



XI.

Versuche

über die

Flüssigkeit des Wassers

bey verschiedenen Temperaturen.

Von

Prof. Gerstner.



Das Wasser ist bisher gewöhnlich für vollkommen flüßig angesehen worden; auf dieser Voraussetzung beruhen alle Sätze der Hydrostatik und Hydraulik. Wenn wir aber bedenken, daß das Wasser seinen flüßigen Zustand nur der Wärme zu verdanken habe, und daß es bey Abnahme der Wärme zu einen festen Körper (zu Eis) werde, so ergiebt sich die wahrscheinliche Vermuthung von selbst, daß die Flüssigkeit des Wassers bey verschiedenen Wärmegraden verschieden seyn könne, und daß dieser Umstand, falls er statt findet, vorzüglich bey der Bewegung des Wassers sich von einem merkklichen Einfluß zeigen müsse. Diese Betrachtungen bewogen mich, im verfloßenen Winter (v. J. 1796—97) hierüber einige Versuche anzustellen, aus welchen deutlich zu ersehen ist, daß derjenige

Wider-

Widerstand, welcher dem Laufe des Wassers in Flüssen und Röhrenleitungen begegnet, den einige Schriftsteller der Rauigkeit der Flußbeete und einer daraus entstehenden Reibung, andere der Adhäsion des Wassers an die Wände der Röhren u. s. w. bemessen haben, größtentheils und im eigentlichen Verstande der unvollkommenen Flüssigkeit des Wassers zuzuschreiben sey.

Zuerst werde ich die gewählte Geräthschaft und Verfahrensart, nachher die Versuche, und endlich einige Folgerungen daraus anführen, welche dem Hydrauliker, dem Physiologen, und überhaupt der Aufmerksamkeit eines jeden Naturforschers nicht unwürdig zu seyn scheinen.

Die gebrauchte Geräthschaft war sehr einfach: ein Gefäß von verzinnem Eisenblech, ein Schwimmer, mit einem darauf gesteckten Maßstäbchen, einige Glasröhren, eine Wasserwage, ein Thermometer, und eine Sekundenuhr, machen den ganzen Apparat aus, wovon ich nun jeden Theil insbesondere beschreiben werde.

Das Gefäß war cylindrisch, $11 \frac{1}{2}$ l. Pariser Zolle hoch, und hatte (in der Wärme meines Zimmers bey 13 Reaum. Graden gemessen) 4 Zolle 11 Linien im Durchmesser; seine Querschnittsfläche enthielt demnach 19 Quadratzolle. Ungeachtet dieses Gefäß durch seine ganze Höhe kein vollkommen genauer Cylinder war, so war dasselbe doch zufällig so gerathen, daß, wenn irgend ein Durchmesser um $\frac{1}{3}$ oder höchstens $\frac{1}{2}$ Linie größer befunden wurde, der zugehörige Querdurchmesser in derselben Fläche wieder um eben so viel kleiner war, so daß ich in den Querschnittsflächen nirgends einen Unterschied finden konnte, der mehr oder weniger $\frac{1}{3}$ Quadrat Zoll betragen hätte.

Dieses cylindrische Gefäß ließ ich noch mit einem andern umgeben, welches $5 \frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und $11 \frac{3}{4}$ Zoll Höhe hatte, so daß zwischen den Wänden beider Cylinder allenthalben, wie auch unten am Boden, $\frac{1}{4}$ Zoll Zwischenraum vorhanden war. Dieser Zwischenraum wurde

bey

bey Versuchen mit höhern Temperaturen mit eben so heißem Wasser angefüllt, um dadurch für den innern Cylinder eine gleichförmigere und beständigere Erwärmung zu erhalten.

Nähe am Boden des Cylinders war eine Oeffnung, von $4 \frac{1}{2}$ Linien im Durchmesser, in horizontaler Richtung angebracht. Durch diese Oeffnung gieng eine kurze blechene Röhre, welche an den Wänden des innern und äussern Cylinders angelöthet war. Zugleich wurde dafür gesorgt, daß über die inwendige Fläche des Gefäßes nichts von dieser Röhre hervorstand, sondern daß selbe mit dem innern Cylinder so viel möglich eben gemacht wurde.

Oben war dieses Gefäß mit einem darauf passenden, in der Mitte erhabenen, Deckel versehen, der in seiner Mitte eine 9 Linien weite Oeffnung hatte, durch welche der Maßstab des Schwimmers ganz frey, und ohne sich an den Rand der Oeffnung anzulehnen, niederzugehen pflegte.

Der Schwimmer war aus zweyen sich durchkreuzenden Theilen von Holz zusammengesetzt, deren jeder $9 \frac{1}{2}$ Linien breit, 2 Linien dick, und 4 Zoll 8 Linien lang war. Dieses Kreuz diente, schwimmend auf der Oberfläche des Wassers, ein rundes beyläufig $1 \frac{1}{2}$ Linien dickes, senkrecht darauf gestecktes Stäbchen zu tragen, welches mit aller Sorgfalt in Zolle und derselben Zehnthelle eingetheilt war.

