Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1852)
Heft: 233-235

Artikel: Beschreibung eines neuen einfachen Bathometers, mit einer Abbildung
Autor: Fischer-Ooster, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318365

Nr. 233 bis 235.

C. Fischer-Ooster, Beschreibung eines neuen einfachen Bathometers, mit einer Abbildung.

(Gelesen den 7. Februar 1852.)

Es ist bereits 20 Jahre her, dass ich der Naturforschenden Gesellschaft in Bern die Theorie meines Bathometers, wie sie hier vorliegt, mitgetheilt habe. Ein Fehler indessen in dem damals von mir angewandten Mechanismus war Ursache, dass mein Instrument bisher keine practische Anwendung gefunden. Erst neuere Versuche, die ich letzten Sommer im Thunersee unternahm, hatten das glückliche Resultat, dass ich einen sehr einfachen Mechanismus erfand, um das Instrument von dem angehängten Gewichte zu befreien, so dass es von selbst wieder an die Oberfläche kömmt, und also wegen seiner Einfachheit und Wohlfeilheit practisch brauchbar zu werden verspricht, was man nicht von den bisher erfundenen Bathometern rühmen kann.

I. Theorie meines Bathometers.

Nach dem Mariot'schen Gesetz verhält sich das Volum einer Gasart umgekehrt wie der darauf lastende Druck. Wenn ich daher eine unten offene, oben geschlossene Glasröhre mit dem offenen Ende nach unten in das Wasser stecke, so wird sie sich um so mehr mit Wasser füllen, je tiefer ich sie hinunter lasse, d. h. je grösser der Druck der Wasserschichte über der Röhre ist. Aus der Höhe, bis zu welcher das Wasser in der Röhre gestiegen ist, kann ich, wenn dieselbe vorher genau calibrirt und graduirt worden ist, die jeweilige Tiefe berechnen, bis zu welcher man sie hinunter gelassen hat.

Bei 1 Athm. Druck ist die Glasröhre voll Luft, d. h. das Luftvolumen darin ist . . . $= 1$

» 2 . . . . $= \frac{1}{2}$

» 3 . . . . $= \frac{1}{3}$

» x Ath. . . . . $= \frac{1}{x}$

» $\frac{v}{v^1}$ » . . . . $= \frac{v^1}{v}$

Nenne ich das ganze Luftvolumen der Röhre v und das im Wasser reducirte Volum v^1, so bezeichnet folglich $\frac{v}{v^1}$ die Anzahl der einer Atmosphäre gleichen Drucke, die auf der Röhre gelastet haben. Diese werden verursacht, 1) durch eine gewisse Masse Wasser, und 2) durch die Atmosphäre selbst. Da wir aber nur die Höhe der Wassermasse messen wollen, so muss der von der wirklichen Atmosphäre ausgeübte Druck, der $= 1$ ist, von $\frac{v}{v^1}$ abgezogen werden, und es entsteht:

$$\text{I.} \quad P = \left(\frac{v}{v^1} - 1\right) \cdot A = \left(\frac{v}{v^1} - 1\right) \cdot 13{,}598 \cdot B,$$

wo P die jeweilige Tiefe des Wassers, bis zu welcher gemessen wurde, und A die dem jeweiligen Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht haltende Wasserschichte, und B der Barometerstand auf 0^0 reducirt bedeutet. 13,598 ist das spec. Gewicht des Quecksilbers bei 0^0.

Der Werth von A ändert mit dem Barometerstande. Er wird erhalten, wenn man das specifische Gewicht des Quecksilbers 13,598 mit dem jeweiligen Barometerstande multiplicirt. Die erhaltene Tiefe wird alsdann in Metern erhalten, wenn der Barometerstand in Millimetern angegeben ist. Will man das Resultat in neuen Schweizerfussen haben, so braucht man nur die also erhaltene Zahl mit $\frac{10}{3}$ zu multipliciren. Zur Abkürzung der Rechnung diene folgende kleine Tabelle für den Werth von A bei verschiedenen Barometerständen, von 5 zu 5 Millimetern, in neuen Schweizerfussen angegeben:

Bei	700	Mill.	Bar.	ist	A	= 31,72	neue Schweiz. Fusse.
	705	»	»	»	»	= 31,95	»
	710	»	»	»	»	= 32,18	Differenz für 1
	715	»	»	»	»	= 32,40	Mill. Bar. = 0,046 Fuss.
	720	»	»	»	»	= 32,68	
	725	»	»	»	»	= 32,86	
	730	»	»	»	»	= 33,08	
	735	»	»	»	»	= 33,31	
	740	»	»	»	»	= 33,54	
	745	»	»	»	»	= 33,77	
	750	»	»	»	»	= 33,99	
	755	»	»	»	»	= 34,22	
	760	»	»	»	»	= 34,44	
	765	»	»	»	»	= 34,67	

Zur Erläuterung des Gesagten möge folgendes Beispiel dienen. Man liess die Glasröhre, die in 100 Theile graduirt war, in das Wasser und fand beim Herausziehen, dass der Wasserstand in der Röhre bis auf 10 der Graduation gedrungen war, dass also das ursprüngliche Luftvolumen sich um $\frac{9}{10}$ verdichtet hatte. Der Barometerstand während dieser Zeit war 712 Millimeter. Es ist also hier

$$A = 32{,}18 + 2(0{,}046) = 32{,}27 \quad \text{und}$$

$$P = \left(\frac{100}{10} - 1\right) \times 32{,}27 = 290{,}4 \text{ Fuss.}$$

Wäre der Barometerstand 710 Mill. gewesen, anstatt 712, so hätte sich nur eine geringe Differenz im Endresultat gezeigt, denn P wäre alsdann $= 9 \times 32{,}18 = 289{,}6$. Man sieht daraus, dass man mit dem Stande des Barometers nicht zu ängstlich sein braucht. Es genügt ihn beim Weggehen von Hause, bevor man eine Messung unternimmt, zu beobachten.

