

Zweite Abhandlung

über die

Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Cultur-Ländern.

Von

Gustav Ritter v. Wex,

k. k. Ministerialrath und Ober-Bauleiter der Donau-Regulirung bei Wien.

Einleitung.

In meiner ersten, unter dem obigen Titel in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ vom Jahre 1873 veröffentlichten Abhandlung habe ich aus den langjährigen Wasserstands-Beobachtungen an neun Pegeln der fünf Hauptströme von Mitteleuropa: Donau, Rhein, Elbe, Weichsel und Oder, dann aus vielfältigen anderen Beobachtungs-Resultaten die Nachweisungen geliefert, dass sowohl in den vorgenannten Strömen, als auch in den in dieselben einmündenden Nebenflüssen, Bächen und Quellen, die abfliessenden Wasserquantitäten während der letzten Decennien bedeutend abgenommen haben; in dieser Abhandlung habe ich zugleich auch die Ursachen dieser eigenthümlichen hydrographischen Erscheinung ausführlich erörtert, und schliesslich die zu ergreifenden Massnahmen und Vorkehrungen in Antrag gebracht, um dem weiteren Umsichgreifen dieser, die künftigen Generationen schwer bedrohenden Calamität nach Thunlichkeit Schranken zu setzen.

Seit der Veröffentlichung der obigen Abhandlung wurde die von mir angeregte Wasserfrage fast in allen Ländern theils von wissenschaftlichen Instituten und theils von einzelnen Naturforschern und Fachmännern eifrig studirt, ventilirt und die diesbezüglichen Gutachten oder Ansichten durch den Druck veröffentlicht.

In der weit grösseren Anzahl der erschienenen Gutachten haben die betreffenden wissenschaftlichen Institute und Autoren mit meinen Ansichten, mit meinen Schlussfolgerungen und mit der von mir aufgestellten Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen sich theils vollständig, theils mit einiger Reserve einverstanden erklärt, zugleich aber auch noch viele neue Beispiele und Motive für die Richtigkeit dieser Hypothese angeführt.

Weil jedoch gerade mehrere Ingenieure und Hydrotechniker die Ansicht ausgesprochen haben, dass die von mir aus der Abnahme der Wasserstände in den Strömen gezogenen Schlussfolgerungen unverlässlich, und auch die übrigen Beweise für die Wasserabnahme nicht ganz unanfechtbar sind, dann weil einige dieser Techniker sogar die neue Hypothese aufgestellt haben, dass die constatirten Abnahmen der Wasserstände nicht eine Folge des verminderten Wasserabflusses, sondern vielmehr eine Folge der Veränderungen und insbesondere der Vertiefungen der Flussbette sei, so habe ich seit sechs Jahren keine Mühe und keine Kosten gescheut, um mir möglichst viele und verlässliche hydrotechnische Vermessungen und Erhebungsdaten von verschiedenen Strömen zu verschaffen, um aus denselben zunächst selbst klar zu ersehen, ob die von mir früher ausgesprochenen Ansichten, oder aber jene meiner Gegner die richtigeren sind.

Nachdem ich nun bei diesen ununterbrochen fortgesetzten Erhebungen und Studien die vollste Ueberzeugung gewonnen habe, dass die von mir aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasser-

abnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, selbst durch die neuerlichen Erhebungen leider als wahr bestätigt wird, so sehe ich mich veranlasst, die vorliegende zweite Abhandlung zu veröffentlichen, indem ich glaube, dass eine unanfechtbare Klarstellung dieser Wasserfrage nicht nur in hydrotechnischer, sondern auch in naturwissenschaftlicher und culturhistorischer Beziehung von grosser Wichtigkeit ist, wie ich dies bereits in meiner ersten Abhandlung näher nachgewiesen habe. Die allgemeine Erkenntniss von der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, dann der hieraus entspringenden höchst nachtheiligen Folgen für die fernere Cultur der Länder und für ihre Bewohner, ist aber auch aus dem Grunde unbedingt nothwendig, damit die hohen Regierungen, Corporationen, Grossgrundbesitzer und die einzelnen Gemeinden die geeigneten Vorkehrungen und Massnahmen einleiten werden, um dieser Calamität, insoweit dies noch thunlich ist, Schranken zu setzen.

Im I. Abschnitte der nachfolgenden Abhandlung werde ich zunächst die in dieser Frage von den wissenschaftlichen Instituten, dann von den einzelnen Naturforschern und Fachmännern abgegebenen zustimmenden Gutachten in gedrängter Kürze zusammenstellen, sodann im II. Abschnitte auf Grundlage der von mir gesammelten neueren Erhebungsdaten die Beweise liefern, dass die von den Gegnern vorgebrachten Einwendungen und aufgestellten neuen Hypothesen unbegründet, oder auf unrichtigen Voraussetzungen basirt sind.

I. Abschnitt.

1. Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien hat über mein Ersuchen zur Begutachtung meiner vorerwähnten Abhandlung eine Commission von fünf Fachmännern aus ihrer Mitte eingesetzt, welche nach eingehender Prüfung in ihrem Berichte vom 23. April 1874 sich mit meinen Nachweisungen und Schlussfolgerungen im Allgemeinen einverstanden erklärt hat, und nur bemerkt, dass die von mir ausgesprochene Vermuthung, als würden die atmosphärischen Niederschläge in den Cultur-Ländern jetzt gleichfalls abgenommen haben müssen, durch die bisherigen langjährigen meteorologischen Beobachtungen in England, Schottland und in Paris nicht bestätigt wird, und obwohl es übereilt wäre, hieraus zu schliessen, dass auch im Innern des Continentes keine derartigen Aenderungen stattgefunden haben, sind indessen auch die an continentalen Stationen angestellten Regenmessungen, die allerdings nicht so weit zurückreichen, einer solchen Annahme nicht günstig.

Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften hat in ihrer feierlichen Sitzung am 30. Mai 1874 den vorerwähnten Bericht ihrer Commission acceptirt und zugleich beschlossen:

- a) die k. k. österreichische Regierung auf die continuirliche Wasserabnahme in den Quellen und Strömen, sowie auf die Ursachen dieser Erscheinung aufmerksam zu machen, und sich zugleich bei den hohen Ministerien zu verwenden, dass die von Wex proponirten Massnahmen und Vorkehrungen, um dem weiteren Fortschreiten dieser Calamität nach Thunlichkeit Schranken zu setzen, reiflich erwogen und durch die Erlassung entsprechender Gesetze zur Durchführung gebracht werden;
- b) die wissenschaftlichen Institute im Auslande unter Mittheilung eines Exemplares der Wex'schen Abhandlung zu

ersuchen, die langjährigen Wasserstands-Beobachtungen an den dortländigen Flüssen in ähnlichen Uebersichten und graphischen Darstellungen der kaiserlichen Akademie mittheilen zu wollen;

- c) der österreichischen Regierung auch noch den Wunsch auszusprechen, dass an mehreren Flüssen und an geeigneten Stellen regelmässige Beobachtungen und Messungen nicht bloss der Wasserstände, sondern auch der abfliessenden Wassermengen eingeführt werden, um die Gesetze der Abhängigkeit der letzteren von den Wasserständen näher zu untersuchen.

Für diese von der kaiserlichen Akademie gefassten und auch durchgeführten Beschlüsse muss ich derselben zunächst meinen innigsten und verbindlichsten Dank aussprechen, da hiedurch die Anregung gegeben wurde, dass die wissenschaftlichen Vereine auch in anderen Ländern über diese wichtige Wasserfrage genaue Beobachtungen und Studien veranlasst haben.

2. und 3. In Folge der obigen Anregung haben die kaiserl. und königl. Akademien der Wissenschaften in Petersburg und in Kopenhagen auch eigene Commissionen zur Prüfung meiner vorerwähnten Abhandlung bestellt, welche in ihren diesbezüglichen Berichten vom 22. Jänner 1876 und vom 7. October 1875 sich im Allgemeinen mit den darin ausgesprochenen Ansichten und Schlussfolgerungen einverstanden erklären, zugleich aber bemerken, dass durch die langjährigen meteorologischen Beobachtungen zu Petersburg und zu Kopenhagen eine Abnahme der atmosphärischen Niederschläge daselbst nicht constatirt wurde. Hiebei hat jedoch die Commission in Petersburg ihre Ansicht noch dahin ergänzt: „es wäre immerhin möglich, dass eine andere Vertheilung der Niederschläge und der Evaporation auf der Erdoberfläche eine Abnahme der Gesamtwassermenge bei den einen, und eine Zunahme bei den anderen Flüssen zur Folge gehabt hätte“.

Die genannte Commission hat bezüglich der gemachten Wahrnehmungen über die Folgen der Entwaldungen auch noch angeführt, dass in den südlichen Theilen Russlands, in welchen vor 150 bis 200 Jahren notorisch noch grosse Waldbestände waren, gegenwärtig sich die kahle Steppe entwickelt hat, in welcher die Höhen wasserlos sind, und deren Bevölkerung daher gezwungen ist, sich an den magern, ungenügenden Wasserfäden der flachen Thäler anzusiedeln, um nicht durch Wassermangel zu verschmachten.

Diese Commission führt ferner an, dass auch an der unteren Wolga und am Dnieper die Gegenden entwaldet sind, daher sich die Strombette daselbst versanden, verändern und neue Untiefen erhalten, wogegen die Hochwässer jetzt höher als in früheren Zeiten ansteigen.

Die Commission in Kopenhagen spricht in ihrem Berichte noch die folgenden beachtenswerthen Ansichten aus:

„Weil in den letzten Zeiten unsere Wälder keine Veränderung erlitten haben, so ist es schwer die graduale Abnahme der Wasser in Folge der Waldabstockungen zu constatiren, wir müssen jedoch beifügen, dass uns Alles zu der Schlussfolgerung führt, wienach zur Zeit, wo Dänemark mit grossen Waldungen bedeckt war, auch die Wassermenge in unseren Flüssen eine viel grössere gewesen ist, als die jetzige, denn es gibt im Lande viele Flüsse,

welche jetzt entweder nur eine sehr geringe, oder gar keine Wassermenge führen, und dennoch Spuren zeigen, dass sie einstens bedeutende Wassermassen abgeführt hatten.“

„Dass die Umwandlung der Wälder in beackerte Felder eine bedeutende Herabminderung der jährlichen Wassermenge in den dänischen Flüssen erzeugt hat, kann die Commission durch factische Thatsachen an den verschiedenen See'n nächst Kopenhagen beweisen.“

„Diese See'n liegen auf einem ausgedehnten flachen Lande, dessen Grund aus Lehmerde besteht, die auf einer Kreideschichte gelagert ist. Diese gesammte Fläche war einstens mit Wald bedeckt, welcher nach und nach theilweise verschwunden ist, so dass einige dieser See'n sich nun zwischen Feldern, die andern aber in Mitte von Wäldern befinden.“

„Die angestellten Beobachtungen haben nun ergeben, dass jene See'n, welche in und nächst den Wäldern liegen, eine weit grössere Wassermenge erhalten als jene See'n, welche eine analoge Ausdehnung haben, die aber in Gegenden liegen, wo die Wälder ausgerodet wurden, und da die sonstigen Verhältnisse dieser See'n gleich sind, so muss man schliessen, dass die Wasserabnahme in den letztgenannten See'n den Waldausrodungen zuzuschreiben ist.“

Die dänische Commission hat schliesslich ihre Ansicht dahin ausgesprochen, „dass die Abstockungen der Wälder eine bedeutende Verminderung der in Flüssen und insbesondere der in den Quellen abfliessenden Gewässer zur Folge haben, ferner dass die fortschreitende Cultivirung der Felder, dann auch künstlichen Bewässerungen derselben eine weitere Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen veranlassen“.

4. Die königl. Canal-Direction in Norwegen hat den Lieutenant Herrn Hans Nysom mit der Aufgabe betraut, die von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien gewünschten Erhebungen an den norwegischen Strömen zu pflegen, worauf derselbe in dem hierüber erstatteten Berichte vom 20. Mai 1877 die Nachweisung geliefert hat, dass die am Glommen-Strome an den zwei Pegelstationen bei Nastangen und bei Sarpfos, welche bis jetzt noch von keiner Stromregulirung beeinflusst wurden, gemachten 30jährigen Wasserstands-Beobachtungen, sowohl für die von Herrn Wex aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Flüssen, als auch für die von ihm ausgesprochene Ansicht über die Ursachen dieser Erscheinung sprechen.

5. Auch der Oesterreichische Ingenieur- und Architekten-Verein hat über mein Ersuchen zur Begutachtung meiner Abhandlung: „Ueber die Wasserabnahme etc.“ ein hydrotechnisches Comité bestellt, welches in seinem hierüber am 17. April 1875 erstatteten Berichte die nachstehenden Ansichten ausgesprochen hatte:

- a) Das Comité erkennt zunächst die grosse Wichtigkeit der vom Herrn Wex angeregten Wasserfrage, zugleich aber auch die Schwierigkeit der verlässlichen Beantwortung derselben aus den bis dahin vorgelegenen Beobachtungen und Erhebungsdaten.
- b) Aus der Abnahme der mittleren Wasserstandshöhen in einem Flusse könne jedoch, nach der Ansicht des Comité's, auf die Abnahme der in demselben abströmenden Wassermengen

noch nicht mit Sicherheit geschlossen werden, weil im Falle der Veränderung des Durchflussprofils oder des Gefälles des Flusses, die Pegelstände nicht mehr massgebend sind, daher es unerlässlich nothwendig sei, dass an mehreren constanten Querprofilen der Haupt- und Nebenflüsse genaue und regelmässige hydrotechnische Messungen vorgenommen werden.

- c) Wenn auch aus den vom Hofrath Wex gelieferten Nachweisungen ein genaues Maass der Wasserabnahme ziffermässig nicht bestimmt werden kann, so weisen doch die vorliegenden Daten darauf hin, dass bei den genannten Flüssen eine Wasserabnahme in der That stattgefunden habe.
- d) Aus den Nachweisungen in der besagten Abhandlung geht auch der für den Ingenieur bedeutend wichtigere Umstand klar hervor, dass das Regime der genannten Flüsse sich in neuerer Zeit bedeutend verändert habe.
- e) Die von Wex angeführten Ursachen der besprochenen hydrographischen Veränderungen wurden vom Comité in mehrfacher Hinsicht theils angefochten, theils bezweifelt, und zwar insbesondere auch die aufgestellte Behauptung, dass in den Cultur-Ländern in Folge der ausgedehnten Waldausrodungen die atmosphärischen Niederschläge jetzt geringer geworden sind, wobei jedoch das Comité anerkannt hatte, dass die Entwaldungen einen sehr nachtheiligen Einfluss auf das Regime der Flüsse ausgeübt haben.

Der Oesterreichische Ingenieur- und Architekten-Verein hat den vorerwähnten Bericht seines hydrotechnischen Comité's in der Geschäfts-Versammlung am 17. April 1875 zur genehmigenden Kenntniss genommen und seinen Verwaltungsrath beauftragt, die neu formulirten Schlussanträge des Hofrathes Wex der k. k. österreichischen Regierung mit der Bitte wegen Durchführung derselben zu unterbreiten, um der drohenden Calamität nach Thunlichkeit Schranken zu setzen.

6. Bei dem internationalen Congresse der Land- und Forstwirthe im September 1873 in Wien hat der königl. preussische Forstmeister Herr Dr. A. Bernhardt als Berichterstatter, dann der königl. italienische Senator Herr Luigi Torelli aus Rom sehr interessante Daten über die Folgen der Waldausrodungen in Europa vorgelegt, und hiebei zugleich nachgewiesen, dass hiedurch viele Quellen versiegen, dass die in den Bächen und Flüssen abströmenden Wasserquantitäten bei normalen Wasserständen immer mehr abnehmen, wogegen die Hochwässer jetzt häufiger eintreten und auch höher anschwellen.