Dieser Schwimmer wurde sammt dem Stäbchen vorher durch einige Stunden auf warmes Wasser gesetzt, und als er sich vollkommen angetrunken hatte, wurden die Abtheilungen des Maßstäbchens so eingerichtet, daß jeder Theilungspunkt bey der Oberfläche des Deckels genau die Höhe des Wasserstandes über der Mitte der Ausflußöffnung anzeigte. Eben so wurde auch dieser Schwimmer vor dem Anfang eines jeden Versuches durch einige Stunden auf Wasser gesetzt, damit er sich jedesmal vorher vollkommen antrinken, und bey den Versuchen selbst keine Unrichtig-

tig.

tigkeit mehr veranlassen möchte. Nebstdem wurde der Stand des Stäbchens, während den Versuchen noch mehrmals geprüft, und jene Versuche wurden verworfen, wo sich eine Unrichtigkeit vermuthen ließ.

Die Glasröhren waren aus einem sehr großen Vorrath 6 bis 7 Fuß langer Barometerrohren ausgewählt. Man nahm hiebei vorzüglich auf gleiches reines Glas, ohne Knöpfe, und auf einen gleichförmigen Durchmesser Rücksicht. Die ausgewählten Röhren wurden nachher noch einer sorgfältigern Prüfung unterworfen, indem man sie, so wie gewöhnlich die Thermometerrohren, mittelst einer hineingelassenen 4 bis 5 Zoll langen Quecksilbersäule, Zoll für Zoll prüfte. Nur diejenigen Stücke dieser Röhren, in welchen die Quecksilbersäule sich nicht über $\frac{1}{80}$ ihrer Länge änderte, wurden für tauglich angenommen. Das übrige wurde beyderseits abgebrochen, und das Ende der Röhren bis auf die erforderliche Länge abgeschliffen. Endlich wurde die erwähnte Quecksilbersäule auf einer Probirwage genau abgewogen. Dieses Gewicht diente, nebst der Länge, welche sie in der Röhre einnahm, den Durchmesser derselben weit genauer zu berechnen, als es durch irgend eine andere mikroskopische Messung möglich gewesen seyn würde. Die hiebei nöthige eigenthümliche Schwere des Quecksilbers wurde mittelst eines eigenen Versuchs bestimmt, und = 13,70 gefunden.

Um den Einfluß, den die Verschiedenheit des Durchmessers der Röhren auf die Bewegung des Wassers hervorbringt, von jenem abzufondern, den die Länge der Röhren verursacht, hat man Röhren von verschiedenem Durchmesser genau einerley Länge gegeben, sodann diese Länge abgeändert, und so viel möglich die vorigen Durchmesser beybehalten.

Die Durchmesser selbst wurden von solcher Größe gewählt, welche derjenigen, womit der Herr Obristlieutenant du Buat Versuche anstellte, beynähe gleich kommen; damit man die gegenwärtigen Versuche um so

verlässiger mit jenen vergleichen, und die bepläufige Wärme ausfindig machen könnte, bey welcher jene Versuche angestellt sind, um sonach für den Gebrauch seiner empirischen Rechnungsformel eine bestimmtere Richtschnur zu erhalten.

Ein End jeder Glasröhre wurde mit einem hölzernen zapfenförmigen Ansatze bekleidet, womit man sie verlässiger und bequemer an das cylindrische Gefäß anstecken, und nach geendigtem Versuch wieder wegnehmen konnte. Die durchbohrte Oefnung des Zapfens war genau so groß als es die Stärke jeder Glasröhre foderte; und die äußere Größe der Zapfen paßte genau in die oben erwähnte blechene Röhre des cylindrischen Gefäßes. Man sorgte dafür, daß das Ende dieser Zapfen sammt dem Ende der durchgesteckten Glasröhre mit der inneren Fläche des Gefäßes eine vollkommene Ebene bildete. Die Nothwendigkeit dieser Vorsicht erhellet aus den Versuchen des Chev. Borda (Mem. de l'acad. de Paris an. 1766.)

Die Wasserwaage diente den Tisch sowohl, worauf das Gefäß stand, als auch die Röhren vollkommen horizontal zu stellen. Röhren, deren Glas ein wenig gebogen war, wurden so gelegt, daß die Fläche ihrer Wiegung horizontal zu liegen kam, damit nämlich die Bewegung des Wassers durch die Röhre, so viel möglich, weder steigen noch fallen, sondern in einer horizontalen Ebene fortgehen möchte.

Das Thermometer war von Hrn. A. Gruber mit vieler Genauigkeit verfertigt. Die Kugel hatte nur 3 Linien im Durchmesser. Der Zwischenraum zwischen dem Gefrierpunkt und Siedpunkt, der in 80 gleiche Theile getheilt war, hatte eine Länge von 11 Zollen; man konnte daher Zehentheile eines Grades sehr leicht unterscheiden.

Die Verfahrensart war nun folgende: nachdem das Gefäß und die angesteckte Röhre in die erforderliche horizontale Stellung gebracht, und die Ausflußöffnung der Röhre gehörig verschlossen war, so wurde in das Gefäß heißes Wasser gegossen, und der Schwimmer mit dem Maas-

stabe darauf gesetzt. Man wartete nun die Zeit ab, bis durch allmähliche Abkühlung die Temperatur des Wassers dem bestimmten Thermometergrad nahe kam. Als dieß erfolgte, wurde das Gefäß mit seinem Deckel verschlossen, die Ausflußöffnung der Röhre geöffnet, und das Aug mit dem Rande der Oeffnung des Deckels in horizontaler Lage gehalten; und in dieser Stellung wurden die Zeitskunden bemerkt, bey welchen die Abtheilungen des Maasstabes unter die Fläche der Oeffnung hinabsanken.

