichtbares Eis verwandelt werden, als in einem Wasser, auf welches nur eine Kraft, nämlich die einschießende Luft allein wirkt.

Aber woher kömmt es, daß weder das elektrisirte, gekochte, und wieder mit Luft gesättigte Wasser in dem Glase C, noch das elektrisirte natürliche Wasser im Glase E eher zu Eise wird, als das unelektrisirte, so von der nämlichen Gattung ist, in den Gläsern D und F, da sie doch eben so viel Electricität empfangen haben, als das Wasser in dem Glase A? Ich gestehe hier meine Unwissenheit ganz aufrichtig. Vielleicht ist die durch das Elektrisiren im Wasser hervorgebrachte Bewegung so schwach, daß sie nicht anders als mit Beyhilfe der zugleich sich hineinzwingenden Luft eine solche Wirkung auf das Wasser auszuüben vermag. Man wird mithin bey dem Einfrieren desselben keinen merklichen Unterschied der Zeit beobachten können. Dieses verdienet meines Erachtens noch reifer untersucht zu werden.

### N. 8.

Ich habe durch wiederholte Versuche erfahren, daß unter allen flüssigen Körpern, wenigstens unter denjenigen, an welchen ich Experimente gemacht habe, das Del des Olivenbaums zum geschwindesten und zum leichtesten gefriere. Ich habe diese Wirkung des Frosts auf die Oele oftmals bey der geringen Kälte von 36 und 35 Graden des Thermometers beobachtet; da, wie bekannt ist, das Wasser den 32 Grad desselben fodert. Dem Olivenöl folgen die übrigen Oele; ich verstehe solche, welche durch Pressen, und  
nicht

nicht durch Destilliren aus dem Pflanzenreiche verfertigt werden; denn letztere sind vielmehr unter die sogenannten Geister als unter die Oele zu zählen.

Ich erühne mich nicht, die Oele in Verhältniß des geschwindern oder langsamern Gefrierens hier nach der Reihe zu setzen: erstens, weil ich viele davon nicht untersucht habe; zweytens, weil die nämliche Gattung von Oel nicht allzeit den nämlichen Grad der Kälte um einzufrieren begehrt, welches zweifelsohne verschiedenen Umständen, zufoerdest der größern oder mindern Reinigkeit des Oels selbst zuzuschreiben ist.

Diese von der Kälte verursachte Veränderung des Oels nenne ich Gefrieren; weil sie einige Aehnlichkeiten mit demselben bey sich äuffert. Ich kann sie aber unmöglich für eine Verwandlung des Oels in ein wahres Eis ansehen, weil ich durch all angewandte Mittel der Natur und der Kunst niemals die ächten Eigenschaften des Eises bey den gefrorenen Oelen angetroffen habe. Sie verlieren zwar ihre Durchsichtigkeit, und werden dick, sie erlangen aber niemals die Härte des Eises, höchstens erreichen sie die Festigkeit einer mit Wasser wohl ausgewaschenen Butter. Ob die Oele in den kältesten Gegenden des Nordes vollkommen zu Eise zusammenfrieren oder nicht, ist mir unbekannt. Bisher habe ich es bey keinem Schriftsteller angezeigt gefunden.

Auf die ausgepreßten Oele kömmt das Wasser und dergleichen unschmackhafte flüssige Körper, in deren Gefrieren, was die Zeit des Anfangs belangt, ich kaum einen merklichen Unterschied jemal gefunden zu haben mich erinnere.

Von diesen machen in Ansehung des Gefrierpunkts einen grossen Sprung die sogenannten Geister, oder jene flüssige Materien, welche theils durch die Gährung, theils durch das Feuer sowohl aus dem Pflanzen- und Mineral- als auch aus dem Thierreiche gezeuget werden: denn sie ersodern zum Einfrieren einen weit grössern Grad der Kälte, als die vorigen. Diejenigen, so aus einer Gährung entstehen, als Bier, Wein u. d. gl. habe ich öfters zwischen den 20 und 15 Graden der Kälte einfrieren gesehen, besonders, wenn das Wetter etwelche Tage nacheinander keinen beträchtlichen Veränderungen unterworfen gewesen. Die Geister aber, so durch kemisches Feuer bereitet werden, als die Mineralgeister u. s. w. widerstehen der größten Kälte, die in unsern gemässigten Weltstrichen gemeiniglich einzufallen pflegt. Wir sehen sie daher selten anderst eingefroren, als durch die Kunst, und dieses niemals gänzlich (auffer in sehr kleinen Gefässen) sondern nur zum Theile, da die geistigen Partikeln derselben sich gegen ihren Mittelpunkt flüchten, wo sie sich in einen engen Raum versammeln, und in ihrem natürlichen Stande der Flüssigkeit verharren. Ich habe zwar viele Versuche in Rücksicht auf das Gefrieren mit diesen Geistern unternommen; aber die Wahrheit zu gestehen nichts Neues dabey erfunden. Ich habe meistens nur Experimente, welche von andern Naturforschern schon angestellet worden sind, wiederhollet: ich übergehe sie daher mit Stillschweigen, und erinnere nur dieses: verlangt man aus einer schwachen Geistmaterie eine stärkere zu erhalten, will man zum Beyspiele aus einem schwachen Wein einen starken machen; so muß man das Gefäß, in welchem die Materie einfrieren sollte, allezeit auf einem durchgebrochenen Gestelle 4 bis 5 Schuh von der Erde erheben, und, so viel als es thunlich ist, von allen Seiten der freyen Luft aussetzen, damit die Kälte überall auf die Materie mit gleichförmiger Kraft wirken könne. Auf solche Weise gewinnt die ungefroren gebliebene Masse durchaus eine gleiche

Die Stärke, welches nicht zu erwarten ist, wenn ein Theil des Gefäßes mehr als die übrigen dem Froste Preis gegeben wird, wie ich es mehrmal durch die Erfahrung gelernt habe.

## N. 9.

Es ist bey den Physikern eine bekannte und gewöhnliche Sache, nicht nur die Kälte des Eises durch eine Vermischung desselben mit Salmiak und andern Salzen stark zu vermehren, sondern auch ein neues Eis daraus zu erzeugen. Die Bücher, welche von der Naturlehre handeln, erklären diese Versuche weitläufig, und theilen die dazu nöthigen Handgriffe so deutlich mit, daß es überflüssig zu seyn scheint, hier eine weitere Meldung davon zu thun.

Nächstehendes Experiment aber verdienet, dünkt mich, allerdings angeführt zu werden, wodurch ich Eis mit zerstoßenem Eise oder auch mit Schnee und Wasser ohne die geringste Vermischung eines Salzes oder eines andern fremden Körpers oft zu wegen gebracht habe. Es geschieht auf diese Art: Man füllt eine etwas tiefere zinnerne Schüssel bis ohngefähr auf einen halben Zoll des Randes mit frischem Brunnenwasser auf, und setzt auf die Schüssel einen gemeinen zinnernen Teller, auf welchem ein zerstoßenes Eis oder aber ein Schnee beyläufig zween Zoll hoch liegt. Diese einfache Zurüstung nähert man dem eingeheizten Ofen, bis das nebenstehende Thermometer den 100 oder 105 Grad erreicht hat. Den Schnee oder das Eis auf dem Teller muß man mit einem Stäbchen von Zeit zu Zeit umrühren, bis es größtentheils zergangen ist. Die Arbeit dauert gemeiniglich 20 höchstens 25 Minuten: worauf sich allezeit an dem Rücken des Tellers ein vollkommen gestaltetes Eis zeigt.

Dies

Dieser Versuch hat mir niemals gänzlich fehlgeschlagen: die Quantität aber des neu gestalteten Eises war fast jedesmal ungleich: indem ich es zu einer Zeit von 3, zu einer andern Zeit nur von 2 Linien, oder wohl noch dünner angetroffen habe; ob ich schon in der Zubereitung und Behandlung des Processes keine wesentliche Veränderung, wenigstens nicht vorsehlich, gemacht habe. Dieser Unterschied, glaube ich, ist aus den besondern Eigenschaften des hiezu gebrauchten Wassers, Schnee, oder Eises, welche ohne Zweifel zu verschiedenen Zeiten verschieden sind, entstanden.

