

Die chemische Zusammensetzung des Wassers der Donau vor Wien im Jahre 1878.

Von **J. F. Wolfbauer**,

Adjuncten an der k. k. landw.-chemischen Versuchsstation in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Mai 1883.)

Die Frage der Bewässerung des zwischen der March und der Donau liegenden, mit dem Namen des Marchfeldes belegten Territoriums, eine Frage, welche bereits im Jahre 1850 von dem damals bestehenden Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Bauten als ein Programmpunkt der Donauregulierung bei Wien aufgestellt wurde, bildet noch immer einen Gegenstand von eminentem agriculturerer wie nationalökonomischer Bedeutung.

Durch die intentirte Bewässerung soll nicht nur eine Anfeuchtung des Bodens bewirkt, sondern gleichzeitig durch den zugeführten Schlamm eine Bindung des Sandbodens erzielt werden.

Unter den Vorerhebungen, welche die zur Prüfung dieses Projectes eingesetzte Commission für zweckmässig fand durchzuführen, gehörte auch die periodische Untersuchung des Donauwassers auf seine chemische Zusammensetzung, und zwar verfolgt durch den Verlauf eines ganzen Jahres. Die hierdurch erlangten analytischen Ergebnisse sollten Aufschluss darüber geben, welche Massen fixer Stoffe sowohl in Form von Schlamm als auch andererseits in gelöstem Zustande dem Ackerboden zugeführt würden, welchen Schwankungen dieselben unterworfen sind und in welchen Meugen hierdurch Nährstoffe für die Pflanzen gewinnbar wären.

Diese periodische Untersuchung des Wassers aus dem grossen Strombette der Donau vor Wien wurde nun im Laufe des Jahres

1878 im Laboratorium der k. k. landwirthschaftlich-chemischen Versuchsstation von mir durchgeführt.

Wenngleich vollständige Analysen des Wiener Donauwassers bereits mehrere vorliegen, wie die von Bischof,¹ welcher das Wasser am 5. August 1852 schöpfte, ferner drei von Schrötter,² welcher das Wasser des Donaucanals bei Nussdorf am 31. Jänner, am 26. März und am 12. August des Jahres 1859 untersuchte und endlich die von Schneider³ publicirte, welche sich auf eine am 18. December 1863 der grossen Donau entnommene Wasserprobe bezieht, so glaubte ich dennoch die Resultate meiner eigenen Untersuchungen schon aus dem Grunde der Veröffentlichung nicht entziehen zu sollen, weil dieselben den Bestand des Donauwassers periodisch, und zwar in relativ kurzen Intervallen verfolgen und weil dieselben sich nicht nur auf die gelösten, sondern auch auf die schwebenden Bestandtheile erstrecken. Die so gewonnenen Ergebnisse geben nicht nur eine genauere und gründlichere Kenntniss der Schwankungen, welchen die chemische Zusammensetzung des Wassers der Donau unterworfen ist, als die Resultate der früheren — mehr minder isolirten — Analysen, sondern dieselben gestatten auch die Berechnung der mittleren Zusammensetzung dieses Wassers in einer unbedingt rationelleren Weise, als es die bisherigen Vorlagen ermöglichten. Aber auch in klimatologischer, wie hydrographischer und geologischer Beziehung dürften die vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht ganz ohne Interesse sein, nachdem dieselben deutlich erkennen lassen, in welchem Abhängigkeitsverhältnisse die Mengen der gelösten Bestandtheile einerseits und die der mechanisch mitgeführten Stoffe des Wassers andererseits zu der sich stets ändernden Strommasse, beziehungsweise zu den jeweiligen Pegelständen stehen.

Sämmtliche diesen Untersuchungen zu Grunde liegenden Wasserproben wurden im grossen Flussbette der Donau oberhalb der ungefähr 20 Kilometer stromaufwärts von Wien gelegenen

¹ Bischof, Geologie I, pag. 271.

² Das Wasser in und um Wien pag. 134.

³ Bericht der Wasserversorgungs-Commission der Stadt Wien, pag. 204.

Ortschaft Greifenstein geschöpft, und zwar geschah dies an einer, dem rechten Flussufer etwas näher liegenden Stelle unweit der Johannes-Kapelle des genannten Ortes in der beiläufigen Richtung des Stromstriches.

Um das Wasser aus einer bestimmten mittleren Tiefe herauszuholen zu können, bediente man sich eines eigenthümlich construirten Schöpfapparates, welcher an einer massstabartig eingetheilten Latte befestigt war. Dieser Apparat bestand aus einem Blechgefäß, dessen Öffnung mit einer Klappe, die von oben gehoben oder geschlossen werden konnte, versehen war, was durch einen längst der Latte angebrachten massiven Draht bewerkstelliget wurde.

Bezüglich der Tiefe, aus welcher das Wasser ein wie das andere Mal stets gehoben wurde, ist zu erwähnen, dass dieselbe 1·4 Meter betrug, wozu eben besondere technische Gründe vorlagen.

Die erste Probenahme fand am 20. Jänner 1878 statt, worauf in Zeitintervallen von je einer bis drei Wochen die weiteren 22 Proben folgten. Es resultirten so 23 Wasserproben, von denen nur die letzte, d. i. die am 16. Jänner 1879 geschöpfte, also in das folgende Kalenderjahr fällt. Da zwischen dem Schöpfen der ersten und der letzten, der 23. Wasserprobe ein Zeitraum von 361 Tagen liegt, so folgt hieraus, dass die Zeit zwischen der Entnahme zweier aufeinander folgenden Proben im Durchschnitte 16 Tage beträgt.

Der vorgelegte Zweck dieser Untersuchungen: die Beschaffung einer Basis zur rationellen Beurtheilung des Donauwassers in culturtechnischer Beziehung bei einer eventuellen Verwendung desselben zur Bewässerung des Marchfeldes — erheischte dieses Wasser insbesondere auf seinen Gehalt an nicht flüchtigen Bestandtheilen zu prüfen. Da letztere bekanntermassen in zweierlei Formen, gelöst und suspendirt auftreten und da dieselben von ungleicher Bedeutung und verschiedenem Belange sind, so erschien es durchaus nöthig, den Schlamm sowohl wie die gelösten Bestandtheile gesondert von einander zu bestimmen und getrennt näher zu untersuchen. Nachdem nun die Durchführung der vollständigen Detailanalyse von jeder dieser 23 Wasserproben die Untersuchung ohne besonderen Erfolg ausserordentlich ausgedehnt hätte, andererseits aber doch die Kenntniss der Mengen

und Qualitäten der Stoffe, welche das Wasser in den beiden Formen innerhalb bestimmter Zeitperioden mit sich führt, von Wichtigkeit erschien, so wurde dem Gange der Analyse die folgende Eintheilung zu Grunde gelegt.

