

Ueber die Eisbildung in den Strömen.

Von *H. v. Dechen.*

E i n e V o r l e s u n g.

Unsere Theilnahme ist in diesem Jahre so lebhaft in Anspruch genommen worden, durch die Ueberschwemmung, welche in dem engsten Theile des Rheinlaufs Oberwesel, Bacharach, Heimbach, Rheindiebach, Trechtinghausen, durch wiederholte, sich immer erneuende Eisstopfungen betroffen hat, durch die Ueberschwemmung, welche mit dem Eisgange die unteren Rheingegenden von Worringen bis Emmerich an der Grenze Hollands heimgesucht, dass ich vielleicht wohl Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen darf für die Betrachtung der Bildung von Eis in den Flüssen und Strömen.

Es ist diess eine in dem Haushalte unserer Erdoberfläche sehr wichtige Naturerscheinung; wichtig für die Existenz des animalischen und vegetativen Lebens auf nicht unbeträchtlichen Strecken der Erdoberfläche.

So genau auch nach einer Richtung hin die physikalische Grundlage dieser Erscheinung erforscht und erörtert ist, so fehlt doch nach einer anderen hin eine gründliche und durchgreifende Kenntniss derselben; es fehlen Beobachtungen über das Gesamtverhalten der Eisbildung auf der ganzen Stromlänge, selbst auf grössern Theilen desselben einiger oder aller unserer Flüsse, welche die Grundlage einer wissenschaftlichen Erörterung dieser Erscheinung bilden müssen.

Gehen wir von der Betrachtung des einfachsten Falles aus, so finden wir, dass, wenn irgend eine in Ruhe befindliche Wassermasse einer bestimmten Verminderung der Temperatur ausgesetzt wird, die Oberfläche derselben mit einer oben und unten glatten Lage von Eis überzogen wird. Wir sehen diess an einem Wasserglase sowohl, als an dem Weiher im Schlossgarten, oder dem Graben um das Poppelsdorfer Schloss.

Unter dieser Eisdecke erhält sich das Wasser lange flüssig, indem sie die unmittelbare Mittheilung der Lufttemperatur an das darunter befindliche Wasser unterbricht. Es ist eine lange anhaltende Kälte erforderlich, um grössere Wassermassen ganz in Eis zu verwandeln.

Dieser Vorgang stimmt übrigens nicht überein mit der Wirkung der Wärme auf die bei weitem grössere Zahl aller Körper, aller Flüssigkeiten. Derselbe würde unerklärbar sein, wenn sich das Wasser — und zwar reines Wasser nicht auf eine sehr eigenthümliche Weise gegen die Wärme bei einer Temperatur etwas über dem Gefrier- oder Eispunkt verhielte.

Ein jedes Thermometer zeigt uns, dass das Quecksilber bei der Erhöhung der Temperatur sich ausdehnt, einen grösseren Raum einnimmt, daher in der Röhre steigt; umgekehrt bei einer Verminderung der Temperatur sich zusammenzieht, einen kleineren Raum einnimmt und in der Röhre fällt.

Auf dieser Eigenschaft beruht die Einrichtung des Thermometers; beruhen alle Messungen der Wärme. Diese Ausdehnung des Quecksilbers kann in dem Umfange der Temperatur, welcher hier berücksichtigt werden muss, als gleichförmig angesehen werden; die Thermometergrade entsprechen der Wärmezunahme oder Abnahme.

In den gewöhnlichen Temperaturen unserer Zimmer dehnt sich auch das Wasser durch Wärme aus und zieht sich zusammen, wenn es kälter wird. Dieses Verhalten bleibt bis zur Siedhitze des Wassers dasselbe. Deshalb erwärmen wir Gefässe mit Flüssigkeiten von unten. Die Schichten am Boden derselben werden durch die Wärme ausgedehnt, also leichter, steigen in die Höhe; die oberen kälteren sinken auf den Boden, werden nun auch erwärmt. Die Erwärmung einer Flüssigkeit von oben schreitet viel langsamer fort, weil dabei eine solche Bewegung nicht stattfinden kann.

Wenn aber das Wasser in jeder Temperatur sich auf diese Weise verhielte, sich durch die Wärme ausdehnte und durch die Kälte zusammenzöge, so könnte sich ein Weiher beim Froste nicht mit einer dünnen Eisdecke belegen und das Wasser darunter flüssig bleiben. Denn in diesem Falle müsste ja nothwendig das kältere Wasser fortdauernd zu Boden sinken, das wärmere würde an die Oberfläche steigen.