Die Formel I. ist für Messungen in süssem Wasser bestimmt. Wollte man mein Bathometer zu Messungen im Meere gebrauchen, so müsste sie wegen der grössern Dichtigkeit des Meereswassers folgendermassen modificirt werden:

$$\text{II.}\quad P=\left(\frac{v}{v^1}-1\right)\frac{13{,}598\cdot B}{1{,}027}=\left(\frac{v}{v^1}-1\right)\cdot 13{,}240\cdot B\cdot$$

Im Uebrigen würde wie oben verfahren.

Capillarität und Temperaturcorrection.

Im obigen Beispiele wurde keine Rücksicht auf den Einfluss genommen, den die Capillarität der Röhre und eine geringere Temperatur des zu messenden Wassers auf das Luftvolumen der Glasröhre hat. Dieser muss aber, will man ein genaues Resultat erhalten, jedenfalls berücksichtigt werden. Denn je wärmer die äussere Luft ist, und je kälter das Wasser, um so mehr wird die Luft in der Röhre sich condensiren und, ohne die nöthige Correction, das Endresultat zu gross werden.

Wenn man die Temperatur der untern Wasserschichten genau kennte, und wenn das Instrument lange genug im Wasser bliebe, um in allen Theilen diese Temperatur anzunehmen, so wäre die Berechnung sehr leicht. Es sei z. B. die äussere Temperatur der Luft $= T$, die der Tiefe $= t$, so hätten wir wegen der Ausdehnung um $\frac{1}{272{,}85}$ des Volumens bei 0^0 für jeden Grad über 0:

$$\text{III.}\quad P=\left\{\frac{v}{v^1+\frac{v^1(T-t)}{272,85+t}}-1\right\}\cdot A\cdot=\left(\frac{v\cdot(272,85+t)}{v^1(272,85+T)}-1\right)\cdot A\cdot$$

Dieses entsteht folgendermassen. Wenn x das Luftvolum bei 0^0 bedeutet, v dasselbe bei t^0
v^1 dasselbe bei T^0, so ist:

$$v=x+\frac{t\cdot x}{272,85}\qquad x=\frac{272,85\cdot v}{272,85+t}$$

$$v^1=x+\frac{T\cdot x}{272,85}$$

$$v^1-v=\frac{T\cdot x}{272,85}-\frac{t\cdot x}{272,85}=\frac{x\cdot(T-t)}{272,85}$$

und da $x=\frac{272,85\cdot v}{272,85+t}$, so ist

$$v^1-v=\frac{272,85\cdot v}{272,85+t}\cdot\frac{(T-t)}{272,85}=\frac{v\cdot(T-t)}{272,85+t}\quad\text{und}$$

1) $v^1=v+\frac{v\,(T-t)}{272.85+t}$. Es ist ferner, wenn man überall mit $(272,85+t)$ multiplicirt,

$$\begin{aligned}v^1\cdot(272,85+t)&=v(272,85+t)+v\cdot(T-t)\\&=v\cdot 272,85+vt+vT-vt\\&=v\cdot 272,85+vT=v(272,85+T)\ \text{und}\end{aligned}$$

2) $v^1=\frac{v\,(272,85+T)}{272,85+t}$

Es ist aber der Formel 1 der Vorzug zu geben, weil sie für unsern Zweck bequemer ist, als Nr. 2.

Da aber in der Zeit, in welcher das Bathometer unter dem Wasser bleibt (3 bis 5 Minuten für eine Tiefe von 4 bis 500 Fuss), die Temperatur der Luft in der Glasröhre sich nicht ganz ins Gleichgewicht setzen kann mit derjenigen der tiefern Wasserschichten — es brauchte dazu bei grössern Temperaturdifferenzen wenigstens 10 Minuten — so würde, selbst wenn ich die Temperatur der untern Wasserschichten genau kennte und ihren Werth zur Correction von v^1 in Formel III. anwenden wollte, selbst dann diese Correction kein zuverlässiges Resultat geben. Ich habe daher auf den Rath meines Freundes, Hrn. Professor C. Brunner jun., mein Instrument so eingerichtet, dass die Glasröhre während der ganzen Operation von einer Schichte Wasser der Oberfläche umgeben bleibt. Ich erziele dadurch den grossen Vortheil, dass die Temperaturbeobachtungen sowohl des Wassers als der Luft ganz vermieden werden und dass meine Formel der Berechnung sehr vereinfacht wird. Denn durch ein vorläufiges Eintauchen der Glasröhre bis in eine bestimmte Tiefe (von 1 oder 2 Fuss) sehe ich um wieviel bei diesem Drucke und dieser Temperatur das Wasser in der Röhre ansteigt. Nenne ich dieses Quantum m und die Tiefe bis zu welcher bei diesem Probeversuch die Röhre eingesenkt wurde p, so ist

$$P = \left(\frac{v - m}{v^1} - 1\right) \cdot (A + p) + p$$

Es versteht sich von selbst, dass der Werth der Capillarität, als eine constante Grösse, zuerst sowohl von m abgezogen als zu v^1 addirt werden muss. Nenne ich daher den Werth der Capillarität c, so ist

$$\text{IV.} \quad P = \left(\frac{v - (m - c)}{v^1 + c} - 1\right) \cdot (A + p) + p$$

Ein Beispiel mag dieses erläutern und zeigen, dass das Endresultat dasselbe ist, als mit Formel III.

Wenn ich eine in 500 gleiche Volumtheile eingetheilte Glasröhre bei einem Luftdrucke, der 32 Fuss Wasser das Gleichgewicht hält, 2 Fuss tief in das Wasser halte, so wird dasselbe um ein Gewisses in der Röhre ansteigen, und zwar wegen dem Drucke von 2 Fuss Wasser um 29,4 Theile (denn $\left(\frac{500}{x} - 1\right) \cdot 32 = 2$, $x = 470{,}58$ und

$500 - 470{,}58 = 29{,}41$), wegen der Capillarität will ich annehmen um 1 Theil, und wegen der Temperaturdifferenz will ich annehmen um 9,6 Theile. Also $m = 29{,}4 + 1 + 9{,}6 = 40$. Lasse ich nun die Röhre bis in eine Tiefe von 10 Athmosphären Druck, so wird das Wasser in der Röhre bis auf 50 steigen, d. h. das Luftvolumen beträgt nur noch $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen. Der Werth für die Temperaturcorrection würde bei diesem reducirten Volum nur 1,04 betragen, denn $460 : 9{,}6 = 50 : 1{,}04$. Die Capillarität bleibt $= 1$.