Diese Verfahrensart gewährte den doppelten Vortheil, erstens: daß man jedesmal eine ganze Reihe Versuche, gewöhnlich von 10,7 bis 0,7 Zoll Wasserhöhe, erhielt, und zweytens daß ein Versuch den andern berichtigte, indem die Zwischenzeiten von einer Abtheilung zur andern dem Geseß einer sich offenbarenden Reihe folgen mußten. Denn zeigte sich z. B. die Zwischenzeit von einer Abtheilung zur nächstfolgenden um 1 oder höchstens 2 Sekunden zu klein, so mußte die beobachtete Zwischenzeit für die nächstvorhergehende oder nächstfolgende Abtheilung um eben so viel zu groß seyn. Die Bedenklichkeit, daß die Oberfläche des Wassers im Gefäße eine kleine hinabsinkende Bewegung hatte, und deswegen mit einem ruhigen Wasserstand keine vollkommene Vergleichung zulasse, fällt weg, wenn wir bedenken, daß diese Bewegung des Wassers im Gefäße bey der größten angestekten Röhre über 500, und bey der kleinsten über 5000mal kleiner ist, als die Bewegung des Wassers durch die Glasköhre. Wenn wir noch überdieß bedenken, daß bey diesen Versuchen selbst die Geschwindigkeit des Wassers durch die Röhren nicht sehr erheblich war, so erhellet von selbst, daß die Oberfläche des Wassers im Gefäße weit ruhiger seyn mußte, als wenn man auf was immer für eine Art von oben in das Gefäß hätte Wasser zugießen wollen, um dadurch eine beständige Wasserhöhe zu unterhalten.

Der Schwierigkeit, dem Wasser eine bestimmte Wärme zu geben, und selbe durch eine so lange Zeit zu unterhalten, als das volle Gefäß

zu seiner Ausleerung, besonders bey engen Röhren, nöthig hatte; wurde dadurch abgeholfen, indem man für jede Temperatur zwey Reihen Versuche machte: die erste nämlich bey einem um 1 oder 2 Grade höhern, und die zweyte bey einem gleichen oder eben so viel niedrigeren Thermometergrad; woraus sich nachher die Zeitmomente für den dazwischen liegenden bestimmten Thermometergrad sehr verläßlig berechnen ließen. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Versuche für einen höhern Thermometergrad in einem warmen Zimmer, und für einen niedrigeren in einem eben so kalten Zimmer gemacht wurden, so daß sich die Temperatur während einer Versuchsreihe im ersten Fall nur sehr wenig, im letzten aber gar nicht änderte. Jedesmal wurde die Wärme des Wassers mit dem Thermometer nicht nur im Gefäße, sondern auch bey dem Ausflusse desselben am Ende der Röhre gemessen. Der Unterschied war jedoch so gering, daß es unnütz seyn würde, beyde anzuführen; man hat in dieser Rücksicht von beyden bloß das Mittel in Rechnung genommen.

Weil sich die Bewegung des Wassers leichter aus seiner Geschwindigkeit, nämlich aus dem Raum, den das Wasser während einer Sekunde in den Röhren zurücklegte, als aus der Zeit des Ausflusses beurtheilen läßt, so habe ich in folgenden Tabellen die Geschwindigkeiten angeführt, welche bey jeder Wasserstandshöhe erfolgten, und nur am Ende, noch zum Ueberfluß, die Zeiten angemerkt, in welchen das Wasser von 10,7 bis auf 5,7 und 0,7 Zolle ausgeflossen ist. Die Art, wie diese Geschwindigkeiten berechnet wurden, wird folgendes Beyspiel deutlich machen. Die erste Röhre, welche 0,0674 Zolle im Durchmesser, folglich 0,00357 Quadratzolle zur Oefnung hatte, gab bey 30° Wärme folgende Beobachtungen,

*

Höhen des Wasserstandes.	Zeiten des Ausflusses.		Unterschiede.
	Zolle	Minut.	Sekund.
10,7	0	0	33
10,6	0	33	33
10,5	1	6	33 $\frac{1}{2}$
10,4	1	39 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{2}$
10,3	2	13	34
10,2	2	47	34
10,1	3	21	34 $\frac{1}{2}$
10,0	3	55 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$

Um hieraus die Geschwindigkeit, welche dem Wasserstand 10,2 zu gehört, zu finden, wird die Zeit für den nächstvorhergehenden Wasserstand 10,3 von der Zeit für den nächstfolgenden 10,1 (nämlich 2' 13" von 3' 21") abgezogen; der Unterschied beträgt 68 Sekunden. Daraus folgt die Geschwindigkeit des Wassers im Gefäße = $\frac{0,2}{68}$ Zolle. Wird nun diese Geschwindigkeit mit der Querschnittsfläche des Wassers im Gefäße (= 19 Quadratzolle) multipliziert, und mit der Querschnittsfläche der Oeffnung (= 0,20357) dividirt, so erhalten wir die Geschwindigkeit des Wassers durch die Röhre = 15,6 Zolle, so wie sie in der folgenden ersten Versuchsreihe angeführt wird.