Sofort nach ihrem Eintreffen wurde bei jeder Probe der Gesamtgehalt an gelösten fixen Stoffen bestimmt und auch gleichzeitig die Menge des Schlammes ermittelt. Letzteres geschah stets in der Weise, dass von dem eingelieferten Wasserquantum nach dem Durchschütteln desselben zwei Liter weggenommen und durch ein tarirtes Filter filtrirt wurden, um schliesslich bei 100° ausgetrocknet und gewogen zu werden. Durch Glühen dieses Schlammes konnte durch den eingetretenen Gewichtsverlust die Menge des chemisch gebundenen Wassers + der organischen Substanz festgestellt werden. Es erfolgte hierauf eine Behandlung des geglühten Schlammes mit kochender verdünnter Salpetersäure, wodurch Carbonate, lösliche Silicate, Phosphate und dergleichen zersetzt und in Lösung gebracht und ein Gemenge von Sand und Thon als Rückstand verblieb. Sowohl die erhaltenen salpetersauren Schlammauszüge, als auch die von der Säure nicht aufgeschlossenen Rückstände wurden von allen Wasserproben reservirt und schliesslich die vereinigten sauren Auszüge einerseits, sowie das gesammelte Gemenge von Sand und Thon anderseits einer vollständigen Totalanalyse unterworfen.

Ein ähnlicher Vorgang wurde auch bei der Bestimmung und der Analyse der im Wasser in gelöster Form vorkommenden fixen Stoffe eingehalten. Durch Filtration wurde zunächst von jeder Wasserprobe ein grösseres Quantum völlig klaren Wassers hergestellt und davon ein Liter in einer Platinschale auf dem Wasserbade eingedampft und bis zur Gewichtsconstanz bei 150° ausgetrocknet, wodurch sich die Gesamtmenge gelöster fixer Stoffe ergab. Hierauf wurde dieser Trockenrückstand bei mässiger Glühhitze bis derselbe völlig weiss geworden, geglüht, durch Kohlensäure-Behandlung die beim Glühen zersetzten kohlensauren Erden regenerirt und schliesslich wieder bei 150° bis zum bleibenden Gewichte ausgetrocknet.¹ Der durch das Glühen herbei-

¹ Ich muss hier ausdrücklich hervorheben, dass ich die Regenerirung der Carbonate im ausgeglühten Trockenrückstand stets durch kohlensaures

geführte Gewichtsverlust des Wasserrückstandes wurde als organische Substanz angesprochen.

Der die gelösten Mineralstoffe einer Wasserprobe enthaltende Rückstand in der Platinschale wurde stets reservirt und, nachdem eine Serie von 4—7 solcher von aufeinander folgenden Nummern beisammen waren, deren Gemisch einer Analyse unterworfen, welche sich auf die quantitative Bestimmung von Kieselsäure, Eisen, Kalk, Magnesia, Kali, Natron und Schwefelsäure erstreckte. Die auf solche Weise erhaltenen Zahlen repräsentiren offenbar die durchschnittlichen Mengen gelöster Stoffe während der Zeitperiode, in denen die Proben geschöpft wurden.

Wasser und nie durch das hierzu fast allgemein verwendete Ammoniumcarbonat vorgenommen habe. Zu Gunsten jener Methode lassen sich meines Erachtens zwei wesentliche Gründe anführen. Zunächst der, dass bei der Benützung von kohlen-saurem Wasser die Herstellung des Rückstandes unter den ganz gleichen Bedingungen vor sich geht, unter denen der zuerst erhaltene Gesamt-Trockenrückstand sich gebildet hat. Ein weiterer Vorzug der angezogenen Methode scheint mir auch darin zu liegen, dass bei Anwendung des kohlen-sauren Wassers, Zersetzung des Gypses und anderer Erdalkaliensalze (Calcium- und Magnesiumnitrat, Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat) ausgeschlossen ist, eine Zersetzung, welche das kohlen-saure Ammoniak herbeiführt und die unter Umständen Fehlerquellen bedingt. Bei der Benützung von Ammoniumcarbonat setzt sich nämlich dieses mit dem Gyps des Rückstandes grösstentheils in unlösliches Calciumcarbonat und leicht lösliches Ammoniumsulfat um. Letzteres Salz scheidet sich aber beim Eindampfen nicht gleichförmig an der ganzen Wand wie das Calciumcarbonat ab, sondern wird, wie es in der Natur eines leicht löslichen Salzes liegt, vornehmlich an der tiefsten Stelle der Schale zurückbleiben. Nun soll beim darauffolgenden Erhitzen geforderter Massen sich nur Ammoniumcarbonat aus dem so behandelten Rückstand verflüchtigen, d. h. es hat sich das vorher gebildete Ammoniumsulfat mit kohlen-saurem Kalk wieder ganz umzusetzen. Eine solche Umsetzung wird aber nur dann total vor sich gehen, wenn das örtlich abgeschiedene schwefelsaure Ammoniak eine äquivalente, besser eine überschüssige Menge von Kalkcarbonat vorfindet; anderen Falles dürfte wohl ein Theil des schwefelsauren Ammoniaks als solches verflüchtigt werden, wodurch die Menge der organischen Substanzen zu hoch gefunden wird und dies nämlich, wenn der mit Ammoniumcarbonat regenerirte Glührückstand zuletzt über der freien Flamme erhitzt wird. Wird jedoch die schliessliche Austrocknung des regenerirten Rückstandes nur bei 150° vollzogen, so hinterbleibt schwefelsaures Ammoniak und man findet einen zu geringen Glühverlust. Diese gerügten Fehlerquellen schliesst die Methode der Behandlung mit kohlen-saurem Wasser jedenfalls ganz aus.