Das Eis müsste sich also auf dem Grunde (Boden) des Teiches ansetzen, während noch wärmeres Wasser darüber stände und stehendes Wasser würde von unten nach oben hin ganz in Eis verwandelt werden. Aus einer genauen Beobachtung und nach einer richtigen Beurtheilung der einfachen Thatsache, dass stehendes Wasser sich mit einer EISRINDE auf der Oberfläche überzieht, würde sich nothwendig der Schluss haben ziehen lassen, dass die Zusammenziehung des Wassers bei der Temperatur-Abnahme, noch ehe der EISPUNKT erreicht wird, irgend eine Unterbrechung erleidet; dass irgend eine Anomalie in dieser sonst so allgemeinen Erscheinung eintritt. Diess ist auch in der That der Fall. Sehr genaue Untersuchungen haben gezeigt, dass sich das Wasser nur bis zu einer Temperatur von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R. unserer gewöhnlichen Thermometer-Skale zusammenzieht. Von diesem Punkte an dehnt sich dasselbe bei grösserer Erkältung wieder aus und zwar so lange als es überhaupt flüssig sich zu erhalten vermag. Wasser von 0° Temperatur ist daher ausgedehnter, leichter als Wasser von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R. und schwimmt daher auf demselben, steigt in demselben in die Höhe.

Nun ist es deutlich, was bei dem Gefrieren eines Weihers vorgeht. Das Wasser erkaltet an der Oberfläche durch Verdunstung, durch Ausstrahlung, durch Mittheilung an die sich immer erneuernde Luft. Die kälteren schwereren Wasserschichten sinken zu Boden, die leichteren wärmeren steigen auf, bis die ganze Wassermasse auf die Temperatur von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R. abgekühlt worden ist. Von jetzt an ändert sich der Vorgang, die obere Wasserschicht wird weiter erkaltet, aber sie kann nicht mehr zu Boden sinken, denn sie schwimmt auf der tieferen Wassermasse, welche mit der Temperatur von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R. ihre grösste Dichtigkeit erreicht hat. Sie wird daher fortwährend den Einflüssen ausgesetzt, welche die Erkältung hervorbringen, bis sie endlich unter den Gefrierpunkt herabsinkt und eine dünne Eisdecke bildet. Die tieferen Wasserschichten verlieren nur durch Mittheilung ihre Temperatur von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ und daher überaus langsam. Die Eisdecke kann sich daher auch nur langsam von unten verstärken, indem sie der Mittheilung der Wärme der unteren Wasserschichten an die Luft ein grösseres Hinderniss entgegengesetzt. Das

Wasser unter der Eisdecke verliert daher nur nach und nach die Wärme von $3\frac{1}{8}^{\circ}$ und das wärmste Wasser bleibt immer als das schwerste auf den Boden.

In grösseren Landseen, welche eine Tiefe von 100 und mehren 100 Fussen besitzen, bewirkt diese Erscheinung, dass auch im Sommer in grösseren Tiefen eine geringe Temperatur stattfindet. Die Temperatur in diesen Tiefen ändert sich beinahe gar nicht, nähert sich derjenigen, welche das Wasser bei seiner grössten Dichtigkeit besitzt. Die Erwärmung der oberen Schichten des Wassers im Frühjahre und Sommer wirkt sehr wenig auf die tieferen ein und so erhält sich auch während dieser Jahreszeiten die geringe Temperatur in den tieferen Wasserschichten, bis der Herbst und Winter wiederum die oberen abkühlt.

Denken wir uns, dass das süsse Wasser nicht mit dieser höchst eigenthümlichen Anomalie seiner Ausdehnung durch die Wärme begabt wäre, so würde die Folge sein, dass alle Landseen der gemässigten und der kalten Zone vom Boden aus erstarrten und in ihrer ganzen Masse in Eis umgewandelt würden. Die Ströme, welche durch sie hindurch fliessen, würden, in ihrem Laufe unterbrochen, fürchterliche Verwüstungen anrichten. Die Sommer würden nicht zureichen, diese grossen Eismassen zu schmelzen. Die ganze Einrichtung und Form unserer Flussysteme würde gestört sein. Grosse Eisfelder unter den im Sommer verbreiteten Wassermassen würden die Wohnsitze der Menschen weit aus der gemässigten Zone verdrängen. Diess wären auffallende Wirkungen einer unscheinbaren Veränderung in dem Gesetze, welche die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme beherrscht und welches die grösste Zusammenziehung (Dichtigkeit) desselben einige Grade über den Eispunkt feststellt. Diese Eigenthümlichkeit steht nur dem reinen Wasser zu, nicht mehr dem Meerwasser, welches 3,6 Procent Salze enthält, bei diesem liegt die grösste Dichtigkeit noch etwas unter dem Gefrierpunkt bei -2° R.