7. Insbesondere hat Herr Torelli in seinem am 10. Mai 1873 veröffentlichten Buche *) aus den sehr reichhaltigen hydrotechnischen Beobachtungen und Aufzeichnungen in Italien, beachtenswerthe Daten über die verderblichen Folgen der Waldausrodungen daselbst mitgetheilt, und auf Grundlage vielfältiger Beispiele und Erfahrungen die nachstehende Ansicht ausgesprochen:

„So gross auch die Uebel und Nachtheile der jetzt häufiger eintretenden, dann auch höher anschwellenden Hochwässer in den

Flüssen sind, so sind diese Nachtheile dennoch nicht grösser als jene, welche in Folge der fortschreitenden Versiegung der Quellen und der Wasserabnahme in den Bächen und Flüssen entstehen.“

Herr Torelli citirt noch die nachstehenden Beobachtungen und Messungen des berühmten Hydrotechnikers Paleocapa:

Die Wassermenge des Flusses Sile hat beim niedrigsten Stande seit 150 Jahren um 33%, und jene der Brenta bei Bassano vom Jahre 1684 bis 1777 um 7%, endlich der Adda beim Ausflusse aus dem Lago di Como vom Jahre 1842 bis 1862 um 13% abgenommen, welche Wasserabnahme noch fortschreitet und daher besorgniserregend ist.

8. Aus Anlass der im Jahre 1872 durch den Po-Fluss veranlassten verheerenden Ueberschwemmungen, hat die königl. italienische Regierung eine aus sieben Hydrotechnikern bestehende Commission gebildet, welche auf Grundlage einer sehr genauen hydrotechnischen Aufnahme des ganzen Stromgebietes, und nach reiflichen Studien derselben, jene Massregeln vorzuschlagen hatte, welche geeignet wären, um ähnlichen Ueberschwemmungs-Gefahren vorzubeugen.

Laut dem, vom Vice-Präsidenten des h. Rathes der öffentlichen Bauten, Herrn Com. Barilari, im December 1876 erstatteten Berichte, hat die vorerwähnte hydrotechnische Commission das nachstehende Gutachten abgegeben:

„Die Hochwässer des Po-Flusses haben besonders in diesem Jahrhunderte progressiv zugenommen, weshalb auch die meisten Inundations-Dämme an diesem Flusse bedeutend erhöht und verstärkt werden mussten. Diese Abhilfe wurde von der Commission als unzulänglich, ja sogar als eine Vergrösserung der Gefahr bezeichnet, weshalb sie auf Mittel gedacht hat, wie diese Hochwässer zu vermindern, oder doch wenigstens deren Zunahmen hintanzuhalten wären. In Folge dessen untersuchte die Commission den Zustand der Wälder im Stromgebiete des Po; dieselbe legte alsdann einen grossen Werth auf die Erlassung entsprechender Gesetze gegen die Waldverwüstungen, beantragte sodann die Anlage grosser Wasser-Reservoirs, in welchen ein Theil der Hochwässer aufzuhalten und später zur Bewässerung der Felder zu verwenden wäre, proponirte ferner die Herstellung geeigneter Einmündungen der Nebenflüsse in den Po, endlich die Ausführung mehrerer Durchstiche zur Abkürzung des Stromlaufes.“

Das vorstehende Gutachten und die beantragten Massnahmen stimmen sonach mit den von mir in meiner Abhandlung vom April 1873 ausgesprochenen Ansichten vollkommen überein.

9. In dem vom Professor Dr. Ebermayer herausgegebenen ausgezeichneten Werke: „Physikalische Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung, begründet durch die Beobachtungen der forstlich-meteorologischen Stationen im Königreich Bayern. Aschaffenburg 1873“, hat der Verfasser auf Grundlage mehrjähriger genauer, wissenschaftlicher Versuche und Beobachtungen die nachstehend aufgestellten Sätze überzeugend erwiesen, und zwar:

- a) Der Wald hat auf die Regenmenge insoferne Einfluss, als derselbe den relativen Wassergehalt der Luft vermehrt und dieselbe ihrem Sättigungspuncte näher führt, so dass bei eintretender Temperatur-Erniedrigung im Walde eine theilweise Ausscheidung des Wassers leichter und

*) „Delle cause principali delle piene dei Fiumi e di alcuni provvedimenti“ per diminuirle di Luigi Torelli, Senator del Regno.

in grösserer Menge stattfindet als auf unbewaldetem Terrain. Je höher der Wald über der Meeresoberfläche liegt, desto mehr macht sich dieser Einfluss bemerkbar.

- b) Der Wald vermindert sehr bedeutend die Verdunstung des Bodenwassers gegenüber jener auf freiem Felde, und zwar bei streufreiem Waldboden um 62% und mit Streudecke sogar um 85%.
- c) Im Innern der Continente, wo die Luftfeuchtigkeit und die jährliche Regenmenge sich vermindern, und die sommerliche Erhitzung sich steigert, spielt der Wald bezüglich seiner Einwirkung auf die Regenmenge eine wichtigere Rolle als in den Küstengegenden. Irland und Grossbritannien können bezüglich der Regenniederschläge den Wald leichter entbehren als Deutschland und Russland.
- d) Die Abholzung grösserer Waldbestände wird zwar in Ebenen keinen wesentlichen Einfluss ausüben, dagegen wird in gebirgigen Gegenden alsdann durchschnittlich weniger Regen fallen als vorher, und zwar hauptsächlich im Sommer-Halbjahre.

Wenn aber auch angenommen werden wollte, dass nach der Abholzung der Wälder unter allen Verhältnissen noch eben so viel Regen fiele als zuvor, so liesse sich der aus der Erfahrung bekannte Einfluss der Entwaldungen auf die Verminderung oder Versiegung der Quellen, dann auf den geringeren mittleren Wasserstand in den Flüssen hinreichend erklären aus dem enormen Einflusse des Waldes und seiner Streudecke auf die Verdunstung des Bodenwassers, durch welchen allein schon „der Wald als ein grosser Wasserbehälter für die umliegende Gegend betrachtet werden müsse“.

- e) Der Wasserstand der Flüsse steht auch noch insofern in einer bestimmten Beziehung zum Walde, als im Frühjahr an bewaldeten Stellen der Schnee drei bis vier Wochen länger liegen bleibt und langsamer schmilzt als auf unbewaldetem Terrain. Es wird daher in nicht bewaldeten Gegenden im Frühjahr das Steigen der Flüsse nach der Schneeschmelze viel schneller erfolgen, das Schneewasser wird auch weniger in den Boden eindringen, und die Quellen werden daher schlechter ernährt, als auf bewaldetem Boden.
- f) Grössere Entwaldungen sind in Gebirgsgegenden noch viel schädlicher als in Ebenen; sie rufen in kurzer Zeit die Bildung verheerender Wildbäche hervor. Perioden der Dürre, dann kurze aber verderbliche Ueberschwemmungen, Versandungen der Flüsse, Mangel an perennirenden Quellen und Bächen, grosse Schwankungen im Wasserstande der Flüsse, müssen sich unfehlbar einstellen, und charakterisiren solche Gegenden, in welchen die Gebirge abgeholzt wurden.

Herr Ebermayer sagt schliesslich:

- g) „Fassen wir alle diese verschiedenen Wirkungen des Waldes zusammen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass durch das Verschwinden der Wälder die Menge

des Wassers in einem Lande sich beträchtlich vermindern muss, auch wenn nach der Entholung noch eben so viel Regen fiele als zuvor.“

„Vorstehende Sätze zeigen, wie enge mit einander verknüpft der Reichthum an Wäldern und an Wasser in einem Lande sind; eine Thatsache, welche vorzugsweise durch den gewaltigen Einfluss des Waldes und der Streudecke auf die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit herbeigeführt wird. Es kann uns daher nicht wundern, dass Quellen und Bäche versiegen, oder nur periodisch fliessen, dass der mittlere Stand der Flüsse und Bäche zurückgeht, wenn grössere Waldflächen eines Landes abgeholzt werden, und dass umgekehrt die Quellen reichlicher und regelmässiger fliessen, wenn neue Anpflanzungen geschehen und der Wald eine grössere Ausdehnung erhält.“

10. und 11. Der kaiserliche Oberförster Herr Eduard Ney zu La Broque im Elsass hat in einer im Jänner 1875 veröffentlichten Brochure: „Ueber den Einfluss des Waldes auf die Bewohnbarkeit der Länder“, dann auch Herr Dr. Jac. van Bebberer in seiner Brochure vom Jahre 1877: „Die Regenverhältnisse Deutschlands“ auf Grundlage langjähriger Beobachtungen über den grossen Einfluss des Bestandes der Wälder auf die hydrographischen Verhältnisse der Länder, ganz dieselben Ansichten wie Professor Dr. Ebermayer ausgesprochen.

Dass die Entwaldungen im Gebirge häufig ein vollständiges Versiegen der Quellen zur Folge haben, führt Herr Ney noch als Beispiel an, dass in der Provence, nachdem im Jahre 1822, die sämtlichen Oelbäume, welche dort förmliche Wälder gebildet haben, erfroren waren und abgehauen wurden, eine grosse Anzahl von Quellen ganz versiegt sind, ferner dass in der Stadt Orleans, nach erfolgter Entwaldung der umliegenden Anhöhen, fast sämtliche Brunnen versiegt waren, so dass man die Quellen des Flusses Loiret in die Stadt leiten musste.

Dass durch die Ausrodung der Wälder viele einst wasserreiche Flüsse schon seit geschichtlicher Zeit, gegenwärtig trotz häufiger Hochwässer, bedeutend wasserärmer geworden sind, führt Herr Ney folgende Fälle an:

Zur Zeit der Römerherrschaft in Frankreich waren die Durance südlich von Avignon, und die Seine sehr wasserreiche und schiffbare Flüsse, so dass die Schiffer der Durance eine eigene einflussreiche Corporation bildeten, und Kaiser Julian, der sechs Jahre in Paris sich aufhielt, den stets gleichen Wasserstand der Seine rühmend hervorgehoben hat. Gegenwärtig, wo die Quellengebiete der beiden genannten Flüsse entwaldet sind, kann die Durance im Sommer kaum einen Nachen tragen, und die Seine, deren Wasserspiegel-Schwankungen jetzt bei 10^m betragen, musste erst durch die Erbauung vieler Stauwehren wieder schiffbar gemacht werden.

12. Der königl. Forstdirector Herr Dr. Burckhardt in Hannover hat in einem am 5. März 1876 an mich gerichteten Schreiben mitgetheilt, dass die von mir in meiner Abhandlung vom Jahre 1873 ausgesprochenen Ansichten ihm aus der Seele gesprochen sind, da auch er während der 25jährigen Beobachtungen in Norddeutschland die traurigen Erfahrungen bestätigt gefunden hat, dass in Folge der daselbst

vorgenommenen Entwaldungen, Auflassungen vieler Seen und Teiche, dann Entwässerungen der Moore, viele Quellen und Bäche versiegt, und die Grundwässer tiefer gesunken sind, wodurch die Cultur und Ertragsfähigkeit der übrigen Ländereien sehr gelitten haben.

13. Der königl. Professor und Inspector des Civil-Genie-Corps in Rom, Herr Alessandro Betocchi, hat in seinem an die königl. Akademie „dei Lincei“ im Juni 1876 vorgelegten Memoir, welches auch als Brochure veröffentlicht wurde, meine Hypothese, bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer als den Beobachtungs-Ergebnissen entsprechend anerkannt, und aus den graphisch dargestellten Wasserstands-Beobachtungen an der Theiss bei Szegedin noch näher nachgewiesen.

14. Der k. k. Professor der Geographie an der Universität in Wien, Herr Friedrich Symony, durch seine langjährigen Forschungen und Aufnahmen in den Alpenländern rühmlichst bekannt, hat, in einem am 21. Februar 1877 im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien gehaltenen Vortrage „Schutz dem Walde“ meine Hypothese bezüglich der Wasserabnahme als begründet anerkannt und zugleich überzeugend nachgewiesen, dass in Folge der Waldausrodungen im Gebirge die atmosphärischen Niederschläge daselbst abnehmen, die Vegetation auf den Gebirgsabhängen immer tiefer herabrückt und die Humusdecke abgeschwemmt wird, worauf nach und nach eine gänzliche Verkarstung der Gebirge erfolgt. Eine weitere Folge hievon ist auch die Wasserabnahme in den unteren Erdschichten, in den Quellen, Bächen und Flüssen, worauf dann auch die Thalebenen ausdorren und die Cultur-Länder nach und nach ganz veröden, daher der Ausspruch eines grossen Naturforschers sich als wahr erweist: „Der Mensch schreitet über die Erde und ihm folgt die Wüste.“

15. Der Director der königl. landwirthschaftlichen Akademie zu Popelsdorf, Herr Dr. F. W. Dünkelberg hat in seinem Werke: „Die Schiffahrts-Canäle in ihrer Bedeutung für die Landes-Melioration“ (Bonn 1877) auf Grundlage der eigenen Beobachtungen und Erfahrungen sich meiner Ansicht, bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, angeschlossen.

16. und 17. Die zustimmenden Gutachten des königl. Wasserbaudirectors Herrn M. W. Schmidt in Dresden, dann des königl. Baurathes Herrn Maass in Magdeburg werde ich später bei der Besprechung der Beobachtungs-Ergebnisse an der Elbe anführen.

18. Der schweizerische Ingenieur und Hydrotechniker Herr Robert Lauterburg, welcher mit den genauen Erhebungen und Zusammenstellungen der Abflussverhältnisse in den Flüssen der Schweiz sich vielfach beschäftigt, hat in seiner Brochure: „Ueber den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz“ (bei Schulze in Basel 1877) die nachstehenden sehr massgebenden Vermessungs-Ergebnisse mitgetheilt.

Bei den Quellen in der Melasse-Formation wurden bei ziemlich grosser Trockenheit die Abflussverhältnisse per Secunde und für 1·9^{km} Niederschlagsgebiet genau erhoben und hiebei gefunden, dass die Quellen aus bewaldeten Gebieten eine 5 bis 10 Mal so grosse Wassermenge liefern, als die Quellen aus einem baumlosen Gebiete.

Da nun allgemein bekannt ist, dass in jenen Zeiten, wo oft durch mehrere Wochen kein Regen fällt, die Bäche und Flüsse fast ausschliesslich von den Quellen, Seih- und Grundwässern gespeist werden, dann auch ferner bekannt ist, dass seit der Einführung der Eisenbahnen und der Telographen in Europa, sowie des allgemeinen ausserordentlichen Aufschwunges aller Fabrikszweige und Gewerbe, ein so kolossaler Verbrauch an Bau- und Brennholz stattgehabt hat, dass in Europa mehrere Millionen Hectar der früheren Waldbestände, insbesondere in den Gebirgsgegenden abgestockt und ausgerodet worden sind, so kann aus den vorerwähnten Erhebungsergebnissen in der Schweiz, auch ohne alle Rücksichtnahme auf die Ergebnisse der Pegelbeobachtungen an den Flüssen und Strömen, schon a priori mit Berechtigung geschlossen werden, dass seit den letzten 40 Jahren in den Quellen, Bächen und Flüssen die bei kleinen und mittleren Wasserständen abströmenden Wasserquantitäten jedenfalls abgenommen haben müssen.

Nun werde ich mir erlauben noch nachzuweisen, dass nicht nur in Europa, sondern auch in den Cultur-Ländern der anderen Welttheile die in den dortigen Flüssen und Strömen abfliessenden Wassermengen in den letzten Decennien gleichfalls abgenommen haben.

19. Die Commission über die öffentlichen Ländereien in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat in einem Berichte vom 14. März 1874 an das Repräsentantenhaus die Befürchtung ausgesprochen, dass bei fortschreitender Vernichtung der Forste die Interessen des ganzen Landes schwer geschädigt werden.

Ueber Antrag der vorgenannten Commission, die eingehende Prüfung dieser wichtigen Frage tüchtigen Fachmännern zu übertragen, hat die amerikanische Gesellschaft der Wissenschaften mit dieser Aufgabe ein aus mehreren Mitgliedern gewähltes Comité betraut, welches nach genauen Erhebungen und reiflichen Studien ein umfangreiches, mit vielen statistischen Daten und Beispielen belegtes Gutachten abgegeben hat, aus welchem ich hier nur die nachstehenden Hauptmomente in Kürze anführen will.

