Dieser Ausdruck gibt das gesuchte Integrale um so genauer, je kleiner $\delta = \frac{b-a}{n}$, d. i. je grösser n ist, und je langsamer sich die Function $f(x)$ zwischen ihren Grenzen a und b ändert.

In den meisten Fällen wird man das letzte in δ^2 multiplicirte Glied auslassen können, wodurch diese Formel (A) in die einfachere:

$$\int_a^b f(x)\,dx = \left\{\tfrac{1}{2}[f(a)+f(b)] + f(a+\delta) + f(a+2\delta) + \ldots \right.$$
$$\left. \ldots + f[a+(n-1)\delta]\right\}\delta \ldots (B)$$

übergeht, so, dass diese letztere Formel nur die speciellen Werthe von $f(x)$ enthält, die in Zahlen gegeben sein können, ohne dass die Form dieser Function $f(x)$ selbst gegeben oder bekannt zu sein braucht.

Zusatz 4

zu §. 374.

1. Der von uns in dem hier angezogenen §. des Compendiums ausgesprochene Wunsch, dass über den Widerstand des Wassers in Canälen und Flussbetten zum Behufe der Bestimmung der mittlern Geschwindigkeit des abfliessenden Wassers noch vielseitigere und genauere Versuche von geschickten und umsichtigen Experimentatoren durchgeführt werden möchten, geht nun durch die unter der Leitung des Capitäns A. A. Humpherys und Lieutenant H. L. Abbot im Jahre 1850 begonnenen und kürzlich vollendeten topo- und hydrographischen Arbeiten behufs der Regulirung des ungeheuren Mississippi-Flusses zum Schutze der angrenzenden Niederungen gegen Ueberschwemmung in einer alle Erwartung übertreffenden Weise in Erfüllung.

Wir entnehmen aus dem uns eben noch vor Beendigung des Druckes unseres Buches zugekommenen (nur in verhältnissmässig wenigen Exemplaren gedruckten), vom Capitän Humphery und Lieutenant Abbot (*of the Corps of Topographical Engineers*, *United States Army*) in ausgezeichneter Weise verfassten und im Jahre 1861 zu Philadelphia unter Autorität des

Kriegs-Departements der Vereinigten Staaten veröffentlichten *Report* (von 600 Seiten in gr. 4. und 20 grossen Karten und Tafeln) aus dem V. Capitel, in welchem eine neue „Experimental-Theorie" über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen entwickelt und durch unzählige, meisterhaft durchgeführte Versuche erhärtet und bestätigt wird, nur so weit es uns der noch zu Gebote stehende Raum gestattet, einige der wichtigsten Daten und practischen Formeln.

2. Aus den im 4. Capitel dieses *Report* vollständig und detaillirt erörterten Beobachtungen und Messungen der verschiedenen Geschwindigkeiten des an manchen Stellen über 3000 Fuss breiten Mississippi, und zwar in allen Tiefen und den verschiedensten Abständen von den Ufern, geht unzweifelhaft hervor, dass selbst bei ganz ruhigem, windstillem Wetter an der Wasseroberfläche ein Widerstand, ähnlich wie er an der Sohle des Flussbettes Statt findet, besteht, welcher keineswegs ganz allein von der Reibung der Wasserfläche gegen die Luft herrühren oder erklärt werden kann. Die Ursache liegt nach der Ansicht der Verfasser in dem Verluste an lebendiger Kraft, welcher sich vom Boden aus durch die Cohäsionskraft der Wassertheilchen nach aufwärts fortpflanzt und (ähnlich wie bei einer Reihe von aufeinander stossenden Elfenbeinkugeln, zusammenstossender Eisenbahnwägen u. s. w.) an der Oberfläche grösser als gegen die Mitte zu ist. Die beiden vom Boden und der Oberfläche ausgehenden Widerstände pflanzen sich in allmälig abnehmender Stärke gegen die Mitte zu fort, und in jener Tiefe, in welcher diese beiden verminderten Widerstände einander gleich geworden, findet die grösste Flussgeschwindigkeit Statt.

3. Legt man an irgend einer Stelle der Strombreite eine verticale Ebene parallel mit dem Stromstrich, und verzeichnet in dieser Ebene eine Parabel, deren Achse mit der Oberfläche des Wassers parallel läuft und deren Scheitel im Puncte der grössten Geschwindigkeit des Flusses liegt, so geben die auf der Achse gegen den Scheitel von einem Puncte aus gezählten Abscissen, welche vom Scheitel einen Abstand gleich der grössten Geschwindigkeit haben, die in den verschiedenen (durch die rechtwinkeligen Ordinaten dargestellten) Tiefen dieser Ebene stattfindenden Geschwindigkeiten auf eine mit den Messungen wunderbar übereinstimmende Weise. Der Parameter oder die Stärke der Krümmung dieser Parabel variirt nach einem bestimmten Gesetze oder ist eine bekannte Function von der Tiefe und mittlern Geschwindigkeit des Flusses. Die Tiefe der Achse der Curve unter der Oberfläche, oder allgemein ihr geometrischer Ort, steht im directen Verhältniss zu der Stärke des eben herrschenden Windes, und zwar wirkt der gegen den Strom streichende Wind dahin, die Achse tiefer, der abwärts gehende Wind diese höher zu legen. Endlich haben die grösste und mittlere Geschwindigkeit in der Curve eine solche Beziehung zu einander, dass wenn nebst der Tiefe der Achse der Parabel die eine gegeben ist, sofort auch die andere sammt der Curve selbst bestimmt werden kann.

Es mag nun die Anschauungsweise oder Hypothese von der Fortpflanzung des am Grundbette des Flusses entstehenden Widerstandes gegen die Oberfläche hin richtig sein oder nicht, so steht doch so viel fest, dass die hier vorläufig ausgesprochenen parabolischen Gesetze der Flussgeschwindigkeit durch die im vierten Capitel dieses *Report* erörterten und durch die Unzahl von graphischen Darstellungen und Diagrammen, welche die vorgenommenen genauen und scharfen Messungen repräsentiren, auf eine überraschende und unwiderlegbare Weise bestätigt werden und als richtig anerkannt werden müssen.

4. Zum Verständniss der folgenden Entwickelungen und der von den Verfassern abgeleiteten practischen Formeln wollen wir zuerst die von ihnen gebrauchten Bezeichnungen mit dem Bemerken hersetzen, dass sich alle numerischen Zahlen auf den englischen Fuss als Einheit beziehen. Es ist nun nach diesem System der Bezeichnung:

$l =$ der Länge eines bestimmten Theiles des Flusses.