Zur Bestimmung von Chlor und Salpetersäure, an welchen das Donauwasser sehr arm ist, war es nöthig eine separate und grössere Wassermenge in Arbeit zu nehmen. Es wurden hierzu stets zwei Liter klaren Wassers verwendet, die man unter Zusatz von etwas Natriumcarbonat stark eindampfte, um schliesslich damit in analoger Weise wie bei der Ermittlung der Hauptbestandtheile nach verlässlichen Bestimmungsmethoden vorzugehen.

Die gesammten, der Untersuchung unterzogenen 23 Proben Wassers erscheinen durch dieses Programm in vier Serien abgetheilt. Es war so möglich, die durchschnittliche Zusammensetzung des Donauwassers in vier Perioden des Jahres 1878 festzustellen; diese vier Zeitabschnitte fallen jedoch nicht völlig mit den vier Jahreszeiten in gewöhnlichem Sinne zusammen.

Zur näheren Erläuterung der in den folgenden Tabellen zusammengetragenen numerischen Untersuchungsergebnisse ist zu bemerken, dass die gesammten Zahlenangaben über Mengen der im Wasser auftretenden Bestandtheile, sich immer auf ein Wasserquantum von 10.000 Gewichtstheilen beziehen, und zwar gilt dies ebensowohl für die gelösten als für die suspendirten Stoffe.

Die nun folgende Tabelle I enthält die unmittelbaren Untersuchungsergebnisse, welche sich auf den ermittelten Bestand jeder einzelnen Probe speciell beziehen, vertragen. Es sind hier zunächst die Tage, an welchen die einzelnen mit fortlaufenden Nummern versehenen Wasserproben geschöpft wurden, angegeben, worauf in vier Horizontalcolumnen die Angaben über den jeweiligen Gehalt an Schlamm folgen. Letzterer ist hier nicht bloss in seiner Gesammtmenge, sondern auch in seine Hauptbestandtheile quantitativ zerlegt, angeführt. Die in weiteren sechs Horizontalspalten gegebenen Daten beziehen sich auf den gelösten Bestand. Diesbezüglich finden sich hier die Ergebnisse der Härtebestimmungen der gesammten Wasserproben vor. Diese Bestimmungen sind nach der Methode von Boutron und Boudet¹ vorgenommen und schliesslich die erhaltenen hydrotimetrischen Grade durch Multiplication mit dem Factor 0.56 in sogenannte deutsche Härte-

¹ Hydrotimetrie par MM. Boutron et Boudet. IV. Edition. Masson Paris. Auch Kubel-Tiemann Anleitung zur Untersuchung des Wassers. 2. Auflage, pag. 27.

Tabelle I.

Mengen der suspendirten und der gelösten Stoffe, sowie Härtegrad der unteruchten 23 Proben des bei Greifenstein i. J. 1878 geschöpften Donauwassers, ferner jeweilige Höhe des Wasserspiegels am Pegel.

		Wassersprobe Nr.																									
		Geschöpf am																									
		Jän.		Febr.		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		October		November		December		Jän.	
		1878		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879		1879	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Suspendirte Stoffe (Schlamm) in 10,000 Gewichtstheilen Wassers	Totalmenge	2.400	1.058	2.190	0.499	0.321	1.020	1.043	2.317	1.023	2.270	3.383	0.377	0.693	1.318	0.700	1.908	0.295	0.163	0.112	0.130	0.288	0.036	0.112			
	organ. Substanz u. chem. geb. Wasser (Glühverlust)	0.075	0.056	0.276	0.041	0.014	0.057	0.036	0.127	0.042	0.149	0.143	0.030	0.004	0.008	0.041	0.042	0.006	0.008	0.006	0.008	0.002	—	—			
	Carbonate etc. (in Salpeters. lösl.)	1.097	0.220	0.877	0.193	0.165	0.488	0.538	1.032	0.516	1.378	1.295	0.238	0.366	0.538	0.300	0.940	0.102	0.078	0.057	0.060	0.147	0.047	0.048			
	Sand und Thon	1.230	0.782	1.037	0.265	0.142	0.475	0.474	1.158	0.465	0.743	1.945	0.309	0.323	0.772	0.359	0.963	0.151	0.085	0.049	0.063	0.141	0.047	0.064			
Härte in Gradon Fehling	volle	9.2	11.7	8.5	10.2	11.1	9.9	10.1	8.9	9.5	8.0	8.3	9.4	10.0	9.3	10.3	10.9	10.3	11.1	11.9	11.3	10.8	12.3	11.8			
	bleibende	6.5	6.3	5.7	5.9	5.0	4.7	4.7	4.6	4.9	3.7	4.7	4.6	4.7	4.6	4.8	5.3	3.5	4.9	5.5	5.4	5.4	5.5	5.0			
	temporäre	2.7	5.4	2.8	4.3	6.1	5.2	5.4	4.3	4.6	4.3	3.6	4.8	5.3	4.7	5.5	5.6	6.8	6.2	6.4	5.9	5.4	6.8	6.8			
10,000 Gewichtstheile	fixe Stoffe in Summe	2.033	2.104	1.367	1.683	1.768	1.581	1.580	1.473	1.623	1.294	1.300	1.487	1.638	1.780	1.716	1.859	1.769	1.920	1.940	1.799	2.070	2.030				
	Klares Wasser enthalten gelöst	1.830	2.068	1.279	1.625	1.718	1.534	1.542	1.407	1.436	1.268	1.261	1.465	1.547	1.613	1.658	1.810	1.718	1.892	1.868	1.768	2.022	1.929				
Wasserstand des Pegels	organ. Substanz	0.173	0.088	0.078	0.058	0.050	0.057	0.083	0.066	0.087	0.036	0.039	0.022	0.051	0.040	0.057	0.049	0.051	0.028	0.073	0.046	0.048	0.101				
	ober d. Nullpunkte unter des Pegels	1.70 0.04	2.56 —	1.50 —	1.04 —	1.66 —	1.80 —	2.65 —	1.48 —	1.70 —	1.90 —	0.76 —	1.12 —	1.30 —	0.70 —	1.28 —	0.54 —	0.34 —	0.20 —	0.28 —	0.54 —	0.22 —	0.04 —	0.22 —			

grade, d. h. Härtegrade nach Fehling transformirt worden, ein Vorgang, der dadurch, dass:

1 Härtegrad nach Boutron-Boudet = 1 Gewichtstheil kohlen-sauren Kalk, dagegen

1 Härtegrad nach Fehling = 1 Gewichtstheil Calciumoxyd, und zwar in jedem Falle in 100.000 Gewichtstheilen Wassers gelöst, bedeutet und in der weiteren Erwägung, dass 1 Gewichtstheil Kalkcarbonat 0·56 Gewichtstheile Calciumoxyd enthält, gerechtfertigt erscheint.