Nun aber ist

$$1)\ P = \left(\frac{500}{50+1+1{,}04} - 1\right) \cdot 32 \quad = 275{,}4$$

$$2)\ P = \left(\frac{500-(40-1)}{50+1} - 1\right) \cdot (32+2) + 2$$

$$= \left(\frac{461}{51} - 1\right) \cdot 34 + 2 = 273{,}3 + 2 = 275{,}3$$

Um den Werth von c (Capillarität) genau zu erhalten für jede Röhre, verfahre ich ebenso; ich berechne den Werth für m nach der Formel III., und wenn ich y den Werth für den Temperatureinfluss, z den für den Wasserdruck nenne, so ist: $c = m - (y+z)$

Man sieht, dass das ganze Verfahren sehr einfach ist; von allen Grössen in der Formel IV. variirt nur v^1. Die Werthe von A, p, m und c, einmal gefunden, bleiben dieselben für alle Messungen, die man an einem und demselben Tage und in demselben See vornimmt.

Da dieses eben beschriebene Verfahren jedoch nur mit der einfachen von oben bis unten graduirten Röhre statthaben kann, nicht aber wenn ich mich eines Ansatzes (Fig. II. v.) bediene, aus Gründen die von selbst einleuchten, so ist für diesen letztern Fall nöthig in der Formel III.

den Factor für die Capillarität anzubringen. Heisst dieser c, so ist

$$\text{V.}\quad P = \left\{ \frac{v}{c + v^1 + \frac{v^1(T-t)}{272{,}85+t}} - 1 \right\} \cdot A \cdot$$

Correction für die Compressibilität des Wassers·

Da nach den Untersuchungen von Colladon und Sturm *) das Wasser bei jedem Druck Atmosphäre sich um 0,00004965 des urspünglichen Volums zusammenzieht, so wäre eigentlich nöthig darauf Rücksicht zu nehmen bei Messungen mit meinem Instrumente. Da indessen diese Correction bei circa 1000 Fuss Tiefe noch nicht einen ganzen Fuss beträgt, so kann sie füglich bei Messungen in unsern Landsee'n unterbleiben. Wollte man hingegen mein Bathometer zu Sondirungen im Meere anwenden, wo Tiefen von 20,000 Fuss und mehr vorkommen, so muss diese Correction angewandt werden. Die Formel IV. würde sich folgendermassen gestalten. Bezeichne ich der Kürze halber in Formel V den Theil

$$\left\{ \frac{v}{c + v^1 + \frac{v^1(T-t)}{272{,}85+t}} - 1 \right\} \text{mit } n, \text{ so ist}$$

VI. $P = n \cdot A(1-(n+1) \cdot 0{,}0000248)$ der Ausdruck der Formel mit Berücksichtigung der Compressibilität des Wassers. Denn bei dem Drucke von

1 Athmosphäre	ist	A'	$= A - 0{,}0000496 \cdot A$
2 »	»	A''	$= A - (0{,}00004965 \cdot A)2 \cdot$
3 »	»	A'''	$= A - (0{,}00004965 A \cdot)3 \cdot$
n »	»	A^n	$= A - (0{,}00004965 A \cdot)n$, folglich

*) Vide Müller. Pouillet I. p. 113.

die Summe $S = n \cdot A - \left(\frac{n^2+n}{2}\right) \cdot 0{,}00004965 \cdot A$

$$= n \cdot A - (n^2+n) \cdot 0{,}0000248 \cdot A \cdot$$
$$= n \cdot A\,(1-(n+1) \cdot 0{,}0000248 \cdot)$$

Für eine Tiefe von 20,000 Fuss beträgt diese Correction schon 300 Fuss.

Einfluss der verschiedenen Temperaturen des Wassers auf den Werth von A in der Formel.

Es bleibt mir noch, um die Theorie des Bathometers zu vervollständigen, Einiges über den Einfluss, den die verschiedenen Temperaturen des Wassers auf den Werth von A haben können, beizufügen. Dieser basirt sich auf das specifische Gewicht des Quecksilbers, bei 0^0 berechnet, verglichen mit der Dichtigkeit des Wassers bei 4^0. Wenn nun eine Wassersäule von 32 Fuss, bei 4^0, der Quecksilbersäule im Barometer oder der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, so muss diese Wassermasse etwas grösser sein, wenn sie bedeutend mehr als 4^0 hat, denn man weiss aus Erfahrung, dass ein Volum Wasser von 4^0 bis zum Siedepunkt sich um $\frac{1}{23}$tel des ursprünglichen Volums ausdehnt, also eine Wassersäule von 23 Fuss würde, bis zum Siedepunkt erhitzt, 24 Fuss betragen. Nehmen wir nun an, dass diese Ausdehnung von 4^0 bis 100^0 gleichmässig zunehme — was nicht weit von der Wahrheit sein wird — so beträgt dieses in diesem Falle (für eine Wassersäule von 23 Fuss) für jeden Grad mehr ungefähr 1 Linie $\left(\frac{100}{96}\right)$. Dieses wird als Basis für die Berechnung dienen.