Das Comité schildert in seinem Gutachten die Bedeutung und die Wichtigkeit der Cultur der Forste nicht nur als Nutzholz, sondern auch als Mittel zur Förderung des allgemeinen Wohlstandes, da die klimatischen Verhältnisse vom Vorhandensein der Wälder abhängen und mit dem Ausroden derselben ungünstiger werden.

Die in die Augen springenden Folgen der Ausrodung der Wälder sind: „Die Versiegung der Quellen, die Austrocknung der Bäche, die Wasserabnahme in den Flüssen, Canälen und Strömen und die wachsenden Höhenunterschiede zwischen den Nieder- und Hochwasserständen in den letzteren.“ Keinem aufmerksamen Beobachter entgeht die Thatsache, dass das Wasser in den Flüssen und Strömen sich in dem Masse verringert, als die Waldungen ausgerodet werden, und Amerika droht die Gefahr, dass folgenschwere Aenderungen in dem Bestande selbst seiner grossen Flüsse eintreten, wenn nicht rechtzeitig entsprechende Vorkehrungen ergriffen werden.“

Schliesslich wurden vom Comité die zur thunlichsten Hintanhaltung der drohenden Calamitäten zu treffenden Massnahmen und Vorkehrungen aufgezählt und empfohlen, welche zumeist mit

jenen übereinstimmen, welche auch schon von mir in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 in Vorschlag gebracht wurden.

In Würdigung dieser Anträge hat der Congress der Vereinigten Staaten von Nordamerika am 15. August 1876 ein Gesetz erlassen, mit welchem 60.000 Dollars zum Ankauf von Samen und Pflanzen, überhaupt zur Verbesserung und Förderung der Cultivirung der Wälder bewilligt, und weitere 2000 Dollars für einen Fachmann bestimmt wurden, welcher die Waldfrage noch eingehender zu studiren und die Mittel anzugeben hätte, welche in Nordamerika zur Conservirung, Verbesserung und Anpflanzung der Wälder sich am besten empfehlen würden.

20. Den obigen Preis hat Herr Dr. Franklin B. Hough zu Lowville mit seinem diesbezüglich verfassten wissenschaftlichen Werke *) erlangt, in welchem derselbe den Einfluss der Wälder auf den gleichmässigen und saisongemässen Regenfall, ferner auf die Erzielung eines regelmässigen Wasserzuflusses zu den Quellen, Bächen und Flüssen, endlich auf die Hintanhaltung ausserordentlicher Hochwässer, ausführlich schildert, endlich auch die Nachweisungen aus meiner Abhandlung vom April 1873 citirt, und sich mit den von mir daselbst ausgesprochenen Ansichten und der aufgestellten Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen einverstanden erklärt.

Aus den vorstehenden ämtlichen Verhandlungen und den durchgeführten wissenschaftlichen Erhebungen ist ersichtlich, dass auch schon in Nordamerika, woselbst theils durch Vandalismus, Unverstand oder Gewinnsucht der Bewohner, theils auch durch gewaltige Elementar-Ereignisse in den letzten Decennien sehr ausgedehnte Waldflächen abgestockt und gänzlich vernichtet worden sind, die höchst nachtheiligen Folgen hievon und insbesondere die Wasserabnahme in den dortigen Quellen und Flüssen sich vielleicht noch auffallender als bei uns in Europa zeigen, dass jedoch die dortige Regierung die hieraus für das Land und für die künftigen Generationen entstehenden grossen Gefahren sofort erkannt hat, und nun energisch die geeigneten Massnahmen in Anwendung bringen will, um diesen Gefahren nach Thunlichkeit vorzubeugen.

21. Ueber die Wasserstands-Verhältnisse in den Strömen von Südamerika ist mir bis jetzt nur der nachstehende, aus Rio de Janeiro an die „Cölnische Zeitung“ gelangte Bericht vom 5. December 1878 zur Kenntniss gekommen:

„Es zeigt sich eine Erscheinung, die den Bewohnern der Ufer des Amazonenstromes Furcht einflösst, der Strom schwindet nämlich in schrecken-erregender Weise, und hauptsächlich von Manaos aufwärts wird die Schifffahrt bereits zur Unmöglichkeit. Es ist eine stätige Verminderung des Wasserstandes, deren Ursachen gänzlich unbekannt sind. Wünschenswerth wäre, dass tüchtige Naturforscher das Phänomen untersuchen.“

Wenn nun in den oberen Strecken des Amazonenstromes dem grössten und wasserreichsten Strome auf dem ganzen Erd-
balle, eine so auffallende Wasserabnahme sichtbar wurde, so ist es sehr wahrscheinlich, dass auch bei den anderen Flüssen

*) Report upon Forestry; prepared under the direction of the commissioner of agriculture, in pursuance of an act of Congress approved 15th August 1876, by Franklin B. Hough. Washington, Government printing office, 1878.

und Strömen in Südamerika ähnliche Wasserabnahmen eingetreten sind, nur dass selbe wegen Mangel an Beobachtungen bisher noch nicht constatirt wurden.

22. Der ausgezeichnete Naturforscher Herr John Croumbie Brown, gewesener Professor der Botanik zu Capetown, hat in seinem Werke *): „Wasserkunde von Südafrika, oder Angaben über die frühere hydrographische Beschaffenheit des Caps der guten Hoffnung und über die Ursachen der jetzigen Unfruchtbarkeit daselbst“, sehr interessante langjährige Beobachtungen und Erfahrungen über den früheren und den gegenwärtigen Zustand der Ländereien sowohl in Afrika als auch auf den grösseren Inseln im südlichen Ocean veröffentlicht, von welchen ich hier nur einige Data in Kürze anführen will.

In Südafrika findet man noch einzelne Baumgruppen von riesiger Grösse und einem sehr hohen Alter, jedoch ohne einem entsprechenden Nachwuchs, die jedenfalls die Ueberreste früherer ausgedehnter Wälder sind, welche letzteren theils abgestockt oder aber verbrannt wurden.

Diese uralten Riesenbäume bezeugen die einstige grosse Feuchtigkeit des Klima's, dann die üppige Fruchtbarkeit des Bodens.

Die Verwüstungen der Wälder in Südafrika, dann die dort übliche Vernichtung der hochwachsenden Gräser durch Feuer hat zur Ausdorrung des Landes daselbst sehr viel beigetragen, so dass gegenwärtig Bäume nur noch entlang der Flussufer und in hohen Gebirgspässen vorgefunden werden.

Auch Dr. Levingstone und Dr. Moffat beschreiben die vorbesagten Brände, und Letzterer erwähnt der Vernichtung eines ausgedehnten Waldes wilder Oliven durch Feuer in der Nähe der Stadt Griqua, und von der stufenweisen Regenverminderung, welche in Folge dessen eingetreten ist.

Herr Brown constatirt viele Beobachtungen über den jetzt eintretenden häufigen und plötzlichen Wechsel zwischen grosser Dürre, dann heftigen Regengüssen mit verheerenden Ueberschwemmungen, ferner über die sichtliche Wasserabnahme, ja selbst vollständige Austrocknung vieler Bäche und Flüsse, sowie die eingetretene Verwandlung derselben in Wildbäche (Torrenti), welche nur dort entstehen, wo von den Bergabhängen die Wälder und die Pflanzendecke vernichtet wurde, und in Folge dessen auch die Erde fortgeschwemmt wird. In Ländern, deren Berge mit Wäldern bedeckt sind, bilden sich keine Torrenti, sondern reichliche Quellen, Bäche und Flüsse, welche zur Beförderung der Fruchtbarkeit des Bodens dienen.

Der Autor berichtet ferner über die jetzt erfolgende Zersetzung der früheren humusreichen Erdkrumme durch die Einwirkungen der Sonnenstrahlen, wodurch dieselbe steril wird, und die einst üppigen Ländereien in Wüsten verwandelt werden, welche höchst nachtheiligen Veränderungen, laut den wissenschaftlichen Nachweisungen des Herrn Brown und der von ihm citirten Naturforscher, nur durch die erfolgte Ausrodung der Wälder in jenen Ländern herbeigeführt worden sind.

Im Schlussabsatze des citirten Werkes werden zur thunlichsten Beseitigung oder wenigstens Milderung der durch die Waldverwüstungen erzeugten Uebelstände von Herrn Brown

*) Hydrology of South Afrika; compiled by John Croumbie Brown, L. L. D. Kirkcaldy, Printed by John Crawford, 201 High Street. 1875.

fast dieselben Massnahmen und Vorkehrungen angerathen, welche auch schon von mir in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 beantragt worden sind, obwohl ihm letztere bei der Verfassung seines Werkes noch nicht bekannt war.

In dem zweiten von Herrn Brown veröffentlichten Werke *): „Die Wälder und die Niederschläge oder die Wirkung der Waldungen auf die Feuchtigkeit des Klima's“, hat derselbe noch ausführlicher nicht nur theoretisch, sondern auch durch vielfältige Beispiele den grossen Einfluss und die Einwirkungen der Waldungen auf die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, auf die Austrocknung der Sümpfe, auf die Wolkenbildung, auf die Menge und die gleichmässige Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge in den verschiedenen Jahreszeiten, sonach auch auf die in den Quellen und Flüssen abströmenden Wasserquantitäten überzeugend nachgewiesen. Herr Brown hat in diesem Werke auch die in meiner Abhandlung vom Jahre 1873 zusammengestellten Beobachtungs-Ergebnisse citirt, und sich mit meiner daselbst ausgesprochenen Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen einverstanden erklärt.

23. Schliesslich muss ich hier noch eine in den letzten Jahren eingetretene furchtbare Katastrophe **) anführen, welche die höchst nachtheiligen Folgen der masslosen Waldausrodungen eclatant erweist.

Die nördliche Provinz des chinesischen Reiches Schan-Si mit der Hauptstadt Thai-Yuan ist von allen Seiten von hohen Gebirgszügen eingeschlossen, welche in früherer Zeit mit dichten Wäldern bedeckt waren. Zu jener Zeit hat es in diesem Lande jährlich periodisch geregnet, die Luft hatte hinreichende Feuchtigkeit und diese Provinz gehörte gleichfalls zu den fruchtbaren, gut cultivirten und dicht bevölkerten des chinesischen Reiches. Doch die Bewohner dieses einst blühenden und glücklichen Landes haben aus Gewinnsucht und in dem Bestreben, auch die Gebirgsabhänge cultur- und mehr ertragsfähig zu machen, die Wälder auf den einschliessenden Gebirgen nach und nach gänzlich abgestockt, was nun zur Folge hat, dass die früheren periodischen Regengüsse fast gänzlich aufgehört haben, und dass die atmosphärischen Niederschläge, sowie auch die Feuchtigkeit der Luft bedeutend geringer geworden sind, weshalb auch in dieser Provinz schon seit mehreren Jahren Missernten, Noth und Elend aufeinander folgen.

Im Jahre 1877 ist bereits eine solche allgemeine Dürre, Missernte und Hungersnoth in der ganzen Provinz Schan-Si eingetreten, in Folge dessen schon bei drei Millionen Menschen zu Grunde gegangen sind.

In dem amtlichen Berichte des Gouverneurs Li Ho-nien, als obersten Commissärs der Unterstützungs-Behörde, steht über diese Katastrophe Folgendes geschrieben:

„In der ersten Zeit dieser unerhörten Hungersnoth nährten sich die Lebenden von den Leichen der Gestorbenen, später wurden die Schwachen von den Stärkeren verzehrt; jetzt ist das allgemeine Elend zu einer solchen Höhe gestiegen, dass die Leute ihre eigenen Blutsverwandten verzehren. Schrecklichere Zustände als diese hatte die Geschichte bisher nicht aufzuweisen, und

wofern nicht rasche Hilfsmassregeln getroffen werden, dann geht die gesammte Bevölkerung dieses Landstriches zu Grunde.“

Uebereinstimmend mit diesem Berichte beschreibt auch der katholische Bischof Monsignore Monagatta aus Thai-Yuan in einem Briefe vom 24. März 1878 die entsetzlichen Gräuelszenen der herrschenden Hungersnoth.

Auch in den anderen Provinzen China's zeigen sich die verderblichen Folgen der bedeutenden Waldverwüstungen, und zwar im Hochlande die Alles ertödtende Dürre, und in den südlichen Niederungen des Reiches die fast gleichzeitig eintretenden verheerenden Regengüsse und Ueberschwemmungen. (Schluss folgt.)

*) Forests and moisture or effects of forests on humidity of climate; compiled by John Croumie Brown, L. L. D. Edinburgh. 1877.

**) Diese im chinesischen Reiche eingetretene Katastrophe ist auch in der „Wiener Zeitung“ und in der „Neuen Freien Presse“ vom Juni 1878 beschrieben.

Zweite Abhandlung

über die

Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Cultur-Ländern.

Von

Gustav Ritter v. Wex,

k. k. Ministerialrath und Ober-Bauleiter der Donau-Regulirung bei Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 21, 22, 23, 24, 25 und 26.)

(Schluss.)

II. Abschnitt.

Aufklärungen und Widerlegungen der gegen meine Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen von den Herren Opponenten vorgebrachten Zweifel und Gegengründe, nebst Mittheilung der von mir seit 1873 diesfall gesammelten neueren Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate.

Insoweit mir aus den erschienenen Werken und technischen Zeitschriften bisher bekannt geworden ist, haben die nachstehenden Herren Ingenieure und Hydrotechniker als Opponenten meiner Hypothese ihre Ansichten veröffentlicht, und zwar:

1. Das hydrotechnische Comité des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, welches in seinem schon früher angeführten Gutachten meiner Hypothese im Allgemeinen beigestimmt, jedoch gegen die von mir geführten Beweise und gezogenen Schlussfolgerungen einige Zweifel erhoben hat.

2. Der königl. preussische Regierungs- und Baurath Herr Sasse („Zeitschrift für Bauwesen“ von G. Erbkam in Berlin, vom Jahre 1874).

3. Der königl. preussische Wasserbau-Inspector Herr Kluge (in der vorerwähnten Zeitschrift).

4. Der königl. preussische Wasserbau-Inspector Herr Schlichting („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1875).

5. Der kaiserliche Baurath und Wasserbau-Director in Strassburg, Herr Grebenau („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1876).

6. Der königl. preussische Kreisbaumeister und Baudirectors-Stellvertreter Herr Gräve („Deutsche Bauzeitung“, Jahr 1877).

7. Der königl. ungarische Ministerialrath Herr Carl Herrich („Zeitschrift des ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“).

8. Der k. k. Ministerialrath Dr. Josef Ritter Lorenz v. Liburnau (Wald, Klima und Wasser, 1878).

Von den vorgenannten Herrn Opponenten wurden gegen meine Hypothese und gegen die hiefür geführten Beweise, im Allgemeinen die nachstehenden Zweifel, Einwendungen und Gegengründe vorgebracht, und zwar:

A) dass die von mir an den fünf Strömen und den neun Pegelstationen nachgewiesenen Abnahmen der Wasserstände, respective Senkungen der Stromwasserspiegel möglicherweise nicht eine Folge der Verminderung des abströmenden Wassers sind, sondern dadurch herbeigeführt wurden, dass aus Anlass der an diesen Strömen allenfalls ausgeführten Regulirungen sich die Strombette vielleicht vertieft, oder die relativen Wasserspiegelgefälle sich verändert haben,

B) dass aus den nachgewiesenen Wasserstands-Abnahmen auf eine Verminderung der in den Strömen abfliessenden Wassermengen noch nicht mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann,

C) dass bei den jetzt zeitweise höher anschwellenden Hochwässern auch mehr Wasser abströmt, wodurch die Wasserminderungen bei den niedrigen und mittleren Wasserständen vielleicht ausgeglichen werden, wo dann aus den gelieferten Nachweisungen nur hervorgehen würde, dass in den letzten Decennien die Abflussverhältnisse (Regime) der Flüsse und Ströme sich verändert haben,

D) dass wenigstens 200 Jahre lange Wasserstands-Beobachtungen an den Pegeln eines Stromes nothwendig wären, um aus denselben mit Verlässlichkeit schliessen zu können, ob eine Wasserabnahme in diesem Strome factisch eingetreten sei oder nicht,

E) dass nach der Ansicht einiger der Herren Hydrotechniker nicht aus der Vergleichung der Wasserstände, sondern einzig und allein nur durch die von Zeit zu Zeit vorzunehmenden directen Messungen der in den einzelnen Flüssen und Strömen factisch abfliessenden Wasserquantitäten nach einer längeren Zeitperiode verlässlich constatirt werden kann, ob eine Wasserabnahme in denselben wirklich eingetreten ist oder nicht,

F) dass die von mir aufgestellte Behauptung, wienach in Folge der grossen Verwüstungen und Ausrodungen ausgedehnter Waldflächen die atmosphärischen Niederschläge vermindert worden wären, durch die von mir angeführten Beispiele und die citirten Gutachten wissenschaftlicher Autoritäten noch keineswegs erwiesen sei, weil aus den langjährigen meteorologischen Beobachtungen in England, in Paris, in Petersburg und in Kopenhagen eine Abnahme der atmosphärischen Niederschläge daselbst nicht zu entnehmen ist;

G) Herr Grebenau hat die von mir aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasserabnahme als unrichtig bezeichnet, und statt derselben die neue Hypothese aufgestellt, dass die Bette der Bäche, Flüsse und Ströme durch die Erosionskraft des fließenden Wassers continuirlich vertieft werden, und dass nur in Folge dieser Vertiefungen die Wasserstände in denselben fortwährend abnehmen, respective die Wasserspiegel in den Flüssen und Strömen immer tiefer und tiefer sinken.