Schon seit langer Zeit war es den Schiffern und Fischern, den Uferbewohnern der Ströme und Flüsse unseres Continentes bekannt, dass sich in denselben Eis auf eine andere Weise wie auf stehenden Gewässern bilde, nämlich auf dem Boden,

auf dem Grunde, welches sich alsdann losreisst, an die Oberfläche kommt und schwimmend forttreibt. Wir haben für dieses Eis einen alten und sehr bezeichnenden Namen: Grundeis. Da sich die Bildung des Grundeises mit der gegebenen Erklärung über die Eisdecken, welche stehende Gewässer überziehen, mit den bekannten Eigenschaften des Wassers nicht schien in Uebereinstimmung bringen zu lassen, so haben lange Zeit die Physiker das Vorhandensein desselben hartnäckig geleugnet und es ist vielfach behauptet worden, dass alles Eis, welches auf den Flüssen hinabtreibt, an der Oberfläche derselben gebildet sei.

So ist diese Ansicht festgehalten worden, selbst nachdem einzelne Physiker genaue Beobachtungen über die Bildung des Eises auf dem Grunde der Flüsse gemacht hatten. *Plot, Natural history of Oxfordshire 1705.* Die frühesten, welche aufgezeichnet worden, hat der Engländer Hales 1730 an der Themse angestellt. Sie blieben lange unbeachtet. Es wurde ihnen keine allgemeine Geltung eingeräumt. Es wurde nur angenommen; dass sich unter besondern, nicht genau bekannten Umständen Grundeis in Flüssen bilden könne. Die Bildung desselben findet sich erst in den neuesten Lehrbüchern der Physik als eine beglaubigte Thatsache aufgestellt. Seitdem die Thatsache nicht mehr geleugnet werden konnte, sind mehre Erklärungen versucht worden, gegen die sich gegründete Einwendungen machen lassen.

Die weit verbreitete Volksmeinung ist, dass das Grundeis in der Nacht durch die Einwirkung des Mondes am Boden der Flüsse gebildet und am Morgen durch die Sonne an die Oberfläche gezogen werde. Mondhelle Nächte sind kalt, die Wärmeausstrahlung des Wassers gegen den wolkenlosen Himmel ist bedeutend. Diese Ansicht liesse sich darauf zurückführen, dass eine solche erkältende Wirkung vorzugsweise die Bildung des Grundeises befördere. In der That sind die Bedingungen, unter welchen die Bildung des Grundeises statt findet, noch nicht ganz genau aufgefunden. Daher kann auch über den Werth dieser Volksmeinung noch nicht abgesprochen werden und wenn wir auch die Ueberzeugung hegen, dass weder Sonne noch Mond unmittelbar auf das Grundeis einwirken, so wäre es doch immer möglich, dass irgend eine

richtige Beobachtung derselben zu Grunde läge. Einige bewährte Physiker leugnen es indessen.

Die früheren wissenschaftlichen Erklärungen sind kaum besser als diese Meinung. Nur einiges soll darüber angeführt werden, um zu zeigen, wie schwer es ist, Erscheinungen zu erklären, ehe vollständige Beobachtungen darüber angestellt sind.

Hierher gehört Folgendes. Aus der Reibung der Körper entsteht Wärme. Der Fluss strömt an der Oberfläche schneller als am Grunde. An der Oberfläche also muss eine höhere Temperatur statt finden; am Grunde die geringere und daher hier das Gefrieren anfangen. Das Steigen der Eischollen wird von der Elasticität der im Wasser enthaltenen und beim Gefrieren entweichenden Luft abgeleitet, welche in der Eismasse Blasen bildet. (*Observations sur les écrits modernes 1742.*)

Die Annahme, dass durch die Bewegung einer Flüssigkeit ebenso Wärme entwickelt werde, wie durch Reibung fester Körper an einander, ist durch Beobachtungen nicht erwiesen; damit fällt diese Erklärung zusammen. (*Mac Krever.*)

Felsen, Steine, Kies, mit denen der Boden der Flüsse bedeckt ist, sollen ihrer besonderen Natur nach, hauptsächlich wegen ihrer rauhen Oberfläche, ein stärkeres Strahlungsvermögen besitzen und daher bei niederer Temperatur durch Wärme-Ausstrahlung bedeutend mehr erkalten als das Wasser, was darüber fließt. Dadurch sollen die sie berührende Wassertheile gefrieren.