Bezüglich der auf diesem Wege, also nach der französischen Härtebestimmungsmethode erhaltenen Resultate habe ich beobachtet, dass dieselben durchwegs etwas höher ausfielen, als die Berechnung des Härtegrades aus den thatsächlichen Gehalten des Wassers an Kalk und Magnesia ergibt: Während das Verfahren der Härtebestimmung nach der von Faisst und Knauss modificirten Clark'schen Methode durchgängig einen niederen Härtegrad finden lässt, als das Wasser wirklich besitzt — eine Thatsache, die insbesondere von Schneider¹ erkannt und hervor-gehoben wurde, welcher bei Benützung dieser, der sogenannten deutschen hydrotimetrischen Prüfungsweise, auf Differenzen von 1·4 bis 11·4 Härtegrade, um welche die Resultate der Titration zu nieder ausfielen, stiess — dürfte dem französischen Verfahren der entgegengesetzte Fehler vorzuwerfen sein. Die Härtebestimmungen nach Boutron-Boudet ausgeführt, gaben mir nämlich beim Donauwasser stets etwas höhere Resultate, als sich aus den vorhandenen Kalk- und Magnesiagemengen berechnete und ich muss es vorläufig dahin gestellt sein lassen, zu entscheiden, ob der eben gemachte Vorwurf gegen das französische hydrometrische Verfahren nur bei weichen Wässern, wie das der Donau eines ist, zutrifft, oder ob derselbe auch auf harte Wässer, somit auf alle Fälle ausgedehnt werden muss.²

Es erschien mir wichtig, auf diesen Sachverhalt hier hinzuweisen. Meiner Anschauung nach liegt der Grund der Differenzen

¹ Bericht der Wasserversorgungs-Commission der Stadt Wien.

² So beträgt das Mittel aller vorgenommenen directen Bestimmungen der vollen Härte 10·2 Grade, während sich aus der durchschnittlichen Zusammensetzung des Wassers (d. h. aus 6·16 Kalk und 1·66 Magnesia) hiefür die Zahl 8·5 ergibt.

in den Angaben beider Methoden vornehmlich in den verschiedenen, ja höchst ungleichen Concentrationen der alkoholischen Seifenlösungen, deren sich beide Methoden bedienen. Während beim deutschen Verfahren ein sehr verdünnter Seifengeist verwendet wird, benützt man bei der Härteprüfung nach Boutron-Boudet eine concentrirte Seifenlösung. In Folge dessen sind die Alkoholmengen, welche einem und demselben Wasser bis zur Bildung des nöthigen Schaumes zugeführt werden, bei den beiden Methoden ganz verschiedene. In einem besonderen Beispiele wird dieser ungleiche Alkoholzusatz deutlich hervortreten. Fassen wir den Fall ins Auge, dass das Wasser nur Kalk und zwar in Form eines neutralen Salzes enthielte und dass dasselbe eben die Härte des Normalhärtewassers (nach Faisst und Knauss) besäße, d. h. 12 Gewichtstheile Kalk in 100.000 Gewichtstheilen Wassers gelöst enthalten seien. Bei dem deutschen Verfahren müssen bis zur Schaumbildung zu 100 CC. dieses Wassers 45 CC. Seifenlösung zugesetzt werden. Da die letztere aus Weingeist von 56° Tralles hergestellt ist, so berechnet sich hier die Menge absoluten Alkohols, welche den 100 CC. Wasser in Form von Seifenlösung zugefügt werden, auf

25 CC. oder 25 Volumpercente.

Bei der französischen Methode wird dasselbe Wasser 21·4 Grade zeigen. Hier werden zu 40 CC. Wasser, um es schäumend zu machen 21·4 Hydrotimetergrade = 2·34 CC. einer allerdings concentrirteren Seifenlösung, die jedoch wie die vorige aus 56 percentigem Spiritus bereitet ist, zugesetzt. In diesem Falle beträgt der Zusatz an absolutem Alkohol bloss

3·3 Volum Percente vom Wasser.

Auf diese so verschiedenen Alkoholmengen dürften wohl zum grössten Theile die differenten Resultate beider Methoden zurückzuführen sein und insbesondere dürfte die Thatsache, dass bei magnesiareichen Wässern gerade die deutsche Methode bedeutend kleinere Härtegrade als die effectiven finden lässt, auf die gleiche Ursache zurückzuführen sein.

Auch scheint mir der Einfluss der freien und halbgebundenen Kohlensäure bei beiden Methoden ein wesentlich verschiedener zu sein. Während — wie dies eben von verschiedenen Seiten

behauptet wird — beim deutschen Verfahren die freie und halbgebundene Kohlensäure eines Wassers nahezu gänzlich einflusslos ist, geben Boutron und Boudet an, ¹ dass destillirtes Wasser, welches $\frac{1}{10}$ seines Volumens kohlen-saures Gas absorbiert enthält, d. h. zwei Gewichtstheile Kohlensäure-Anhydrid in 10.000 Gewichtstheilen Wassers gelöst, bereits 21·5 Grade auf ihrem Hydrotimeter zeigt. Nach den vorliegenden Thatsachen scheint mir die Sache so zu liegen, dass bei Härtebestimmungen durch zugeführte grössere Mengen von Alkohol, der zersetzende Einfluss der nicht gebundenen Kohlensäure auf die Seife allerdings aufgehoben werden kann, dass aber dadurch zugleich auch die normale Umsetzung der Seife mit den Magnesiumsalzen hintangehalten wird.

Die drei, den Härteangaben folgenden Columnen enthalten die auf den gelösten Bestand des Wassers Bezug nehmenden unmittelbaren Ergebnisse der Untersuchung jeder einzelnen Probe. Es sind hier die gelösten fixen Stoffe in ihrer Totalität, als auch in mineralische und organische Substanzen zerlegt, angeführt.

Die letzten zwei Horizontalspalten geben die jeweilige, beim Schöpfen der einzelnen Wasserproben am Pegel in Greifenstein jedesmal beobachtete Höhe des Wasserstandes der Donau an.