Weil Herr Grebenau meine Hypothese als unrichtig bezeichnet, und statt derselben eine in der Hydrotechnik ganz neue Hypothese aufstellt, so werde ich zunächst die diesbezüglichen Nachweisungen und Begründungen Grebenau's eingehend beleuchten, da in dem Falle, wenn seine Behauptungen und seine Hypothese als begründet erkannt werden sollten, alsdann eine weitere Erörterung der anderen Zweifel und Einwendungen gegen meine Hypothese entfallen könnte.

In Folge der schon früher erwähnten Einladung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien an alle ausländischen wissenschaftlichen Institute wurde unter Anderen auch der Wasserbau-Director Grebenau aufgefordert, über meine Abhandlung bezüglich der Wasserabnahme in den Flüssen und Strömen auf Grundlage seiner diesbezüglichen Beobachtungen und Erfahrungen sein Gutachten abzugeben.

Grebenau hat hierauf mit der ihm eigenthümlichen unermüdlichen Emsigkeit und Energie die Wasserstands-Beobach-

tungen an 14 grösseren Flüssen und Strömen gesammelt, dieselben zusammengestellt, in verschiedener Art combinirt und zugleich die von mir angeregte Wasserfrage eifrigst studirt, worauf er dann über die Ergebnisse seiner Forschungen am 6. September 1876 bei der General-Versammlung des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine zu München einen ausführlichen Vortrag über „Fluss-Senkungen und die damit zusammenhängenden Erscheinungen“ gehalten hat, in welchem Grebenau die nachstehenden Mittheilungen machte *). Er habe für 14 Flüsse mit 75 Pegelstationen an denselben die Wasserstands-Beobachtungen für die Nieder-, Mittel- und Hochwasser zusammengestellt, dieselben in derselben Art, wie Herr Wex, in zwei gleiche Beobachtungs-Perioden getheilt, hiefür die mittleren Wasserstandshöhen berechnet, dieselben gegeneinander verglichen, und unter der Annahme, dass für die sich ergebenden Senkungen oder Hebungen bei den obigen drei Wasserständen, jedesmal nur das Mittel hievon in Betrachtung gezogen wird, die nachstehenden Resultate erhalten.

Bei 12 Flüssen mit 67 Pegelstationen haben die mittleren Wasserstandshöhen abgenommen, respective die Wasserspiegel sich im Durchschnitte um 1'00^{cm} bis 2'00^{cm} per Jahr gesenkt, dagegen nur bei vier Flüssen und an sechs Pegelstationen haben sich die Wasserstände gehoben, und zwar gerade an jenen, wo die halben Beobachtungs-Perioden sehr kurz waren, und zwar nur 7, 7½, 12½ und 16½ Jahre gedauert haben.

Aus diesen Beobachtungs-Resultaten hat Grebenau die Schlussfolgerung gezogen, dass bei dem vorkommenden Wechsel der Senkungen und Hebungen der Wasserspiegel an einigen Pegeln eines und desselben Flusses in derselben Beobachtungs-Periode, wo auch wenigstens annähernd die gleichen Wassermengen durchgeflossen sind, die gefundenen Resultate keine Wasserabnahme constatiren können, denn wenn die Senkungen des Wasserspiegels an dem einen Pegel eines Flusses eine Wasserabnahme in demselben anzeigen sollten, so müssten die Hebungen des Wasserspiegels an einem andern Pegel desselben Flusses, eine gleichzeitige Wasserzunahme an dieser Pegelstation anzeigen, was offenbar nicht möglich ist.

Da nun Herr Wex in seiner Abhandlung bei mehreren Flüssen, und zwar insbesondere an 9 Pegelstationen der Donau, selbst zugegeben hat, dass in denselben Vertiefungen oder Hebungen der Flusssohle vorgekommen sind; so wird schon hiedurch seine Theorie, dass man aus der Abnahme der Wasserstände in den Flüssen und aus der Senkung der Wasserspiegel auf eine Abnahme der in denselben abströmenden Wasserquantitäten schliessen könne, unhaltbar.

Grebenau bemerkt über meine Hypothese noch ferner, dass schon die Grösse der in meiner Abhandlung bei mehreren Strömen

*) Der kurzgefasste Inhalt dieses Vortrages ist in der „Deutschen Bauzeitung“ vom 21. October 1876 abgedruckt. Grebenau hat die Ergebnisse seiner Studien über die Wasserfrage in einem grösseren Elaborate zusammengestellt und für die Drucklegung bereits vorbereitet, als ihn leider viel zu früh der Tod am 23. Juni 1877 dahintrafte. Seine hochverehrte Witwe war so freundlich, das Manuscript mir zur Einsichtnahme mitzutheilen, und unsere beiderseitigen Bemühungen, dasselbe in Druck legen zu lassen, blieben jedoch wegen der hiefür erforderlichen namhaften Kosten leider ohne Erfolg.

constatirten Wasserstands-Abnahmen den Beweis liefert, dass dies nicht eine Folge der Wasserabnahme sein könne, weil sonst diese Ströme in einigen hundert Jahren gänzlich wasserlos und ihre Bette ausgetrocknet sein würden.

Ueber die vorstehenden Schlussfolgerungen Grebenau's glaube ich die nachstehenden Aufklärungen geben zu sollen. Es ist wohl allgemein bekannt, dass in den Flüssen und Strömen, welche entweder noch nicht regulirt, oder erst in der Regulirung begriffen sind, die Flussbettssohle in einigen Strecken vertieft, und in den anderen durch Anschotterungen erhöht wird, daher in solchen Stromstrecken allerdings in Folge dieser Sohlenänderungen entweder Senkungen oder Hebungen des Wasserspiegels vorkommen können, aus welchen man auch keine verlässlichen Schlussfolgerungen ziehen kann.

Wenn man jedoch aus den vorliegenden vielen Pegelbeobachtungen jene Stromstrecken ausscheidet, in welchen Strombett-Veränderungen vorgekommen sind, so wird man doch noch einzelne Flüsse oder Stromstrecken finden, welche entweder in unveränderlichen natürlichen Betten eingeschlossen, oder schon seit undenklichen Zeiten regulirt, daher im Beharrungszustande befindlich sind. Dass man bei diesen Flüssen und Stromstrecken aus der Abnahme aller Wasserstände und Senkung der Wasserspiegel auch auf die Abnahme der abströmenden Wasserquantitäten mit voller Berechtigung schliessen kann, wird auch der skrupulöseste Hydrotechniker zugestehen müssen, da man sonst diese Erscheinung in keiner anderen Art erklären könnte.

Bezüglich der zweiten Einwendung Grebenau's gegen meine Hypothese muss ich bemerken, dass ich in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 nur die Besorgniss ausgesprochen habe, dass auch in den gegenwärtigen Culturländern die jetzt noch wasserreichen Bäche und Flüsse nach und nach während eines grossen Theiles des Jahres fast gar kein Wasser führen, dagegen zur Zeit heftiger Regengüsse furchtbar anschwellen, also in Wildbäche (Torrenti) verwandelt werden.

Dass solche Verwandlungen in den alten Culturländern bereits factisch stattgefunden haben, sind geschichtlich constatirte Thatsachen, welche nur noch derjenige in Zweifel ziehen könnte, dem die Geographie und die Geschichte dieser Länder unbekannt ist.

Bei Strömen dagegen, welche aus dem Zusammenflusse vieler einmündenden Bäche und Flüsse entstehen, kann von einer vollständigen Austrocknung derselben nicht die Rede sein, weil die atmosphärischen Niederschläge in Folge der Waldausrodungen wohl vermindert, jedoch nicht gänzlich aufhören werden, dann weil in einem grossen Stromgebiete niemals alle Quellen, Bäche und Nebenflüsse gleichzeitig ihr Wasser verlieren können, indem wegen der ungleichmässigen Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge in den Fluthgebieten der einzelnen Bäche und Nebenflüsse sehr häufig die Hochwässer des einen Nebenflusses mit den niedrigsten Wässern des zweiten Flusses gleichzeitig im Strombette ankommen, daher in Folge der Veränderungen der Nebenflüsse in Wildbäche, die Ströme zwar nicht ganz austrocknen, jedoch ihre Wasserstände zwischen sehr niedrigen und dann sehr hohen, häufig variiren, d. i. excessiv werden.

Dass diese Veränderung an mehreren Strömen auch schon in Europa bereits begonnen hat, ist aus den meiner

ersten Abhandlung beigegebenen graphischen Darstellungen der Wasserstands-Beobachtungen deutlich zu ersehen.

Mit Vorstehendem glaube ich, die von Grebenau gegen meine Hypothese vorgebrachten Einwendungen vollständig widerlegt zu haben und übergehe nun zur näheren Prüfung der von ihm aufgestellten neuen Hypothese.

Wie schon früher erwähnt wurde, hat Grebenau an 12 Flüssen und Strömen mit 67 Pegelstationen eine bedeutende Abnahme der kleinen, mittleren und höheren Wasserstände, respective eine Senkung der Wasserspiegel in diesen Flüssen nachgewiesen und zur Erklärung dieser auffallenden Erscheinung die nachstehende neue Hypothese aufgestellt.

„Durch die Arbeitskraft des fließenden Wassers, welche von den neueren Geologen mit dem Namen Erosionskraft bezeichnet wird, werden die Berge der Erdoberfläche durch die Abschwemmungen an Masse immer kleiner, und mit dem herabgeschwemmten Materiale werden die nächstgelegenen Vertiefungen oder Thalfächen ausgefüllt und erhöht. Ueber die Wirkungen der Erosionskraft des fließenden Wassers auf die Strombette hat nun Grebenau die nachstehenden Thesen aufgestellt:

1. Der bei Anschwellung der Flüsse entstehende Schlamm (detritus) ist das Product des Reibungsprocesses der Flussgeschiebe an einander, daher die Schlammführung eine nothwendige Folge der Geschiebeführung ist.

2. Dieser Schlamm wird an jeder Stelle, wo Geschiebe rollen, neu erzeugt und fortgeführt, daher die Schlammführung stromabwärts fortwährend zunimmt, und zwar nach dem Gesetze einer arithmetischen Reihe.

3. Die von dem fortgeführten Schlamm zwischen dem Geschiebe erzeugten hohlen Räume sind die Ursache der continuirlich fortdauernden Flussbettvertiefungen und sonach auch der Wasserspiegelsenkungen.“

Die vorstehenden Thesen als constatirte That-sachen annehmend, gelangte Grebenau mit Rücksicht auf die von ihm nachgewiesene Senkung des Rheinwasserspiegels im Elsass durchschnittlich mit 1.63^{cm} per Jahr, welche daher für 100 Jahre 1.63^m und für die letztverflossenen 1000 Jahre bei 16.3^m betragen haben würde, zu der Schlussfolgerung, dass der Rheinfluss bei Schaffhausen vor circa 5900 Jahren noch nicht bestanden hat, und erst seit jener Zeit in Folge der Vertiefung des abwärtsigen Strombettes sich gebildet habe, ferner dass der Rhein vor circa 1000 Jahren in der mittleren Rheinthalebene unterhalb Basel in der Höhe der Hochgestade-Ufer daselbst, also um circa 16.3^m höher als jetzt geflossen ist, hiebei das vorbesagte Hochgestade bespült und gebildet hat, dann aber seit jener Zeit sein Strombett um 16.3^m vertieft, und seinen Wasserspiegel gesenkt habe.

Da in dem Falle, wenn die Hypothese Grebenau's, dass durch die Erosionskraft alle Fluss- und Strombette ohne Ausnahme ununterbrochen um 1.00 bis 2.00^{cm} per Jahr, also um 1.00 bis 2.00^m, in 100 Jahren und um 10.00^m bis 20.00^m in 1000 Jahren vertieft, mithin die Wasserspiegel in allen Stromläufen sich um die obigen Maasse senken werden, als wahr und begründet erkannt werden sollte, diese Wirkungen für die seinerzeitige Cultur der Länder und für die künftigen Generationen äusserst

nachtheilig wäre, mithin die Prüfung der Richtigkeit dieser Hypothese von hoher Wichtigkeit ist; so habe ich seit September 1876 die eingehendsten hydrotechnischen Erhebungen und Studien durchgeführt, und erlaube mir die diesbezüglichen Erhebungsergebnisse hier in Kürze mitzutheilen.

Es ist einem jeden Hydrotechniker und Geologen bekannt, dass die Flüsse und Ströme, wenn selbe in einer grossen, breiten Thalebene in ihrem natürlichen Zustande sich selbst überlassen sind, ihre aus gröberem abgerundeten Gerölle und Geschiebe bestehende Strombette nicht vertiefen, sondern ihre aus leichteren Erdarten bestehenden Ufer einreissen, ihre Bette bedeutend erweitern, Inseln und Serpentin bilden, sodann stark verwildern, und indem sie hiedurch den grössten Theil ihrer Stosskraft verlieren, die aus den oberen Gegenden dann aus den Seitenbächen und Flüssen durch die Hochwässer herabgeschwemmten Geschiebe ablagern und ihre Bettsohle erhöhen.

Da diese sich selbst überlassenen verwilderten Flüsse und Ströme in den Thalebenen herumschweifen, so wurden durch die Schotter- und Geschiebe-Ablagerungen derselben in der Vorzeit fast alle Flussthalbenen aus den vorbestehenden tiefen Schluchten und ehemaligen Seebecken gebildet, und diese Thalebenen werden auch noch jetzt durch die Anschlammungen zur Zeit der Hochwässer erhöht, wenn auch nicht in dem Maasse als die Strombette, weshalb bei solchen verwilderten Strömen sehr häufig die Uferhöhen über der Bettsohle geringer, mithin die Uberschwemmungen grösser werden.

Es ist ferner jedem erfahrenen Hydrotechniker sehr wohl bekannt, dass erst durch die Regulirung der verwilderten Flüsse und Ströme, und zwar durch die Beschränkung der übermässigen Breiten, Abbauung der Seitenarme, Durchstechung der Serpentin, also Vermehrung des relativen Gefälles, endlich Versicherung der Ufer gegen fernere Abbrüche, die Geschwindigkeit und die Stosskraft des Stromwassers so weit verstärkt werden kann, dass innerhalb der regulirten Stromstrecke die verschotterte und erhöhte Bettsohle nach und nach wieder vertieft und das aus den oberen Gegenden durch die Hochwässer herabgeschwemmte Geschiebe weiter stromabwärts fortgeführt wird, wobei jedoch sehr häufig der Fall eintritt, dass diese Geschiebe im unteren Stromlaufe liegen bleiben, daselbst das Strombett erhöhen und neue Verwilderungen erzeugen, wenn die Regulirung nicht im ganzen Stromlaufe durchgeführt wird. Die vorstehend angeführten Wahrnehmungen, dass die Flüsse und Ströme in ihrem natürlichen Zustande die Tendenz haben, ihre Bette und sonach auch ihren Wasserspiegel zu erhöhen, dann dass nur in Folge ausgeführter radicaler Stromregulirungen eine Vertiefung der Strombette und eine Senkung der Wasserspiegel erzielt werden kann, hat bereits auch schon der königlich preussische geheime Oberbaurath Herr Hagen in seinem ausgezeichneten Handbuche der Wasserbaukunde ausführlich mitgetheilt, dann haben auch noch mehrere ausgezeichnete Hydrotechniker in Deutschland und in Italien, welche ich um die Mittheilung ihrer diesbezüglichen Beobachtungen schriftlich ersucht habe, die vorerwähnten Wahrnehmungen als durch langjährige Erfahrung constatirte Facti bezeichnet, mir jedoch keinen Fall angeben können, wo in Folge der natürlichen Erosionskraft des fließenden Wassers eine

continuirliche Vertiefung eines Fluss- oder Strombettes eingetreten wäre.