Aus den Untersuchungen, welche Herr Professor C. Brunner jun. und ich über die Temperatur im Thunersee angestellt haben, erhellt, dass selbst in den Monaten

August und September, wo die wärmere Temperatur am tiefsten sich fühlbar macht, 1) die Differenz zwischen den obersten und untersten Wasserschichten nie mehr als 15^0 ($14^0,8$) Cent. beträgt, und 2) dass unter 120 Fuss von der Oberfläche die Differenz der Temperatur höchstens 2^0 Cent. beträgt ($1^0,7$ Cent.) und unter 350′ höchstens $0^0,2$. Daraus folgt, dass man die ganze Wassermasse unter 350 Fuss Tiefe (wenigstens in unsern Schweizersee'n) als eine constante Grösse ansehen kann hinsichtlich des Coefficienten A in der Formel, und dass nur was darüber ist einiger Veränderung unterworfen sein kann. Diese obere Masse theilt sich wieder in circa 230 Fuss, die höchstens um 2^0, und in 120 Fuss, die von 5^0 Cent. auf $18^0,7$ sich erwärmen können.

Wenden wir hier an, was wir oben über die Ausdehnung einer Wassersäule von 23 Fuss (d. h. 1 Linie für jeden Grad) gefunden haben, so erhalten wir

1) für die Masse von 230 Fuss 10·2 Linien = 20 Linien,

2) » » » von 120 Fuss

für die untersten	23	Fuss	für circa	3^0	Diff.	3	Linien,
» » folgenden	23	»	»	» 6^0	»	6	»
» » »	23	»	»	» 8^0	»	8	»
» » »	23	»	»	» 9^0	»	9	»
» » »	23	»	»	» 12^0	»	12	»
» » »	5	»	»	» 14^0	»	3	»

Summe für 120 Fuss ungefähr 41 Linien

und für alle 350 Fuss nicht mehr als 6 Zoll, oder genauer:

$$\frac{100 \cdot 61}{96} = 6 \text{ Zoll } 3^1/_2 \text{ Linien.}$$

Man sieht daraus, dass bei den Messungen mit meinem Bathometer, in unsern Schweizersee'n wenigstens, der Einfluss der Temperatur auf die Ausdehnung des Wassers ohne allen Nachtheil unbeachtet bleiben kann. Anders verhält es sich freilich bei Messungen im Meere, bei Tiefen von mehrern tausend Fuss. Um hier eine Berechnung anzustellen, fehlen mir die nöthigen Daten. Die Ausdehnung, welche die grössere Temperatur auf eine so hohe Wassersäule bewirken kann, wird jedenfalls mehr als aufgehoben durch die Verdichtung, welche die Compressibilität des Wassers bewirkt. Denn eine Wassersäule von 23,000 Fuss, von 5^0 bis auf 25^0 Cent. gleichmässig erwärmt, würde sich um circa 200 Fuss ausdehnen, welches in der Wirklichkeit niemals der Fall sein kann, da nach der Erfahrung die untern Wasserschichten auch im Meere viel kälter als die obern sind. Hingegen erleidet nach dem was wir oben über die Compressibilität des Wassers gesagt haben eine Wassersäule von circa 23,000 Fuss durch dieselbe eine Verminderung von circa 380 Fuss, so dass, würde sowohl die Compressibilität als der Einfluss der Temperatur des Wassers vernachlässigt, man immer ein etwas zu grosses Resultat mit der Formel II. erhalten müsste.

II. Beschreibung des Bathometers.

Das Instrument, nach den letzten Verbesserungen die ich daran angebracht habe, besteht aus drei wesentlichen Theilen: 1) der graduirten, an einem Ende geschlossenen Glasröhre zum Abmessen der eingeschlossenen Luft; 2) einem hölzernen Rohre, worin die Glasröhre eingeschlossen wird und welches zugleich als Schwimmer dient, und endlich 3) der mechanischen Vorrichtung zum Anhängen eines Gewichtes und zum Ablösen desselben, so wie es den Grund berührt.

1. Die Glasröhre. Diese muss vor allen Dingen wohlcalibrirt sein mit einer beliebigen Graduation, deren Anfang an dem geschlossenen Ende der Röhre beginnt. Die Grade mögen etwa 1 Millimeter oder etwas mehr von einander entfernt sein. Die Länge der Röhre richtet sich nach derjenigen des hölzernen Rohres, worin sie zu stehen kommt. Je länger beide sind, desto besser ist es. Die Weite der Röhre im Lichten mag etwa $1/2$ Zoll betragen. Damit der jeweilige Wasserstand in der Röhre auch nach dem Wiederhinausnehmen aus dem Wasser sichtbar bleibe, ist es nothwendig, deren innere Seite mit einer leicht sichtbaren und vom Wasser leicht lösbaren Substanz zu überziehen. Sehr feiner Zuckerstaub hat sich mir als sehr brauchbar dazu erwiesen, denn er hinterlässt eine sehr nette Marke. Damit derselbe nicht Klumpen bilde, ist es nothwendig, die Röhre jedesmal mit trockener Baumwolle auszuwischen, bevor man den Zuckerstaub hineinthut, und nachher den Ueberschuss desselben durch einige leichte Schläge an das Rohr zu entfernen; denn es darf nur ein ganz feiner möglichst gleichmässiger Ueberzug, gleichsam ein Anhauch, in der Röhre bleiben, damit das Luftvolumen nicht vermindert werde. Wenn man die trockene Röhre mit Baumwolle, die mit Terpentinöl sehr leicht befeuchtet ist, bestreicht, so bleibt der Zuckerstaub sehr gut hängen ohne Klumpen zu bilden.