Daß das auf dem Rücken des Tellers formirte Eis von den durch die Hitze des Ofens in die Höhe getriebenen Dünsten des Wassers der Schüssel erzeugt worden sey, daran ist wohl nicht zu zweifeln. Wie aber eben diese Dünste bey einer solchen Hitze haben in Eis verwandelt werden können, dieses ist, meines Dafürhaltens, nicht so leicht zu erörtern. Haben sich vielleicht die kühleren Partikeln oder Salze des schmelzenden Eises oder Schnees durch die Zwischenräume des Zinns gedrungen, und sich mit dem ausdunstenden Wasser am Rücken des Tellers vermischt, und sie zu Eise gemacht? Oder, was mir wahrscheinlicher vorkömmt, sind die kühleren Körper, welche dem Eise oder dem Schnee einverleibt waren, durch die Wärme in die Luft getrieben worden, und wieder aus ihr von dem Wasser, welches bey solchen Umständen kälter bleibt, als die Luft ist, angezogen worden?

Der grosse Naturforscher Böhraave schreibt eine Methode vor, wie man zu allen Jahreszeiten Eis erhalten kann, ohne daß man einen vorräthigen Schnee oder Eis dazu nothwendig hatte. Seiner Vorschrift zu Folge nimmt man das kälteste Wasser, so man nur immer bekommen kann. Man theilt es in drey Gefäße. Man sättiget das Wasser in allen dreyen mit Salmiak, und mischt sie

ke wohl untereinander von einem Geschirre in das andere. Zuletzt setzt man in das zum drittenmal vermischte Wasser ein Glas mit gemeinem Brunnenwasser, in welchem ein Eis binnen 12 Stunden gestaltet wird, wenn man die Arbeit in einem sehr kühlen Keller vornimmt. Ich habe diesen Versuch öfters mit möglichster Aufmerksamkeit angestellt, aber niemals das Vergnügen gehabt, die mindeste Spur vom Eise dadurch zu erhalten.

Es ist noch nicht lange, daß man für gewiß hielt, daß das Quecksilber von dem stärksten Froste sicher sey; aber die kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg hat es theils durch eine künstliche, theils durch eine natürliche Kälte zum Einfrieren gezwungen. Weil wir der dazu erforderlichen natürlichen Kälte hier zu Lande niemals theilhaft werden können, so wäre es eine vergebliche Mühe, das Petersburgische Experiment nachmachen zu wollen. Indessen verdienet gewiß eine so unerwartete und lehrreiche Erscheinung in der Naturlehre von allen Liebhabern der Physik in den Abhandlungen dieser berühmten Akademie fleißig nachgelesen, und überlegt zu werden.

---

## §. II.

### Versuche mit dem wirklichen Eise.

#### N. I.

Die abgebrochenen Stücke des Eises in Flüssen und Bächen u. s. w. sieht man überall auf dem Wasser schwimmen, wenn die Tiefe des Wassers die Dicke des Eislumpens übertrifft. Dieses ist ein physikalischer Beweis, daß das Eis leichter, als das gemeine

R F F

Waf-

Wasser ist. Um das Verhältniß des Eises zu dem Wasser, oder die eigne sogenannte spezifische Schwere des Eises zu finden, wog ich bey einer Kälte von 28 Graden ein Pariser Kubitschuh Donauwassers, welches fast 68 Pfund bayerischen Gewichts betrug. Aus einem Klumpen Donauweises gestaltete ich einen ziemlich vollkommenen Würfel eben von einem PariserSchuhe, welcher auf der Wage ohngefähr 60 Pfunde auszeigte. Das Eis verhält sich also zu dem Wasser beynah wie 8 zu 9, ich sage, beynah; denn es ist einmal schwerer, dem Eise die vollständige Gestalt eines Würfels zu geben, und noch schwerer fällt es, einen genauen Kubitschuh Wassers zu erhalten, wegen der anziehenden Kraft des Gefäßes gegen die Seiten, oder des Wassers selbst gegen seine Mitte; wie es jedem, der mit der Attraktion umgegangen ist, bekannt seyn muß. Zweytens sind weder die nämlichen, noch weniger die verschiedenen Wässer von einer gleichen Schwere, wie die Hydraulik lehret.

Daß dieser Unterschied der Schwere zwischen Wasser und Eise von den gemeiniglich im Eise sich häufig befindlichen Luftblasen herzuweisen sey, dieß, meine ich, fällt einem jeden leicht in die Augen. Man kann daher sicher schliessen, daß ein Eis, welches keine oder nur sehr wenige Luftblasen hat, ein anders, so mit dergleichen Blasen angefüllt ist, überwiegen müsse: welches durch folgenden Versuch vollkommen bestätigt wird. Mitteltst der Luftpumpe zog ich so viel als es mir möglich war, alle Luft aus einem zuvor lang gekochten Wasser, und ließ es bey einer Kälte von 26 Graden in dem I. S. 3. N. Fig. III. beschriebenen Zuber über Nacht einfrieren. Des andern Morgens fand ich darinn ein helles, und von Luftblasen fast freyes Eis. Aus einem Stücke davon machte ich einen Würfel von einem Pariserzoll, und aus dem Donauweise schnitt ich einen zweyten, der Größe nach ganz gleichen Würfel. Der erste wog 2 Loth und 1 Quentchen, der zweyte nur 1 Loth und 14 Quent.

Quentchen. Es befand sich also ein Unterschied von 3 Quentchen. Ich setzte beyde auf das nämliche Wasser, welches 34 Grade Kälte hatte. Der Würfel aus dem Donauise ragte eine starke Linie über das Wasser empor, da der obere Theil des andern der Oberfläche des Wassers vollkommen gleich war. Ich stieß ihn mit dem Finger ganz sachte tiefer in das Wasser hinein, und er blieb an dem nämlichen Orte wohl eine Minute lang unbeweglich, stieg aber nach und nach wieder in die Höhe, welches, den Gesetzen der Hydrostatik gemäß, klar beweiset, daß ein von Luftblasen ziemlich freyes Eis eine fast gleiche Schwere wie das gemeine Wasser erlange, und folglich andere Eise an Schwere übertreffe.

## N. 2.

Die Verfasser der Reisebeschreibungen erzählen uns Wunder von der Härte des Eises in den gegen den Nordpol nahe liegenden Erdstrichen. Das Eis um Spitzbergen und im Grönlande soll den stärksten Hammerschlägen lange widerstehen; und man weiß, wie weit es die Künstler zu Petersburg mit dem Eise aus dem Nevaflusse im Jahre 1740 getrieben haben. Nicht nur einen ganzen Palast mit seinen verschiedenen Abtheilungen, sondern sogar Mörtel und Stücke, aus welchen man, ohne sie zu beschädigen, eiserne Kugeln geschossen hat, sind aus diesem Eise verfertigt worden, wovon Mr. Marion in seiner Abhandlung vom Eise uns eine weitläufige Nachricht giebt.

Das in unsern Gegenden erzeugte Eis erlangt freylich keine solche Härte, glaublich weil bey uns die Kälte weder so heftig, noch so lang anhaltend ist; folglich auch die in Eis verwandelten Bestandtheile unserer Wässer niemals so fest und so eng aneinan-

der gezogen werden, als in jenen mit dem strengsten und fast immerwährenden Froste gedrückten Ländern.