Ueber den Ausfluß des Wassers aus der Mündung der Röhren verdient noch eine Erscheinung angemerkt zu werden. Gewöhnlich bildete der mit einer großen Geschwindigkeit herausschießende Wasserstrahl, wie bekannt, eine Parabel. Diese verwandelte sich bey abnehmender Geschwindigkeit in eine gerade senkrechte Linie, welche an der Mündung mit der horizontalen Länge der Röhre einen rechten Winkel bildete. Nachher zeigte

te der Wasserstrahl eine zurückgehende krumme Linie, welche ihre Convexität der Röhre zuwendete. Endlich bey noch kleinern Geschwindigkeiten floß das Wasser horizontal unten an der Röhre zurück, und trennte sich von derselben in Tropfen, die auf verschiedenen Entfernungen von der Ausflußöffnung herabfielen. Um das letztere zu verhindern, und das nämliche Wasser zum Gebrauch für mehrere Versuche zu sammeln, wurde rückwärts, beyläufig 1 Zoll von der Mündung, ein Faden um die Röhre gebunden, und das Wasser an demselben gesammelt, und in das zum Aufnehmen bestimmte Gefäß hinabgeleitet. Diese Veränderungen werden in folgenden Versuchstabellen durch die Buchstaben s, und h, angezeigt: nämlich s bedeutet den senkrechten Fall des Wasserstrahls in einer geraden Linie, und h den Anfang der horizontalen zurückgehenden Bewegung desselben.

Der beträchtliche Einfluß, den die Verschiedenheit der Wärme auf die Bewegung des Wassers verursachte, hatte noch den Wunsch erregt, auch über den Einfluß, den etwa die verschiedenen Bestandtheile des Wassers hervorbringen, Versuche anzustellen. Zu dieser Absicht habe ich die Versuche mit den zwey längeren Röhren, bey welchen nämlich dieser Einfluß sich am größten hätte zeigen müssen, sowohl mit reinen destillirten Wasser, als auch mit gemeinen trüben Flußwasser wiederholt. Das letztere wurde jedoch vorher durch ein weißes leinenes Tuch geseiht, um dadurch die gröbsten Unreinigkeiten, welche die Röhren vielleicht verstopft, und überhaupt nur Unregelmäßigkeiten verursacht haben würden, davon abzuschneiden. Dieses filtrirte Wasser blieb aber noch immer nur halbdurchsichtig, und setzte nach geendigten Versuchen, durch eine Ruhe von 14 Tagen, einen feinen Schlamm ab, wodurch es etwas heller wurde. Weil aber die angestellten Versuche zeigten, daß dieser aufgelöste Schlamm zwar einige kleine, aber mit jenen, die von der Wärme herrühren, in keinen Vergleich kommende Aenderungen in der Bewegung des Wassers hervorbrachte, so schien eine weitere Analyse des gebrauchten Flußwassers zur gegenwärtigen Absicht überflüssig.

Gerstner's Versuche über die

N. I. Versuche mit reinen destillirten Wasser.

Durchmesser der Röhre = 0,0674 Zolle.

Länge der Röhre = 33 Zolle.

Höhen des Wasserstan- des.	Wärme des Wassers nach dem Reaum. Thermom.				Nach der Formel des A. duRoi	
	30°	20°	10°	4°		
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre					
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	
10,7	16,2	13,4	10,0	7,8	8,9	
10,2	15,6	12,8 h.	9,6	7,5	8,7	
9,7	14,9	12,2	9,1	7,2	8,4	
9,2	14,3 s.	11,7	8,6	6,9	8,2	
8,7	13,7	11,1	8,2	6,5	7,9	
8,2	13,1 h.	10,5	7,7	6,2	7,7	
7,7	12,5	9,9	7,2	5,8	7,4	
7,2	11,8	9,3	6,8	5,5	7,2	
6,7	11,1	8,7	6,4	5,1	6,9	
6,2	10,3	8,0	5,9	4,7	6,6	
5,7	9,5	7,3	5,4	4,3	6,3	
5,2	8,7	6,7	5,0	4,0	6,0	
4,7	7,8	6,1	4,5	3,6	5,6	
4,2	6,9	5,4	4,0	3,2	5,2	
3,7	6,0	4,7	3,5	2,8	4,8	
3,2	5,2	4,0	3,0	2,4	4,4	
2,7	4,4	3,3	2,5	2,0	4,0	
2,2	3,6	2,7	2,0	1,6	3,6	
1,7	2,7	2,0	1,5	1,2	3,1	
1,2	1,8	1,4	1,0	0,8	2,5	
0,7	1,0	0,7	0,5	0,4	1,8	
	Zeiten des Ausflusses					
	Min.	Sef.	Min.	Sef.	Min.	Sef.
10,7	0	0	0	0	0	0
5,7	34	40	43	36	59	25
0,7	145	50	189	50	261	20
					74	16
					327	0

Flüßigkeit des Wassers.