$h = h_{,} + h_{,,} =$ dem Niveau-Unterschied zwischen den beiden Endpuncten der Distanz l.

$h_{,} =$ jenem Theil von h, welcher zur Ueberwindung der Widerstände des Flusses, diesen auf dieser Strecke l als gerade und nahe von gleichem Querschnitt vorausgesetzt, nöthig ist.

$h_{,,} =$ jenem Theil von h, welcher die aus Krümmungen und sonstigen besonderen Unregelmässigkeiten des Querschnittes entstehenden Hindernisse zu überwinden hat.

$s = \frac{h_{\prime}}{l}$ das Gefälle auf die Längeneinheit.

$a =$ der Fläche eines betreffenden Querschnittes.

$p =$ der Länge des benetzten Umfanges.

$r = \frac{a}{p} =$ dem mittlern Radius, oder hydraulische mittlere Tiefe.

$r_{\prime} = \frac{a}{p + W}$.

$Q =$ der abfliessenden Wassermenge in Kubikfuss per Secunde.

$v = \frac{Q}{a} =$ der mittlern Geschwindigkeit des Flusses per Secunde.

$D =$ der Tiefe des Flusses an irgend einer Stelle von der Oberfläche des Wassers an.

$d =$ dem Abstande irgend eines Punctes im Innern vom Wasserspiegel.

$d_{\prime} =$ dem Abstande jenes Wasserfadens einer zu betrachtenden verticalen, mit dem Flusse parallelen Ebene, welcher die grösste Geschwindigkeit besitzt, ebenfalls von der Oberfläche des Wassers.

$m =$ dem Abstande jenes Wasserfadens irgend einer verticalen Längenebene, welcher die mittlere aus allen Geschwindigkeiten der in dieser Ebene liegenden Fäden besitzt.

$W =$ der Flussbreite an der Wasseroberfläche an irgend einer gegebenen Stelle.

$w =$ dem senkrechten Abstand irgend eines Punctes der Wasseroberfläche von der längs des Ufers gemessenen Basis.

$w_{\prime} =$ dem Abstande jenes Wasserfadens der Oberfläche von dieser Basis, welcher die grösste Geschwindigkeit besitzt.

$V =$ der Geschwindigkeit irgend eines Punctes in irgend einer verticalen Längenebene (d. i. einer mit dem Flusse parallelen Ebene). Soll eine einzelne (bestimmte) dieser Ebenen betrachtet werden, so wird ihr Abstand von der Basis oder gemessenen Grundlinie unten links angedeutet. So bezeichnet z. B. $_{500}V$ die Geschwindigkeit in irgend einer Tiefe in jener verticalen Längenebene, welche von der (mit ihr parallelen) Basis um 500 Fuss absteht; $_{w_{\prime}}V$ bezeichnet dasselbe für jene Ebene, in welcher sich die grösste Wasserspiegel-Geschwindigkeit befindet u. s. w. Ist die Geschwindigkeit in einer bestimmten Tiefe zu betrachten oder zu bezeichnen, so wird dem V der perpendikuläre Abstand vom Wasserspiegel unten rechts angehängt. So bezeichnen V_0, V_5, $V_{\frac{1}{2}D}$, V_D, V_{d_1}, V_m beziehungsweise die Geschwindigkeit im Wasserspiegel, in einem Puncte 5 Fuss unter demselben, in der halben Tiefe, an der Sohle, die grösste und mittlere Geschwindigkeit in irgend einer der genannten verticalen Längenebenen.

U = der Geschwindigkeit (stets in Fussen per Secunde) irgend eines Punctes in der mittlern, aller der erwähnten verticalen Längenebenen. Mit Beibehaltung des eben für V erklärten Systems der Bezeichnung bedeutet z. B. U_m das grosse Mittel aus allen mittlern Geschwindigkeiten in den sämmtlichen verticalen Längenebenen zwischen beiden Ufern des Flusses; U_r bezeichnet das Mittel aus allen Bodengeschwindigkeiten in diesen Ebenen u. s. w.

f = der Zahl, welche die Stärke des Windes anzeigt; dabei wird Windstille oder ein Wind, welcher unter einem rechten Winkel quer über den Fluss weht, mit Null, und ein Sturmwind mit 10 bezeichnet.

$g = 32{\cdot}138$ Fuss = der Beschleunigung der Schwere.

5. Denkt man sich von allen den in Nr. **3** erwähnten, an irgend einer Stelle des Flusses angenommenen verticalen Längenebenen mit ihren entsprechenden Geschwindigkeitsparabeln die mittlere Ebene mit ihrer Parabel, so gibt die Lage der Achse dieser Curve zugleich die mittlere aller in den genannten Ebenen liegenden Maximalgeschwindigkeiten; dieses grosse Mittel aller der genannten Maximalgeschwindigkeiten erhält als algebraischen Ausdruck die Tiefe der Achse der Geschwindigkeitscurve in dieser mittlern Ebene unter der Oberfläche des Wassers, und diese ist:

$$d_{,} = ({\cdot}317 + {\cdot}06 f)\, r \ldots (1),$$

dabei ist die Zahl f (vorige Nr.) für einen stromaufwärts blasenden Wind positiv, für einen abwärts wehenden Wind negativ zu nehmen. Ein Sturm ($f = 10$) wird daher die Parabelachse bis auf $\frac{1}{10}$ der mittlern Wassertiefe über dem Boden herabdrücken oder um $\frac{3}{10}$ dieser Tiefe über den Wasserspiegel erheben, jenachdem derselbe auf- oder abwärts geht. Ein abwärts wehender

Wind von der Stärke = 5 wird diese Achse nahe in die Wasseroberfläche bringen u. s. w.

6. Da man bisher immer der Meinung war, es sei für die Bestimmung der abfliessenden Wassermenge am einfachsten, das Verhältniss zwischen der grössten Oberflächen- (in dem Glauben, dass die grösste Geschwindigkeit an der Oberfläche stattfinde) und der wahren mittlern Flussgeschwindigkeit zu ermitteln, so werden hier aus den in dem frühern Capitel ausführlich entwickelten Gleichungen die Verhältnisse $\frac{v}{{}_{w_1}V_0}$ und $\frac{v}{{}_{w_1}V_{d_1}}$, und selbst jene $\frac{v}{U_0}$ und $\frac{v}{U_{d_1}}$ gesucht, aus welchen jedoch deutlich ihre Unbrauchbarkeit für den erwähnten practischen Zweck hervorgeht, indem diese von zu vielen wechselnden Elementen abhängen.