Indessen habe ich doch oftmals unserm Eise die Gestalt der Brenngläser gegeben, die Sonnenstralen damit in einem Brennpunkte gesammelt, und verschiedene Körper angezündet. Ich habe auch Löcher darcin gebohrt, und Schießpulver, ohne das Eis zu schmelzen, oder sonst zu verletzen, daraus abgefeuert. Weiter aber hat sich meine Kunst nicht erstreckt. Alle übrigen Versuche, die ich angestellt, um den Unterschied der Stärke in allerley Gattungen von Eise zu finden, sind fruchtlos ausgefallen. Ich habe unter andern verschiedene Körper von verschiedener Materie und Schwere von einer bestimmten Höhe auf dieses und jenes Eis fallen lassen. Ich habe das eine Ende einer 4 Schuh langen Stange mittelst eines runden und polirten Nagels an einem ausgeschnittenen Pfale so befestiget, daß sie sich leicht auf- und abwärts bewegen konnte. Auf dem andern Ende desselben habe ich nach Belieben hölzerne und eiserne Köpfe oder Hammer von verschiedener Schwere angebracht. Die Stange selbst ist mit einer ziemlich starken hölzernen Feder gedrücket worden. Darauf habe ich dickes, dünnes, neues, altes, geschwind und langsam gefrorenes, bey starkem und gelindem Froste erzeugtes Eis aus Flüssen, Teichen, Geschirren u. s. w. unter die Hammer gelegt, und bald diesen, bald jenen davon von allerhand Höhen und Spannungen der Feder darauf wirken lassen. Bey all meiner Mühe aber habe ich niemals was Entscheidendes herausgebracht. Kaum ist zweymal nacheinander der nämliche Erfolg erschienen. Vielleicht wird jemand durch meine fehlgeschlagenen Arbeiten aufgemuntert, weitere und glücklichere Versuche in dieser widerspenstigen Materie anzustellen. Ein aus den Höhlen unserer Vorgebirge bey Ettal genommenes Eis, welches gewiß mehrere Jahrhunderte alt ist, möchte dabey gute Dienste leisten.

## N. 3.

Die Erfahrung lehret uns, daß das Wasser, wenn es zu Eise wird, einen größern Raum einnimmt, als in seinem natürlichen flüssigen Zustande. Man sieht, daß die stärksten Gefäße nicht im Stande sind, der ausdehnenden Kraft des Eises zu widerstehen. Die Bäume, Pflanzen, ja die Felsen selbst werden zu Zeiten von dem in sich eingeschlossenen Eise zerrissen und auseinander getrieben. Hughs hat mit Eise metallene Stücke zersprengt. Die Akademiker zu Florenz haben durch die Gewalt des gefrorenen Wassers den größten Ring einer goldenen Kugel um etliche Linien erweitert. Die englischen Mathematiker haben die Kraft des sich dehnenden Eises so genau ausgerechnet, daß sie behaupten, diese Kraft könne ein Gewicht von mehr als 28 Zentner in die Höhe treiben.

Allein diese Experimente sind zu kostbar, und auch zu mühsam, als daß sie von allen Naturforschern, besonders von Anfängern angestellt werden könnten; obschon mancher unter ihnen die Wahrheit einer so besondern Erscheinung mit eignen Augen zu sehen wünschen wird. Ich habe daher die zweien nachstehenden ganz einfachen Versuche im Jahre 1749 meinen Schülern zum Nutzen und zum Vergnügen vorgenommen, welche ein jeder leicht nachmachen kann.

**Erster Versuch.** Den 14 Jänner füllte ich einen kupfernen Kessel A von 8 Zoll im Durchmesser, und 15 Zoll in der Höhe, welcher oben und unten mit starken eisernen Reifen versehen war, ebenvoll mit Brunnenwasser an: (Fig. XI.) darauf setzte ich ein durchlöcheretes Brett a b, um dadurch der aufsteigenden Luft Platz zu lassen, und auf das Brett ein doppeltes Gewicht C und D von  
zween

zween Zentnern. Diese Zurüstung stund von 4 Uhr Nachmittags die ganze Nacht hindurch in dem offenen Garten bey einer Kälte von 24 Graden der freyen Luft ausgefetzt. Um 7 Uhr Morgens war nicht nur das Wasser ganz eingefroren, sondern das Brett sammt dem Gewichte war  $1\frac{1}{2}$  Zoll über die Mündung des Kessels erhoben. Die sich ausdehnende Gewalt des Eises hat mithin den Druck von 2 Zentnern überwunden. Ich zweifle gar nicht, vier, fünf, sechs und noch mehrere Zentner hätten die Ausdehnung des Eises nicht verhindern können. Ich habe aber auf dem Brette für ein größers Gewicht keinen Raum gehabt, und es wäre zu besorgen gewesen, daß der kupferne Kessel eher, als ein gar zu schweres Gewicht hätte nachgeben müssen, welches meine ganze Arbeit vernichtet hätte. Nachmittags um 4 Uhr, folglich 24 Stunden, nachdem das Wasser zu frieren angefangen hatte, stund der Deckel mit dem Gewichte 2 Zoll vom Kessel ab. Den andern Morgen um 7 Uhr, das ist, nach noch 15, in allem nach 39 Stunden wurde das Gewicht von dem sich fortschiebenden Eise 2 Zoll 7 Linien in die Höhe getrieben. In den 3 folgenden Tagen, in welchen die Kälte stets fortdauerte, merkte ich kein ferneres Wachsthum am Eise mehr.

**Zweyter Versuch.** Zu der nämlichen Zeit, mithin bey einer grossen Kälte, und an dem nämlichen Orte stellte ich vier dünne ziemlich runde Gläser A B C D (*Fig. XII.*) auf ein hölzernes Gestell; goß sie mit Wasser voll an, stopfte ihre Mündungen wohl mit Korke und Siegelwachs zu, und nahm das Maas ihrer größten Durchmesser mit einem Dickzirkel genau auf. A und C massen 1 Zoll, 10 Linien, B 1 Zoll,  $9\frac{1}{2}$  Linien, und D 1 Zoll, 11 Linien. Des andern Morgens fand ich sie in folgendem Zustande: das Wasser war überall vollkommen zu Eise geworden: die Kugel A war in viele Trümmer zersprungen: B blieb ganz, der Kork war aber

aber ausgestossen, und ein grosses Stück Eis hieng an der Mündung der Kugel: C war in zweien Theile gespaltet, wovon einer noch am Eise klebte, der andere auf der Erde lag: D hatte an der Seite ein grosses Loch, bey welchem mehr als die Hälfte des Eises ausgeronnen war.

Diesen Unterschied der Verwüstung an den Kugeln habe ich vorausgesehen; und das war auch die Ursache, warum ich ihrer viere aufgestellt hatte. Das Eis der Kugel A maß mit dem Durchmesser 2 Zoll  $1\frac{1}{2}$  Linie. Es hat sich folglich wenigstens um 3 Linien ausgedehnt; denn die doppelte Dicke des Glases trug kaum  $\frac{1}{2}$  Linie aus. B war an der Dicke unverändert, glaublich, weil ein ziemlicher Theil des Eises bey der Mündung ausgestossen ist. Ich nahm von C das am Eise stehen gebliebene Stück Glas ab, und fand seine Dicke 2 Zoll und fast 2 Linien. Das Eis hat sich mithin schier um eine halbe Linie mehr ausgedehnt, als A, denn beyde Gläser waren gleich dick. D hatte keine Beziehung auf das Experiment: denn es ist zu vermuthen, daß das Loch eher ausgebrochen sey, als das Wasser ganz eingefroren war.

Diese zween Versuche erweisen zur Genüge, daß das Eis sich bey dem Gefrieren stark ausdehne, und daß die Kraft dieser Ausdehnung sehr beträchtlich sey. Aber die wahre physikalische Ursache davon scheint mir noch ein Geheimniß zu seyn. Wir wissen freylich aus den Grundsätzen der Aerometrie, daß die Gewalt der sich ausdehnenden Luft groß sey. Es ist auch kein Zweifel, daß eine nicht geringe Quantität Luft sich in dem Wasser vor und nach dem Gefriere befinde. Ferners ist es auch aus der Erfahrung bekannt, daß, je länger der Frost anhält, desto grösser die Luftblasen in dem Eise werden: aus welchem allen gefolgert werden kann, daß die Luft bey der Ausdehnung des Eises etwas beytragen müsse. Ihr

aber

aber allein als der Hauptursache eine solche Wirkung zuzuschreiben, wie es einige Physiker wollen, dieß scheint mir den gewöhnlichen Gesetzen der Natur zu widersprechen. Vielmehr halte ich mit andern Naturforschern dafür, daß hier etwas uns noch unbekanntes verborgen liege. Musschenbröck selbst, welcher sonst fertig genug ist, den Erscheinungen der Natur physikalische Ursachen zuzueignen, findet sich hier gezwungen, diese Sache den künftigen Erläuterungen der zufälligen Versuche zu überlassen.