Die beigegebene Tafel enthält die zwei wichtigsten auf der vorigen Tabelle in Zahlen ausgedrückten Untersuchungsergebnisse: Menge der gelösten Substanzen und des Schlammes der analysirten 23 Wasserproben sowie gleichzeitig die jeweiligen Wasserstände am Greifensteiner Pegel in einem Coordinatensystem graphisch dargestellt.

Die vertical aufgetragenen Masse bedeuten Gewichtstheile beim Schlamm und bei den gelösten Substanzen, bezogen auf 10.000 Gewichtstheile Wasser und gleichzeitig Meter für die Pegelstände.

Mit voller Prägnanz treten hier die Fluctuationen in den beiden Beständen des Wassers neben der Strommasse selbst hervor.

Fasst man die dick gezogene Linie, welche die jeweiligen Mengen gelöster Stoffe vorstellt, ins Auge, so tritt deren, im Allgemeinen ziemlich regelmässige Verlauf, der nur einmal — Anfangs

¹ Hydrotimetrie pag. 39.

März — von einer beträchtlichen Störung unterbrochen wird, hervor. Man erkennt, dass das Wasser in der ersten Winterhälfte das Maximum an gelösten Substanzen enthält und dass bereits in der zweiten Hälfte eine, anfangs allerdings unregelmässige, später jedoch ziemlich stetig verlaufende Abnahme an gelöstem Bestande stattfindet. Vom Winter bis zum Eintritt des Sommers sehen wir die Härte des Donauwassers fast stetig abnehmen und finden es Mitte Juni am weichsten. Von hier an hebt das Wasser wieder zu grösserer Härte an und zwar geschieht dies ohne erhebliche Schwankungen. Bis zum Beginne des eigentlichen Winters nimmt das Wasser fort und fort an Härte zu, um in der Mitte Jänner 1879 fast genau die gleiche Menge gelöster Substanzen zu enthalten, wie im Jänner 1878, also vor einem Jahre.

Die grösste Menge 2·1 Gewichtstheile gelöster Stoffe enthielt das Donauwasser demnach in den ersten Winterhälften. Die Differenz zwischen dem Maximum und Minimum des gelösten Bestandes ist hier beträchtlich, nämlich 2·104 gegen 1·294; beide Extreme stehen zu einander in dem Verhältnisse wie 163:100 oder nahezu wie 5:3, d. h. das Donauwasser ist im Winter beinahe doppelt so hart als im Sommer.

Woher die Einflüsse stammen, welche die Continuität des Verlaufes der den gelösten Bestand repräsentirenden Curve zu stören im Stande sind, darüber belehrt sofort ein Blick auf die wellenförmig gezogene Linie, welche den Wasserstand am Pegel in Greifenstein angibt. Man sieht, wenn von dem einen Male zum anderen das Wasser stieg, die gelösten Substanzen abnehmen und auch umgekehrt, verringerte sich die Strommasse, so nimmt sofort die Härte zu. Mit anderen Worten: steigt das Wasser, so wird es weicher, fällt es, so wird es härter. Es liegt wohl auf der Hand, dass bei einem jeden Strome ein durch kürzere oder längere Zeit andauernder grösserer Zufluss meteorischen — also fast reinen — Wassers auf oberirdischen Wegen, in einer eintretenden Verdünnung des Wassers sich durch eine entsprechende Zeit fühlbar machen muss. Da diese Art Zuflüsse, seien dieselben durch Schneeschmelzungen in den Alpen oder durch Regengüsse entstanden, bekanntermassen im Frühling und in der ersten Sommerhälfte am grössten und häufigsten und desshalb am ergiebigsten sind, so erweist sich auch in dieser Periode das Wasser der

Donau weicher, das heisst ärmer an gelösten Substanzen, als in der übrigen Zeit des Jahres.

Ungleich grösser und viel erheblicher zeigen sich die Schwankungen im Gehalte an mechanisch mitgeführten Stoffen, in den Schlammengen. Hierüber belehrt ein Blick auf die punctirt gezogene Linie der graphischen Darstellung. Vergleicht man den Lauf dieser Curve mit der Linie des jeweiligen Pegelstandes, so muss man zugeben, dass die Gleichartigkeit des Laufes beider in einer ziemlich markanten Weise ausgedrückt ist; ja in einem guten Theil ihres Weges decken sich die beiden Linien. In der Natur der Sache liegt es begründet, dass beim Anschwellen des Stromes, welches mit einer Geschwindigkeitszunahme verknüpft ist, die mechanisch mitgeführten festen Theilchen, weil dieselben weniger Gelegenheit sich niederzuschlagen finden, zunehmen müssen. Wir sehen hier die Schlammmenge der Donau mit ihrem Wasserstande steigen und sinken. Die beobachteten Extreme fallen hier viel weiter auseinander, als bei dem gelösten Bestande, und zwar das Minimum 0·096 (17. December) gegenüber dem Maximum von 3·383 Gwth. Schlamm (6. Juli), welche beiden Zahlen in dem Verhältnisse wie 1:35 stehen.

Bezüglich der Fluctuation des Schlammgehaltes ist noch zu bemerken, dass das Wasser am wenigsten schlammig, also am klarsten, durch die Zeit vom Anfange des October bis Mitte Jänner sich erwies. Von hier an, also der zweiten Winterhälfte bis zum Eintritte des Herbstes, finden unaufhörliche Änderungen im Wasserstande, aber auch ebenso erhebliche Schwankungen in den Schlammengen statt. Am auffallendsten in dieser Beziehung ist wohl der Unterschied zwischen dem Bestande an festen Stoffen der beiden, im Juli geschöpften Proben. Während das Wasser vom 6. volle 3·383 Theile Schlamm enthielt, sank der Gehalt nach zwei Wochen bereits auf 0·577 Theile herab.

Der bereits früher schon hervorgehobene Zusammenhang zwischen den Änderungen im Gehalte an gelösten Substanzen einerseits und dem Wasserstande andererseits, lässt sich nun, weil mit dem letzteren die Masse des Schlammes gleichen Schritt hält, folgendermassen erweitern:

Ein Anschwellen des Stromes hat eine Zunahme suspendirter Stoffe, jedoch eine Abnahme an gelösten Substanzen zur Folge,

während beim Fallen des Wasserstandes sich der Schlamm verringert und der gelöste Bestand zunimmt. Steigt also das Wasser, so wird es trüber und weicher und sinkt es, so wird es klarer und härter.