Wenn auch zugegeben werden muss, dass durch die Reibung der in den Strombetten von den Hochwässern fortgewälzten Gerölle ein detritus erzeugt wird, so ist doch andererseits einleuchtend, dass der weit grössere Theil des in einem Strome von den Hochwässern mitgeführten Schlammes von den durch die Regenwässer bewirkten Abschwemmungen im ganzen Stromgebiete, ferner von den Einrissen an den unversicherten Stromufern, endlich von den durch die einmündenden Bäche und Seitenflüsse in das Strombett eingeführten Geschiebe-, Sand- und Erdmassen erzeugt wird, daher aus den von einem Strome abgeführten Schlammquantitäten auf eine Vertiefung des Strombettes nicht geschlossen, also noch weniger das Maass dieser Vertiefung berechnet werden kann, weil die in Folge der Reibung der Geschiebe erzeugten hohlen Räume vielfach überwogen werden durch die sehr grossen Quantitäten an Gerölle, Sand und Erde, welche von jedem Hochwasser aus den oberen Stromstrecken und von den Seitenflüssen herbeigeführt und im Strombette deponirt werden.

Aus Vorstehendem ist ersichtlich, dass die von Grebenau aufgestellten Hypothesen bezüglich der Entstehung des von den Hochwässern der Ströme fortgeführten Schlammes lediglich aus dem Producte der Reibung der Flussgeschiebe, dann bezüglich der hiedurch bedingten continuirlichen Vertiefung aller Fluss- und Strombette durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers offenbar ganz unrichtig sind, da bei den im natürlichen Zustande befindlichen Flüssen und Strömen gerade das Gegentheil, nämlich die Erhöhung der Strombette erfolgt.

Die Unrichtigkeit der von Grebenau aufgestellten Hypothese wird aber auch durch geschichtliche Thatsachen erwiesen, denn wenn die Vertiefung der Strombette auch in früherer Zeit continuirlich stattgefunden hätte, so müssten alle Flussthal Ebenen, welche gegenwärtig nur 2 bis 3^m über dem Mittelwasser liegen, noch vor circa 500 Jahren permanent überschwemmt gewesen sein, was jedoch offenbar nicht der Fall war, da schon vor mehr als 500 Jahren in diesen Thalebene Städte und viele bewohnte Ortschaften bestanden haben. Den obigen Umstand, dass die Hypothese Grebenau's mit den geschichtlichen Thatsachen im Widerspruche steht, hat auch schon Herr Gräve in seiner Kritik dieser Hypothese („Deutsche Bauzeitung“ vom Jahre 1877, Nr 54 und 56) ausführlich nachgewiesen.

Die Widerlegung der von Grebenau aufgestellten Behauptung bezüglich der Entstehung des Rheinfall bei Schaffhausen, in Folge der continuirlichen Vertiefung des Rheinbettes, kann ich den Herrn Geologen, als den hiefür kompetenteren Fachmännern, überlassen, muss dagegen seiner weiteren Behauptung, dass der Rhein in der Thalebene unterhalb Basel vor circa 1000 Jahren in der Höhe der Hochgestade-Ufer daselbst geflossen wäre, die letzteren gebildet und sich seit jener Zeit um circa 16·3^m vertieft hätte, entschieden entgegentreten.

Grebenau selbst hat in seinem am 11. September 1869 in der General-Versammlung der „Pollichia“ zu Dürkheim gehaltenen Vortrage: „Der Rhein vor und nach seiner Regulirung“, welcher Vortrag auch als Brochure veröffentlicht wurde,

unter Anschluss von Situations- und Profilplänen sehr ausführlich und überzeugend nachgewiesen, dass in vorhistorischer Zeit in der gegenwärtigen Rheinthal Ebene zwischen Basel und Bingen ein grosser See bestanden hat, welcher nach erfolgtem Gebirgsdurchbruche zwischen Bingen und Bonn nach und nach abgeflossen ist. Das noch verbliebene tiefe Seebecken wurde von den sehr bedeutenden Geröll- und Geschiebemassen sowohl des Rheins als auch der übrigen einmündenden Bäche und Flüsse auf 10 bis 20^m Tiefe unter der Spiegelfläche der gegenwärtigen Rheinthal Ebene ausgefüllt. Die Hochgestade, auch Diluvial-Terrassen genannt, welche 5000 bis 7000^m von einander entfernt und bei 10^m hoch sind, bildeten offenbar die Begrenzung des einstigen Seebeckens, und wurden theils durch den Wellenschlag des nach Massgabe der sich vertiefenden felsigen Ueberfallssole bei Bingen sehr langsam abfallenden und sich senkenden Seespiegels, dann durch die Unterwaschungen des auf dem sehr unregelmässig aufgeschotterten Seebecken wild herumschweifenden Rheinstromes in ihrer gegenwärtigen Configuration ausgebildet. Seit der Ausfüllung des einstigen Seebeckens nach dem beiläufig ausgeglichenen Thalgefälle zwischen der Ueberfallssole bei Bingen, und dem gleichfalls von Felsenbänken durchzogenen Strombette bei Basel und bei Waldshut hat der Rhein die aus grobem Gerölle bestehende Thalebene nicht nur nicht vertieft, sondern dieselbe im Gegentheile durch häufige Ueberschwemmungen mit Sand und feinem Schlick noch um 1 bis 2^m aufgelandet und erhöht.

Weil die successiven Senkungen des einstigen Seespiegels an den beiderseitigen Hochgestade-Ufern, sowie auch die späteren Unterwaschungen der letzteren durch den verwildert herumschweifenden Rheinstrom noch gegenwärtig deutlich zu sehen sind, dann weil in Folge der seit dem Jahre 1817 zwischen Basel und Mannheim ausgeführten radicalen Regulirung, Geradleitung und Abkürzung des Stromlaufes von 265 auf 182^{km}, in einzelnen Stromstrecken eine Vertiefung des verschotterten Strombettes und Senkung des Wasserspiegels um 1 bis 1·5^m constatirt worden ist, so wurde durch diese sichtlichen Thatsachen der ausgezeichnete Hydrotechniker Grebenau zu der irrigen Schlussfolgerung verleitet, als wenn die vorbesprochene Strombettvertiefung und Wasserspiegelsenkung durch die natürliche Erosionskraft des Rheinstromes allein bewirkt worden wäre, und nachdem Grebenau gleichzeitig gefunden hatte, dass an 12 Flüssen mit 67 Pegelstationen, während längerer Beobachtungs-Perioden die niedrigen, mittleren und höheren Wasserstände bedeutend abgenommen haben, hat er hierauf die offenbar unrichtige Hypothese aufgestellt, dass bei allen Bächen, Flüssen und Strömen ohne Ausnahme schon seit ihrem Bestande durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers die Flussbette derselben fortwährend vertieft und ihre Wasserspiegel gesenkt worden sind, dann dass diese Erosion auch in der Folge continuirlich fortwirken werde.

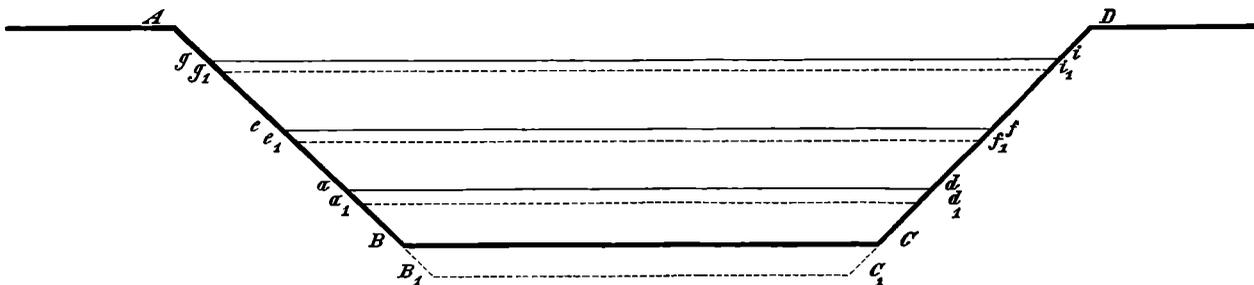
Mit den vorstehenden Nachweisungen habe ich meinem gewesenen hochgeschätzten persönlichen Freunde Grebenau, welcher in ganz Deutschland als ein äusserst thätiger und ausgezeichnete Hydrotechniker bekannt und geachtet war, sicher nicht zu nahe

treten, sondern einzig und allein nur eine hochwichtige hydrotechnische Frage klarstellen wollen.

Nun werde ich versuchen, die von den früher genannten Herren Opponenten gegen meine Hypothese vorgebrachten Zweifel, Einwendungen und Gegengründe aufzuklären, respective zu widerlegen, wobei ich zugleich auch noch die seit dem Jahre 1873 gesammelten neueren Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate, welche meine Hypothese noch überzeugender begründen, dagegen jene von Grebena u als unhaltbar erweisen, anführen werde.

ad A) Wenn die für eine längere Beobachtungs-Periode nachgewiesenen Abnahmen der Wasserstände, respective die Senkungen des Wasserspiegels in einem Strome, nur eine Folge der Vertiefung des Strombettes entweder durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers, oder durch die Wirkungen einer durchgeführten Stromregulirung wären, dann müssten diese Strombettvertiefungen jedenfalls eine längere Stromstrecke umfassen, dieselben müssten ferner successive und gleichmässig entstehen, dann auch bleibend sein. Die fast bei einem jeden Hochwasser vorkommenden Veränderungen in der Strombettsohle, wie partielle Auswaschungen von Kolken, oder auch theilweise Verlegungen der Stromrinne können nicht zu den vorbesagten Strombettvertiefungen gezählt werden, weil selbe sehr häufig schon bei den nächsten Hochwässern wieder ausgeglichen werden, sonach auf die für längere Beobachtungs-Perioden zusammengestellten höchsten und niedrigsten, dann auf die berechneten mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände offenbar keinen Einfluss nehmen können.

Um mit voller Klarheit und Verlässlichkeit beurtheilen zu können, welche Wirkung die auf einer längeren Stromstrecke eingetretene bleibende Vertiefung der Strombettsohle auf die verschiedenen Wasserstände in dieser Stromstrecke ausüben wird, muss man sich zunächst das ursprüngliche Querprofil dieses Stromes, sammt der eingetretenen Sohlenvertiefung und den verschiedenen Wasserständen verzeichnen, und man wird alsdann zu den nachfolgenden unanfechtbaren Schlussfolgerungen gelangen.



Es wäre in der vorstehenden Figur $ABCD$ das ganze Quer- und Durchflussprofil eines Stromes dargestellt, welches man der Einfachheit wegen als ganz regelmässig mit geböschten Ufern annehmen kann. In diesem Stromquerprofile würden die niedrigsten Wasserstände bis zur Linie $a d$, die mittleren Jahres-Wasserstände bis zur Linie $e f$ und die Hochwasserstände bis zur Linie $g i$ reichen.

Wenn nun nach einer längeren Zeitperiode von 20 bis 30 Jahren die ursprüngliche Strombettsohle BC entweder in Folge der Erosionskraft oder aber aus Anlass einer durchgeführten Stromregulirung bis auf die neue Sohle $B_1 C_1$ bleibend vertieft würde, so könnten die hiedurch veranlassten Senkungen des Stromspiegels unter der Voraussetzung, dass die im Strome abfliessenden Wassermengen unverändert geblieben sind, nachstehend berechnet werden.

Bezeichnet man die Breite der Strombettsohle BC mit b , die Geschwindigkeit der Wasserströmung an der letzteren mit v , und das Maass, um welches sich die Sohle vertieft hat, mit h , so wird die durch den vertieften Sohlenstreifen $BCB_1 C_1$ abfliessende Wassermenge m aus der Gleichung $m = b h v$ gefunden.

Werden nun die Breiten des Stromwasserspiegels beim niedrigsten, mittleren und Hochwasserstande, und zwar $a d$ mit b_1 , $e f$ mit b_2 und $g i$ mit b_3 , ferner die mittleren Geschwindigkeiten bei den obigen drei Wasserständen am Wasserspiegel mit v_1 , v_2 und v_3 , endlich die in Folge der Sohlenvertiefung eintretenden Senkungen der besagten Wasserspiegel mit h_1 , h_2 und h_3 bezeichnet, so muss, da die Wasserspiegelsenkung nur in dem Maasse erfolgen kann, als ein Theil des Wasserquantums nunmehr durch den vertieften Sohlenstreifen $BCB_1 C_1$ abströmen wird, die nachstehende Gleichung statthaben:

$$m = b h v = b_1 h_1 v_1 = b_2 h_2 v_2 = b_3 h_3 v_3.$$

Da nun bei allen Stromquerprofilen, nur mit Ausnahme der seltenen Fälle, wo die beiderseitigen Ufer mit verticalen Quaimauern begrenzt sind, die Wasserspiegelbreiten bei höheren Wasserständen grösser werden, also $b_2 > b_1$ und $b_3 > b_2$ ist, ferner jedem Hydrotechniker bekannt ist, dass auch die Geschwindigkeiten am Wasserspiegel bei den höheren Wasserständen wachsen, also $v_2 > v_1$ und $v_3 > v_2$ wird, so ist einleuchtend, dass die Abnahme der Wasserstände, respective die Senkungen des Stromwasserspiegels bei höheren Wasserständen, in dem Verhältnisse als die Producte $b_2 v_2$ grösser als $b_1 v_1$ und $b_3 v_3$ grösser als $b_2 v_2$ werden, immer kleiner werden müssen, daher jedesmal $h_2 < h_1$ und $h_3 < h_2$ sein muss.

Aus obiger Nachweisung ist ersichtlich, dass für jene Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen, welche eine Folge einer eingetretenen bleibenden Vertiefung der Flussbettsohle sind, die nachstehenden Kriterien vorhanden sein müssen.

1. Die Wasserstands-Abnahme muss bei den niedrigsten Wasserständen am grössten sein, dieselbe muss ferner bei den

höheren Wasserständen proportional kleiner werden, also für die Hochwässer sich am kleinsten herausstellen.

2. Da die Vertiefung des Strombettes während einer längeren Zeitperiode sich nur langsam und successive ausbildet, und wenn solche einmal erfolgt ist, dann im Verlaufe eines Jahres als unverändert angenommen werden kann, so müssen die in Folge von Strombettvertiefungen eintretenden Wasserspiegelsenkungen in den einzelnen Monaten bei gleich hohen mittleren Wasserständen jedesmal auch gleich gross sich herausstellen.

3. Wenn die Wasserstands-Beobachtungen an mehreren Pegeln eines längeren Stromlaufes für dieselben Zeitperioden zusammengestellt werden, so könnten die in Folge von Stromregulirungen und Sohlenvertiefungen eintretenden Wasserspiegel-

senkungen an den einzelnen Pegelstationen niemals übereinstimmen, sondern müssten im Gegentheile jedesmal bedeutend von einander abweichen, und zwar aus dem Grunde, weil bei einem längeren Stromlaufe gewöhnlich nur einzelne verwilderte Strecken nach und nach in verschiedenen Zeitperioden regulirt, andere im besseren Zustande befindliche, oder zwischen felsigen Ufern eingebettete Stromstrecken unverändert belassen werden, ferner weil selbst die Stromcorrectionen in den einzelnen Strecken sehr häufig nach verschiedenen Systemen ausgeführt werden, welche auch nach der Beschaffenheit des Grundes eine sehr verschiedene Wirkung auf das Strombett ausüben, endlich weil unterhalb der regulirten Stromstrecken sehr häufig sogar Verschotterungen, Ansandungen und Erhöhungen des Strombettes eintreten, daher in einem längeren Stromlaufe in Folge durchgeführter partieller Regulirungen weder eine gleichmässige Vertiefung der Strombettsohle in der ganzen Stromlänge, noch eine hieraus resultirende gleichmässige Senkung des Stromwasserspiegels möglich wäre.