2. Das hölzerne Rohr. Dieses muss von leichtem Holze, am besten Lindenholz, gemacht sein; die innere Höhlung muss noch einmal so gross sein als der Durchmesser der Glasröhre, damit diese freien Spielraum habe. Damit das Rohr gut schwimme, auch wenn die Glasröhre darin ist, ist es nothwendig, dessen Wände nicht zu dünn zu machen, etwa $1/2$ Zoll Dicke. Das hölzerne Rohr hat den dreifachen Zweck: 1) die Glasröhre vor dem Brechen zu schützen, 2) die in derselben eingeschlossenen Luft vor dem Contact der untern kältern Wasserschichten zu bewahren, und 3) dem Instrument alt Schwimmer zu dienen. Es wird, nachdem die bepuderte Glasröhre hineingestellt worden, mit einem Korke oben wohl verschlossen. Das Wasser kann durch ein unten angebrachtes Loch leicht eindringen. Damit die Glasröhre, sollte sie bedeutend kürzer als das hölzerne Rohr sein, nicht zu tief hinunter gehe, ruht sie auf einem Stifte, der durch das Rohr geht. Das untere Ende des hölzernen Rohres wird ebenfalls mit einem Korke wohl verschlossen; an diesen Kork wird

3. Die mechanische Vorrichtung zum Anhängen und Ablösen des Gewichtes angeschraubt. Diese ist äusserst einfach. Sie besteht aus zwei Rädchen mit einer Rinne auf der Hälfte ihrer Peripherie. Die Rädchen sind fest an die Axe angelöthet, die sich frei in einer Gabel bewegt, deren anderes Ende in den Kork des hölzernen Rohres geschraubt wird. An der Axe ist ferner eine Art Deichsel angelöthet, die mit einem kleinen Gewichte beschwert wird. Diese Deichsel muss auf derselben Seite wie die Rinne der Rädchen sein. Die beigefügte Tafel wird dieses deutlicher machen.

Fig. IV zeigt das untere Ende des hölzernen Rohres, das mit dem Kork kk verschlossen ist. In diesem steckt die Gabel f mittelst einer Schraube. Sie trägt die Axe n mit den beiden Rädchen ii und der kleinen Deichsel g, an deren Ende das Gewichtchen h ist. Will man nun das Instrument in die Tiefe eines See's lassen, so bringe man zuerst die Deichsel g in die Höhe (vide Fig. III u. I), so dass auch die Rinne der Rädchen nach oben kommt; auf jede derselben kommt eine der Schleifen rr, welche das Ende einer kurzen Schnur bilden, an welcher ein Stein als Gewicht hängt. So lange der Stein frei in der

Luft oder im Wasser hängt, wird die Deichsel g in der Position bleiben, wie Fig. I und III zeigen; so wie er aber den Grund berührt, wird der Druck, den die Schnur auf die Peripherie der Rädchen ii übt, nachlassen, das kleine Gewicht h am Ende der Deichsel g wird niederfallen (vid. Fig. IV), und da die entgegengesetzte Seite der Rädchen an ihrer Peripherie keine Rinne sondern eine scharfe Kante haben, so müssen die Schleifen der Schnur über die schräge Fläche der Rädchen abgleiten und das Instrument von seinem Gewichte befreit wird wieder an die Oberfläche des Wassers kommen. Zu grösserer Vorsicht ist die Schnur r nicht immediat mit dem Stein verbunden; sie geht frei durch den Ring l, der an den Stein gebunden ist, damit, wenn durch irgend einen Zufall eine der Schleifen sich an einem der Rädchen verwickeln sollte, die andere wenigstens durch den Ring hindurch gezogen werden und das Instrument sich gleichwohl wieder flott machen kann. Aus diesem Grunde ist es auch besser, anstatt zwei Schleifen an die Schnur zu knüpfen, die beiden Enden derselben nur mit einem Knopfe zu verbinden, und die also verbundene Schnur durch den Ring zu ziehen, so dass dann jedes Ende eine Schleife bildet. Auf diese Weise werden die Knöpfe der Schnur das Durchgleiten durch den Ring nicht hindern, und das Instrument wird sicherer wieder emporkommen (vid. Fig. VI).

Es ist nothwendig, dass das hölzerne Rohr, wenn die Glasröhre darin und die Vorrichtung mit den Rädchen unten angeschraubt ist, senkrecht im Wasser stehe (dieses wird durch angebrachte Bleiplättchen am untern Ende des Rohres bewirkt) und wenigstens $^1/_2$ Fuss, je mehr je besser, mit dem obern Ende über die Wasserfläche hervorrage, damit das Instrument auch bei unruhigem Wasser von Weitem sichtbar werde, denn da es bei grosser

Tiefe oft lange unter dem Wasser bleibt, so wird, wenn Wind geht, das Schiff auf welchem man sich befindet oft weit von der Stelle fortgetrieben, wo man das Instrument hinunterliess; und es braucht grosse Aufmerksamkeit, um es wieder zu finden. Bei einer Tiefe von 400 Fuss braucht es wenigstens 3 Minuten, denn man darf keinen zu schweren Stein nehmen, weil er sich sonst ablöst ehe er den Grund berührt. Er muss gerade schwer genug sein, um das Instrument nicht zu rasch unter das Wasser zu ziehen.