Tabelle II weist die mittlere, also durchschnittliche nähere Zusammensetzung des Donauwassers in vier Perioden des Jahres 1878 nach. Die Angaben, welche sich auf Gehalt an Schlamm und dessen Details beziehen, ferner die Daten über Härtegrad sowie die hier vorfindlichen Gesamt-Mengen der gelösten Stoffe überhaupt wie der organischen Substanzen, sind aus den diesbezüglichen Zahlen der Tabelle I, deren Mittelwerthe selbst vorstellen, durch Rechnung hervorgegangen. Die weiter angegebenen Mengen der einzelnen, in gelöster Form auftretenden Bestandtheile des Donauwassers selbst, als: Kieselsäure, Eisenoxydul, Kalk, Magnesia, Natron, Kali, Chlor, Salpetersäure und Schwefelsäure wurden in der bereits früher angegebenen Weise in dem Gemische der eingedampften Rückstände von zu einer Periode zusammengehörigen Wasserproben direct bestimmt.

Auf dieser Tabelle ist noch eine Zusammenstellung der gelösten Wasserbestandtheile gegeben, wobei die früher erwähnten Basen und Säuren in üblicher Weise zu Salzen combinirt erscheinen.

Ich kann nicht unterlassen, hier auf eine bemerkenswerthe Thatsache hinzuweisen, welche sich bei näherer Prüfung der auf Tabelle II angeführten Analyse-Resultaten ergibt. Allerdings sind die Gesamt-Mengen gelöster Substanzen, welche das Wasser im Sommer und im Winter enthält, ziemlich von einander verschieden; allein das Verhältniss der Bestandtheile untereinander bleibt interessanter Weise nahezu unveränderlich.

Rechnet man auf 100 Gewichtstheile Gesamt-Menge gelöster Stoffe, so entfallen beispielsweise:

a u f	i n d e r P e r i o d e			
	I Jänner-April	II Mai-August	III Sept.-Oct.	IV Nov.-Jänner
Kalk	35%	37%	36%	36%
Magnesia . .	10	9	10	10

Tabelle II.
Mittlere chemische Zusammensetzung und Härtegrad des Donauwassers in vier Perioden des Jahres 1878.

10.000 Gewichtstheile trüben Wassers enthalten	in der Periode			
	I	II	III	IV
	umfassend die Proben von			
	20./1.	7./5.	10./9.	9./11.
	bis			
	2/5.	26./8.	23./10.	16./1.
	Gewichtstheile			
Suspendirte Stoffe (Schlamm.)				
Totalmenge	1·219	1·654	0·765	0·148
u. zw. organische Substanzen und chem. geb. Wassers (Glühverlust)	0·079	0·072	0·021	0·003
Carbonate etc.	0·510	0·766	0·355	0·072
Sand und Thon	0·630	0·816	0·389	0·073
Gelöste fixe Stoffe insgesamt (direct bestimmt)	1·727	1·461	1·781	1·952
u zw. Organische Substanzen	0·070	0·042	0·052	0·059
Kieselsäure	0·054	0·039	0·048	0·052
Eisenoxydul	0·004	0·005	0·002	0·002
Kalk	0·608	0·543	0·643	0·710
Magnesia	0·176	0·128	0·175	0·199
Natron	0·049	0·028	0·036	0·040
Kali	0·017	0·016	0·024	0·020
Chlor	0·034	0·016	0·018	0·024
Schwefelsäure	0·118	0·106	0·123	0·154
Salpetersäure	0·020	0·013	0·013	0·024
Kohlensäure, gebunden	0·621	0·524	0·652	0·706
Summe	1·771	1·460	1·786	1·990
Hievon ab Sauerstoff äquiv. dem Chlor	0·008	0·004	0·004	0·005
gibt berechn. Summe d. gel. fixen Stoffe	1·763	1·456	1·782	1·985
oder unter Combinirung von Basen und Säuren zu Salzen:				
Kohlensauren Kalk	0·969	0·864	1·041	1·105
Kohlensaure Magnesia	0·370	0·269	0·368	0·418
Kohlensaures Eisenoxydul	0·006	0·008	0·003	0·003
Schwefelsauren Kalk	0·158	0·143	0·146	0·222
Schwefelsaures Kali	0·031	0·030	0·044	0·037
Schwefelsaures Natron	0·018	0·015	0·029	0·012
Salpetersaures Natron	0·031	0·020	0·021	0·037
Chlornatrium	0·056	0·026	0·030	0·040
Kieselsäure	0·054	0·039	0·048	0·052
Organische Substanzen	0·070	0·042	0·052	0·059
Summe	1·763	1·456	1·782	1·985
	in Graden Fehling			
Härte { volle	10·1	9·1	10·6	11·6
{ bleibende	5·5	4·6	4·6	5·4
{ temporäre	4·6	4·5	6·0	6·2

Aber auch das Resultat einer viel älteren, von Bischof vorgenommenen Analyse des Donauwassers (August 1852) steht mit dem Obigen im Einklange. Auf 100 Gewichtstheile Rückstand berechnen sich hier

auf den Kalk 34⁰/₀
und auf die Magnesia 9⁰/₀.

Tabelle III zeigt die durchschnittliche Zusammensetzung des gelösten Bestandes des Donauwassers während des ganzen Jahres 1878. Die hier vorfindlichen Zahlen sind aus den Daten der vorigen Tabelle (II) als die berechneten Generalmittel hervorgegangen.¹

Die durchschnittliche Menge gelöster Substanzen, welche das Donauwasser im Beobachtungsjahre enthielt, beträgt demnach 1·721 Gewichtstheile auf 10.000 Gewichtstheile Wassers bezogen.

Ein Vergleich dieser und aller sonstigen Zahlen der vorliegenden Tabelle mit den Resultaten älterer, von Bischof u. A. ausgeführten Analysen ist wohl füglich aus den Gründen nicht zulässig, weil zum Theile bei diesen die Wasserproben nicht dem grossen Strombette, sondern dem Donauecanale entnommen wurden, zum Theile beziehen sich dieselben nur auf den Bestand des Wassers an einem einzelnen Tage, was die Bedeutung und den Werth solcher Zahlen erheblich beeinträchtigt.