Zur Widerlegung dieser Erklärung ist es nicht nothwendig zu untersuchen, in wiefern im Allgemeinen Wärmestrahlung durch das Wasser hindurch statt findet. In stehenden Gewässern müsste dieselbe offenbar stärker sein, als in fließenden, wo die Bewegung, die Wärmestrahlung fortdauernd unterbrochen wird. In stehenden Gewässern, deren Boden ebenfalls mit Steinen und Kies bedeckt ist, wird aber niemals Grundeis gebildet. Daher kann auch die Wärmestrahlung des Flussgrundes nicht die Ursache der Grundeisbildung sein.

Ein deutliches Beispiel der Bildung von Grundeis liefert die eiserne, 2000 Fuss lange Kette unserer fliegenden Brücke bei

Bonn. Sie liegt an 3 Ankern fest und wird beim Abfahren der Brücke und der Fortnahme der Bugnachen auf dem Boden des Rheins versenkt. An derselben setzt sich soviel Grundeis an, bis zur Dicke von $2\frac{1}{2}$ —3 Fuss, dass dieselbe sich erhebt und dicht unter der Oberfläche des Stromes schwimmt. Sand, kleine Steine vom Boden haften aussen daran. Sie gleicht in ihrer Beweglichkeit einer ungeheuren braunen Schlange. Der Strom treibt sie hin und her. Sie besteht aus einzelnen Eisenstangen, 2—4 Fuss lang. Um diese bilden sich Eiscylinder. Querrisse bezeichnen die Wechsel der Stangen. Oft haften auch nur einzelne Kugeln daran.

Das Grundeis bildet sich in der Nacht. Ist es soviel, dass es die Kette schwimmen macht, so kommt sie im Vormittage aus der Tiefe von 15—20 Fuss herauf. Die Schiffer sagen: sie steigt mit der Sonne. In den oberen Wasserschichten wird von dem Grundeis abgerissen, auch die Sonne mag schmelzend einwirken. So erhält sich die Kette nur einige Stunden schwimmend; sie sinkt im Nachmittage mit der sinkenden Sonne.

Die Grundeisbildung geht dann auch in Vertiefungen des Stromes, die aufwärts durch Erhöhungen geschützt sind, vor sich. Dasselbe wächst oft vom Grunde aus einige Fusse in die Höhe, bis es sich losreisst. Steine, Kies, Sand haften an der unteren Fläche an und so schwimmt es fort.

Das Eis gehört zu den wenigen starren Körpern, welche leichter, ausgedehnter sind als in ihrem flüssigen Zustande; deshalb schwimmt es. Diese Eigenthümlichkeit hängt offenbar mit der zusammen, dass das Wasser $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R. über dem Eispunkt am dichtesten ist. Das Eis ist $\frac{1}{11}$ bis $\frac{1}{14}$ leichter als Wasser. Von einer schwimmenden Eismasse ragt $\frac{1}{11}$ bis $\frac{1}{14}$ aus dem Wasser empor.

Damit Eisenstangen, wie die Brückenkette, schwimmen können, muss daher etwa das 70fache Volumen Eis daran haften. Es ist scheinbar mehr, weil das Eis locker, porös ist, viel Zwischenräume lässt, Steine dasselbe beschweren. Es braucht nur wenig davon entfernt zu werden, so fällt sie auf den Boden nieder. Neues Eis bildet sich daran, um sie wieder zu heben.

Eine ganz ähnliche Erscheinung beschrieb schon vor 40

Jahren der Lootsen-Commandeur Steenke in Pillau. Die 6 Klafter langen Ketten, woran die Tonnen des Seegalts befestigt, waren seit Jahren bei Schappelts Wrack in einer Tiefe von 15 bis 18 Fuss verloren gegangen. Plötzlich kamen sie an die Oberfläche des Wassers und schwammen. Sie waren in einer starken Mannsdicke mit Eis rings umgeben. Ein Tau von $3\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, 30 Klafter Länge, war in dem vorhergehenden Sommer in 30 Fuss Tiefe verloren gegangen. Es kam wieder zum Vorschein, lag horizontal auf dem Wasser, war mit Eis 2 Fuss dick befroren.