4. Bei einer durchgeführten radicalen Stromregulirung, insbesondere bei einer bedeutenden Abkürzung des Stromlaufes mittelst Durchstichen, wird nicht nur die Bettsohle vertieft, sondern auch das relative Gefälle des Wasserspiegels und die Geschwindigkeit der Wasserströmung vermehrt, wodurch abermals eine Senkung des Stromwasserspiegels erfolgt, welche manchmal auch noch grösser werden kann, als jene, welche blos in Folge der Vertiefung des Strombettes eingetreten wäre.

Doch auch diese eintretenden Wasserspiegelsenkungen müssen das Kriterium an sich haben, dass selbe in einer und derselben Pegelstation unabhängig von den Jahreszeiten in den einzelnen Monaten bei gleich hohen Wasserständen auch gleich gross sind, ferner dass diese Senkungen auf einem längeren Stromlaufe selbst in den einzelnen regulirten Strecken nach Massgabe der Ausdehnung und der Art der Correction sehr verschieden ausfallen müssen, endlich dass eine Wasserspiegelsenkung in den entfernteren Stromstrecken stromauf- und abwärts, bis zu welchen die Rückwirkungen der Regulirung sich nicht mehr erstrecken können auch nicht mehr vorkommen darf.

Um nun den Beweis zu liefern, dass die sowohl von mir als auch vom Wasserbau-Director Grebenau an vielen Strömen und Flüssen in Europa nachgewiesenen bedeutenden Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen, weder durch die supponirten Vertiefungen der Strombette in Folge der Erosionskraft des Wassers, noch durch die bisher an diesen Flüssen in verschiedenen Zeitperioden ausgeführten partiellen Regulirungen entstanden sein können, sondern nur eine Folge der Abnahme der in diesen Strömen abfliessenden Wasserquantitäten sind, habe ich mir die authentischen Wasserstands-Tabellen von mehreren Pegelstationen am Rhein, an der Donau und an der Elbe verschafft, dann dieselben in zwei gleiche Beobachtungs-Perioden getheilt, und für jede derselben die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, so wie auch der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände berechnet, endlich diese gefundenen mittleren Wasserstandshöhen, der leichteren Uebersicht und der Vergleichung wegen, auf den Tafeln 21 bis 25 graphisch dargestellt. Auf diesen Tafeln sind nun die langjährigen Beobachtungsergebnisse klar zu ersehen, und hienach können auch die nach-

stehenden Schlussfolgerungen mit voller Berechtigung gezogen werden.

- a) Die Wasserstands-Abnahmen, respective Senkungen der Wasserspiegel im Rhein und in der Elbe sind gerade im Gegensatze zu dem früher ad 1 angeführten Kriterium bei den niedrigen Wasserständen am kleinsten, dagegen bei den mittleren und den höheren Wasserständen bedeutend grösser, daher diese Senkungen unmöglich die Folge einer Strombettvertiefung sein können.

Die Wasserspiegelsenkungen an den sechs Pegeln der Donau zeigen keine solche Uebereinstimmung, weil die Durchflussprofile des Stromes an den vier oberen Pegelstationen bei Dillingen, Linz, Wien und Pest während den Beobachtungs-Perioden verändert worden sind, wie dies später nachgewiesen werden wird.

- b) Die Wasserstands-Abnahmen sind selbst bei gleich hohen Wasserständen an derselben Pegelstation in den einzelnen Monaten sehr verschieden, und die Grösse derselben hängt weit mehr von der Jahreszeit, als von den mittleren Wasserstandshöhen ab, daher auch dieses Beobachtungs-Ergebniss den Beweis liefert, dass diese Senkungen weder die Folge einer Strombettvertiefung, noch einer Stromregulirung sind.
- c) Aus den graphischen Darstellungen ist ferner ersichtlich, dass bei mehreren Pegelstationen an einem und demselben Strome, selbst wenn diese Stationen sehr weit von einander entfernt, dann auch durch nicht regulirte Flussstrecken oder durch felsige Bettsohlen von einander getrennt sind, dennoch in den einzelnen Monaten fast gleiche, oder wenigstens sehr nahe übereinstimmende Wasserstands-Abnahmen sich herausstellen, was den ad 3 und 4 besprochenen Kriterien für Strombettvertiefungen und Stromregulirungen nicht entspricht.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Rheinstrome.

Aus den auf Tafel 21 graphisch dargestellten Wasserständen an den sechs Pegelstationen am Ober-, Mittel- und am Unter-Rhein ist zu ersehen, dass die Wasserstands-Abnahmen in den Sommermonaten Juni, Juli und August am grössten, dagegen in den Wintermonaten November, December und Jänner am kleinsten sind, obwohl die von den Gletschern und von der Schneeschmelze in den schweizerischen Alpen herabströmenden Sommerhochwässer, bei ihrem Anlangen in Köln und Emmerich schon zu Mittelwässern, dagegen die Winterniederwässer im Ober-Rhein, bei Emmerich durch den Hinzutritt der einmündenden Nebenflüsse zu Hochwasserständen werden, der Rhein sonach in dieser 680^{km} langen Strecke seine Natur und sein Regime vollständig verändert hat.

Dass im Rheinstrome bei Basel in der verhältnissmässig kurzen halben Beobachtungs-Periode von 1857 bis 1872 eine Vertiefung des Strombettes nicht eingetreten ist, hat der eidgenössische Oberbau-Inspector, Herr von Salis, in seiner an die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien gerichteten Zuschrift vom 17. April 1875 nachstehend bestätigt. „In Basel werden seit 1808 Wasserstands-Beobachtungen gemacht, welche für die Frage der Wasserabnahme zu verwerthen sein dürften, weil der Pegel unverrückt ist, und die geo-

logische Beschaffenheit des Flussbettes die Annahme einer Vertiefung und überhaupt einer Veränderung desselben seit 1808 ausschliesst.“ Dass weder bei Waldshut noch bei Basel, eine Vertiefung des Rheinstrombettes eingetreten ist, hat auch der mit der Bauleitung in der Stromstrecke von Constanz bis an die hessische Grenze am rechten Stromufer betraute grossherzoglich badische Baurath Herr Honsell in seiner an mich gerichteten Zuschrift vom 30. November 1877, mit Hinweisung auf die äusserst feste, theilweise von Felsenbänken durchzogene Strombettsohle daselbst, dann auf die Höhenlage der um das Jahr 1225 erbauten alten Rheinbrücke und der Strassen in Basel, überzeugend nachgewiesen, und hiebei schliesslich bemerkt:

„Es muss also nicht nur als unwahrscheinlich, sondern geradezu als unmöglich bezeichnet werden, dass das Rheinbett bei Waldshut und bei Basel seit Beginn der historischen Zeit in der von Grebenau behaupteten Senkung (Vertiefung) begriffen ist.“

Auch in dem Gebirgsdurchbruche bei Bingen ist eine Vertiefung des von Felsenbänken durchzogenen Rheinstrombettes während der kurzen Zeit von 1857 bis 1872 sicher nicht eingetreten.

Wenn nun im Rheinrome bei den vier anderen Pegelstationen während der halben Beobachtungs-Periode von 1857 bis 1872 in den einzelnen Monaten übereinstimmende Wasserstands-Abnahmen eingetreten sind, wie bei Basel und bei Bingen, so ist die Schlussfolgerung vollkommen berechtigt, dass weder die partiell ausgeführten Stromregulirungen, noch eine allgemeine Vertiefung des Strombettes, sondern eine andere im ganzen Stromgebiete fast gleichmässig wirkende Ursache die Senkungen der mittleren Wasserstände bewirkt hat, und dies kann offenbar nur die Abnahme des im ganzen Stromlaufe abfliessenden Wassers sein, welche Abnahme im Verhältnisse der Verminderung der atmosphärischen Niederschläge in den einzelnen Monaten auch verschieden gross ist.

Die königl. preussische Regierung hat im Jahre 1817 verfügt, dass die wichtigsten Pegeln am Rhein bei Köln und bei Emmerich regulirt, und die neuen Nullpuncte derselben auf $2' = 0.628^m$ unter dem bis dahin bekannt gewesenen niedrigsten Wasserstände im Rheinrome gesetzt werden, was auch genau ausgeführt wurde. Dr. H. Berghaus hat in seiner ausgezeichneten Hydrographie die Wasserstandstabellen am Pegel zu Emmerich von 1770 bis 1835 veröffentlicht und hiebei ausdrücklich bemerkt, dass er die älteren Wasserstände von 1770 bis 1817 auf den neuen Nullpunct von 1817 reducirt habe, dessen Höhe über dem Meeresspiegel er mit $32' 5'' 8\frac{1}{2}''' = 10.197^m$ angegeben hat.

Der königl. preussische Wasserbau-Inspector, Herr Kluge, hat über meine Verwendung die von ihm ämtlich erhobenen Wasserstandstabellen am Rheinpegel bei Emmerich vom Jahre 1827 bis 1873 mir freundlichst mitgetheilt, und so konnte ich aus der Vergleichung der mir in Duplo vorliegenden Tabellen von 1827 bis 1835 constatiren, dass der Nullpunct des genannten Pegels seit dem Jahre 1817 in unverrückter Höhe geblieben ist.

Da die Zusammenstellung der genauen Wasserstände an dem sehr wichtigen Rheinpegel zu Emmerich für die 104 Jahre lange Periode von 1770 bis 1873 äusserst interessant und für die Entscheidung der Frage bezüglich der Wasserabnahme im Rheinrome auch sehr massgebend ist, so habe ich die obigen Wasserstands-Beobachtungen, der besseren Uebersicht wegen, auf Tafel 22 auch graphisch dargestellt.

Wenn nun die Beobachtungszeit von 1770 bis 1835 in zwei Perioden zu je 33, und die letzte zu 38 Jahren getheilt wird, sodann die Wasserstands-Verhältnisse in diesen drei Perioden gegeneinander verglichen werden, so zeigen sich die nachstehenden beachtenswerthen Erscheinungen.

In der Zeitperiode von 1770 bis 1820 waren sowohl bei den jährlich vorkommenden höchsten und niedrigsten, als auch bei den mittleren Jahres-Wasserständen die Variationen (mit Ausnahme einzelner Jahre) verhältnissmässig nur gering. Von 1820 bis 1873 bemerkt man ein sehr häufiges und bedeutendes Steigen und Fallen sowohl der höchsten und niedrigsten, als auch der mittleren Jahres-Wasserstände, ferner einen häufigeren Wechsel zwischen sehr wasserreichen und sehr wasserarmen Jahren. Das Hochwasser von 1861 stieg um 0.24^m höher als jenes von 1799 und von 1809, wogegen die Niederwässer von 1864, 1865, 1866 und 1871 um 1.10 bis 1.23^m tiefer gesunken sind, als das niedrigste von 1802 in der ersten Periode, daher die Differenz zwischen den höchsten und niedrigsten Wasserständen in der letzten Periode um 1.47^m grösser geworden ist.

In der letzten 38jährigen Periode von 1836 bis 1873 sind im Vergleiche zur ersten Periode von 1770 bis 1802 die arithmetischen mittleren Höhen der Wasserstände nachstehend kleiner geworden, und zwar:

der Monats-Wasserstände um	.027 bis 1.03 ^m
Jahres-Wasserstände um	0.722 ^m
höchsten Wasserstände um	0.291 ^m
niedrigsten Wasserstände um	0.665 ^m .

Die vorangeführten Beobachtungs-Ergebnisse zeigen abermals ganz deutlich, dass in den letzten Decennien der Charakter und das Regime des Rheins bei Emmerich sich bedeutend verändert haben, was auch auf eine Veränderung der atmosphärischen Niederschläge im ganzen oberen Stromgebiete schliessen lässt. Nachdem ferner am Rheinrome bei Emmerich seit dem Jahre 1802 keine ausgedehnten radicalen Strom-Correctionen mittelst Durchstichen ausgeführt worden sind, so kann die vornachgewiesene bedeutende Abnahme der Wasserstände, respective die starke Senkung des Stromwasserspiegels in allen Jahreszeiten und bei allen Wasserständen wohl nur damit erklärt werden, dass die in der letzten Periode im Strome abgeflossenen Wassermengen bedeutend abgenommen haben.

Dass die Wasserspiegelsenkungen bei Emmerich sich noch grösser herausstellen als an den fünf oberen Pegelstationen, hat seinen Grund darin, weil daselbst die Wasserabnahmen für das ganze obere grosse Stromgebiet, also für alle aus demselben kommenden Quellen, Bäche und Flüsse sich schon summirt präsentiren.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Elbestrome.

Aus den auf Tafel 23 graphisch dargestellten Wasserständen in der Elbe an den Pegelstationen bei Dresden, Riesa und bei Magdeburg zunächst für die gleiche Zeitperiode von 1837 bis 1872, dann auf Tafel 24 an der Station bei Dresden für die 68jährige Periode von 1806 bis 1873 findet man fast dieselben Erscheinungen bezüglich der Wasserstands-Abnahmen und der Steigerung des Wasserwechsels, wie solche im vorhergehenden Absatze an den Pegelstationen des Rheins beschrieben wurden, daher ich dieselben hier nicht nochmals erörtern will.

Eine noch bessere Uebersicht über die Wasserabnahme in der Elbe gewährt die von mir in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 gegebene graphische Darstellung der höchsten und der niedrigsten, dann der mittleren Monats- und der Jahres-Wasserstände am Pegel bei Magdeburg für die 142 Jahre lange Beobachtungs-Periode von 1728 bis 1869. Nicht nur sehr interessant, sondern auch massgebend für die Beurtheilung der vorliegenden Frage bezüglich der Wasserabnahme und der Senkung des Wasserspiegels in der Elbe sind die in meiner ersten Abhandlung ausführlich beschriebenen Erhebungsergebnisse der internationalen technischen Elbe-Stromschau-Commissionen aus den Jahren 1842, 1857 und 1869, wobei constatirt wurde, dass der vorgefundene Wasserstand vom September 1842 noch um 4 bis 11" (0.10 bis 0.29^m) niedriger war, als die auf den im Strombette liegenden Felsenbänken bei Tetschen, Pirna und Strehla markirten kleinsten Wasserstände in den Jahren 1616, 1706, 1719, 1746, 1782, 1790, 1800, 1811 und 1835, derselbe sonach seit 226 Jahren der allerniedrigste war.

Aus den Wasserstands-Erhebungen der nachfolgenden Stromschau-Commissionen, welche ich auf Tafel 23 für alle Pegelstationen der Elbe bis zur Fluthgrenze bei Blekede zusammengestellt habe, ist nun ersichtlich, dass in den Jahren 1852, 1857, 1869 und 1873 in der oberen, mittelst Parallelwerken vollständig regulirten Stromstrecke bis Dresden und Wittenberg, noch um circa 0.2^m niedrigere Wasserstände eingetreten sind, als jener vom Jahre 1842 war, wogegen in der unteren, meistens nur mittelst Bühnenanlagen corrigirten Flussstrecke die Strombettsohle in Folge von Anсандungen sich noch erhöht hat, wodurch die gleichzeitigen sehr niedrigen Wasserstände sich noch gehoben haben.

Der königlich sächsische Wasserbau-Director Herr M. W. Schmidt hat im „Civil-Ingenieur“, XXIV. Band, 4., 5. und 7. Heft, werthvolle wissenschaftliche Mittheilungen über das Längen-Nivellement und die Wasserstands-Beobachtungen an der Elbe im Königreiche Sachsen veröffentlicht, in welchen dieser Fachmann auf Grundlage genauer hydrotechnischer Erhebungen das nachstehende Gutachten ausgesprochen hat. Im Elbe-Stromlaufe in Sachsen sind in den letzten Decennien die mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände, dann insbesondere auch die niedrigen Sommer- und Herbst-Wasserstände sehr bedeutend gesunken, und zwar am Pegel bei Dresden um 0.62^m und am Pegel bei Riesa um 0.40 bis 0.46^m *).