## N. 4.

Wer auf eine nachdenkende Art öfters mit dem Eise umgegangen ist, der hat gewiß eine nicht geringe Elasticität bey demselben wahrnehmen müssen. Diese Eigenschaft zeigt sich besonders zu Anfange des Gefrieres ganz deutlich. Man lege auf das Eis z. B. eines Teichs, der bey einem starken Frost über Nacht eingefroren ist, ein Gewicht, dessen Schwere das Eis nicht durchbricht: so wird man rings um das Gewicht eine Grube sehen, welche wieder gänzlich verschwindet, sobald man das Gewicht abnimmt. Bey den Schulknaben in Britannien ist es zum Sprichworte geworden: das Eis, so sich beuget, bricht nie; es versteht sich, wenn das Eis schon eine solche Stärke erreicht hat, daß es die Schwere eines Menschen zu tragen vermag.

Die Elasticität äußert sich auch bey dem dickesten Eise. Man lasse eine kleine hölzerne Kugel von 1 bis 2 Loth aus einer Höhe von 3 Fuß auf ein glattes und trockenes Eis fallen. Die Kugel wird ohngefähr 2 Fuß zurück fahren, und eine kleine Mackel auf dem Eise hinterlassen, ohne die ebene Oberfläche desselben im geringsten verletzt zu haben. Lautere unfehlbare Kennzeichen einer wahren Elasticität.

Ich habe mich bemühet, diese Eigenschaft des Eises auf eine noch auffallendere Art beweisen zu können. Aber viele Versuche sind mir fehlgeschlagen. Nachstehende scheinen mir entscheidend zu seyn.

**Erster Versuch.** Aus einer hellen und reinen Eisplatte von ohngefähr 2 Linien in der Dicke schnitt ich mit nicht geringer Mühe und Sorgfalt ein 12 Zoll langes und 2 Zoll breites Viereck; die beyden Ende davon C und D setzte ich auf ein 3 Fuß hohes Gestelle in A und B. (Fig. XIII.) In der Mitte g hieng mittelst eines Fadens eine von dünnem Messingbleche gefertigte Schale F. Um das Eis, so viel es möglich war, ganz zu erhalten, doch ohne seine Biegsamkeit merklich zu vermindern, legte ich unter dasselbe ein Plättchen Fischbein i k von ohngefähr  $\frac{1}{2}$  Linie in der Dicke. In die Schale legte ich verschiedene Gewichte nacheinander mit bestmöglicher Behutsamkeit. Bey dem 28 Lothe fieng das Eis sich merklich in der Mitte zu biegen an. Da ich aber nach und nach noch 6 Lothe hinzugesetzt, und folglich das Gewicht auf 1 Pfund und 2 Lothe gebracht hatte, so gestaltete das Eis den Bogen C g D, dessen gerade Linie g E 1 Zoll und 6 Linien austrug. Sobald das Gewicht von dem Eise abgelöset worden, gieng es in die vorige gerade Stellung zurück.

**Zweiter Versuch.** Das nämliche oder auch ein anders Viereck vom Eise B C von gleicher Länge, Breite und Dicke steckte ich zwischen zwey Brettchen e und f, deren das Unterste f voraus schief zugeschnitten war, damit es das sich krümmende Eis nicht abzwicken möchte. (Fig. XIV.) Beyde Brettchen fütterte ich mit dem rauhen Felle einer Kage oder eines andern Thieres, oder auch mit Tuche, um zu verhindern, daß das Eis unter der Arbeit nicht ausglitsche, welches mir öfters begegnet ist, ehe ich diese Vorsicht ge-

braucht habe. Wie im vorigen Versuche unterstüßte ich das Eis mit einem dünnen Fischbeinchen e i. Ich befestigte die Maschine auf dem 2 Fuß hohen Gestelle A; und hieng mittelst eines Schnittchens im Eise i die vorige Schale D an dem Ende des Vierecks C. Das Eis trug ein Gewicht von 6 Loth, ohne sich im mindesten zu bewegen. Vom 7<sup>ten</sup> Loth aber bis an das 12<sup>e</sup> neigte es sich stets mehr und mehr, so, daß der Abstand des Endes C von der Horizontallinie B h  $2\frac{1}{2}$  Zoll hinuntergesenkt war. Ein schwereres Gewicht hätte ohne Zweifel die Krümmung des Eises noch merklich vergrößert. Allein ich fürchtete, das Eis möchte unter dem Versuche in Stücke zerspringen, so auch öfters geschehen ist. Ich unterstüßte also die Schale D sammt dem Gewichte mit der Hand, und fuhr sachte damit in die Höhe. Das Viereck zog sich allmählig zurücke, bis es fast die Horizontallinie B h erreicht hatte.

Die Nothwendigkeit, das Gewicht mit der Hand zu unterstützen, habe ich durch meinen Schaden gelernt: denn so oft ich den Faden auf einmal abschnitt, oder das Gewicht hastig aus der Schale hob, ist mir das Eis allzeit zu Trümmern gegangen, eine Wirkung der allzuschleunigen Bewegung, welche den Partikeln des Eises die hinlängliche Zeit nicht gelassen, sich wieder zu restituiren. Ueberhaupt muß ich hier erinnern, daß derjenige, welcher diese und dergleichen Experimente mit erwünschtem Erfolge nachmachen will, weder Zeit noch Mühe sparen, auch sich nicht verdriessen lassen muß, seine Arbeit oft mehr als einmal zu wiederholen: denn er hat mit einer sehr gebrechlichen Materie zu thun, woben das kleinste Versehen den fast schon zu Ende gebrachten Versuch zernichten kann.

## N. 5.

Daß das Eis vom Anfange des Gefrieres eine beträchtliche Zeit hindurch an der Dicke stets zunehmen, dieses beweiset uns die jährliche Erfahrung. Wie lang aber dieses Wachsthum daure, und zu was für einer Dicke das Eis endlich gelange, solches habe ich bisher durch keinen Versuch bestimmen können. Ich habe das Eis der Donau 12 Jahre nacheinander, so oft sie zugefroren war, genau abgemessen, und die Dicke davon fast allzeit zwischen 12 und 18 Zoll gefunden, deren 1, 2, höchstens 3 über die Oberfläche des Flusses ragten, die übrigen ins Wasser versenkt waren. Auf den eingeschlossenen Teichen in der Oberpfalz habe ich öfters ein 18 auch 24 Zoll dickes Eis angetroffen. Herr Hanway bemerkt in seiner Nachricht vom Rußlande, daß das Eis auf der Neva bey Petersburg gemeinlich  $\frac{3}{4}$  eines engländischen Stabs an Dicke erreiche, ja daß es auf einigen mehr gegen Nordost liegenden grossen Flüssen noch dicker gefunden werde.

Es verdienet, dünkt mich, hier besonders angemerkt zu werden, daß der Unterschied an der Dicke des Eises selten in einem Verhältnisse mit der Strenge oder Dauer des Frosts stehe. Ich habe oft ein Eis, welches bey einer 6, auch 8 Wochen lang anhaltenden Kälte von 15 bis 12 Graden gestaltet worden ist, nicht dicker als 10 oder 12 Zoll angetroffen: da zu einer andern Zeit das Eis bey einer Kälte zwischen 20 und 15 Graden, welche nicht über 10 oder 14 Tage währte, 13 auch 15 und mehrere Zolle maß. Nicht minder habe ich bisweilen wahrgenommen, daß das Eis bey einem starken aber nicht lang anhaltenden Froste dicker gewachsen ist, als bey der nämlichen Kälte, welche noch einmal so lang gedauert hat, und umgekehrt. Mit einem Worte, all meine vielfältigen in dieser Materie angestellten Beobachtungen überzeugen mich vollkommen,

daß die Dicke des Eises wenigstens in unsern Weltstrichen weder von der Kälte allein, noch von der Dauer derselben gänzlich abhänge.