151

N. II. Versuche mit trüben Flußwasser.

Durchmesser der Röhre = 0,0674 Zolle oder $\frac{1}{4}$ Linien beynähe.

Länge der Röhre = 33 Zolle.

Höhen des Wasserstan- des.	Wärme des Wassers nach dem Reaum. Thermom.				Nach der Formel des A. du Buat			
	30°	20°	10°	4°				
Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre								
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle			
10,7	16,2	13,4	10,1	7,7	8,9			
10,2	15,6	12,8	9,6	7,4	8,7			
9,7	14,9	12,1	9,1	7,1	8,4			
9,2	14,2 s.	11,5	8,5	6,8	8,2			
8,7	13,5 h.	10,9	8,0	6,4	7,9			
8,2	12,8	10,2	7,5	6,0	7,7			
7,7	12,1	9,6	7,0	5,6	7,4			
7,2	11,4	9,0	6,6	5,3	7,2			
6,7	10,7	8,4	6,1	4,9	6,9			
6,2	10,0	7,8	5,6	4,5	6,6			
5,7	9,2	7,1	5,1	4,1	6,3			
5,2	8,4	6,5	4,7	3,7	6,0			
4,7	7,6	5,8	4,2	3,4	5,6			
4,2	6,8	5,2	3,7	3,0	5,2			
3,7	5,9	4,6	3,2	2,6	4,8			
3,2	5,1	4,0	2,8	2,2	4,4			
2,7	4,3	3,3	2,3	1,8	4,0			
2,2	3,5	2,6	1,8	1,4	3,6			
1,7	2,6	2,0	1,3	1,0	3,1			
1,2	1,7	1,3	0,9	0,6	2,5			
0,7	0,9	0,6	0,4	0,3	1,8			
Zeiten des Ausflusses.								
	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Min.	Sec.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	35	34	44	35	60	58	76	19
0,7	157	20	207	50	251	40	381	0

Gerstner's Versuche über die

N. III. Versuche mit reinem destillirten Wasser.

Durchmesser der Röhre = 0,1333 Zolle oder $1 \frac{2}{3}$ Linien.

Länge der Röhre = 33 Zolle.

Höhen des Wasserstands.	Wärme des Wassers, nach dem Reaum. Thermom.							Nach der Formel des A. duRoi
	4°	3°	2°	15°	10°	4°	1°	
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre							
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle
10,7	26,6	26,1	26,6	28,3	27,1	25,1	22,6	23,4
10,2	26,1	25,6	26,1	28,1	26,8	24,3	22,1	22,8
9,7	25,6	25,1	25,6	27,7	26,4	23,4	21,5	22,1
9,2	25,0	24,6	25,1	27,2	25,8	22,5	20,8	21,5
8,7	24,4	24,0	24,6	26,6	25,1	21,5	20,0	20,8
8,2	23,7	23,3	24,1	25,9	24,2	20,5	19,0	20,1
7,7	22,9	22,5	23,6	25,1	23,2	19,5	18,0	19,4
7,2	22,1	21,8	23,1	24,1	22,1	18,4	16,9	18,7
6,7	21,2	21,2	22,6	23,0	20,9	17,3	15,8	17,9
6,2	20,3	20,8	22,0	21,8	19,6	16,1	14,7	17,1
5,7	19,4	20,3	21,3	20,4	18,3	14,9	13,6	16,3
5,2	18,5	19,7	20,3	18,9	16,9	13,7	12,5	15,5
4,7	17,6	19,0	19,1	17,4	15,4	12,5	11,3	14,6
4,2	16,7	18,2	17,7	15,8	13,9	11,3	10,2	13,7
3,7	15,8	17,2	16,1	14,2	12,3	10,0	9,1	12,8
3,2	14,9	15,9	14,4	12,5	10,7	8,8 ^{s.}	8,0 ^{s.}	11,8
2,7	14,0	14,3	12,5	10,8	9,0 ^{s.}	7,5	6,9	10,7
2,2	13,0	12,3	10,5	9,0	7,3	6,1	5,7	9,5
1,7	11,6	9,9 ^{s.}	8,4	7,1 ^{s.}	5,6	4,7 ^{h.}	4,4 ^{h.}	8,1
1,2	9,3 ^{s.}	7,4 ^{h.}	6,3 ^{s.}	5,0 ^{h.}	4,0	3,2	3,0 ^{h.}	6,5
0,7	5,2	4,6 ^{h.}	4,0 ^{h.}	3,0 ^{h.}	2,3	1,8	1,6	4,6

	Zeiten des Ausflusses											
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	4	51	4	54	4	49	4	40	4	50	5	39
0,7	13	26	13	50	14	42	16	50	19	17	23	37

N. IV. Versuche mit trübem Flusswasser.

Durchmesser der Röhre = 0,1333 Zolle oder $1\frac{2}{3}$ Linien.

Länge der Röhre = 33 Zolle.