*) Die Pegelstände bei Meissen werden hier nicht angeführt, weil die Beobachtungs-Periode zu kurz ist, und auch die Rückwirkung der Stromregulirung daselbst nicht genau erhoben zu sein scheint.

Herr Schmidt hat nun ferner nachgewiesen, dass in Folge der ausgeführten Strom-Correctionen eine Vertiefung des Strombettes und sonach auch eine Senkung des Wasserspiegels eingetreten ist, welche bei Dresden mit 0.36^m und bei Riesa mit 0.20^m ermittelt wurde. Da nun die factisch eingetretenen Wasserspiegelsenkungen bei Dresden um 0.26^m und bei Riesa um 0.20 bis 0.26^m grösser sind, so hat nach der Ansicht des Herrn Schmidt „bei der so auffälligen Erscheinung des Sinkens der genannten mittleren Wasserstände noch ein anderer Factor mitgewirkt, der durch jene baulichen Herstellungen nicht bedingt ist, und welcher, in Anbetracht aller sonst noch obwaltenden Umstände, in nichts Anderem als darin begründet sein könnte, dass die Wassermenge der Elbe seit den letzten 20 Jahren eine Verminderung erfahren hat. Indessen mag daran erinnert werden, dass die Wasserstands-Beobachtungen an der Elbe in Sachsen zu ähnlichen Schlussfolgerungen geführt haben, wie sie vom k. k. Ministerialrath Wex nach eingehenden Untersuchungen für eine grössere Anzahl anderer europäischer Ströme im Jahre 1873 aufgestellt worden sind“.

Auch der königlich preussische Baurath Herr Maass in Magdeburg, welcher über die Wasserstands- und Eisabgangs-Verhältnisse in der Elbe sehr eingehende Studien gemacht und dieselben auch veröffentlicht hat, äusserte sich in seinem an mich gerichteten Schreiben vom 31. Jänner 1878 dahin, dass seiner Ansicht nach die Abnahme der Wasserstände, respective die Senkung des Wasserspiegels in der Elbe, einerseits durch die Vertiefung des Strombettes in Folge der ausgeführten Stromregulirungen, andererseits aber auch durch die eingetretene Wasserabnahme herbeigeführt wird.

Als Grund der allgemein wahrgenommenen Wasserabnahme in der Elbe hat Herr Ingenieur Wrkata in Stummer's „Ingenieur“ vom Jahre 1875 nicht allein die Ausrodung der Waldungen, sondern auch die Ablassung der Teiche bezeichnet. Kaiser Carl IV. hat die Anlage von Teichen im Königreiche Böhmen auf Staatskosten anbefohlen und am Schlusse des 16. Jahrhunderts waren in Böhmen bei 1400^{□km} Teiche, von welchen gegenwärtig nur noch circa 150^{□km} vorhanden sein sollen.

Specielle Beobachtungs-Ergebnisse am Donauströme.

Bei der graphischen Zusammenstellung der mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände an den wichtigeren Pegelstationen der Donau auf Tafel 25 konnte ich nicht gleich lange Beobachtungs-Perioden wählen, weil einige derselben leider sehr kurz sind, dann weil die Quer- und Durchflussprofile der Donau an mehreren Pegelstationen in den letzten Decennien wesentlich verändert wurden, daher die zusammengestellten Resultate der mittleren Wasserstandshöhen nur bei gleichzeitiger Betrachtung mit den Veränderungen der Strombett-Profile verlässliche Schlussfolgerungen zulassen. Ich habe daher die von Staatstechnikern aufgenommenen älteren und auch neueren Querprofile der Donau wenigstens an den vier Pegelstationen bei Linz, Stein, Pest (Budapest) und bei Alt-Orsova mir zu verschaffen gesucht, selbe auf Tafel 26 genau verzeichnet und werde die Beobachtungs-Ergebnisse der Wasserstände an den einzelnen Pegeln, mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Veränderungen an den Durchflussprofilen hier in Kürze besprechen.

Donau bei Dillingen.

Das bedeutende Fallen aller Wasserstände, respective die starke Senkung des Wasserspiegels der Donau bei Dillingen in Bayern in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode, von 1835 bis 1874, ist nach der mir mit der Zuschrift vom 3. December 1877 freundlichst mitgetheilten Ansicht des königl. bayerischen Oberbau-Directors Herrn Bernhard v. Herrmann in München, den in den letzten Decennien mit grosser Energie bewirkten Donau-Corrections-Arbeiten daselbst zuzuschreiben.

Die graphische Darstellung der Wasserstände bei Dillingen ist insoferne sehr beachtenswerth, weil hieraus die nachstehenden Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Die unbedeutenden Differenzen bei den mittleren Höhen aller Monats-Wasserstände, dann das geringe Anschwellen der höchsten und das eben so geringe Sinken der niedrigsten Wasserstände sprechen dafür, dass im oberen Ursprungsgebiete der Donau noch sehr ausgedehnte Waldbestände vorhanden sind, welche einen so gleichmässigen Wasserabfluss in der Donau bei Dillingen regeln.

Die fast gleichgrossen Wasserstands-Abnahmen in allen Monaten, dann auch bei Hoch- und Niederwasserständen in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1855 bis 1874 liefern den Beweis, dass durch die ausgedehnten Regulirungen des Stromlaufes bei Dillingen nicht nur eine Vertiefung des Strombettes bewirkt, sondern auch die Geschwindigkeit der Wasserströmung bedeutend gesteigert worden ist.

Die graphische Darstellung der Wasserstände in der Donau bei Dillingen könnte sonach als ein Prototyp-Bild für die Wasserstände jener Flüsse angesehen werden, deren Abflussverhältnisse durch grosse Waldcomplexe in ihrem Niederschlagsgebiete geregelt werden, ferner auch für solche Stromstrecken, in welchen ausgedehnte und radicale Strom-Regulirungen, insbesondere bedeutende Abkürzungen des Stromlaufes und Steigerungen der relativen Gefälle mittelst Aushebung von Durchstichen ausgeführt worden sind. Da nun keine der von mir gezeichneten graphischen Darstellungen der Wasserstände an mehreren anderen Strömen und an verschiedenen Pegelstationen dem Prototyp-Bilde bei Dillingen bezüglich der sehr gleichmässigen Wasserstände und der fast gleich grossen Wasserstands-Abnahmen in allen Jahreszeiten ähnlich sind, so folgt hieraus, dass die hierauf bei Dillingen einwirkenden Ursachen bei den anderen Strömen und Pegelstationen entweder gar nicht oder nur im untergeordneten Grade vorkommen.

Donau bei der Stadt Linz.

Die graphische Darstellung der Wasserstände am Pegel bei Linz zeigt in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1849 bis 1875 in den fünf wasserreichsten Monaten April, Mai, Juni, Juli und August fast keine Veränderung, dagegen eine Wasserstands-Abnahme oder Senkung des Wasserspiegels in den anderen sieben Monaten von 0.036 bis 0.211^m, ferner beim mittleren Jahres-Wasserstande von 0.079^m, bei Hochwässern von 0.158^m und bei Niederwässern von 0.013^m.

Aus den in den Jahren 1850 und 1877 nur 50^m oberhalb des Brückenpegels genau aufgenommenen, auf Tafel 26 verzeich-

neten Querprofilen des Stromes ist jedoch zu ersehen, dass in dieser Zeit das Durchflussprofil durch die Anlage von Treppelwegen und Uferschutzbauten verkleinert worden ist, und zwar beim Nullwasser um 42^m, beim Mittelwasser um 60^m und beim Hochwasser von 6^m um 149^m, daher bei dieser Profils-Verminderung der Stromwasserspiegel in der zweiten Beobachtungs-Periode von 1850 bis 1875 hätte gehoben werden müssen:

beim Nullwasser um circa	0.17 ^m
„ Mittelwasser „ „	0.25 ^m
und „ Hochwasser „ „	0.57 ^m

Wenn also die Verengung des Durchflussprofils nicht vorgenommen worden wäre, so würden in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1849 bis 1875 die Wasserspiegel-senkungen betragen haben:

beim Nullwasser circa	0.18 ^m
„ Mittelwasser „ „	0.33 ^m
und „ Hochwasser „ „	0.73 ^m

welche, da daselbst weder eine Stromregulirung vorgenommen wurde noch eine Strombettvertiefung eingetreten ist, nur eine Folge der Abnahme der in der Donau bei Linz abströmenden Wassermenge sein könnten.

Donau bei der Stadt Stein.

Die Wasserstands-Beobachtungen am Donauegel bei der Stadt Stein nächst Krems sind für die vorliegende Abhandlung aus dem Grunde sehr wichtig, weil dort eine der ältesten hölzernen Jochbrücken über die Donau, dann ein stark benützter Schiffslandungsplatz besteht, daher daselbst schon wegen der öfteren Erneuerung der Brückenjoche und wegen Bestimmung der geeignetsten Durchfahrtsöffnung, sehr häufig genaue Querprofile des Stromes sondirt und aufgenommen, dann die Pegel-Beobachtungen seit dem Jahre 1829 noch aufbewahrt worden sind.

Bei den gepflogenen Erhebungen habe ich zunächst constatirt, dass am Donau-Stromlaufe bei Stein seit dem Jahre 1829 keine Regulirungen vorgenommen wurden, und dass erst im Jahre 1874 eine Einengung des Bettes an der Brückenstelle bewirkt wurde, daher ich auch die hiedurch alterirten Wasserstands-Beobachtungen und Strombettänderungen seit 1874 nicht mehr in Betrachtung gezogen habe.

Ich habe ferner die in ämtlicher Aufbewahrung befindlichen Querprofile des Stromes bei der Brücke in Stein aus den Jahren 1838, 1848, 1858, 1869 und 1872 ausgehoben, miteinander verglichen, endlich das erste und letzte Querprofil auf Tafel 26 übereinander gezeichnet, aus welchen nun zu ersehen ist, dass die aus Schotter bestehende Sohle des Strombettes*) durch Hochwässer zeitweise wohl vertieft, dann aber wieder verschottert wird, so dass die mittlere verglichene Querprofilstiefe im Jahre 1872 im Vergleiche zu jener von 1838 nur um 5^{cm} differirt, daher

*) Die ursprüngliche Annahme der Staatstechniker, dass ein Theil des Strombettes von einer Felsenbank durchzogen wäre, hat sich nachträglich durch die daselbst eingetretene Vertiefung des Bettes als unrichtig herausgestellt, indem die 1800^m stromabwärts im Strombette zu Tage tretende Felsenbank entweder bis zur Brücke bei Stein nicht hinaufreicht, oder aber daselbst erst in einer grösseren Tiefe unter der Schottersohle liegt.

man hieraus ersehen kann, dass eine allgemeine Vertiefung der Strombettsohle durch die Erosionskraft des fliessenden Wassers nicht erfolgt ist, mithin die diesbezügliche Hypothese Grebenau's unbegründet erscheint.

Nachdem ferner aus der graphischen Darstellung der Wasserstände bei Stein auf Tafel 25 zu ersehen ist, dass in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1853 bis 1873 die sämtlichen Wasserstände abgenommen haben, und zwar:

die mittleren Monats-Wasserstände um	0·079 bis 0·421 ^m
der mittlere Jahres-Wasserstand um	0·218 ^m
die mittlere Höhe der Hochwässer um	0·579 ^m
die mittlere Höhe der Niederwässer um	0·210 ^m

so kann hieraus bei der Donau nächst Stein, wo keine Stromregulierung vorgenommen wurde, dann auch keine Strombettvertiefung eingetreten ist, mit vollster Berechtigung behauptet werden, dass die nachgewiesenen Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegel-Senkungen nur eine Folge der Abnahme der in der Donau abströmenden Wassermengen sein können.

Donau bei Wien.

Weil der Donaustrom bei Wien in zwei grosse Hauptarme und in den 50^m breiten Wiener Donaucanal getheilt war, dann weil seit dem Jahre 1850 mehrere kleinere Seitenarme gleich unterhalb Wien abgebaut worden sind, so konnten die successive eingetretenen Veränderungen in den Durchflussprofilen nicht erhoben werden.

Nur aus dem Umstande, dass der eine bei 150^m breite südliche Seitenarm, das sogenannte Kaiserwasser, welcher in früherer Zeit noch eine Wassertiefe bis zu 2^m unter Null hatte, und in welchem ein bedeutendes Wasserquantum abgeströmt ist, nach und nach so sehr verschottet wurde, dass in diesem einst mächtigen Seitenarme beim Nullwasser schon kein Wasser mehr abfloss, wobei das Quer- und Durchflussprofil des zweiten nördlichen Hauptarmes fast unverändert verblieb, kann man nur im Allgemeinen behaupten, dass das Durchflussprofil der Donau bei Wien in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1851 bis 1874 bedeutend kleiner geworden ist.

Wenn nun dessenungeachtet, laut der tabellarischen Zusammenstellung der Wasserstände und der graphischen Darstellung derselben auf Tafel 25, die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der vorgekommenen Hoch- und Niederwässer in der Periode von 1851 bis 1874 um 0·155 bis 0·532^m kleiner geworden sind, so kann man hieraus wohl folgern, dass die in dieser Periode in der Donau abgeflossenen Wassermengen abgenommen haben.

Die Wasserstands-Beobachtungen nach dem Jahre 1874 wurden in die vorliegende Zusammenstellung aus dem Grunde nicht mehr einbezogen, weil in Folge der im Jahre 1875 erfolgten Eröffnung des bei Wien auf die ganze normale Strombreite und Tiefe ausgehobenen 6450^m langen Durchstiches und gänzlichen Abdämmung des alten Strombettes, dann wegen der Verlegung des Pegels aus dem letzteren in den Durchstich, aus der Vergleichung der Wasserstände vor und nach der Durchsticheröffnung keine verlässlichen Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Donau bei Pest, jetzt Budapest genannt.

Aus den auf Tafel 26 verzeichneten zwei Querprofilen der Donau zwischen Pest und Ofen aus den Jahren 1833 und 1874 ist ersichtlich, dass durch die im Jahre 1840 bis 1846 erfolgte Erbauung der grossen Kettenbrücke daselbst, dann durch die Anlage der beiderseitigen Quaimauern ober- und unterhalb der letzteren die Strombreite um circa 80^m und das Durchflussprofil ober Null um beiläufig 400^q verengt worden ist, wodurch der Strom gezwungen wurde, die Strombettsohle zu vertiefen und das Durchflussprofil unter Null um circa 92^q zu vergrössern.

Uebrigens wurde der gleich unterhalb Pest ausästende, bei 340^m breite und sehr mächtig gewesene Soroksärer Seitenarm im Jahre 1872 vollständig abgedämmt, wodurch die mittleren und höheren Wasserstände abermals gehoben wurden.

Wegen dieser bedeutenden Veränderungen der Durchflussprofile, dann wegen der leider nur für die sehr kurze Beobachtungs-Periode seit 1851 auffindbaren Wasserstands-Tabellen, können aus den letztern keine verlässlichen Schlussfolgerungen gezogen werden.

Donau bei Alt-Orsova.

Die Wasserstands-Beobachtungen am Donauegel bei der Stadt Alt-Orsova sind für die Begutachtung und Entscheidung der vorliegenden Frage bezüglich der Wasserabnahme aus dem Grunde sehr wichtig und auch massgebend, weil oberhalb Orsova die sämtlichen grösseren Nebenflüsse bereits in den Strom eingemündet sind, und der letztere daselbst schon so wasserreich und mächtig ist, dass die in den einzelnen Nebenflüssen in Folge von besonderen Elementar-Ereignissen in den betreffenden Flussgebieten eintretenden abnormen Wasserstände auf die Abflussverhältnisse der Donau bei Orsova schon keinen Einfluss mehr ausüben, endlich weil wegen der grossen Verschiedenartigkeit der Configuration, der Bodenbeschaffenheit und der klimatischen Verhältnisse in den einzelnen Niederschlagsgebieten der aus Süden, Westen und aus Norden zuströmenden grösseren Nebenflüsse, dieselben ihre Hoch- und Niederwässer zu verschiedenen Zeiten abführen, der Donaustrom bei Orsova sonach schon als ein grosser Recipient und Regulator der in den einzelnen Nebenflüssen abströmenden Hoch-, Nieder- und Mittelwässer erscheint, daher man aus den am Pegel bei Orsova beobachteten Wasserständen auch am verlässlichsten auf die aus dem ganzen oberen Stromgebiete factisch abfliessenden Wasserquantitäten schliessen könnte, jedoch nur dann, wenn erwiesen wird, dass der Stromlauf, das Durchflussprofil und das Gefälle der Donau bei Orsova während der Beobachtungs-Periode vollständig unverändert geblieben sind.