Wo aber diese sich selbst zu widersprechen scheinende Wirkung der Natur herzuleiten sey, bin ich nicht im Stande zu errathen. Soll sie einer größern oder geringern Menge der bey dem Gefriere in das Wasser dringenden abkühlenden Partikeln oder Salze zuzuschreiben seyn? Oder hat das Wasser, welches einfrieren will, zuweilen eine größere, und zuweilen eine kleinere Quantität Luft bey sich, welche im Verhältnisse ihrer Masse das Eis mehr oder weniger ausdehnet? Oder fährt vielleicht mehr Luft zu einer Zeit in das Wasser, da es zu frieren beginnt, als zu einer andern? Dieses müßte freylich die nämliche Wirkung haben, wie in der erst angeführten Muthmassung.

Es ist möglich, daß einst ein glücklicher Zufall dieß Geheimniß entdecke, welches zu ergründen die scharfsichtigsten Naturforscher alle Mühe und Arbeit bisher vergebens angewandt haben.

### N. 6.

Das Eis, welches aus dem gemeinen Wasser erzeugt wird, soll so wenig als das Wasser selbst eine eigene Farbe haben. Je reiner und je heller das Wasser vor dem Gefrieren gewesen ist, ein desto farbloses Eis wird daraus entstehen. Weil aber das Wasser unserer Flüsse, Bäche, Teiche, und auch der meisten unserer Brünnen gemeinlich mit allerley fremden Körpern vermengt sind, welche ihre Farbe dem Eise mittheilen, so erhalten wir selten oder niemals ein vollkommen ungefärbtes Eis. Das Wasser der Donau z. B. wird auch nach einer langen Trockne weißgrün,  
und

und der Isar ihres meergrün. Das Eis des ersten Flusses sieht daher meistens weißlicht aus, weil bey demselben die grüne Farbe in so geringer Quantität zugegen ist, daß sie in einem Eisklumpen, welcher nur ohngefähr 16 Zoll dick ist, kaum gespürt werden kann. Das Eis der Isar hingegen fällt mehr in das Grüne, weil ihr Wasser mit dieser Farbe stärker geschwängert ist; und so von andern Wässern.

Will man also ein Eis erhalten, welches, so viel als es möglich ist, keine Farbe bey sich führen soll, so muß man das reinste Brunnenwasser, das man irgend bekommen kann, nehmen, solches einige Tage lang sich setzen lassen, und endlich durch ein saubers ungefärbtes Flußpapier filtriren.

Verlangt man aber ein Eis von dieser oder jener Farbe: so tingire man zuvor das Wasser, aus welchem das Eis gestaltet werden soll, mit der gewünschten Farbe.

Durch die Erfahrung habe ich gefunden, daß die durch Scheidewasser aufgelösten Metalle dazu tauglicher sind, als die Farben, so aus den Erden, oder aus den Pflanzen gezogen werden. Die ersten lassen zwar gemeiniglich einen Theil ihrer Partikeln sowohl durch ihre eigne Schwere, als wegen ihrer geringen Attraktion mit dem Wasser eher zu Boden fallen, als die Oberfläche des Wassers einfriert. Daher ist das Eis niemals so stark gefärbet, als das Wasser gewesen ist. Die letzten aber verlieren bey dem Gefrieren merklich ihre Lebhaftigkeit, oder sie verändern gar die Farbe. Vielleicht sind es die in dem Eise vermischten Salze, die ihnen die Farbe zum Theile nehmen, oder sie in andere verwandeln. Mitteltst der Auflösungen der Metalle habe ich oftmals ein Eis zu wegen gebracht, welches den durch das kemische Feuer erzeugten  
Glasz

Glasflüssen, und selbst den Edelsteinen an Schönheit der Farbe wenig oder nichts nachgegeben hat. — Vielleicht ein eitler Vorwitz, welcher nur den Sinnen schmeichelt — Vielleicht eine Erscheinung, welche von den Naturforschern reifer überdacht zu werden verdienet.



### §. III.

#### Versuche beym Aufthauen des Eises.

**I**n den zween vorhergehenden Abschnitten haben wir verschiedene Erscheinungen sowohl bey dem Gefriere, als bey wirklich gestaltetem Eise gesehen. Die darinn genau und aufrichtig beschriebenen Versuche haben uns gelehret, daß in diesem nicht zu verachtenden Theile der Naturlehre noch viele Sachen vorkommen, von deren physikalischen Ursachen wir noch gar keine, oder höchstens nur unvollkommene Begriffe haben. In diesem Abschnitte, in welchem ich das Aufthauen des Eises durch Versuche zu erörtern mir vorgenommen habe, werden uns eben so viele, wo nicht noch mehrere Wirkungen der Natur aufstossen, bey welchen wir uns gezwungen sehen werden, unsere Unwissenheit aufrichtig zu gestehen, oder auf Hypothesen zu verfallen, welche wir durchaus verworfen haben. Dadurch soll sich aber der Naturforscher, welcher sich und andere zu belehren Willens ist, keineswegs abschrecken lassen, dergleichen Versuche mit größtem Eifer zu unternehmen: denn niemah hat man einen grossen Schritt in der Naturlehre gethan, wenn man nicht durch richtige und wiederholte Versuche die wahre Beschaffenheit der natürlichen Wirkungen erforschet, und ans Licht gebracht hat.

Ueber:

Ueberdies giebt man dadurch andern Gelegenheit, der Sache tiefer nachzudenken, oder selbe wohl gar durch einen glücklichen Zufall zu entdecken: wovon wir tägliche Beyspiele in der Physik antreffen.

## N. I.

Weil durch das Aufthauen die Naturforscher eine vollkommene Auflösung des Eises in seinen vorigen Stand der Flüssigkeit verstehen, so ist freylich hier der eigentliche Platz des nachstehenden Versuchs nicht. Denn er zeigt keine vollkommene, sondern nur eine zum Theile vorhandene Auflösung des Eises an. Allein ich habe keinen bequemern Ort dazu gefunden, und er verdienet allerdings angeführt zu werden.

Als ich diese und andere Experimente vom Eise unter Händen hatte, vermeinte ich wahrgenommen zu haben, daß das Eis vielmals einen Verlust an seiner Schwere habe spüren lassen; da nicht das geringste Kennzeichen von einem eingefallenen Thaumeter bemerkt wurde. Um die Richtigkeit dieser Erscheinung durch einen zu dem Ende eigends angestellten Versuch zu erfahren, nahm ich ein Stück ganz trocknen Eises, welches just 3 Pfund und 20 Loth wog. Ich hieng es mittelst eines Bindfadens bey sehr kaltem Wetter von 24 Graden, und hellem Himmel in der offenen Luft auf. Nach 24 Stunden legte ich es auf eine Wagschale, wo es 1 Loth und 3 Quentchen verloren zu haben zeigte. Innerhalb noch 24 Stunden giengen  $\frac{3}{4}$  Loth und 2 Quentchen ab. Am dritten Tage um die nämliche Stunde vermiste ich daran noch  $\frac{3}{4}$  Loth und 2 Quentchen. Es haben also 3 Pfund und 20 Loth Eis in 3 Tagen 2 Loth und ohngefähr 7 Quentchen an der Schwere verloren. Am vierten Tage fiel ein starker Nebel ein, wel-

welcher die Schwere des Eises merklich vermehrte, und dem Versuche ein Ende machte.