Von Interesse sind Versuche, sich von der Bildung des Grundeises zu überzeugen, indem man absichtlich Gegenstände verschiedener Art auf den Grund des Flusses niederliess. Beim Herausziehen derselben lernte man die Beschaffenheit des Eises kennen, welches sich daran angesetzt hatte, so wie auch die Einwirkung der verschiedenen Körper auf die Bildung des Eises. In einem Mühlgraben von 3 Fuss Wassertiefe wurde ein Korb versenkt, in dem sich Ziegelsteine, Holzstücke, Metallplatten verschiedener Art, eine Bürste befanden. Die Lufttemperatur war $-5^{\circ},1$, das Wasser zeigte überall 0° . Während der Nacht bis zum anderen Morgen sank die Lufttemperatur bis auf $-6^{\circ},8$. Als der Korb heraufgezogen wurde, fand er sich ganz mit Eisblättchen bedeckt. Am wenigsten hafteten dieselben an den glatten Kupfer- und Messingplatten; mehr an einer rauheren Zinkplatte. Grösser waren dieselben an den Holzstücken. Am reichlichsten waren die Haare der Bürste damit bedeckt. Diese Blättchen bildeten Vielecke von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ Zoll Durchmesser; $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie Stärke, von weisser Farbe, geringer Durchsichtigkeit, Fischschuppen ähnlich. Sie standen winkelrecht auf der Oberfläche der Körper, hafteten nur lose daran, liessen sich leicht trennen. An der Oberfläche des Wassers zeigte sich, während der Korb eingetaucht war, keine Eisbildung. Sie war auch nicht zu vermuthen, die Strömung des Wassers war zu stark. Dieser Versuch entscheidet über die Bildung von Grundeis, während an der Oberfläche des Wassers kein Eis gebildet wird.

Das Grundeis bildet überall zuerst eine lose, schaumige, aus Eisnadeln zusammengesetzte Masse, an der unteren Seite

mit den Theilen des Flussgrundes behaftet. Während dasselbe an der Oberfläche abwärts treibt, friert das in den Zwischenräumen befindliche Wasser zu einer dichten Masse. Es unterscheidet sich leicht von dem klaren tafelförmigen Eise, welches an geschützten ruhigen Stellen am Rande (Ufer) sich ansetzt.

Die Massen des Grundeises, welche auftauchen, sind sehr verschieden; oft bleiben sie mehre Tage an dem Boden festsitzen, ehe sie sich losreissen. Es geschieht mit einer gewissen Heftigkeit, es schiesst auf der Kante stehend $\frac{1}{2}$ bis 1 Fuss über die Oberfläche hervor und legt sich dann auf die flache Seite, um fortzuschwimmen. In der Elbe hat man Körbe, die zum Fangen der Aale in 20 Fuss tiefes Wasser gelassen waren, am folgenden Tage ganz mit kleinen Eisscheiben von 2 Linien Dicke erfüllt gefunden; die sich in dem ruhigen Wasser gebildet hatten, an den Körben selbst haften durchsichtige Eiskügelchen. Auch hier wiederholte sich die Erscheinung, dass haarige Stoffe, Hanf, Wolle, Moos am leichtesten mit Eis besetzt werden.

Auf der Weichsel kommt das Grundeis oft in wenigen Stunden gegen Morgen, nach einer kalten Nacht in solcher Menge zum Vorschein und vermehrt sich so rasch, dass die ganze Oberfläche des Stromes damit bedeckt wird. Meilenweit bildet es blättrige schaumartige Schollen, meistens abgerundet und löcherig.

In der Aar bei Solothurn bildeten sich mehre Eisinseln in der Mitte des Flusses, aus einer $2\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll starken Eisedecke bestehend, die auf einer vom Boden in Gestalt eines umgekehrten Kegels aufsteigenden, lockeren und schwammigen Eismasse festsassen. *Hugi 12. Februar 1829.*

Selbst unter einer festen Eisedecke bildet sich Grundeis, was lange bezweifelt worden ist. Unter einer Eisedecke fand man in der Seine eine $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Lage von Grundeis. *Duhamel Februar 1836.*

Ehe die Verhältnisse dieser Eisbildung an sich näher betrachtet werden, möchte noch eine Erscheinung anzuführen sein, welche allgemein bei dem Uebergange der flüssigen in starre Körper statt findet.

Wenn gleiche Mengen von Wasser von 0° und von 60°

Temperatur mit einander gemischt werden und ein Verlust von Wärme nicht statt finden kann, so erhält das Gemisch eine Temperatur von 30° . Wenn dagegen eine Menge von Wasser von 60° Temperatur einem gleichen Gewichte von Eis von 0° zugesetzt wird, so entsteht daraus Wasser von 0° Temperatur und die 60° Wärme des Wasser sind nur allein dazu verwendet worden, um das Eis in Wasser von gleicher Temperatur zu verwandeln.

Auf gleiche Weise muss aber auch dem Wasser von 0° Wärme entzogen werden, um dasselbe erstarren zu machen, um Eis daraus zu bilden. Grade ebenso viel als erforderlich wäre, um dieselbe Wassermenge bis zu 60° zu erwärmen.