7. Für die weitere Entwicklung wird dagegen das Verhältniss aus der mittlern Geschwindigkeit aller der erwähnten verticalen Curven und der mittlern Geschwindigkeit des Flusses, d. i. die Relation $U_m = \varphi(v)$ gesucht und discutirt, woraus hervorgeht, dass man $U_m = Av$ setzen müsse, wobei für einen rechteckigen Querschnitt $A = 1$, und für Querschnitte, wie sie bei Flüssen (zu Columbus, Vicksburg und Natchez) vorkommen, $A = \cdot 93$, also:

$$U_m = \cdot 93 v \ldots (2)$$

zu nehmen ist. (Die genaue Uebereinstimmung dieses algebraischen Ausdruckes mit den sorgfältigsten Versuchen wird aus vierzehn Beobachtungen und Vergleichungen nachgewiesen.)

8. Da nun, wie eben erwähnt, die Verhältnisse zwischen v und ${}_{w_1}V_0$ oder ${}_{w_1}V_{d_1}$ oder U_0 oder endlich U_{d_1} wegen ihrer Veränderlichkeit keine brauchbaren Anhaltspuncte geben, so kamen die genannten Ingenieure dieser verdienstlichen Arbeit auf die glückliche Idee, aus ihren Daten und Relationen das Verhältniss zwischen V_m und $V_{\frac{1}{2}D}$, d. i. zwischen der in irgend einer der mehr erwähnten verticalen Längenebenen liegenden mittlern, zu jener Geschwindigkeit, die in dieser Ebene in der halben Tiefe liegt, zu bestimmen, und sie fanden dadurch das sehr wichtige practische Gesetz, dass an was immer für einem Querschnitt des Flusses und in was immer für einer der verticalen Längenebenen das Verhältniss der Mitteltief-Geschwindigkeit zur mittlern Geschwindigkeit wesentlich constant sei. Man erhält nämlich aus den erwähnten Relationen die Gleichung:

$$\frac{V_m}{V_{\frac{1}{2}D}} = \frac{V_m}{V_m + \frac{1}{12}(b v)^{\frac{1}{2}}} \ldots (3),$$

in welcher der Coefficient b mit der Parametercurve der verschiedenen Geschwindigkeitsparabeln zusammenhängt und sehr genau durch die Relation:

$$b = \frac{1{\cdot}69}{(D + 1{\cdot}5)^{\frac{1}{2}}} \ldots (4)$$

gefunden wird. Die Beobachtungen und Vergleichungen zeigen, dass für Flüsse von bedeutenden Tiefen (wie z. B. von 55 bis 110 Fuss, wie diese beim Mississippi vorkommen) $b = {\cdot}1856$ gesetzt werden könne. Hieraus folgt, dass der Coefficient $\frac{1}{12} b^{\frac{1}{2}}$ von der mittlern Flussgeschwindigkeit v eine so kleine Grösse ist, dass diese letztere das gedachte Verhältniss $V_m : V_{\frac{1}{2}D}$ sehr wenig alteriren kann. Auch folgt aus der Form des Bruches im zweiten Theil der Gleichung (3), dass eine Aenderung im Werthe von V_m (wenn dieser nur nicht zu klein ist) so gut wie keinen Einfluss auf den numerischen Werth des in Rede stehenden Verhältnisses hat; setzt man daher $U_m = {\cdot}93 v$ (Relat. 2) statt V_m, so lässt sich, wenn die mittlere Flussgeschwindigkeit v selbst nur beiläufig bekannt ist, das genannte Verhältniss $V_m : V_{\frac{1}{2}D}$ schon im Voraus für jede der verticalen Geschwindigkeitscurven angeben.

Nachdem zur Erhärtung der Richtigkeit dieses blos aus theoretischen Combinationen gefundenen Gesetzes auch die strenge Prüfung mit den Resultaten der verschiedensten Beobachtungen am Mississippi zu Columbus, Vicksburg, Bayou Plaquemine, Bayou La Fourche, schmälern Zuflusscanälen und am Rhein (durch Prof. Forshey, Fillebrown, Pattison, G. C. Smith, Lieut. Abbot, Boileau, Hennocque und Defontaine) vorgenommen und eine so genaue Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen und den Zahlen der obigen Formel (3) gefunden wurde, als es in solchen Fällen nur immer möglich ist (die sich ergebenden Differenzen aus 15 Versuchsreihen sind: ·0005, ·0006, ·0033, ·0051, ·0021, ·0032, ·0048, ·0044, ·0027, ·0319, ·0208, ·0013, ·0228, ·0241, ·0149), wodurch sich als vollkommen erwiesen herausstellt, dass das Verhältniss $V_m : V_{\frac{1}{2}D}$ in irgend einer der verticalen Geschwindigkeitscurven practisch unabhängig ist von der Tiefe und Breite des Flusses, von der mittlern Flussgeschwindigkeit, von der mittlern Geschwindigkeit der verticalen Curven und von der Lage der Parabelachse, d. i. der grössten Geschwindigkeit; so bemerken die

Verfasser, wie diese wichtige Entdeckung wieder ein schönes Beispiel von der Macht der Analysis gebe, wenn diese auf Naturphänomene angewendet werde.

Uebrigens folgt aus diesem Gesetze auch noch (weil die practischen Versuche und Beobachtungen, mit denen die genannte Vergleichung vorgenommen wurde, unter dem Einflusse von verschiedenen auf- oder abwärts wehenden Windstärken stattfanden), dass die Geschwindigkeit in der halben Flusstiefe ($V_{\frac{1}{2}D}$) vom Winde, dieser mag was immer für eine Stärke oder Richtung haben, nicht im Geringsten mehr beeinflusst werde.

9. Was nun die practische Verwendung oder Benützung dieses neu entdeckten Gesetzes zur Berechnung der in einer bestimmten Zeit abfliessenden Wassermenge in irgend einem Flusse oder Canale anbelangt, so werden nach den nöthigen vorausgegangenen Feld- oder eigentlich Flussarbeiten zur Bestimmung der Mitteltief-Geschwindigkeit $U_{\frac{1}{2}r}$ (wozu man die Strombreite in so viele gleichbreite Streifen oder Sectionen theilt, als für die beabsichtigte Genauigkeit erforderlich scheint — am Mississippi waren diese Längenstreifen 200 Fuss breit — in diesen wieder in mehreren Breiten-Distanzen, und zwar am besten durch sogenannte Doppelschwimmer (*double floats*) die Geschwindigkeiten in der halben Tiefe des mittlern Radius bestimmt, aus den entsprechenden Zahlen in jeder Section das Mittel und endlich aus diesen Mittelwerthen selbst wieder das Mittel nimmt), 3 Methoden für die Berechnung der mittlern Flussgeschwindigkeit v vorgeschlagen.