Ich habe dieß Experiment zu verschiedenen Zeiten wiederholet. Das der Luft ausgesetzte Eis ist zwar jederzeit leichter geworden: der Verlust der Schwere aber äusserte sich niemah in einem genauen Verhältnisse mit dem Wetter. Bey dem nämlichen Grade der Kälte hat das Eis in einem gleichen Zeitraume zuweilen mehr, und zuweilen weniger an seiner Schwere eingebüßet. Ob dieser Unterschied den besondern Eigenschaften des Eises selbst, welches, wie wir öfters gesehen haben, nicht allezeit von der nämlichen Gestalt ist, oder der Luft, oder allen beyden zugleich zuzuschreiben sey, getraue ich mich nicht zu bestimmen. Daß aber der Abgang des Eises überhaupt von der anziehenden Kraft der Luft verursacht worden, daran zweifle ich um so weniger, als ich beobachtet habe, daß je heftiger der Wind blies, desto mehr gemeiniglich an dem Gewichte des Eises abgieng, weil nämlich der schnell wehende Wind durch stetes und öfteres Stossen an das Eis, mehrere Theile desselben nach und nach berühren, diese an sich ziehen, und mit sich fortführen muß.

### N. 2.

Man weiß aus der Erfahrung, daß das Eis weit langsamer aufthauet, als es formiret wird. Das wahre Verhältniß zwischen der Zeit des Thauens und des Gefrierens genau zu bestimmen, hat mir bisher nicht gelungen. Es sind mir bey beyden Erscheinungen eine Menge Umstände vorgefallen, welche ohne Verwirrung auseinander zu setzen meine Kräfte überstiegen hat. Wer kann zum Beyspiele den Anfang des Gefrieres auf eine Minute errathen? Wie schwer ist es, das eigentliche Verhältniß der Wärme und

der

der Kälte sowohl von der Zeit des Gefrierens als des Thauens festzusetzen? Wer ist im Stande den Zeitpunkt richtig anzuzeigen, wo das Eis vollkommen zergangen ist? Ich habe mich dessen niemals bey einer in dem Wasser oder in der Luft vorgenommenen Auflösung des Eises versichern können, ohne das Wasser oder das Eis zuvor mit einem fremden Körper berührt zu haben, welches allezeit eine Bewegung verursacht hat. Die geringste Bewegung aber vereitelt die ganze Absicht dieser Handlung, weil sie die Auflösung des Eises, wenn es noch zugegen ist, befördert.

Dieser und mehr dergleichen Schwierigkeiten ohnerachtet will ich nachstehendes Experiment anführen, welches ich mit ziemlich glücklichem Erfolge angestellt habe. Ich beobachtete so scharf, als es das Aug zuließ, den Gefrierpunkt des Wassers, welches ich einer Kälte von 23 Graden ausgesetzt hatte. In einer Zeit von 30 Minuten war seine Oberfläche mit einem Eise überzogen, welches in der Dicke fast eine Linie maß. Ich nahm zwey Stücke von gleichem Gewichte, eines davon legte ich in ein Glas voll Wasser, das andere stellte ich auf hölzerne Spizen, welche an einem Brette fest gemacht waren, und dieses, damit das Eis an allen Seiten von der Luft gleich bestrichen werden möchte, und damit es überall unterstützt würde. Das Wasser und die Luft hatten einerley Wärme nämlich 36 Grade; denn das Wasser ist über 12 Stunden zuvor an dem Orte gestanden, wo ich den Versuch vornahm. Nach 6 Stunden hat das Aug nicht die geringste Spur mehr vom Eise im Glase gefunden. Auf den Spizen ist es erst nach 2 Stunden und 20 Minuten, in allem nach 8 Stunden und 20 Minuten gänzlich aufgelöst worden. Die zum Gefriere und zum Aufthauen des Eises erforderliche Zeit verhält sich also diesem Versuche zu Folge in dem Wasser wie 1 zu 12, und in der Luft fast wie 1 zu 17.

Hier kommen zwei Fragen zu erörtern vor. Die erste: warum braucht das Eis eine weit längere Zeit aufgelöst zu werden, als einzufrieren? Die zweite: warum geht diese Auflösung geschwinder im Wasser als in der Luft von Statten?

Wer der Hypothese des jüngern Lemery Beyfall giebt, dem wird es nicht schwer seyn, die erste Frage zu beantworten: denn wenn es richtig ist, wie Lemery behauptet, daß das Eis nichts anders sey, als eine Wiederherstellung der Bestandtheile des Wassers in ihren natürlichen Stand, daß die Flüssigkeit desselben eine wahre Schmelzung sey, wie bey den durch das Feuer aufgelösten Metallen, und daß der einzige Unterschied zwischen dem Eise und den Metallen in diesem Punkte darinn bestehe, daß eine weit heftigere Hitze erfordert wird, die Metalle in Fluß zu bringen, als das Eis: so ist es eben so gewiß, daß die homogenischen Theile des Eises durch ihre natürliche anziehende Kraft dergestalt stark aneinander kleben, daß beträchtlich mehr Gewalt erfordert wird, sie voneinander zu treiben, als sie zusammen zu bringen, und beysammen zu halten: wie man bey der Schmelzung der Metalle und bey der Wiederherstellung derselben zu festen Körpern stets wahrnimmt. Allein gleichwie dieses System noch lang nicht erwiesen ist, so wird auch nichts dadurch entschieden. Diese Erscheinung bleibt also noch ein Geheimniß der Physik.

Die zweite Frage, nämlich warum das Eis eher im Wasser als in der Luft zergehe, ist keiner solchen Schwierigkeit unterworfen: denn, weil das Wasser viel schwerer ist als die Luft, so muß auch seine anziehende Kraft, durch welche es sich in die Zwischenräume des Eises dringt, weit wirksamer seyn, als die Attraktion der Luft. Das Wasser muß folglich die Bestandtheile des Eises leichter, mithin auch geschwinder auseinander zwingen, das ist, auflösen, als die Luft.

## N. 3.

Ein noch größeres Naturgeheimniß scheint mir zu seyn, daß das Eis langsamer neben dem Feuer aufthauet, als in einer Entfernung von demselben.

Ich legte ein Stück Eis, welches ein Loth schwer war, in ein Glas voll Wasser. Ein anders Stück von gleicher Schwere und Gestalt setzte ich auf das nämliche Wasser in einem andern Glase. Das erste Glas stellte ich 2 Fuß von dem Fenster ab, wo die Wärme sowohl des Zimmers als des Wassers 75 Grade anzeigte. Das zweyte Glas rückte ich bis auf 2 Füße an den Ofen, bey welchem das Thermometer in dem 90 Grade der Wärme stand. In 54 Minuten war das Eis neben dem Fenster gänzlich zergangen; das Stück neben dem Ofen aber brauchte noch 16 Minuten zur vollkommenen Auflösung.

Die physikalische Ursache des Unterschieds von 16 Minuten anzuzeigen, lasse ich andern über, welche tiefere Einsicht in die Werke der Natur haben als ich. Nur dieses muß ich dabey erinnern, daß der Versuch in einem gar zu grossen Unterschiede der Wärme von beyden Orten nicht angehe. Man stelle z. B. ein Stück Eis neben dem Fenster in einer Wärme von 56 Graden, und ein anders neben dem Ofen in einer Hitze von 100 Graden, so wird man das Eis neben dem Ofen um 10, 12 und mehrere Minuten eher aufgelöset finden als das Eis, welches einer weit geringern Wärme neben dem Fenster ausgesetzt worden.

So oft ich das Experiment in einem Verhältnisse der Wärme, welche 15 oder 20 Grade nicht überschritten hat, angestellt habe: so ist der Erfolg ohngefähr, wie ich ihn oben angegeben habe, stets ausgefallen.

## N. 4.

Man nimmt oft wahr, daß der Schnee, welcher nichts als ein zu Eise gefrorenes Wasser ist, an einem Orte eines kleinen Bezirks z. B. eines Gartens eher zergerbe (hier ist von der Sonnenhitze keine Rede) als an einem andern, je nachdem er auf diesen oder jenen Körper gefallen ist. Dieses hat mich angereizt, die Wirkung verschiedener Körper in Auflösung des Eises etwas näher zu betrachten.