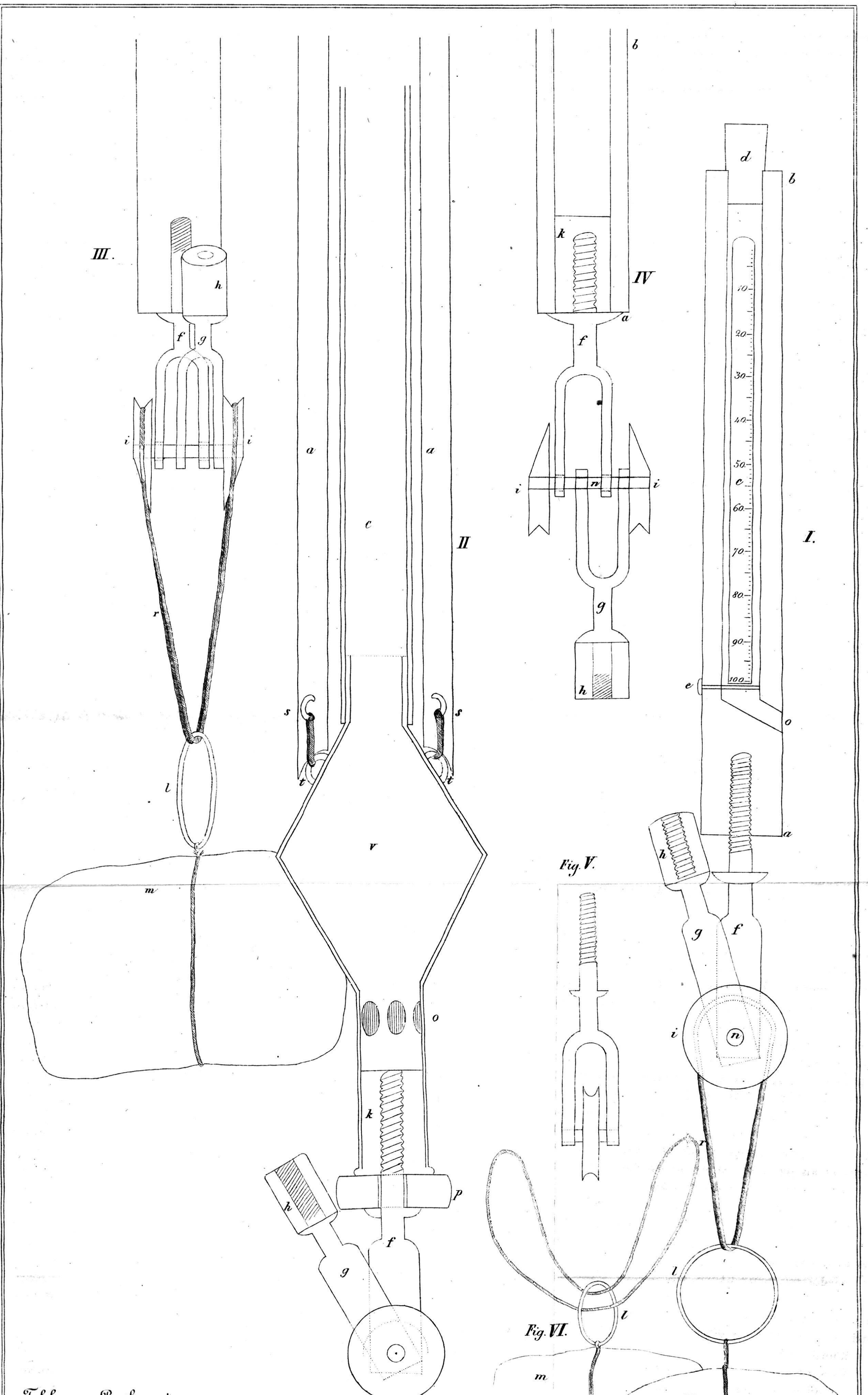
Wollte man sich meines Bathometers zu Messungen im Meere bedienen, so müsste das hölzerne Rohr etwa 10 Fuss lang sein und etwa $^1/_2$ Fuss im Durchmesser haben, damit das obere Ende weit über die Fläche des Wassers hervorrage. Kanonenkugeln könnten als Gewichte dienen. Doch kommen wir wieder auf die Erklärung der beigefügten Tafel.

Fig. I, ab, stellt in verjüngtem Maassstabe das hölzerne Rohr vor, worin die gläserne Röhre c auf dem Stifte e ruht; d ist der Kork, womit es oben verschlossen wird, o das Loch zum Einlassen des Wassers. Dieses kann auch an dem untern Korke angebracht werden. An diesem untern Ende befindet sich die Vorrichtung mit den Rädchen zum Aufhängen und Ablösen des Gewichtes, wovon oben die Rede war.

Fig. V zeigt eine gewöhnliche Schraube mit einem Rädchen, wie sie zum Aufziehen von Storen dient; sie kann für ein Geringes in jedem Eisenladen gekauft werden. Wenn man zwei solche Rädchenschrauben nimmt, die Axe herausschlägt, die Rädchen schräg abfeilt, und das Ganze wieder zusammenfügt, wie Fig. IV zeigt, und um das Ende der Schraube g ein wenig Blei giesst, so hat man eine Vorrichtung zum Anhängen und Ablösen des Gewichtes, wie sie nicht wohlfeiler sein kann, und die nichts zu wünschen übrig lässt, wenn die Axe n frei spielt und die Aussenseite der Rädchen mit Siegellack oder Zinn ausgefüllt worden ist, damit die Schnüre beim Hinabgleiten nirgends anhängen können. NB. Die beiden Rädchen und die Deichsel g bewegen sich mit der Axe n, an die sie festgelöthet sind.

Fig. II zeigt die Form, die ich dem Instrument gebe, wenn ich, um grössere Tiefen zu messen, genöthigt bin, mich eines Ansatzes von Blech zu bedienen, um das Luftvolumen der Glasröhre künstlich zu vermehren. Denn da schon bei circa 300 Fuss Tiefe die eingeschlossene Luft sich auf $^1/_{10}$ des ursprünglichen Volums reducirt, so würden mit der einfachen Röhre alle weitern Tiefen auf das letzte Zehntel der Röhre fallen, und mithin die geringste Differenz im Wasserstande der Röhre schon eine grosse Differenz in der gemessenen Tiefe bedingen, und so das Instrument an Genauigkeit verlieren. Desshalb ist der Ansatz v nöthig. Nehme ich z. B. eine Röhe von 10 Zoll Länge und mache einen Ansatz, der gerade 9mal so viel Luft hält als jene, so ist es als ob ich eine Röhre von 100 Zoll Länge hätte, und wenn bei der einfachen Röhre das Wasser in derselben bis auf $^9/_{10}$ gestiegen ist, so wird bei der Röhre mit dem Ansatze erst dieser mit Wasser gefüllt sein, und während vorhin für alle Tiefen unter 300 Fuss nur noch $^1/_{10}$ der Röhre dienen konnte, hat man hier wieder die ganze Röhre, mithin eine 10mal grössere Genauigkeit. Es versteht sich von selbst, dass für geringere Tiefen dieser Ansatz nicht gebraucht werden kann, weil erst bei circa 300 Fuss das Wasser die Graduation der Röhre erreicht.