Wenn daher das Wasser ziemlich schnell dem Sinken der Temperatur der Luft bis zum Gefrierpunkt folgt, so erhält es sich lange in dieser Temperatur; denn um die ganze Wassermenge zu Eis gefrieren zu lassen, muss ihr ebenso viel Wärme entzogen werden, als um sie von 60° Temperatur bis auf 0° abzukühlen. Sobald sich Eis in dem Wasser bildet, giebt es diese Wärme ab, theilt sie dem Wasser mit und es muss nun von Neuem eine Abkühlung eintreten, bevor wiederum Eisbildung vor sich gehen kann.

Diese Wärme, welche sich der Einwirkung auf das Thermometer entzieht, nur in dem Cohäsionszustande des Flüssigen sich zu erkennen giebt, latente Wärme — trägt sehr wesentlich dazu bei, dass die Eisbildung im Winter nur langsam fortschreitet. Sie verhindert aber auch das rasche Schmelzen des Eises im Frühjahre. Denn dem Eise muss die grosse Menge von Wärme zugeführt werden, welche die gleiche Menge von Wasser, von 0° bis auf 60° bringen würde, um es in Wasser von 0° zu verwandeln. Ja das Eis würde sich im Frühjahre noch viel länger erhalten, wenn nicht eine starke Verdunstung desselben statt finde — eine Bemerkung, die sich uns im Winter oft aufdrängt, wenn wir bei kaltem trockenem Wetter Eismassen sich aufzehren und verschwinden sehen, ohne ein Abschmelzen bemerken zu können. Die Verdunstung findet immer statt, wenn die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist. Die Menge des Wasserdampfes, welcher zur Sättigung erforderlich ist, nimmt mit der Temperatur zu.

Wir haben die Verhältnisse betrachtet, welche bei dem Gefrieren eines stehenden Wassers statt finden. Die Bewegung der Flüsse ändert dieselben wesentlich ab. Diejenigen Theile, welche an der Oberfläche des Flusses durch Ausstrahlung, Mittheilung an die Luft und Verdunstung erkalten, werden fortdauernd mit allen andern Wassertheilen in Berührung gebracht und durch andere ersetzt. Die Vermengung findet statt nicht bloß so lange die oberste Wasserschicht durch Erkaltung schwerer wird, bis zu $3\frac{1}{8}^{\circ}$ R., sondern auch dann, wenn sie durch Erkaltung leichter wird bis zu 0° .

So erkaltet die ganze Masse des Flusses bis zu 0° durch die Bewegung des Wassers und die Verschiebung der Theile gegeneinander. Diess haben auch viele Beobachtungen unmittelbar gezeigt.

Bei weiterer Erkaltung muss Eisbildung eintreten. Der Uebergang in den starren Zustand lässt sich zwar beim Wasser durch völlige Ruhe aufhalten. Unter eigenthümlichen Verhältnissen ist Wasser im flüssigen Zustande bis 16° unter 0° erkaltet worden; die geringste Erschütterung bringt dann die Eisbildung in der ganzen Masse hervor, welche augenblicklich die Temperatur von 0° einnimmt.

Solche Verhältnisse finden aber am allerwenigsten im Flusse statt. Die Krystallbildung, welche beim Erstarren des Wassers eintritt, wird begünstigt, in dem sich die ersten Anfänge an einen starren Körper ansetzen. Selbst bei der Bildung des Eises an der Oberfläche stehenden Wassers gehen die ersten Eisstrahlen vom Rande aus. An der Oberfläche des fließenden Wassers werden aber die Anfänge der Krystallbildung fortwährend durch die Bewegung gestört und so treten sie denn wirklich an dem Boden des Flusses auf. Auch hier zunächst an geschützten Stellen und da, wo sie vortheilhafte Anhaftungspunkte finden. Die feinen Eisnadeln, welche sich an der Oberfläche bilden, werden durch die Bewegung des Wassers dem Grunde zugeführt und bleiben hier an günstigen Punkten haften. Sie sind bisweilen unmittelbar betrachtet worden, mögen aber oft wohl so fein und zart sein, dass sie der Beobachtung in dem fließenden und bewegten Wasser entgehen. Sie befördern die Bildung des Grundeises

ebenso wie auch Raureif- und Frostnebel, welcher die Oberfläche der Flüsse mit feinen Eisnadeln bedeckt.

Auf solche Weise ist die Bildung des Grundeises mit unserer Kenntniss von den Erscheinungen bei dem Uebergange des Wassers in den starren Zustand und von den Wirkungen der Wärme in Uebereinstimmung.

Es bleibt die nähere Ermittlung der Umstände, unter welchen vorzugsweise die Grundeisbildung vor sich geht, übrig, zu der vielfache Beobachtungen über den Zustand der Atmosphäre, über die Temperatur des Flusswassers und des Bodens der Flüsse gehören.