Die erste Art besteht darin und gibt schon einen ziemlich genäherten Werth, wenn man das so erhaltene Mittel $U_{\frac{1}{2}D}$ selbst schon für die mittlere Flussgeschwindigkeit gelten lässt.

Eine zweite genauere Rechnungsmethode liegt darin, dass man den gefundenen Mittelwerth aus allen Mitteltiefen für $U_{\frac{1}{2}r}$ in die nachstehende Gleichung:

$$v = [(1{\cdot}08\, U_{\frac{1}{2}r} + {\cdot}002\, b)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}045\, b^{\frac{1}{2}}]^2 \ldots (5)$$

setzt, welche Gleichung entsteht, wenn man in jene (aus der obigen (3) folgenden)

$$U_{\frac{1}{2}r} = U_m + \tfrac{1}{12}(b v)^{\frac{1}{2}}$$

für U_m den Werth ${\cdot}93 v$ aus der obigen Relation (2) setzt und die Gleichung nach v auflöst. Dabei kommt zu bemerken, dass wenn der mittlere Radius r einmal 12 Fuss übersteigt, für b immer der bereits angegebene Werth ${\cdot}1856$ gesetzt werden kann.

Diese Formel (5) wäre ganz genau, wenn nicht der Factor A in dem Ausdrucke von $U_m = Av$ (in Nr. 7, Relat. (2)) möglicher Weise kleinen Veränderungen unterworfen wäre, obschon er blos von der Abweichung des betreffenden Querschnittes des Flusses von der Form eines Rechteckes (wofür $A = 1$ ist) abhängt und am Mississippi durchaus constant $= \cdot 93$ gefunden wurde.

Will man daher endlich auch noch diesem Zweifel entgehen, so besteht die dritte und genaueste Methode darin, dass man in der Formel:

$$V_m = V_{\frac{1}{2}D} - \tfrac{1}{12}(bv)^{\frac{1}{2}} \ldots (6),$$

welche aus jener (3) folgt, für $V_{\frac{1}{2}D}$ nach und nach die verschiedenen, in den einzelnen Breitenabtheilungen oder Längenstreifen der gewählten Flussstrecke gemessenen Mitteltief-Geschwindigkeiten substituirt, wodurch man eben so viele, blos durch die Grösse $v^{\frac{1}{2}}$ und bekannte Grössen ausgedrückte Mittelgeschwindigkeiten der einzelnen Abtheilungen oder Sectionen erhält. Setzt man dann die Summe der Producte aus diesen erhaltenen Werthen V_m mit den entsprechenden Querschnittsflächen der betreffenden Abtheilungen dem Producte aus v in die ganze bezügliche Querschnittsfläche des Flusses gleich, so erhält man eine Gleichung, welche v und $v^{\frac{1}{2}}$ enthält, und aus welcher sich sofort der genaue Werth von v bestimmen lässt.

Von den durch Auflösung dieser quadratischen Gleichung entstehenden beiden Werthen für v (welche, da der Form nach $\sqrt{v} = +p$ und $\sqrt{v} = -p'$, also $v = p^2$ und $= p'^2$ wird, beide positiv sind) ist der kleinere (da die Geschwindigkeit in der Achse der Parabel die grösste sein soll) Werth der allein hier brauchbare und gibt sofort die wahre mittlere Geschwindigkeit des Flusses. Diese allerdings etwas langwierige Rechnungsmethode gibt so genaue Resultate, dass diese nur noch mit den Beobachtungsfehlern behaftet sein können.

In den meisten Fällen jedoch wird man sich mit einer der beiden erstern, weit einfacheren Methoden begnügen können.

10. Wir stellen hier noch die von den genannten Verfassern des hier benützten *Report* gefundenen neuen Formeln zur Bestimmung der verschiedenen Geschwindigkeiten unter der Oberfläche des Wassers in der von ihnen selbst angegebenen Form übersichtlich zusammen. Diese sind:

$$V = V_{d_1} - (bv)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{d - d_{\prime}}{D}\right)^2, \quad V_0 = V_{d_1} - (bv)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{d_{\prime}}{D}\right)^2.$$

$$V_D = V_{d_1} - (bv)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{d_{\prime}}{D}\right)^2, \quad V_m = \tfrac{2}{3} V_{d_1} + \tfrac{1}{3} V_D + \frac{d_{\prime}}{D} (\tfrac{1}{3} V_0 - \tfrac{1}{3} V_D).$$

$$V_{\frac{1}{2}D} = V_m + \tfrac{1}{12} (bv)^{\frac{1}{2}}, \qquad V_{d_1} = V_m + (bv)^{\frac{1}{2}} \left[\tfrac{1}{3} + \frac{d_{\prime}(d_{\prime} - D)}{D^2}\right].$$

$$V = V_m + (bv)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{D(\frac{1}{3} D - d_{\prime}) + d(2d_{\prime} - d)}{D^2}\right].$$

Dabei ist für alle Werthe von $D > 30$ Fuss genau genug $b = {\cdot}1856$ zu nehmen. Für kleinere Werthe von D muss man, wenn eine grosse Genauigkeit verlangt wird, den Werth von b aus der Relation:

$$b = \frac{1{\cdot}69}{(D + 1{\cdot}5)^{\frac{1}{2}}}$$

berechnen. Für das Mittel aus allen verticalen Längenebenen geht in diesem Ausdrucke D in r über.