Höhen des Wasserstan- des.	Wärme des Wassers nach dem Reaum. Thermom.						Nach der Formel des R. duRoi
	4°	3°	2°	15°	10°	4°	
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre						
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle
10,7	26,5	26,6	27,7	29,5	28,3	24,7	23,4
10,2	26,0	26,2	27,4	29,0	27,6	24,1	22,8
9,7	25,5	25,8	27,1	28,3	26,8	23,4	22,1
9,2	24,9	25,3	26,7	27,7	26,0	22,6	21,5
8,7	24,3	24,7	26,2	27,1	25,1	21,8	20,8
8,2	23,6	24,1	25,7	26,4	24,1	20,8	20,1
7,7	23,0	23,4	25,1	25,6	23,1	19,7	19,4
7,2	22,3	22,7	24,5	24,6	22,0	18,5	18,7
6,7	21,5	22,0	23,8	23,4	20,9	17,2	17,9
6,2	20,7	21,3	22,9	22,0	19,7	16,0	17,1
5,7	19,8	20,6	21,9	20,4	18,5	14,8	16,3
5,2	19,0	19,9	20,7	18,7	17,1	13,6	15,5
4,7	18,1	19,1	19,4	17,0	15,7	12,4	14,6
4,2	17,3	18,2	17,8	15,4	14,2	11,2	13,7
3,7	16,5	17,0	16,0	13,8	12,7	10,0	12,8
3,2	15,7	15,4	14,0	12,2	11,1	8,8 s.	11,8
2,7	14,8	13,7	12,0	10,6	9,5 s.	7,5	10,7
2,2	13,8	12,0	10,0	8,9 s.	7,8	6,1	9,5
1,7	12,6	10,3	8,0 s.	7,1	6,1	4,7 h.	8,1
1,2	10,6 s.	8,5 s.	6,0 h.	5,0 h.	4,2 h.	3,2 h.	6,5
0,7	7,0	5,2	3,2	2,7	2,3	1,7	4,6

	Zeiten des Ausflusses.											
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	4	51	4	46	4	29	4	28	4	46	5	41
0,7	12	40	13	20	15	0	16	30	18	44	23	20

Berstner's Versuche über die

N. V. Versuche mit reinen destillirten Wasser.
 Durchmesser der Röhre = 0,0700 Zolle oder $\frac{1}{2}$ Linien.
 Länge der Röhre = 9,7 Zolle.

Höhen des Wasserstan- des.	Wärme des Wassers nach dem Reaum. Thermom.				Nach der Formel des R. DuRoiat			
	30°	20°	10°	4°				
Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre								
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle			
10,7	38,4	36,0	31,0	28,4	21,0			
10,2	37,8	35,5	30,4	27,8	20,4			
9,7	37,2	34,8	29,7	27,1	19,8			
9,2	36,5	34,0	28,8	26,2	19,2			
8,7	35,6	33,0	27,8	25,0	18,5			
8,2	34,5	31,8	26,5	23,7	17,9			
7,7	33,2	30,4	25,1	22,3	17,2			
7,2	31,8	28,9	23,7	20,9	16,6			
6,7	30,4	27,4	22,2	19,5	15,9			
6,2	29,0	25,9	20,7	18,2	15,2			
5,7	27,5	24,4	19,2	16,9	14,5			
5,2	25,8	22,8	17,8	15,7	13,8			
4,7	24,0	21,2	16,4	14,5	13,1			
4,2	22,1	19,5	15,0	13,2 s.	12,3			
3,7	20,2	17,7	13,5	11,8 h.	11,5			
3,2	18,2	15,8	12,0 h.	10,4	10,6			
2,7	16,1	13,8 s.	10,4	8,9	9,6			
2,2	14,0 s.	11,6 h.	8,7	7,4	8,5			
1,7	11,7 h.	9,2	6,8	5,8	7,3			
1,2	9,0	6,6	4,8	4,1	5,0			
0,7	5,4	3,7	2,8	2,4	4,4			
0,5	3,5	2,9	2,0	1,8	3,6			
Zeiten des Ausflusses								
	Min.	Sef.	Min.	Sef.	Min.	Sef.	Min.	Sef.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	12	12	13	26	15	51	18	3
0,7	39	0	47	39	60	31	70	38

Flüssigkeit des Wassers.

N. VI. Versuche mit reinem Wasser.

Durchmesser der Röhre = 0,119 Zolle oder $1\frac{2}{7}$ Linien.

Länge der Röhre = 9,7 Zolle.

Höhen des Wasserstands des.	Wärme des Wassers, nach dem Reaum. Thermom.					Nach der Formel des R. du Buat
	40°	30°	20°	10°	4°	
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre					
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle
10,7	48,7	47,3	46,3	45,4	44,0	36,5
10,2	47,5	46,2	45,2	44,5	43,4	35,5
9,7	46,3	45,0	44,1	43,6	42,5	34,5
9,2	45,0	43,8	42,9	42,5	41,7	33,5
8,7	43,5	42,5	41,7	41,3	40,6	32,5
8,2	42,0	41,1	40,4	40,0	39,4	31,5
7,7	40,3	39,6	39,0	38,5	38,0	30,4
7,2	38,6	38,1	37,5	37,0	36,5	29,4
6,7	36,8	36,5	36,0	35,4	34,9	28,3
6,2	35,1	35,0	34,4	33,7	33,1	27,2
5,7	33,5	33,4	32,8	32,0	31,2	26,1
5,2	32,0	31,8	31,2	30,2	29,2	24,9
4,7	30,5	30,2	29,5	28,4	27,1	23,6
4,2	28,9	28,5	27,8	26,5	24,9	22,2
3,7	27,2	26,8	26,0	24,5	22,7 s.	20,7
3,2	25,3	24,9	24,1	22,5 s.	20,4	19,1
2,7	23,2 s.	22,8 s.	22,0 s.	20,4 s.	18,1	17,3
2,2	20,9	20,4 s.	19,7 s.	18,0	15,7	15,3
1,7	18,4	17,5	16,8	15,1	13,2 h.	13,2
1,2	14,4 h.	13,8 h.	13,2 h.	11,8 h.	10,4	10,8
0,7	9,4	8,9 h.	8,5 h.	8,1	7,0	8,1
0,5	7,2	7,0	6,7	6,1	5,4	7,3