Von höchster Wichtigkeit ist es, dass das Eis — eine seltene Ausnahme — leichter als Wasser auf dem Wasser schwimmt. Dadurch wird es möglich, dass ein grosser Theil des Grundeises und des Randeises im Anfange des Winters das Meer erreicht und die Masse des Eises, welches gegen das Frühjahr zurückbleibt, vermindert. Wäre dem nicht so, so würde das Eis sich auf dem Boden der Flüsse anhäufen, und es würde nicht lange dauern, so müssten sie die verheerendsten Ueberschwemmungen bewirken, bis sie ganz erstarrten. Mit welchen Katastrophen würde das Aufgehen im Frühjahre oder im Sommer begleitet sein. Ein grosser Theil der Flussthäler, gegenwärtig der angenehmste und erfreulichste Aufenthalt, würde selbst in unseren Gegenden, noch viel mehr in nördlicheren und kälteren Ländern unbewohnbar sein.

Nach einigen Tagen von Kälte ist die Wassermasse des Rheins so weit abgekühlt, dass die Eisbildung beginnt. Wir sehen alsdann Grundeis und Randeis hier in kleineren und grösseren Schollen vorbeitreiben. Die Zuflüsse vermindern sich und regelmässig fällt der Strom bei eintretender Kälte. Er wird klar, er nimmt die schöne grüne Farbe an, auf der die weissen Eisinseln hinabschwimmen. Bei niederem Wasserstande bedecken sich die Sandbänke, die Untiefen, die flachen Ufer mit den Eisschollen. In Krümmungen, in Verengungen des Flusses drängen sich die Schollen mehr zusammen. Sie bleiben stehen, setzen sich wohl wieder in Bewegung. Endlich hat der Strom nicht mehr die Kraft, die zusammengeschobenen Schollen fortzutreiben. Das Eis stellt

sich. Es ist eine zusammenhängende Eisdecke, welche eine natürliche Brücke über den Strom bildet.

Es sind immer dieselben Stellen, an denen sich auf dem Rheine das Eis stellt, am Lurley oberhalb St. Goar, bei Mainz, unterhalb Coblenz, bei Düsseldorf, bei Rolandseck.

Alle Eisschollen, welche oberhalb eines solchen Eisstandes gebildet werden, dienen nur zur Verlängerung desselben aufwärts. Unterhalb vermindern sich die Schollen alsdann auffallend und es wird eine immer höhere Kälte erfordert, um auch hier das Eis so anzuhäufen, dass es sich stellt.

Am 18. Januar d. J. (1850) schob sich das Eis oberhalb St. Goar am Lurley zusammen; am 22. d. M. bei Düsseldorf. An keinem der dazwischen liegenden Punkte hat in diesem Winter ein Stellen des Eises statt gefunden. Nur oberhalb bei Mainz und unterhalb bei Emmerich und in Holland. In strengeren und anhaltenden Wintern als der diesjährige, bietet der Rhein mehre abwechselnde Strecken stehender Eisdecken und hellen klaren Wassers dar, auf dem wenige Eisschollen herabfliessen und die nächst unterhalb festliegende Eisdecke verlängern. Die Stellen, zunächst unterhalb der Punkte, wo sich das Eis zuerst stellt, bleiben gewöhnlich eisfrei, so ist es hier bei Bonn, wo seit einem langen Zeitraume der Rhein nicht zugegangen ist.

Das Eis muss sich von Cöln aus bis hierher sammeln und das geschieht selten.

Gegen Ende des Winters brechen diese feststehenden Eisdecken auf, nicht als unmittelbare Folge erhöhter Lufttemperatur, sondern als Wirkung der Anschwellung des Flusses. Schneeschmelzen, Regen steigert die Zuflüsse, der Fluss wächst. Die schwimmende Eisdecke hebt sich. Sie setzt dem wachsenden Strome ein Hinderniss entgegen, er steigt oberhalb derselben zu ganz ungewöhnlichen Höhen. Dadurch überwindet er das Hinderniss, sprengt und zertrümmert die Eisdecke. Sie setzt sich in Bewegung, stockt wieder, einzelne Theile schwimmen herunter, andere erst nach mehren Ansätzen, erst langsamer, dann schneller, je mehr sie an Zusammenhang verliert. Jeder Eisgang hat darin seine besonderen Eigenthümlichkeiten. Ein merkwürdiger Anblick, eine solche dicht gedrängte, den Strom erfüllende, mit grosser Geschwindigkeit dahin eilende Eismasse.