Tabelle IV enthält den Jahresdurchschnitt der relativen Menge sowie die nähere chemische Zusammensetzung des Schlammes. Die zwei wichtigen Fragen: in welchen Mengen und in welcher Form (Grade von Aufschliessbarkeit) führt das Donauwasser in seinem Schlamme Nährstoffe für die Pflanzen mit sich? — lassen sich aus dieser Tabelle beantworten. Es sind hier

¹ Bezüglich der Berechnungsweise dieser Tabelle kann ich nicht unerwähnt lassen, dass deren Zahlen durchaus nicht die einfachen arithmetischen Mittel analoger Daten der Tabelle II vorstellen, sondern vielmehr unter Zuziehung des sogenannten Gewichtes (im Sinne der Durchschnittsrechnung) aus den einzelnen Angaben letzterer Tabelle entstanden sind. Beispielsweise haben die Daten, welche sich auf die mittlere Zusammensetzung des Wassers vom Mai bis August beziehen, auf das Jahres-(General-) Mittel einen grösseren Einfluss, als die der darauffolgenden kürzeren Periode September-October.

Tabelle III.

Durchschnittliche Menge und Zusammensetzung der gelösten Bestandtheile sowie mittlerer Härtegrad des Donauwassers vor Wien i. J. 1878.

Gelöste Bestandtheile	Gewichtstheile
Organische Substanzen	0-056
Kieselsäure	0-048
Eisenoxydul	0-003
Kalk	0-616
Magnesia	0-166
Natron	0-038
Kali	0-019
Chlor	0-024
Schwefelsäure	0-123
Salpetersäure	0-018
Kohlensäure, gebundene	0-615
Zusammen . .	1-726
Hievon ab Sauerstoff äquiv. dem Chlor	0-005
Gibt die berechnete Summe der gelösten fixen Stoffe	1-721

Das Mittel der directen Bestimmungen der letzteren beträgt 1-704 Gwth.

Die Combinirung dieser Bestandtheile zu Salzen ergibt:

Gelöste Bestandtheile	Gewichtstheile
Kohlensauren Kalk	0-979
Kohlensaure Magnesia	0-349
Kohlensaures Eisenoxydul	0-005
Schwefelsauren Kalk	0-165
Schwefelsaures Kali	0-034
Schwefelsaures Natron	0-018
Salpetersaures Natron	0-028
Chlornatrium	0-039
Kieselsäure	0-048
Organische Substanzen	0-056
Summe . .	1-721

Die durchschnittliche volle Härte beträgt 10-2 Grade Fehling,
 „ „ bleibende „ „ 5-0 „ „
 und „ „ temporäre „ „ 5-2 „ „

T a b e l l e I V .
 Durchschnittliche Menge und nähere Zusammensetzung des Schlammes.

10.000 Gewichtsteile trübes Wasser enthalten suspendirt als Schlamm	i n F o r m v o n					Insgesamt
	organisch, Substanzen u. chem. gebundenem Wasser (Flüßverlust)	Carbonaten, lösl. Silicaten, etc. (in Salpetersäure, lösliches)	thomiger Substanz (in conc. Schwefelsäure, Aufschliessbares)	Sand		
	G e w i c h t s t h e i l e					
0.050	0.4638	0.1857	0.3362	1.0377		
z u s a m m e n g e s e t z t a u s :						
Eisenoxyd	0.0253	0.0197	0.0031	0.0481		
Thonerde	0.0348	0.0443	0.0328	0.1119		
Kalk	0.1505	0.0031	0.0006	0.1542		
Magnesia	0.0561	0.0053	0.0019	0.0633		
Natron	0.0029	0.0020	0.0080	0.0129		
Kali	0.0037	0.0093	0.0045	0.0175		
Kohlensäure	0.1720	—	—	0.1720		
Phosphorsäure	0.0017	—	—	0.0017		
Kieselsäure	0.0188	0.1020	0.2853	0.4061		

die einzelnen mineralischen Elemente, aus welchen sich die in suspendirter Form transportirten Theilchen zusammensetzen, strenge von einander geschieden und hierdurch die genaue Zusammensetzung des Donauschlammes erbracht.

Die durchschnittliche Menge fester, in je 10.000 Gewichtstheilen Wassers transportirten Stoffe, ist demnach auf 1·0377 Gewichtstheile zu veranschlagen.

Analog der früher erwähnten Constanz im relativen Verhältniss der gelösten Bestandtheile untereinander, lässt sich auch bezüglich der schwebenden Theilchen Ähnliches anführen, und zwar wieder unter Benützung der bereits mehrmals hier angezogenen, von Bischof im Jahre 1852 vorgenommenen, auch auf den Schlamm ausgedehnten Donauwasser-Analyse. Es tritt dies aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

100 Gewichtstheile Schlamm enthalten	nach Bischof (1852)	nach Wolfbauer (1878)
Durch Salzsäure (beziehungsw. Salpetersäure) Aufschliessbares	46·19%	44·88%
Davon entfallen auf: Kalk	16·48	14·58
Magnesia	3·01	5·40
Sand und Thon	53·81	50·31
Kieselsäure insgesamt	45·02	39·14
Eisenoxyd und Thonerde insgesamt . .	16·99	15·44
Organische Substanz und gebundenes Wasser	4·58	4·82

Berechnet man sich aus den früher angegebenen Durchschnittszahlen für die Mengen der gelösten und der suspendirten Stoffe die Massen derselben, welche die Donau im Verlaufe eines Tages durchschnittlich bei Wien vorübertransportirt, so ergibt sich unter der Annahme, dass die in der Secunde vorüberfliessende mittlere Wassermenge 1700 Km. beträgt:

Die Schlamm-Masse auf rund 15 Millionen Kilogramm, während die gelösten Stoffe „ 25 „ „ betragen.

Die vorliegenden Daten in ihrer Gänze gestatten des Ferneren die Bestimmung derjenigen Mengen von Schlamm und Pflanzennährstoffen, welche bei einer eventuellen Bewässerung des Marchfeldes dem Ackerboden zugeführt würden.