Für die Geschwindigkeiten in der mittlern der genannten verticalen Längenebenen gelten die nachstehenden Formeln:

$$d_{\prime} = ({\cdot}317 + {\cdot}06 f)\, r, \quad U_m = {\cdot}93\, v.$$

$$U = {\cdot}93\, v + \left[\frac{dr({\cdot}634 + {\cdot}12 f) - d^2}{r^2} - {\cdot}06 f + {\cdot}016\right] (bv)^{\frac{1}{2}}.$$

$$U_0 = {\cdot}93\, v + ({\cdot}016 - {\cdot}06 f)\, (bv)^{\frac{1}{2}}.$$

$$U_r = {\cdot}93\, v + ({\cdot}06 f - {\cdot}350)\, (bv)^{\frac{1}{2}}.$$

$$U_{d_1} = {\cdot}93\, v + [({\cdot}317 + {\cdot}06 f)^2 - {\cdot}06 f + {\cdot}016]\, (bv)^{\frac{1}{2}}.$$

$$v = [(1{\cdot}08\, U_{\frac{1}{2}r} + {\cdot}002\, b)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}045\, b^{\frac{1}{2}}]^2.$$

11. Da zur Bestimmung der durch Eindämmung eines Flusses entstehenden Stauhöhe oder Erhöhung des Wasserspiegels die Kenntniss des Zusammenhanges oder der Relationen zwischen Querschnitt, Gefälle und mittlere Geschwindigkeit des Flusses unentbehrlich ist, so gehen die Verfasser nunmehr auch zur Lösung dieses noch schwierigeren Problemes, wobei sie ebenfalls wieder neue, von den bisher bekannten abweichende Formeln finden, die mit den zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Experimentatoren gemachten Messungen und Beobachtungen auf eine bewunderungswürdige Weise übereinstimmen.

Sie gehen dabei wieder von der schon oben (Nr. 2) erwähnten Ansicht aus, dass sich an der Oberfläche des Wassers (am Wasserspiegel) ausser der Reibung mit der Luft durch Fortpflanzung vom Boden herauf, noch ein Widerstand geltend mache, welcher von derselben Natur wie jener am Boden des Flussbettes sei. Sie bestreiten ferner die von Vielen aufgestellte Hypothese, dass sich bei der Bewegung des Wassers in Canälen oder Flüssen eine Flüssigkeitsschichte an den Wänden des Bettes festsetze, über welche das ganze Wasserprisma weggleite und dabei keinen andern als den durch die Cohäsion der Wassertheilchen entstehenden Reibungswiderstand zu überwinden habe; sondern sie nehmen an, dass der Widerstand hauptsächlich aus der Adhäsion der äussersten Wasserschichte mit den Berührungswänden entsteht und dass dadurch die Geschwindigkeit der Wassertheilchen in dieser äussersten Schichte verzögert werde. Die Geschwindigkeit aller übrigen nach Innen zu liegenden Theilchen wird dann nur in Folge des Gesetzes eines ganz andern, nämlich des Cohäsionswiderstandes der Wassertheilchen unter einander vermindert. Dieser secundäre Widerstand regulirt eigentlich die Vertheilung oder Fortpflanzung des Effectes des erstern oder Adhäsionswiderstandes auf die übrigen Theilchen der bewegten Wassermasse. Die Cohäsionskraft, von ganz anderer Natur und weit grösserer Intensität als die Adhäsion, lässt nur ganz geringe Geschwindigkeitsänderungen in den auf einander folgenden Elementarschichten der Flüssigkeitsmasse zu, während die Adhäsion (wie z. B. die unterste Schichte am Grundbett) Geschwindigkeiten gestattet, welche mehrere Fuss übersteigen.

12. Mit Zugrundelegung der schon von Dubuat ausgesprochenen und angewendeten Grundsätze, dass wenn das Wasser mit gleichförmiger Bewegung fortfliesst, die gesammte beschleunigende Kraft dem gesammten Widerstande gleich sein müsse und dass in offenen Canälen die beschleunigende Kraft lediglich von dem Gefälle der Wasseroberfläche herrührt, wird zuerst die Grundgleichung dieser Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen, nämlich, wenn G die Dichte des Wassers und φ irgend eine Function bezeichnet, die Gleichung:

$$G g a l \frac{h_{\prime}}{l} = l(p + W)\,\varphi\left(\frac{U_0 W + U_r p}{W + p}\right)$$

aufgestellt und durch Substitution der oben in Nr. **10** für U_0 und U_r angegebenen Werthe, wobei zu berücksichtigen, dass $\cdot 317 + \cdot 06 f = \frac{d_\prime}{r}$ ist, auf die Form:

$$\frac{as}{W+p} = \varphi \left\{ \cdot 93 v + (bv)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{W\left(\cdot 333 - \frac{d_\prime}{r}\right) + p\left(\frac{d_\prime}{r} - \cdot 667\right)}{W+p} \right] \right\} \ldots (7)$$

gebracht. Setzt man weiters $W = qp$, wo q für Flüsse nahezu $= 1$ gesetzt werden kann (für den Mississippi ist der Mittelwerth $= \cdot 99$), so geht der letzte Bruch in der eckigen Klammer in

$$\frac{\cdot 333 q - \frac{d_\prime}{r} q + \frac{d_\prime}{r} - \cdot 667}{q+1}$$

und für $q = 1$ in $- \cdot 167$ über. Wird dieser Werth oben in (7), jedoch mit veränderten Zeichen, substituirt (weil man sonst aus der quadratischen Endgleichung für v die hier unbrauchbare Wurzel erhalten würde), so hat man:

$$\frac{as}{W+p} = \varphi(\cdot 93 v + \cdot 167 b^{\frac{1}{2}} v^{\frac{1}{2}}) = \varphi(z) \ldots (8),$$

wenn man nämlich Kürze halber das Binom $= z$ setzt.

13. Was nun die Form und den Werth der im zweiten Theil dieser Gleichung vorkommenden Function φ betrifft, so lässt sich dieser offenbar nur aus vielen und genauen Beobachtungen und practischen Versuchen bestimmen.

Es werden daher von den Verfassern sowohl ihre ausgedehnten, zahlreichen und mit aller möglichen Genauigkeit am Mississippi zu Vicksburg, Columbus, Carrollton, Bayou La Fourche, little-Falls feeder nächst George-town, so wie auch die Beobachtungen von Dubuat, Kraÿenhoff, Watt, Destrem, Buffon, Pattison am Bayou Plaquemine und Ellet am selben Orte und am Ohio, mit kritischer Beleuchtung und Berücksichtigung aller Einfluss nehmenden Umstände benützt, und es wird dadurch endlich der Ausdruck gefunden:

$$z = \left(\frac{195\, a\, s^{\frac{1}{2}}}{p + W}\right)^{\frac{1}{4}} \ldots (9),$$

aus welchem von den 5 variabeln Grössen immer eine gefunden werden kann.