Vom 18. bis zum 24. Januar hat sich die Eisdecke vom Lurley bis Bingen ausgedehnt, und an diesem Tage erreichte auch der Rhein in den unteren Thalgegenden seinen tiefsten Stand $2' 9\frac{1}{2}''$. Es waren wenige Schollen im Rhein. Am 25. stieg bereits das Wasser, die Eisdecke bei Düsseldorf kam am Nachmittag in Bewegung, trieb langsam, setzte sich mehre Male und stand am 26. bei $5' 6''$ wieder fest. An diesem Tag ging das Eis der Mosel theilweise und der Sieg in Folge des heftigen Regen- und Thauwetters herunter, der Eisgang war sehr ungleich, bald stärker, bald schwächer.

Die Eisdecke oberhalb des Lurley bis Bingen schob sich stellenweise so zusammen, dass vom 26. bis 30. an jedem Abend der Rhein bei Bacharach, Rheindiebach, Trechtinghausen von Eis frei, und an den darauf folgenden Morgen mit Eis bedeckt war.

Der Wasserstand war am 26. Jan. zu Bacharach $16' 3''$; zu Oberwesel $11' 1''$. Jeden Augenblick hofften die Bewohner dieses engsten Theiles des Rheinthals auf das vollständige Losbrechen und auf den Abgang des Eises, aber vergebens. Am 30. erreichte das Wasser in Bacharach die Höhe von 1784 mit $34\frac{1}{3}$ Fuss, die Strassen sind mit Eis gefüllt. Bald ist dasselbe in Bewegung und das Wasser fällt mehre Fusse, bald steht es wieder und das Wasser steigt bis zu dem höchsten Stande. Dieser Zustand dauert bis zur Nacht zwischen dem 2. und 3. Februar, 8 volle Tage hindurch. Die unteren Eismassen treiben herab, andere nehmen ihre Stelle ein. Am 2. Februar hatte der Rhein in Oberwesel noch eine Höhe von $31' 4''$. Die Hindernisse wurden vom Strom in dieser Nacht beseitigt und die Hauptmasse des Eises fortgetrieben, hier unten hatte der Rhein am 2. $15'$ und gegen Abend vermehrte sich schon das Eis; gegen Morgen am 3. kam der Hauptstoss vorbei und am 3. Abends hatte sich die Höhe bis auf $25' 6''$ vermehrt, während dieselben an diesem Tage in Bacharach bis auf $17'$, in Oberwesel bis auf $19' 4''$ fiel.

So war mit diesem Tage die Noth des oberen Rheinthals beseitigt. Wenn auch in den unteren Rheingegenden, wo die Dämme bei Langel und Worringen beginnen und breite Landstrecken bis Emmerich an der Holländischen Grenzen schützen, durch die Ueberströmung und den Durchbruch derselben an

einzelnen Punkten ausserordentlich gelitten haben, so war doch die Besorgniss noch grösserer Unglücksfälle am 1. Febr. drohend; die Eisdecke zwischen Rees und Emmerich, in Holland auf dem grössten Theile der Waal, auf der Yssel und dem Leck stand noch fest; bei Emmerich bei 23' 2'' Wasserstand. Glücklicher Weise brachen aber diese Eisdecken am 2. und in der Nacht auf den 3. überall eher auf, als die gewaltigen Eismassen des Oberrheins mit dem anschwellenden Wasser sich erreichten. Denn hier erreichte das Wasser erst am 5. Mittags mit 29' 7'' seine grösste Höhe. So wurden die grösseren Verwüstungen diessmal von den unteren Rheingegenden abgewendet, welche dann unabwendbar sind, sobald das Eis von oben herab dort Eisdämme auf festliegender Eisdecke aufhäuft, die das Wasser zu ungewöhnlichen Höhen anstauen.

Mögen diese wenigen Anführungen genügen, um zu zeigen, wie Erscheinungen, welche an sich als sehr unbedeutend betrachtet werden, wie die Anomalie in der Ausdehnung des Wassers durch die Wärme nahe über dem Eispunkte, die beträchtliche Ausdehnung, welche das Wasser beim Uebergange aus dem flüssigen in den starren Zustand erleidet, so tief eingreifen in den Haushalt unserer Flüsse und Ströme, in die Bedingungen, wodurch unseren Wohnplätzen Annehmlichkeit verliehen oder Zerstörung gedroht wird; wie durch ihre genaue und sorgfältige Untersuchung, die Erklärung grosser und auffallender Naturerscheinungen bedingt wird; wie auch in diesem Theile der Physik unseres Erdkörpers der innige, unauflösliche und wundervolle Zusammenhang aller Gesetze, Erscheinungen, sich kund giebt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1850

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Dechen H. von

Artikel/Article: [Ueber die Eisbildung in den Strömen 119-133](#)