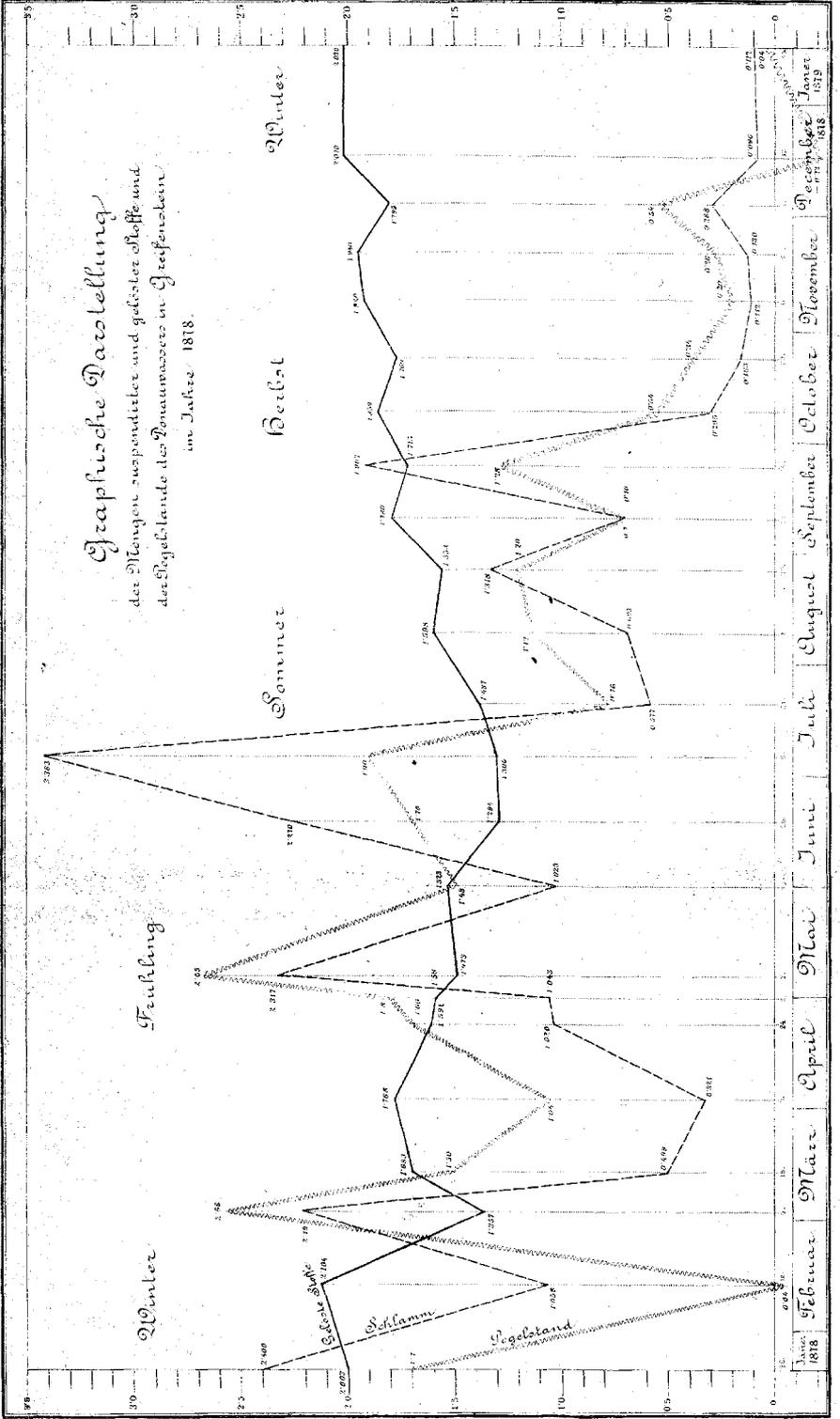
Nach dem Projecte sollen während der normalen Bewässerungsperiode, das ist vom April bis inclusive September dem Hectar Bodenfläche 1·2 Liter Wasser in der Secunde zufließen. Es ergibt dies für die volle Irrigationsdauer von 180 Tagen, eine Menge von 18 000 Km Wasser pro Hektar; oder in anderen Worten ausgedrückt: die Höhe der dem Boden täglich zugeführten Wasserschichte beträgt genau 10 mm Mit dieser Wassermasse enthält der Boden zugetragen:

Schwebende Theilchen (Schlamm)	2500	Kg
Gelöste Stoffe insgesamt	2800	„
Kali, und zwar gelöst	31	Kg
in Form von zeolithischen Sili-	}	62 „
caten und als Thon		
Phosphorsäure	4·1	„
Salpetersaures Natron	46	„

Zur besseren Würdigung dieser Zahlen sei noch angeführt, dass mit dem in gelöster Form gebotenen Kali allein, bereits eine Menge des Letzteren aufgebracht ist, welche eine Production von 2000 Kg Heu per Hektar erfordert. Bezieht man im Calcul auch das im thonigen und zeolithischen Theile des Schlammes vorkommende Kali ein, so erhöht sich die vorige Zahl auf das Doppelte. Das dem Wiesenboden durch das Donauwasser zugeführte Kali bietet sohin die Möglichkeit, auf einem Hektar Boden 2000, beziehungsweise 4000 Kg Heu mehr zu produciren.

Bei dem Umstande, als das Wasser der Donau nur eine sehr geringe Menge von Phosphorsäure, und zwar nur in seinen schlammigen Theile enthält, gestaltet sich die Calculation in Betreff dieses Pflanzennährstoffes weniger günstig. Die Phosphorsäure des Wassers reicht hier nur hin für 970 Kg Heu per Hektar.

In Bezug der schwebenden Theilchen sei noch hervorgehoben, dass die Höhe der während der ganzen Irrigationsperiode abgesetzten Schlammschichte nur $\frac{1}{6}$ mm beträgt, und zwar dies noch



unter der Supposition, dass das Wasser seinen ganzen Gehalt an suspendirten Stoffen, mit dem es aus dem grossen Strombette in den Canal getreten, der bewässerten Wiese oder dem Ackerboden zuführt.

Zum Schlusse kann ich nicht umhin, einer von Preyss vorgenommenen und durch Ballo zur Publication gebrachten Untersuchung des Wassers der Donau bei Budapest Erwähnung zu thun. Auch Preyss gelangte betreffs der Fluctuationen des Schlammes und der gelösten Stoffe zu ganz denselben Schlussfolgerungen, welche aus meinen Arbeiten hervorgegangen sind.

¹ Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft XI. Jahrg., pag. 441.