Es wird unnöthig sein zu bemerken, dass die Glasröhre luftdicht an den Ansatz von Blech angekittet sein muss. Am Besten wäre freilich den Ansatz mit der Röhre



Tafel zum Bathometer
von C. Fischer-Ooster.

in einem Stücke von Glas sich anfertigen zu lassen, und das Ganze in einen breiten hölzernen Cylinder zu thun, in der Art wie Fig. I. Bei Fig. II ist c die Glasröhre, v der blecherne Ansatz, k der Kork in welchem die Vorrichtung zum Ablösen des Gewichtes angeschraubt wird, p die Bleiplatte zum Vermehren des spec. Gewichtes des Instrumentes, im Falle es nöthig ist, o die Oeffnungen zum Eindringen des Wassers, a das hölzerne Rohr, das mittelst der Häkchen ss an die Ringe tt des blechernen Ansatzes befestigt wird.

Sei dem wie ihm wolle, so muss man jedenfalls darauf bedacht sein, sein Instrument so wohlfeil als möglich zu machen, denn trotz der grössten Vorsichtsmassregeln kann es wiederfahren, dass es entweder im Grunde des Wassers bleibt, oder beim Heraufkommen nicht wieder gefunden wird. Wenn man die Röhre sich selbst auf Papier graduirt und mit Firniss überstreicht, und die vorhin von mir beschriebene Vorrichtung mit den Rädchen sich anfertigt, so wird ein solches Instrument den Preis von 2 franz. Franken nicht übersteigen, und man wird doch eine so grosse Genauigkeit in den Resultaten erhalten, als sich mit der Messschnur erwarten lässt, vorausgesetzt, dass die Glasröhre gehörig calibrirt und graduirt worden.

Dieses zu beweisen, mögen folgende Versuche dienen:

Den 31. Mai 1851 liess ich eine in 100 Theile graduirte Glasröhre, inwendig mit Zuckerstaub bepudert, zuerst in eine Tiefe von 100 Fuss, darauf in eine Tiefe von 200′ und endlich von 300′. Wegen der durch den langen Gebrauch erlittenen Ausdehnung der Schnur, die ich nachher genau verificirt habe, sind diese Tiefen 101,202 und 303′ anzunehmen. Der Barometerstand, auf 0^0 reducirt, war circa 718 Mill., welches einer Wassersäule von 32,5 neuen Schw. Fuss entspricht ($13{,}598 \cdot 0{,}718 \cdot \frac{10}{3} = 32{,}5$). Die Temperatur der Luft während dieser Versuche war $+14^0$ Cent., die der Oberfläche des See's $+11^0{,}5$. Diejenige der Tiefe des Wassers konnte ich leider nicht direct erproben, da mir ein dazu bestimmtes Thermometer verunglückte; sie wird aber nach den früher von Hrn. Prof. C. Brunner jun. und mir angestellten Versuchen über die Temperaturen im Thunersee bei verschiedenen Jahreszeiten und Tiefen sehr annähernd sein:

für	101	Fuss	circa	6^0 Cent.
»	202	»	»	5^0 »
»	303	»	»	$4^0{,}8$ »

Die Capillarität der Röhre hatte ich zu 0,5 erprobt (die ganze Röhre $= 100$). Ich erhielt

bei	100	Fuss	Tiefe	$v^1 = 23{,}5$
»	200	»	»	» $= 13{,}0$
»	300	»	»	» $= 9{,}25$

Die Berechnung gibt also:

$$1)\quad P = \left\{ \frac{100}{23{,}5 + \frac{23{,}5(14-6^0)}{272{,}85+6^0} + 0{,}5} - 1 \right\} \cdot 32{,}5$$

$$= \left(\frac{100}{24{,}67} - 1 \right) \cdot 32{,}5 = 99{,}1 \text{ Fuss.}$$

$$2)\quad P = \left\{ \frac{100}{13 + \frac{13(14-5)}{272{,}85+5} + 0{,}5} - 1 \right\} \cdot 32{,}5$$

$$= \left(\frac{100}{13{,}92} - 1 \right) \cdot 32{,}5 = 200{,}8$$

$$3)\quad P = \left\{ \frac{100}{9{,}25 + \frac{9{,}25(14^0-4^0{,}8)}{272{,}85+4^0{,}8} + 0{,}5} - 1 \right\} \cdot 32{,}5$$

$$= \left(\frac{100}{10{,}05} - 1 \right) \cdot 32{,}5 = 290{,}8$$

Ob die grosse Differenz in Nr. 3 von einem Beobachtungsfehler, oder von einem Fehler in der Graduation der Röhre, oder endlich daher rührt, dass ich den Factor der Capillarität zu gross angenommen habe, kann ich hier nicht entscheiden. Wenn ich die Capillarität in allen drei Versuchen nur zu 0,25 annehme, so erhalte ich

1) P = 100,5
2) P = 205
3) P = 299.

Jedenfalls ist es ein Grund mehr, bei Messungen von grössern Tiefen entweder eine längere Glasröhre oder einen Ansatz zur Vergrösserung des Luftvolumens zu nehmen, wo denn allfällige Ungenauigkeiten in der Graduation der Röhre oder in der Bestimmung der Capillarität ohne merklichen Einfluss auf das Endresultat sind. Zu obigen drei Versuchen war die Glasröhre circa 1 Fuss lang.

Zum Schlusse will ich noch eines Versuches erwähnen, den ich bei einem Drucke von circa 23 Atmosphären gemacht, und der, obgleich nur mit einer fusslangen einfachen Röhre angestellt, doch ein sehr genaues Resultat gab.