**Erster Versuch.** Aus einem Eisklumpen gestaltete ich ziemlich vollkommene Würfel, welche ich mit dem Messer so lang schabte, bis sie ein gleiches Gewicht von ohngefähr einem Lothe erhielten. Ich legte einen davon auf ein polirtes Messing, den zweyten auf einen geschliffenen Marmor, den dritten auf ein glattes Tannenholz, den vierten auf ein Fleckchen Leder, und den fünften auf ein Stückchen Tuch. Darauf stellte ich sie neben einander in der Mitte des Zimmers, in welchem das Thermometer bis auf den 80 Grad der Wärme gestiegen war. Damit die durch die Fenster dringende Kälte nach Möglichkeit abgehalten wurde, stellte ich hinter ihnen ein Brettchen auf.

Sie fiengen zwar alle zugleich einzuschmelzen an. Sie wurden aber in ungleicher Zeit ganz aufgelöst, und in dieser Ordnung auf dem Metalle in 58 Minuten, auf dem Marmor in 1 Stunde und 10 Minuten, auf dem Leder in 1 Stunde und 18 Minuten, auf dem Holze in 1 Stunde 22 Minuten, und endlich auf dem Tuche in 1 Stunde 30 Minuten.

Ich darf nicht vergessen, hier zu erinnern, daß das Gestelle, worauf das Eis zergerben soll, so einzurichten sey, daß das von dem  
 schmelz

schmelzenden Eise aufgelöste Wasser ungehindert ablaufen könne. Sonst wird es das Aufthauen desjenigen Eises, um welches es häufiger schwimmt, befördern, wie wir S. III. N. 2. gesehen haben. Das nämliche hat man bey den folgenden 3 Versuchen zu beobachten, wenn man die wahre Zeit ihrer Auflösung genau bestimmen will.

**Zweyter Versuch.** Gleiche Stücke von Eise (dem Gewichte sowohl als der Gestalt nach) stellte ich bey einer fast gleichen Wärme auf Gold (einen vierfachen Dukaten) Silber, Kupfer, Bley, Zinn und Eisen. Die Eiswürfel thauten auf, wie folgt: auf dem Golde in 49 Minuten, auf dem Silber in 53 Minuten, auf dem Kupfer in 46 Minuten, auf dem Bley in 55 Minuten, und auf dem Eisen in 59 Minuten.

Hieraus ist deutlich abzunehmen, daß die Zeit des Aufthauens in keinem genauen Verhältnisse mit der eignen Schwere der Metalle stehe.

**Dritter Versuch.** Ich wollte auch die Wirkung der Hölzer auf das Eis in Betref seiner Auflösung beobachten. Ich bereitete dazu einige Eiswürfel, und richtete sie wie die vorigen auf Eichen, Birnbaum, Nußbaum, Linden und Tannenholz. Das Eis zerfloß auf dem Eichenholze in 1 Stunde und 20 Minuten, auf dem Birnbaume in 1 St. 23 M. auf dem Nußbaume in 1 St. 28 M., auf dem Linden in 1 St. 32 M., und auf dem Tannenholze in 1 Stunde und 30 Minuten.

Dieses Experiment ist sehr unvollkommen ausgefallen. So oft ich es wiederholte (ich wiederholte es mit verschiedenen Hölzern) so oft erhielt ich ein anders Verhältniß der Zeit bey der Auflösung des  
Eis

Eises. Zuweilen ist das Eis eher, zuweilen später auf einem zwar von der nämlichen Gattung, aber aus einem andern Baume genommenen Holze zerflossen. Oft hat das Eis weniger Zeit gebraucht, auf dem Nußbaume zu zerfließen als auf dem Eichenholze, und oft mehr Zeit auf dem Birnbaum, als auf dem Tannenholze u. s. w.

Unsre Schreiner wissen, daß nicht nur die Bäume von einerley Art ein verschiedenes Holz geben, sondern auch daß die Theile des nämlichen Baums eine verschiedene Härte haben, folglich eine verschiedene anziehende Kraft, welche einen verschiedenen Einfluß auf die Auflösung des Eises haben muß.

**Vierter Versuch.** Um den Einfluß der Farbe auf das Thauen des Eises zu erfahren, legte ich einige auf vorbeschriebene Art zugerichtete Eiswürfel auf Tücher von verschiedener Farbe. Das Experiment ist mir aber niemals vollkommen nach Wunsch ausgefallen. Bey jeder Wiederholung desselben zeigte sich eine neue Verwirrung in dem Verhältnisse der Auflösungszeit, so, daß ich niemals eine Rechnung daraus zu formiren im Stande war. Vielleicht ist das aufragende Haar der Wolle daran Schuld gewesen, welches das Eis mehr oder weniger abgehalten hat, viele Theile des Tuchs zu berühren; dadurch hat die Wirkung der Farbe auf das Eis, wenigstens zum Theile, vermindert werden müssen.

Ich nahm daher anstatt des Tuchs gefärbte Leinwat, auf welcher der Unterschied bey dem Aufthauen in Ansehung der Zeit zwar auffallender war als auf dem Tuche; doch habe ich dabey noch nichts richtiges und entscheidendes erhalten; glaublich, weil ich die gefärbten Leinwate nicht von gleicher Feine habe aufstreifen können. Die feinere aber hat das Eis in mehrern, und die gröbere in  
weni

wenigern Punkten berührt. Sie haben mithin nicht nur nach der Farbe, sondern auch im Verhältnisse der Berührungspunkte auf das Eis gewirkt, welches nothwendiger Weise alles verwirret hat.

Zuletzt bin ich auf die Seide verfallen; und damit all möglicher Unterschied der Fäden gehoben wurde, wählte ich weisse, schwarze, blaue, grüne und rothe Taffetflecke, deren Fäden so gleich waren, als das Flug davon hat urtheilen können. Ich setzte auf jeden Fleck einen meiner Würfel. Das Eis zergienge auf der schwarzen Seide in 1 Stunde 16 Minuten, auf der rothen in 1 St. 21 M., auf der blauen in 1 St. 24 M., auf der grünen in 1 St. 28 M., und auf der weissen Seide in 1 St. und 32 M. Dieses geschah öfters mit sehr wenigen Veränderungen in einem eingeeichteten Zimmer bey einer Wärme von beyläufig 90 Graden.

Ich war begierig, den Erfolg davon bey dem Sonnenscheine zu sehen. Den 16. Jenner 1758 stellte ich (bey einem Thauwetter von 60 Graden Wärme) dergleichen Eiskwürfel auf den Taffetflecken den Sonnenstralen aus. Um 3½ Uhr, da die Sonne schwach zu werden begann, und folglich eine weit grössere Kälte einfiel, war noch keiner von den Würfeln zur Hälfte eingeschmolzen. Die ganze Arbeit war mithin vergebens: und ich verlor die Hoffnung, dieß Experiment zu Winterszeit jemals mit glücklichem Erfolge anstellen zu können. Ich mußte also den Sommer erwarten. Den 7 July gedachten Jahrs richtete ich einige gleichwichtige Würfel aus einem Stücke Eis, welches ich aus dem Eiskeller geholt hatte, zurechte, und setzte sie bey hellem Sonnenscheine und einer Wärme von 88 Graden auf die verschiedentlich gefärbten Seidenflecke. Das Eis thaute auf dem schwarzen Flecke in 56 Minuten, auf dem rothen in 1 St. 2 M., auf dem blauen in 1 St. 3 M., auf dem grünen in 1 St. 7 M., und auf dem weissen in 1 St. 14 M. Die Aufsch-

fung

sung des Eises gieng also geschwinder in der Sonnenhitze, als im Zimmer vor sich, in welchem doch die Wärme sich um 2 Grade stärker befand. Das Verhältniß der Zeit des Aufthauens ist auch nicht vollkommen das nämliche. Der Unterschied aber ist nicht beträchtlich.

In allen diesen Versuchen, welche in vielen Stücken mit einander verbunden sind, kommen Schwierigkeiten vor, von welchen ich aufrichtig gestehe, daß ich sie auf eine physikalische Art zu erörtern nicht im Stande bin. Ich will doch einige Anmerkungen hinzusetzen, mittelst welcher nachdenkende Köpfe Lust und vielleicht Anleitung bekommen mögen, die Sache besser zu ergründen, und diesen noch dunkeln Theil der Naturkunde mehr und mehr aufzuklären.