Berücksichtigt man übrigens, dass die beiden Grössen W und p selten von einander unabhängig, und durch die eine gewöhnlich auch die andere gegeben ist, in jedem Falle aber für natürliche Flussbette ohne erheblichen Fehler $p = 1{\cdot}015\,W$ gesetzt werden kann, so reduciren sich diese Variabeln auf die folgenden 4, d. i. a, $(p + W)$, s und z. Diese letztgenannte Grösse ist zwar, streng genommen, eine Function von v und b (Gleich. 8), also mittelbar von v und r (wenn man in Relat. (4) r statt D setzt); allein da man ohne Fehler b als constant ansehen kann, so kann man auch für alle practischen Fälle z als eine einfache Function von v ansehen. Man findet sonach aus der vorigen Relation (9) für den practischen Gebrauch die 3 folgenden Formeln:

$$s = \left[\frac{(p + W)\,z^2}{195\,a}\right]^2 \ldots (11),$$

$$a = \frac{(p + W)\,z^2}{195\,s^{\frac{1}{2}}} \ldots (12),$$

$$p + W = \frac{195\,a\,s^{\frac{1}{2}}}{z^2} \ldots (13).$$

14. Von der Variabeln z sind uns zwei absolute Werthe, nämlich für einen rechteckigen und für einen gewöhnlich bei Flüssen vorkommenden Querschnitt bekannt, und zwar sind diese beziehungsweise (Gleichungen (8), (2) und Bemerk. über A in Nr. 7):

$$z = v + {\cdot}167\,b^{\frac{1}{2}}v^{\frac{1}{2}} \text{ und } z = {\cdot}93\,v + {\cdot}167\,b^{\frac{1}{2}}v^{\frac{1}{2}}.$$

Werden diese Werthe für z in die obige Gleichung (9) substituirt und wird diese dann nach v aufgelöst, so erhält man für diese beiden Fälle, beziehungsweise:

$$v = [-{\cdot}08\,b^{\frac{1}{2}} + \sqrt{{\cdot}0064\,b + (195\,r_{,}\,s^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{2}}}\,]^2 \ldots (14)$$

$$\text{und } v = [-{\cdot}09\,b^{\frac{1}{2}} + \sqrt{{\cdot}0081\,b + (225\,r_{,}\,s^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{2}}}\,]^2 \ldots (15).$$

Wie bereits bemerkt, hängt für schmale Flüsse der Werth $b = \frac{1{\cdot}69}{(r + 1{\cdot}5)^{\frac{1}{2}}}$ von r ab, ist jedoch für Flüsse, in welchen r schon 12 bis 15 Fuss beträgt, nahezu $= {\cdot}1856$, wodurch das unterm Wurzelzeichen vorkommende Glied in b für geringe vorkommende Geschwindigkeiten so klein ausfällt, dass man dasselbe ohne Weiteres auslassen kann. Dadurch geht (da die Formel (14) nur für künstliche Canäle brauchbar ist, so wird sie hier nicht weiter in Betracht gezogen) der vorige Ausdruck (15) in den einfacheren über:

$$v = [(225\,r_{,}\,s^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{4}} - {\cdot}0388]^2 \ldots (16).$$

Aus dieser für alle breitern Flüsse (zur Bestimmung der mittlern Geschwindigkeit) anwendbaren Formel kann man die beiden folgenden:

$$r_{\prime} = \frac{(v^{\frac{1}{2}} + \cdot 0388)^4}{225\, s^{\frac{1}{2}}} \ldots (17)$$

$$\text{und } s = \left[\frac{(v^{\frac{1}{2}} + \cdot 0388)^4}{225\, r_{\prime}}\right]^2 \ldots (18)$$

ableiten, welche manchmal zur approximativen Bestimmung der darin vorkommenden Grössen von Nutzen sein können.

Im Falle die ab- oder durchfliessende Wassermenge Q nebst zweien der 4 in der Gleichung (9) vorkommenden Variabeln gegeben wäre, liessen sich, vorausgesetzt, dass nicht a und v die zwei gegebenen Grössen sind, die beiden übrigen mit Rücksicht auf die Relation $Q = av$ leicht finden.

Sind a und z die beiden Unbekannten, so kommt man allerdings auf eine höhere Gleichung; allein dann kann man sich durch ein Näherungsverfahren helfen, indem man z. B. für a einen Werth annimmt und damit sowohl aus der Gleichung (15) oder (wenn das Flussprofil ein Rechteck) (14) (weil $r_{\prime} = a : (p + W)$) als aus jener $a = Q : v$ den entsprechenden Werth von v berechnet. Sind beide Werthe identisch, so war a richtig angenommen, wenn nicht, so wird man a ändern und in dieser Weise fortfahren, bis die gewünschte Uebereinstimmung erreicht ist.

Ist der Fluss sehr breit, so kann diese Rechnung dadurch vereinfacht werden, dass man die Gleichung (16) statt jener (15) nimmt.

15. Die von den Verfassern des hier in Rede stehenden *Report* in so grossem Massstabe und mit so grosser Genauigkeit ausgeführten Versuche und Beobachtungen am Mississippi boten endlich auch die Mittel dar, die aus scharfen Krümmungen des Stromstriches resultirende Widerstandshöhe $h_{\prime\prime}$ (siehe Bezeichnung in Nr. 4) zu bestimmen und namentlich die von Dubuat hiefür aufgestellte einfache empirische Formel zu rectificiren.

Ist a der betreffende Einfalls- oder Ablenkungswinkel, welcher jedoch keinesfalls über 36 bis 40 Grad hinausgehend angenommen wird, so wie Σ eine constante Grösse; so empfiehlt Dubuat die aus seinen Versuchen in Röhrenleitungen hervorgegangene sehr einfache Formel: $h_{\prime\prime} = \frac{v^2\, Sin\, a^2}{\Sigma}$, wobei für Röhren von verschiedenen Dimensionen, nach Pariser Zollen, die Constante $\Sigma = 2998 \cdot 5$ ist und natürlich $h_{\prime\prime}$ und v in derselben Einheit zu nehmen sind.

Legt man den englischen Fuss zum Grunde, so verwandelt sich diese Formel in die folgende: $h_{\prime\prime} = \frac{v^2 \, Sin \, a^2}{266 \cdot 3}$.

Die erwähnten neuern und am Mississippi zwischen Carrollton und Baton Rouge im Jahre 1851, so wie zu Vicksburg im Jahre 1858 zu diesem Behufe durchgeführten Versuche zeigen, dass die vorige Formel für $h_{\prime\prime}$ zu kleine Werthe gibt, dass dagegen die Beobachtungswerthe mit den aus der Formel:

$$h_{\prime\prime} = \frac{v^2 \, Sin \, a^2}{134} \ldots (19)$$

berechneten sehr gut übereinstimmen.