Den 6. September 1851 band ich die Röhre 20 Fuss über dem Senkblei an und liess dieses vor der Nase im Thunersee, da wo er am tiefsten ist, hinuntergleiten; so wie ich den Grund fühlte, hielt ich die Schnur an. Nach der corrigirten Schnur war die gefundene Tiefe zwischen 715 und 720 Fuss, auf einige Fuss genau konnte ich es nicht ermitteln. Die Tiefe, bis zu welcher die Röhre hinabging, war also zwischen 695 und 700′. Der Barometerstand auf 0^0 reducirt war 714,7, welchem eine Wassersäule von 32,35 Fuss entspricht. Die Lufttemperatur $=+17^0$. Die der Tiefe des See's $+4^0,8$. Da die Röhre von demselben Caliber wie bei den vorigen Versuchen war, so nehme ich die Capillarität $=0{,}5$. Die ganze Röhre war in 100 Grade getheilt. Das Wasser in der Röhre stieg bis zwischen $3^0{,}5$ und 4 der Eintheilung; nehme ich $v^1=3{,}75$, so ist:

$$\begin{array}{r l}
v^1 = 3{,}75 & \\
\text{cap.} = 0{,}50 & \\
\text{temp.} = 0{,}16 & \left(= \dfrac{3{,}75\,(17-4{,}8)}{272{,}85+4{,}8}\right) \text{ und} \\
\hline
v^1\,\text{corr} = 4{,}41 &
\end{array}$$

$$P = \left(\frac{100}{4{,}41} - 1\right) \cdot 32{,}35 = 701 \text{ Fuss.}$$

Nachträgliche Bemerkungen.

1) Vorsichtsmassregel beim Messen:

Nachdem man die Temperatur des Wassers an der Oberfläche und den Stand des Barometers sich annotirt, auch das Gewicht vermittelst der Schnur und des Ringes (Fig. VI) an die Rädchen angehängt hat (Fig. III), wird das hölzerne Rohr, in welchem die zuvor bepuderte Glasröhre steckt, bis an die obere Oeffnung ins Wasser gehalten, und so wie dieses oben ausdringt, mit dem Korke wohl verschlossen und alsdann in die Tiefe des Wassers gelassen. Auf diese Weise ist die Luft in der Glasröhre von einer Schichte Wasser, deren Temperatur bekannt ist, umgeben, und die Wände des hölzernen Rohres hindern den Contact des äussern kältern Wassers mit demselben.

2) Da man aus der Erfahrung noch nicht genau weiss, ob bei sehr grossen Tiefen (von 10 und 20 tausend Fuss) das Mariot'sche Gesetz richtig bleibt, so ist es ein Leichtes, anstatt einer Glasröhre zum Messen des Luftvolums, an

dem hölzernen Rohre eine mechanische Vorrichtung mit Windmühlenflügeln und einem Räderwerke zum Notiren des zurückgelegten Weges, wie bei den Odometern, anzubringen, wie Andere schon gethan haben. Auch kann man das Rohr mit Ventilen so verschliessen, dass es das Wasser des tiefsten Punktes, bis zu welchem das Bathometer gelangt ist, wieder mit an die Oberfläche bringt, wie schon Saussure vorgeschlagen hat. Allein dadurch wird das Instrument schon sehr vertheuert. Jedenfalls kann die Vorrichtung mit der Glasröhre zur Verificirung des Mariot'schen Gesetzes bei grossen Tiefen dienen, indem man nur zu sehen braucht, ob die Luft in derselben dasselbe Volum nach dem Hinunterlassen wie vor demselben einnimmt. Gesetzt das Instrument gehe verloren, so ist der Schaden nicht gross.

3) Um den besondern Nutzen des blechernen Ansatzes an die Glasröhre zu zeigen, diene folgende Berechnung:

Es sei 10 Meter die Höhe der eine Atmosphäre aufwiegenden Wassersäule: das Volum der einfachen Röhre sei $=500$, das der mit dem Ansatz verbundenen $=5000$.

$$\left.\begin{array}{l} \left(\frac{500}{5}-1\right)\cdot 10 = 990 \text{ Meter} \\ \left(\frac{500}{4}-1\right)\cdot 10 = 1240 \quad \text{»} \end{array}\right\} \text{Differenz für 1 Grad der Scala von 250 Meter.}$$

$$\left.\begin{array}{l} \left(\frac{5000}{50}-1\right)\cdot 10 = 990 \text{ Meter} \\ \left(\frac{5000}{49}-1\right)\cdot 10 = 1022{,}4 \quad \text{»} \end{array}\right\} \text{Differenz 32,4 Meter für 1 Grad.}$$

4) Gegen den Einwurf, den man meinem Bathometer machen kann, dass, da nach den Untersuchungen von Scoresby alles Holz unter einem gewissen Drucke, wegen dem Entweichen der in den Poren desselben eingeschlos-

senen Luft, schwerer als das Wasser wird, mein Instrument in einer gewissen Tiefe untauglich werden muss, diene folgende Erwiderung: Obgleich mein Instrument ursprünglich nur zur Messung unserer Landsee'n bestimmt war, wo ich es bis 500 Fuss Tiefe erprobt habe, bei welcher es 12mal hintereinander wieder von selbst an die Oberfläche kam, so glaube ich doch, dass man es auch bei grössern Tiefen anwenden kann; nur muss man entweder zuvor das hölzerne Rohr wohl betheeren, oder man nehme an dessen Stelle ein blechernes Gefäss, das unten offen ist, und in dessen obern Theil die Luft sich sammeln kann, damit es immer leichter als das Wasser bleibe.

Was den Einwurf anbetrifft, dass bei sehr grossem Drucke das Wasser die Luft mehr oder minder absorbire, so scheint das Mariot'sche Gesetz das Gegentheil zu beweisen, wenigstens bis 20 Athmosphären Druck ist nichts davon zu merken.

Der letzte Einwurf endlich ist, dass für Tiefen unter 25,000 Fuss mein Instrument nicht zu brauchen ist, weil nach dem Mariot'schen Gesetz bei circa 800 Atmosphären Druck die Luft so condensirt ist, dass sie schwerer als das Wasser wird, und meine Glasröhre sich mithin ganz mit Wasser füllen muss. Dieser Einwurf mag richtig sein, bleibt aber jedenfalls noch zu erwahren. Ich will immerhin zufrieden sein, wenn das Bathometer, das ich vorgeschlagen, für alle Tiefen über 25,000 Fuss practisch brauchbar ist.