Kraft des ersten Versuchs verhalten sich die Zeiten des Aufthauens des Eises fast wie die eigne Schwere der Körper, auf welchen die Eiswürfel stunden. Dieses ist wahrscheinlich daher zu leiten, weil die Körper auf das Eis im Verhältnisse ihrer eignen Schwere, oder, was eines ist, im Verhältnisse der Berührungspunkte wirken: denn man muß nicht auffer Acht lassen, daß sie alle einerley Wärme hatten, und daß sie alle bis auf das Tuch und das Leder glatt oder polirt waren. Daß das Eis eher auf dem Leder als auf dem Holze zerflossen ist, das mag wohl das bey der Ausarbeitung desselben gebrauchte Lauenholz verursacht haben: denn man weiß, daß alle Salze das Aufthauen des Eises mehr oder weniger befördern.

Im zweyten Versuche trifft man mehr Unordnung im Verhältnisse der Auflösung zu der Schwere an. Das Gold und das Bley übertreffen das Kupfer merklich an Schwere; das Eis zergeht aber um 3 Minuten später auf dem Golde, und um 9 Minuten

nuten später auf dem Bley als auf dem Kupfer. Ist vielleicht der Vitriol, welcher sich häufiger in diesem Metalle befindet, und eine Art von Salze ist, die Ursache? Obschon das Bley schwerer ist als das Kupfer, so kann doch seine Oberfläche niemals so glatt polirt werden als jene des Kupfers, folglich kann es auch das Eis in so vielen Punkten nicht berühren als das Kupfer.

Den dritten Versuch übergehe ich, weil ich schon aus oben angeführten Ursachen angemerket habe, daß man daraus kein wahres Urtheil über die Auflösungszeit des Eises fällen könne.

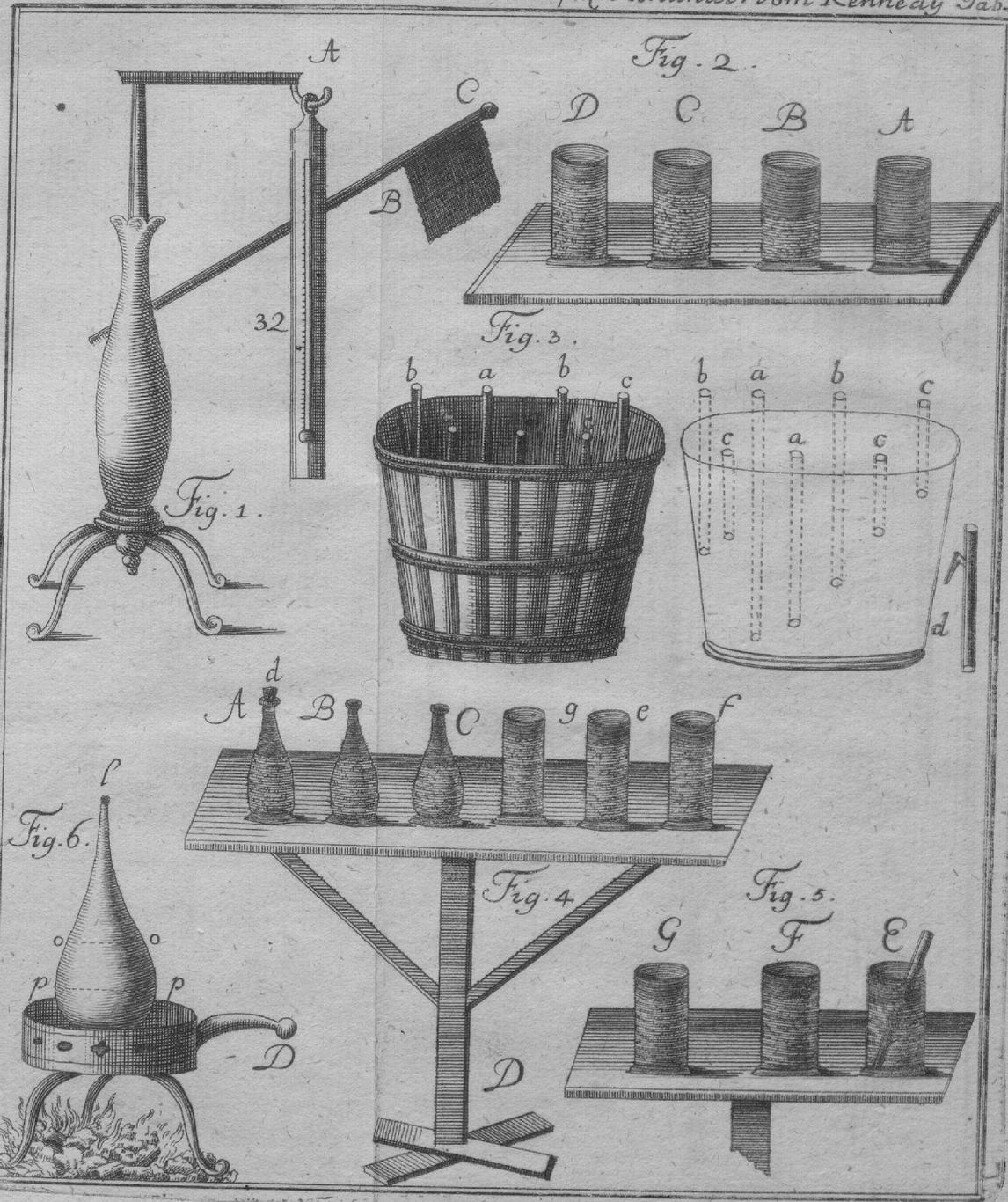
Die Erscheinungen bey dem vierten Versuche lassen sich leichter entwickeln. Aus vielen Erfahrungen in der Naturlehre ist es eine ausgemachte Sache, daß einige Farben eine grössere Quantität der Lichtstralen von sich prellen, andere aber eine grössere Menge derselben in sich schlucken. Es ist sich mithin nicht zu verwundern, daß die Körper nach Beschaffenheit ihrer Farbe eine besondere Wirkung auf das Aufthauen des Eises haben müssen, und daß es folglich eher auf schwarzen Körpern zergehe, welche, wie bekannt ist, viele Lichtstralen bey sich halten, als auf weissen Körpern, welche einen grossen Theil des Lichts von sich stossen.

Ich müßte aber viel zu weitläufig werden, wenn ich hier eine umständliche Untersuchung der Farbe in Rücksicht auf das Aufthauen des Eises auf mich nehmen wollte. Zu meinem Endzwecke ist, was ich schon angeführet habe, hinlänglich genug. Nur will ich dieses beysetzen. Die Ursachen, warum das Eis im Sommer auch bey einer geringern Wärme geschwinder aufthauet als im Winter bey einer grössern Hitze, scheinen mir folgende zu seyn: erstens, weil die Sonnenstralen wirksamer sind als das Küchenfeuer; zwey- tens weil die Luft überall durch die Sonne gleich erwärmet wird

welches in einem eingekerkerten Zimmer schwerlich geschehen kann, weil die Kälte stets von einer Seite desselben durch die Fenster und Thüre dringet.

Ich habe in diesem Fache noch eine beträchtliche Menge von Experimenten und Beobachtungen angestellt. Aber alle hier anzuführen, läßt der enge Raum einer akademischen Abhandlung nicht zu, deren Gränzen ich schon überschritten zu haben besorge. Zu dem sind viele davon hie und da in den Schriften der Naturforscher berührt worden, aus welchen ein Liebhaber der Physik leicht so viel Licht schöpfen kann, daß er selbst daran Hand anzulegen Lust und Geschicklichkeit bekomme. Durch dergleichen Bemühungen wird sich gewiß ein jeder die Nachwelt wegen vieler seltenen und nützlichen Entdeckungen in der Naturkunde ewig verpflichten. Dieser Weg der Versuche und der Beobachtungen ist der sicherste, ja der einzige, auf welchen man hoffen darf, die Spuren der Geheimnisse der Natur anzutreffen.





Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to fading and bleed-through.