16. Um den Werth dieser neuen Formeln besser würdigen zu können, wollen wir schliesslich noch die Resultate von 30, zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Richtungen und zwar am Mississippi, Bayou Plaquemine, La Fourche, Ohio, Haine (Frankreich), Canal (England), Rheinfluss (Byland), Waal, Rhein, Yssel, Tiber, Newa und Gross-Nevka (Russland) in den Jahren von 1782 an bis 1859 vorgenommenen Messungen und Beobachtungen, wobei die Querschnittsflächen der Canäle und Flüsse von 50 bis 195349 Quadratfuss, die Breiten an der Wasseroberfläche von 18 bis 2732, die benetzten Perimeter von 20·6 bis 2782, die grössten Canal- und Flusstiefen von 4 bis 136 und die mittlern Geschwindigkeiten von 1·1336 bis 6·9575 Fuss, so wie endlich die Gefälle von ·00001389 bis ·00069851 variirten, in so ferne in Betracht ziehen, als wir aus dem *Report* noch eine Tabelle mittheilen, in welcher die sich aus den wirklichen Beobachtungen und den Rechnungen nach den verschiedenen bekannten ältern und den hier in Rede stehenden neuern Formeln ergeben, ersichtlich sind.

Bevor wir jedoch diese Tabelle selbst hersetzen, wollen wir noch diese verschiedenen ältern Formeln für die mittlere Geschwindigkeit aus diesem *Report* selbst anführen. Diese sind:

$$\text{Chezy} \ldots \begin{cases} \text{(Young's Coefficienten)} \ldots\ldots\ldots & v = 84{\cdot}3\,(rs)^{\frac{1}{2}} \\ \text{(Eytelwein's detto)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & v = 93{\cdot}4\,(rs)^{\frac{1}{2}} \\ \text{(Downing's u. Anderer detto)} \ldots\ldots & v = 100{\cdot}0\,(rs)^{\frac{1}{2}} \end{cases}$$

$$\text{Dubuat} \ldots v = \frac{88{\cdot}49\,(r^{\frac{1}{2}} - {\cdot}03)}{\left(\frac{1}{s}\right)^{\frac{1}{2}} - L\left(\frac{1}{s} + 1{\cdot}6\right)^{\frac{1}{2}}} - {\cdot}086\,(r^{\frac{1}{2}} - {\cdot}03).$$

Dabei ist L = dem gemeinen Logarithmus multiplicirt mit 2·302585.

Girard .... $v = (2{\cdot}69 + 26384 rs)^{\frac{1}{2}} - 1{\cdot}64.$

Prony .....

Für Canäle .... $v = ({\cdot}0556 + 10593 rs)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}2357$

Für „ u. Röhren $v = ({\cdot}0237 + 9966\, r\, s)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}1542$

Eytelwein's Coeffic. $v = ({\cdot}0119 + 8963\, r\, s)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}1089$

Weissbach's „ $v = ({\cdot}00024 + 8675 rs)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}0154$

Young .... $v = \left[\frac{rs}{3A} + \left(\frac{B}{12A}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{B}{12A}.$

Dabei ist $A = {\cdot}0^61\left(413 + \frac{1{\cdot}5625}{r} - \frac{90}{3r+8} - \frac{15}{4r + {\cdot}0296}\right).$

$$B = {\cdot}0^61\left[\frac{900\, r^2}{r^2 + {\cdot}5} + \frac{1}{(3r)^{\frac{1}{2}}}\left(271{\cdot}25 + \frac{6{\cdot}88}{r} + \frac{{\cdot}0001146}{r^2}\right)\right].$$

Dupuit .... $v = \frac{s\, r\, a}{{\cdot}08 W} + ({\cdot}0067 + 9114 rs)^{\frac{1}{2}} - {\cdot}082.$

St. Venant $v = 106{\cdot}068 (rs)^{\frac{11}{21}}.$

Ellet ...... $v = {\cdot}64 (\varDelta H)^{\frac{1}{2}} + {\cdot}04 \varDelta H,$

in welcher $\varDelta$ die grösste Flusstiefe und H das Gefälle der Wasserfläche auf 1 englische Meile bezeichnet.

Wir lassen nun die erwähnte Vergleichungs-Tabelle mit dem Bemerken folgen, dass die in den verticalen Columnen stehenden Zahlen die Differenzen oder Abweichungen der nach den verschiedenen Formeln erhaltenen Rechnungs- von den Beobachtungs-Resultaten enthalten, und dass die vorgesetzten Zeichen angeben, ob diese Differenzen zu den berechneten mittleren Geschwindigkeiten addirt oder davon subtrahirt werden müssen, um die Beobachtungszahlen zu erhalten. So gibt z. B. bei der 1. Beobachtung die nach der Dubuat'schen Formel berechnete mittlere Geschwindigkeit $v = 2{\cdot}7468$ Fuss, einen Fehler von $+ 3{\cdot}1820$ Fuss, welcher sofort zu der berechneten Geschwindigkeit addirt, die wahre beobachtete mittlere Geschwindigkeit von $2{\cdot}7468 + 3{\cdot}1820 = 5{\cdot}9288$ Fuss gibt; und so auch mit den übrigen Zahlen.