	Zeiten des Ausflusses									
	Min.	Sec.	M.	Sec.	M.	Sec.	M.	Sec.	M.	Sec.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	3	28	3	31	3	34	3	37	3	42
0,7	9	51	10	12	10	31	11	0	11	57

Gerstner's Versuche über die

N. VII. Versuche mit reinen Wasser.

Durchmesser der Röhre = $0,136$ Zolle oder $1\frac{2}{3}$ Linien.Länge der Röhre = $7,9$ Zolle.

Höhe des Wasserstandes.	Wärme des Wassers nach dem Reaum. Thermom.					Nach der Formel des R. duRoi				
	40°	30°	20°	10°	4°					
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre									
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle				
10,7	54,0	51,4	49,4	47,6	46,0	43,5				
10,2	52,8	49,9	47,5	45,9	44,8	42,4				
9,7	51,3	48,2	45,8	44,4	43,7	41,3				
9,2	49,4	46,4	44,3	43,1	42,7	40,2				
8,7	47,0	44,5	42,8	41,9	41,7	39,0				
8,2	44,5	42,7	41,4	40,8	40,6	37,8				
7,7	42,0	40,9	40,1	39,6	39,4	36,6				
7,2	39,6	39,1	38,7	38,3	38,1	35,3				
6,7	37,5	37,4	37,2	37,0	36,6	34,0				
6,2	35,7	35,7	35,7	35,6	35,1	32,6				
5,7	34,2	34,2	34,1	34,0	33,5	31,2				
5,2	33,1	32,9	32,6	32,3	31,8	29,7				
4,7	31,7	31,4	31,0	30,5	30,0	28,2				
4,2	30,1	29,7	29,2	28,6	28,0	26,6				
3,7	28,2	27,8	27,3	26,7	25,7	24,8				
3,2	26,0	25,8	25,3	24,6	23,2	22,9				
2,7	23,7	23,5	23,0	22,2	20,5	20,8				
2,2	21,2	20,9	20,5	19,5	17,6	18,5				
1,7	18,5	18,0	17,6	16,4	14,5	16,0				
1,2	15,6	14,6 ^{s.}	14,1 ^{s.}	12,9 ^{s.}	11,1 ^{s.}	13,2				
0,7	11,0	10,4 ^{s.}	10,0 ^{s.}	8,8 ^{s.}	7,2 ^{s.}	9,8				
0,5	7,8	7,4	7,0	6,4	5,6	8,4				
	Zeiten des Ausflusses.									
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	2	31	2	36	2	39	2	42	2	44
0,7	7	16	7	26	7	35	7	55	8	22

Flüssigkeit des Wassers.

N. VIII. Versuche mit reinen Wasser.

Durchmesser der Röhre = 0,200 Zolle $2\frac{2}{3}$ Linien.

Länge der Röhre = 63 Zolle.

Höhen des Wasserstandes.	Wärme des Wassers nach dem Reaumur. Thermom.					Nach der Formel des R. duRoi				
	40°	30°	20°	10°	2°,5					
	Geschwindigkeiten des Wassers durch die Röhre									
Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle	Zolle				
10,7	25,7	25,2	24,7	24,2	23,7	23,9				
10,2	25,2	24,7	24,2	23,8	23,4	23,3				
9,7	24,7	24,2	23,7	23,3	23,0	22,7				
9,2	24,2	23,7	23,2	22,8	22,5	22,1				
8,7	23,7	23,1	22,6	22,3	22,0	21,4				
8,2	23,1	22,4	22,0	21,7	21,4	20,7				
7,7	22,4	21,7	21,3	21,0	20,7	19,9				
7,2	21,7	21,0	20,6	20,3	20,0	19,1				
6,7	20,9	20,2	19,8	19,5	19,2	18,3				
6,2	20,0	19,4	19,0	18,7	18,4	17,5				
5,7	19,0	18,5	18,2	17,8	17,4	16,7				
5,2	17,9	17,6	17,3	16,8	16,4	15,8				
4,7	16,8	16,6	16,3	15,8	15,2	14,9				
4,2	15,8	15,5	15,3	14,8	13,8	13,9				
3,7	14,7	14,4	14,2	13,7	12,2	12,9				
3,2	13,6	13,2	13,1	12,6	10,6	11,8				
2,7	12,4	12,0	12,0	11,4	8,9	10,7				
2,2	11,0	10,7	10,6	9,6	7,2	9,5				
1,7	9,5	9,4 s.	8,7 s.	7,5 s.	5,5 s.	8,2				
1,2	7,9 s.	7,0 s.	6,1	5,0 h.	3,8 h.	6,7				
0,7	5,5 s.	4,3	3,3 h.	2,5 h.	2,1	5,0				
0,5	3,8	2,8 h.	2,0	1,6	1,4	4,2				
	Zeiten des Ausflusses.									
	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.	M.	S.
*10,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,7	2	14	2	17	2	20	2	22	2	24
0,7	6	23	6	37	6	58	7	39	8	46