Ta-

zur Vergleichung der nach den verschiedenen Formeln be-

Zahl der Versuche	Chezy's Formel mit Coefficienten von: Young	Eytelwein	Downing u. Anderen	Dubuat's Formel	Girard's Formel	Prony's Formel: Für Canäle	Für Röhren und Canäle
	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
1	+2·6888	+2·3390	+2·0854	+3·1820	+1·1140	+2·2017	+2·2430
2	+2·9167	+2·5961	+2·3636	+3·4374	+1·5736	+2·4887	+2·5204
3	+2·6973	+2·5530	+2·4484	+3·3542	+2·6207	+2·6208	+2·5978
4	+2·5522	+2·3984	+2·2868	+3·2073	+2·4188	+2·4572	+2·4369
5	+1·3152	+0·7061	+0·2643	+1·5090	—2·3975	+0·3004	+0·4281
6	+1·5591	+0·9772	+0·5552	+2·7722	—1·9246	+0·5998	+0·7184
7	+2·3506	+1·8677	+1·5174	+2·6733	—0·3106	+1·5929	+1·6784
8	+1·3028	+1·0631	+0·8893	+1·6224	+0·5812	+1·0377	+1·0434
9	+2·2085	+1·8469	+1·5847	+2·5718	+0·5389	+1·6975	+1·7427
10	+1·8902	+1·4121	+1·0654	+2·1721	—0·7304	+1·1425	+1·2263
11	+0·0094	—0·5507	—0·9569	—0·1965	—3·2932	—0·9055	—0·7942
12	+0·0033	—0·4238	—0·7334	—0·0583	—2·1974	—0·6407	—0·5738
13	+0·8434	+0·6023	+0·4275	+1·0077	+0·1116	+0·5756	+0·5817
14	+0·9837	+0·7829	+0·6374	+1·1533	+0·5428	+0·7964	+0·7900
15	+0·9835	+0·7866	+0·6439	+1·1535	+0·5695	+0·8039	+0·7963
16	+0·8184	+0·6056	+0·4513	+0·9686	+0·2926	+0·6072	+0·6044
17	—1·2535	—1·7162	—2·0517	—1·7040	—3·7470	—1·9699	—1·8912
18	—1·5406	—2·0008	—2·3346	—1·9857	—4·0141	—2·2520	—2·1741
19	+0·4038	+0·1759	+0·0106	+0·6998	—0·2313	+0·1623	+0·1643
20	+0·0901	—0·1694	—0·3577	+0·0453	—0·7802	—0·2148	—0·2028
21	+0·0364	—0·2358	—0·4333	—0·0038	—0·9301	—0·2940	—0·2779
22	+0·0901	—0·0226	—0·1043	+0·1478	+0·1788	+0·0737	+0·0425
23	+0·1952	—0·1696	—0·4342	+0·2315	—1·5005	—0·3224	—0·2761
24	+0·4577	+0·1534	—0·0673	+0·4877	—0·7571	+0·0627	+0·0891
25	+0·2978	—0·0117	—0·2361	—0·2478	—0·9577	—0·1078	—0·0797
26	+0·4004	+0·1288	—0·0682	+0·4037	—0·5617	+0·0712	+0·0871
27	+0·5513	+0·3115	+0·1376	+0·5584	—0·1711	+0·2860	+0·2918
28	+0·4503	+0·1305	—0·1015	+0·4294	—0·8867	+0·0238	+0·0553
29	+1·3598	+1·1579	+1·0115	+1·4974	+0·9109	+1·1702	+1·1641
30	+0·6919	+0·5455	+0·4393	+0·9601	+0·6026	+0·6112	+0·5888
Summe	32·9420	28·4411	26·6988	40·4417	37·4472	28·0905	28·1506

Aus der Vergleichung dieser Zahlen springt der grosse Vorzug der neuern gegen die bisher bekannten und angewendeten Formeln so eclatant in die Augen, dass jede weitere Bemerkung überflüssig wäre.

fel

rechneten mittlern Geschwindigkeiten mit den beobachteten.

mit Coefficienten		Young's Formel	Dupuit's Formel	St. Venant's Formel	Ellet's Formel	Neue Formel
von Eytelwein	von Weissbach					
Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss	Fuss
+2·3974	+2·3644	+2·6547	+1·0536	+2·4381	+2·8837	+0·0385
+2·6584	+2·6206	+2·9000	+1·4629	+2·7002	+3·1500	+0·2425
+2·6378	+2·5725	+2·7822	+2·3651	+2·6534	+2·9552	+0·2593
+2·4820	+2·4182	+2·6320	+2·1732	+2·5009	+2·8230	+0·0658
+0·7288	+0·7388	+1·1238	—3·0950	+0·7159	+2·0962	—0·8093
+1·0038	+1·0091	+1·3844	—0·0904	+0·9996	+1·8883	—0·4602
+1·9078	+1·8968	+2·2359	—0·4739	+1·9298	+2·8054	+0·0713
+1·1361	+1·0853	+1·3343	+0·8166	+1·1737	+1·4852	—0·3978
+1·9037	+1·8726	+2·1690	+0·8041	+1·9437	+2·6953	+0·0430
+1·4530	+1·4411	+1·7785	—0·6254	+2·0143	+2·3442	—0·1982
—0·5211	—0·5194	—0·1556	—1·4981	—0·5187	+0·4408	—0·0448
—0·3760	—0·3963	—0·0801	—0·8769	—0·3435	+0·4993	—0·3871
+0·6751	+0·6245	+0·8751	+0·4812	+0·7129	+1·2065	—0·2076
+0·8069	+0·8040	+1·0392	+0·7353	+0·8921	+1·2623	+0·0213
+0·8651	+0·8076	+1·0613	+0·7447	+0·8954	+1·2442	+0·0304
+0·6821	+0·7270	+0·8657	+0·5499	+0·7156	+1·0997	—0·0768
—1·6733	—1·6876	—1·3746	—1·9100	—1·6470	—1·4773	—0·0709
—1·9576	—1·9723	—1·6603	—2·1895	—1·8953	—1·7497	—0·3594
+0·2504	+0·1977	+0·4406	+0·1520	+0·2864	+1·0867	+0·0298
—0·0990	—0·1467	+0·1054	—0·2003	—0·0593	+0·5240	+0·0257
—0·1671	—0·2128	+0·0447	—0·2847	—0·1265	+0·5194	—0·0886
+0·0655	—0·0040	+0·1871	+0·0257	+0·0684	+0·3413	—0·1965
—0·1133	—0·1439	+0·1506	—0·5043	—0·0736	+1·1067	—0·4809
+0·2179	+0·1774	+0·4492	+0·0070	+0·2597	+1·0020	—0·0544
+0·0520	+0·0125	+0·2862	—0·1620	+0·2895	+0·8310	—0·1808
+0·1976	+0·1518	+0·4107	+0·0629	+0·2382	+0·8733	+0·0973
+0·3845	+0·3337	+0·5803	+0·2855	+0·4221	+1·0048	+0·2993
+0·1928	+0·1587	+0·4315	—0·0107	+0·2347	+0·9410	+0·1378
+1·2357	+1·1790	+1·4133	+0·9731	+1·2671	+1·8573	—0·4976
+0·6300	+0·5649	+0·7771	+0·5348	+0·6463	+1·1609	—0·5191
29·5258	28·8412	33·3834	25·1488	30·6619	45·3547	6·3920

Wir können leider, ohne die hier vorgezeichneten Grenzen weit zu überschreiten, von den weiteren Ergebnissen, Vergleichungen u. s. w. dieses höchst interessanten *Report's* keine weiteren Mittheilungen machen und müssen auf dieses Werk selbst verweisen. (Der Titel dieses Buches ist: *„Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi River; upon* *the Protection of the Alluvial Region against overflow; and upon the Deepening of the Mouths: Based upon Surveys and Investigations. Made etc. Prepared by Captain A. A. Humphreys and Lieut. H. L. Abbot, Corps of Topographical Engineers, United States Army.*" *Philadelphia, G. B. Lippincott & Comp.* 1861.)