Aus den vorhergehenden Versuchen ist zu erkennen:

1) daß die Wärme, nicht etwa unbedeutende, sondern sehr beträchtliche Aenderungen in der Bewegung des Wassers verursache. Die unten beygesetzten Zeiten des Ausflusses beweisen dieß auf eine vorzügliche Art. — Da auf jeder Seite dieser Versuche Röhre, Gefäß, Wasser, und Höher des Wasserstands, folglich alle äußere Ursachen, die auf die Bewegung des Wassers einen Einfluß haben, die nämlichen sind, so folgt offenbar, daß der Widerstand, welcher dem fließenden Wasser begegnet, nicht allein in äußern Ursachen, sondern auch in der Flüssigkeit des Wassers selbst zu suchen sey.

2) Daß die Aenderungen, welche die Wärme in den Geschwindigkeiten des Wassers hervorbringt, grösser sind bey Röhren von einem kleinern und kleiner bey einem größern Durchmesser. Ferners daß sie grösser sind bey kleinern Geschwindigkeiten, und kleiner bey grössern. Das erste ergiebt sich aus der Vergleichung einer Tabelle mit der andern: das zweyte sehen wir auf jeder Seite in den untersten Versuchen bey kleinen Wasserstandshöhen, wo die Verhältnisse der Geschwindigkeiten von einem Wärmegrad zum andern gewöhnlich grösser sind als bey grössern Wasserstandshöhen.

3) Der Einfluß von der Wärme ist am größten in der Nähe des Gefrierpunkts. Dieß sehen wir vorzüglich aus der Tabelle N. III., wo die Abnahme der Geschwindigkeit des Wassers vom 4ten Thermometergrad zum 1ten, d. i. durch 3 Grade weit grösser ist, als durch 5 und 10 Grade bey höheren Temperaturen. Auch ist sehr sichtbar, daß dieser Einfluß überhaupt nicht im Verhältniß der Wärme zu- und abnehme, sondern sein maximum habe, welches sowohl von der Geschwindigkeit des Wassers, als auch von der Größe des Durchmessers der Röhren abhängt.

4) Die bekannte Formel des H. du Buat (Principes d'hydraulique vérifiés par un grand nombre d'Experiences faites par ordre du Gouvernement a Paris 1786. Chap. VII. oder Langsdorf Lehrbuch der Hydraulik §. 71 bis 79.) gilt (wenigstens bey diesen Röhren) für keinen bestimmten Wärmegrad. Gewöhnlich giebt sie die grösseren Geschwindigkeiten zu klein, und die Kleinen zu groß. — Di. jenenen Versuche des Hrn. Couplet, die Hr. du Buat mit seiner empirischen Formel nicht übereinstimmend, und deswegen verdächtig gefunden hat, dürften demnach doch ihre Richtigkeit, und den Grund ihrer Anomalien nicht so sehr in fremden Ursachen, als in der Temperatur des Wassers haben.

5) Die Wärme allein ist aus dem Grunde, weil sie die Flüssigkeit vermehrt, schon hinreichend, den Kreislauf des Bluts und der Säfte zu beschleunigen. Der Puls schlägt geschwinder unter heißen Himmelsstrichen als unter kalten. Bey Röhren von sehr geringen Durchmesser, als z. B. diejenigen sind, wodurch die Arterien mit den Venen kommunizieren, macht die Wärme noch weit grössere Aenderungen, als sie in unseren Versuchen vorkommen.

6) Eben so sehen wir, warum die Vegetation in warmen Sommertagen besser von statten gehe, als im Herbst und Winter. Der zweyte Theil der Folgerung N. 3. zeigt uns zugleich die Ursache, warum für gewisse Pflanzen nur ein bestimmter Wärmegrad am zuträglichsten sey, und warum sie sich nicht nur bey abnehmender sondern auch bey zunehmender Wärme schlechter befinden.

7) Endlich erklären sich noch viele andere Erscheinungen, die bey dem Laufe des Wassers in Röhren, Canälen, und Flüssen beobachtet worden.

160 Geistner's Versuche über die Flüssigkeit des Wassers.

den. In unbedeckten Gerinnen bleibt das Wasser sehr auffallend zurück, wenn in dieselben Schnee fällt. Ungeachtet das Wasser noch nicht gefriert, so bildet sich hiebei ein Grundriß, welches dem Wasser mehr Konsistenz giebt, und auf eine in die Augen fallende mechanische Art die Verzögerung des Wassers sichtbar macht, die wir durch die angeführten Versuche bei höheren Temperaturen gefunden haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1798

Band/Volume: [AS_3](#)

Autor(en)/Author(s): Gerstner Franz Ritter von

Artikel/Article: [XI. Versuche über die Flüssigkeit des Wassers bey verschiedenen Temperaturen 141-160](#)