Aus jeder grösseren Stromkarte von Europa und den erschienenen Hydrographien ist zu ersehen, dass das Strombett der Donau auf 106^{km} Länge oberhalb und auf 9·5^{km} Länge unterhalb Orsova in einem grossartigen Gebirgsdurchbruche der südlichen Karpathenkette liegt, ferner dass das Strombett daselbst fast durchgehends von hohen Felsenwänden eingeschlossen und auch in der Sohle grösstentheils von Felsenbänken begrenzt ist, daher man wohl behaupten kann, dass dieser Stromlauf, sowie auch dessen Querprofile seit Jahrhunderten unverändert bestehen.

Aus den von dem sehr intelligenten ungarischen Wasserbau-Ingenieur Paul Vásárhelyi in den Jahren 1832—1834 aufgenommenen Situations- und Profilplänen, welche ich in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“ vom Jahre 1872, Heft X, mit einem Vortrage: „Ueber die Schiffbarmachung der Donau am Eisernen Thore und an den sieben Felsenbänken oberhalb Orsova“ veröffentlicht habe, ist zunächst ersichtlich, dass die Donau 971^m oberhalb Orsova beim Nullwasser eine Normalbreite von 423^m und im Stromstriche eine Wassertiefe von 11·85^m hatte. Da nun in dem vom k. k. Oberbaurathe Herrn Johann Ritter von Wawra, welcher als Mitglied der nach Orsova entsendeten internationalen technischen Commission zur Feststellung der Regulirungs-Projecte delegirt war, im Jahre 1873 genau aufgenommenen und von mir auf Tafel 26 copirten Querprofile der Donau 971^m oberhalb Orsova die Normalbreite beim Nullwasser mit 424^m und die grösste Tiefe im Stromstriche mit 11·715^m gefunden wurde, so liefert auch diese sehr nahe Uebereinstimmung der Ausmasse den Beweis, dass bei Orsova seit dem Jahre 1832 das Strombett, die Wassertiefe und das Durchflussprofil unverändert geblieben sind, was auch ganz natürlich ist, weil die ganz mit Felsen begrenzten Querprofile des Stromes gleich oberhalb und unterhalb Orsova, eine Veränderung des Profils bei Orsova unmöglich machen.

Die erste priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft hat zwar in den Jahren 1847—1849 und die k. k. österreichische Regierung im Jahre 1855 am unteren Ende des Kataraktes beim Eisernen Thore einige in der Fahrinne vorragende und der Schifffahrt gefährlich gewesene Felsenköpfe wegsprengen lassen, doch diese Absprengungen konnten auf die Wasserstände bei Orsova nicht den geringsten Einfluss ausüben, weil das Profil dieser Köpfe im Vergleiche zum Querprofile der Donau verschwindend klein war, ferner weil dieselben, 9·5^{km} von Orsova entfernt, am unteren Theile des Kataraktes, also unterhalb der Ueberfallsschwelle desselben an einer Stelle der Felsenbank standen, welche circa 7^m tief unter dem Nullpunkte bei Orsova gelegen ist. Nachdem ferner aus dem von mir im Jahre 1872 veröffentlichten Längenprofilplane zu ersehen ist, dass zwischen Orsova und dem Eisernen Thore in den Entfernungen von 4·5 und 6·5^{km} zwei continuirliche Felsenbänke quer über die ganze Breite des Strombettes laufen, deren höchste Rücken nur 1·32^m und 1·42^m unter dem Nullwasserspiegel liegen, so war auch eine Aenderung des Gefälles der Donau daselbst platterdings unmöglich, und man kann daher wohl behaupten, dass während der Beobachtungs-Periode von 1840 bis 1875 der Stromlauf, das Querprofil und das Gefälle der Donau bei Alt-Orsova ganz unverändert geblieben sind. Da nun aus der tabellarischen Zusammenstellung der Wasserstände am Pegel bei Orsova und der graphischen Darstellung derselben auf Tafel 25 zu ersehen ist, dass in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1858 bis 1875 die mittleren Höhen der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der Hoch- und Niederwässer um 0·157 bis 0·737^m kleiner geworden sind, so kann diese allgemeine Wasserstands-Abnahme, respective Senkung des Stromwasserspiegels, einzig und allein nur damit erklärt werden, dass die in der Donau bei Orsova in den einzelnen Monaten des Jahres

und bei den verschiedenen Wasserständen abströmenden Wasserquantitäten abgenommen haben.

Weil ferner notorisch bekannt ist, dass in mehreren Nebenflüssen der Donau, wie z. B. in der Theiss und in der Save, in den letzten Decennien die Hochwässer zeitweise höher anschwellen, mithin auch grössere Wassermengen abführen, diese letzteren jedoch sehr häufig, mit den Nieder- und Mittelwässern mehrerer anderen Nebenflüsse zusammengossen, gleichzeitig im grossen Bette der Donau bei Orsova abströmen, diese Gesamtgewässer jedoch in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode nicht mehr dieselbe Höhe wie in der ersten Periode erreichen, ja selbst die höchsten Hochwässer daselbst um 0·55^m weniger hoch als früher ansteigen, so wird durch diese von der Natur selbst vollzogenen grossartigen Wassermessungen im Donaustrome bei Orsova auch noch der wohl Jedermann einleuchtende und zugleich unanfechtbare Beweis geliefert, dass die zeitweise stattfindenden grösseren Wasserzuflüsse der Hochwässer bei einigen Nebenflüssen die andauernden Wasserverminderungen bei den Nieder- und Mittelwässern in den anderen Nebenflüssen nicht compensiren können.

Aus der Vergleichung der Monats-Wasserstände an den sechs Donaupegeln ist ferner ersichtlich, dass bei Stein, Wien und Orsova die Wasserstands-Abnahme im Monate October am grössten war, daher hierauf eine und dieselbe Ursache im ganzen Stromgebiete, also offenbar eine Verminderung der atmosphärischen Niederschläge eingewirkt hat.

Bei dieser Vergleichung wird man ferner finden, dass die Donau während ihres Laufes von Linz bis Orsova ihre Abflussverhältnisse (Regime) theilweise verändert hat, indem in derselben die grössten Wasserquantitäten bei Linz, Stein und Wien in den Monaten Juni, Juli und August, also zur Zeit der Schneeschmelze in den Alpen, dagegen bei Orsova in den Monaten April und Mai, also während der Regengüsse im Frühjahre abgeführt werden.

Obwohl die im vorstehenden Absatze bei den drei Hauptströmen von Mitteleuropa Donau, Rhein und Elbe gelieferten detaillirten Nachweisungen über die Wasserstands-Abnahmen und Wasserspiegelsenkungen in den ganzen Längen dieser Stromläufe zur Begründung meiner Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen genügen dürften, habe ich noch im Interesse der Wissenschaft, dann um die Zusammenstellung und Veröffentlichung weiterer bezüglichlicher Beobachtungs-Resultate anzuregen, endlich um die eindringlichsten Studien der so hochwichtigen Wasserfrage auch anderen Fachgenossen und Naturforschern zu erleichtern, in der am Schlusse dieser Abhandlung beigefügten Uebersichts-Tabelle die von mir und vom Herrn Grebena u für 13 Flüsse und für 51 Pegelstationen gesammelten Wasserstands-Beobachtungen zusammengestellt, in Perioden getheilt und für dieselben die mittleren Höhen der Jahres-Wasserstände, dann der Hoch- und der Niederwässer berechnet, endlich die sich hienach ergebenden Wasserspiegelsenkungen für ein Jahr in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Perioden ermittelt, um dann die letzteren für die einzelnen Ströme und Pegelstationen mit einander leichter vergleichen zu können.

Bezüglich der Art der Berechnung der vorerwähnten Tabelle erlaube ich mir nur noch die nachstehenden Erläuterungen zu

geben. Ich habe nicht nur die mittleren Jahres- sondern auch die mittleren Monats-Wasserstände berechnet, da man gerade aus der Vergleichung der letzteren die Veränderungen des Regimes der Ströme, dann auch das Factum klar ersieht, dass die sich zeigenden Wasserstands-Abnahmen durch die Vertiefungen der Strombette allein nicht erklärt werden könnten.

In den von mir gelieferten Wasserstands-Uebersichten habe ich aus den in jedem Jahre vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserständen die mittleren Höhen derselben berechnet, doch auch diese letzteren geben über die Veränderungen der Abflussverhältnisse in einem Strome während einer längeren Zeitperiode kein so klares und belehrendes Bild, als die graphischen Darstellungen der niedrigsten, mittleren und der höchsten Wasserstände, wie ich solche in meiner ersten Abhandlung für den Rhein, die Donau, Elbe, Weichsel und die Oder, dann vorliegend auf Tafel 22 und 24 für den Rhein bei Emmerich, dann für die Elbe bei Dresden verzeichnet habe.

Aus der hier angeschlossenen Uebersichts-Tabelle der für 13 Ströme und 51 Pegelstationen berechneten mittleren Wasserstandshöhen sind nun die nachstehenden wichtigen Beobachtungsergebnisse zu entnehmen.

1. Von den in der Tabelle in den verschiedenen Beobachtungs-Perioden zusammengestellten 160 Wasserstands-Differenzen zeigen 149 eine Senkung und nur 11 eine Hebung der Stromwasserspiegel an, wobei überdies die Entstehung der letzteren entweder als eine Folge der jetzt höher anschwellenden Hochwässer, oder der Verengung der Durchflussprofile, oder aber der Versandung der Strombette leicht nachgewiesen werden kann.

2. Die durchschnittlichen Wasserstands-Abnahmen, respective Wasserspiegelsenkungen per Jahr sind nicht nur in den einzelnen Strömen, sondern auch an den Pegelstationen desselben Stromes, dann auch für die niedrigen, mittleren und für die höchsten Wasserstände sehr verschieden, und zwar offenbar deshalb, weil die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge in den einzelnen Stromgebieten jedenfalls sehr verschieden ist, ferner weil auf diese Wasserspiegelsenkungen nicht nur die Wasserabnahme, sondern auch die in einzelnen regulirten Stromstrecken eingetretenen Vertiefungen der Strombette, endlich auch die Configurationen der Quer- und Durchflussprofile einen grossen Einfluss ausgeübt haben.

Aus diesem Grunde erscheint die von Grebenau versuchte Berechnung einer verglichenen mittleren Senkung der Wasserspiegel für die sämtlichen von ihm in Betracht gezogenen 14 Ströme mit 75 Pegelstationen, dann auch für die verschiedenen Wasserstände in denselben, ganz unstatthaft, da man hiebei nur zu unrichtigen Schlussfolgerungen gelangt.

3. Weil aus den von mir sowohl in der ersten, als auch in der vorliegenden Abhandlung gelieferten graphischen Darstellungen der verschiedenen Wasserstände an den fünf Strömen Rhein, Donau, Elbe, Weichsel und Oder selbst bei der eingehendsten Prüfung derselben nicht zu erkennen ist, dass bei diesen Strömen die sehr wasserreichen und die sehr wasserarmen Jahre eine gewisse Anzahl von Jahren andauern, oder dass dieselben regelmässig abwechseln, oder endlich in bestimmten Perioden wiederkehren, so kann man auch nicht angeben, wie viele Jahre

die Pegelstands-Beobachtungen dauern müssen, um aus denselben ganz verlässliche mittlere Wasserstandshöhen berechnen zu können, daher man auch die unbedingt nothwendige Dauer der zwei Beobachtungs-Perioden, deren Resultate mit einander verglichen werden sollen, weder aus der Theorie noch aus der Erfahrung bestimmen kann. Es ist jedoch Jedermann einleuchtend, dass je länger die einzelnen Beobachtungs-Perioden sind, desto genauer und verlässlicher die hienach berechneten mittleren Wasserstandshöhen ausfallen werden, indem alsdann das in der einen oder in der anderen Periode allenfalls vorkommende sehr wasserreiche oder sehr wasserarme Jahr auf die berechnete mittlere Wasserstandshöhe einen um so geringeren Einfluss ausüben kann.

Mit Rücksicht auf die vorstehenden Bemerkungen wird man den in der beiliegenden Tabelle berechneten Wasserstands-Abnahmen, welche aus längeren Beobachtungs-Perioden ermittelt sind, einen grösseren Werth beilegen müssen als jenen, welche nur aus kurzen Perioden berechnet wurden.

Aus den in der Tabelle zusammengestellten mittleren Wasserstands-Abnahmen per Jahr ist nun ersichtlich, dass diese Abnahmen für die längeren Zeitperioden sich im Allgemeinen geringer herausstellen, als für die kurzen Perioden, dann dass diese Wasserspiegelsenkungen in den letzten Decennien bedeutend grösser geworden sind, als solche in früheren Zeiten waren, was allerdings mit den, in den letzten Decennien erfolgten häufigeren Abstockungen ausgedehnter Waldflächen, Auffassungen vieler Teiche, Entwässerungen von Sümpfen, dann mit den Meliorationen und Bewässerungen grosser Grundflächen, erklärlich wäre.

Post Nr.	Namen des Stromes und der Pegelstation	Senkung der mittleren Jahres-Wasserstände per Jahr
		in Centimeter
I. Rhein.		
1	Basel.....	0.29
21	Bingen.....	0.61
25	Emmerich.....	1.02
II. Donau.		
31	Stein.....	1.04
32	Wien.....	1.08 *)
34	Alt-Orsova.....	2.28
III. Elbe.		
35	Dresden.....	0.50 *)
40	Magdeburg.....	1.00
IV. Weichsel.		
42	Krakau.....	1.10
43	Kurzebrack.....	1.42
V. Oder.		
44	Küstrin.....	0.92
X. Seine.		
53	Paris.....	0.51 **)
XI. Glommen.		
54	Nastangen.....	0.28
55	Sarpfos.....	0.61
XII. Mississippi.		
56	Natchez.....	1.77

*) Bei Wien und Dresden wurde die in Folge der nachgewiesenen Strombettvertiefung eingetretene Wasserspiegelsenkung in Abzug gebracht.

**) Bei Paris wurde das Mittel aus der Senkung der höchsten und der niedrigsten Wasserstände genommen.

4. Werden aus der Uebersichts-Tabelle die Wasserspiegelsenkungen nur für die mittleren Jahreswasserstände, welche jedenfalls die beachtenswerthesten sind, ferner nur für die wichtigsten Pegelstationen, an welchen keine wesentlichen Strombettveränderungen vorgekommen sind, endlich für die längsten Beobachtungs-Perioden zusammen gestellt, so erhält man das nebenstehende Schema, aus welchem zu ersehen ist, dass die Senkungen der mittleren Jahres-Wasserstände in den einzelnen Strömen mit der grösseren Ausdehnung der Strom- respective der Niederschlagsgebiete auch grösser werden, was abermals einen Beweis liefert, dass diese Wasserspiegelsenkungen nur eine Folge der Verminderung der atmosphärischen Niederschläge, also auch der Abnahme der in den Stromläufen abfliessenden Wasserquantitäten sind.

ad B) Die Vermuthung einiger der Herren Opponenten, dass aus den Wasserstands-Abnahmen auf eine Verminderung der in den Strömen abfliessenden Wasserquantitäten noch nicht mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann, ist unbegründet, wie aus nachstehenden Nachweisungen ersichtlich wird.

Herr Grebenau, welcher für Wasserconsumtions-Messungen in Flüssen und Strömen als einer der versirtesten Hydrotechniker in Deutschland bekannt war, hat in seiner früheren Stellung als Bau-Inspector in Germersheim in den Jahren 1866 bis 1870 im Rheinstrome bei Neuburg, Pforz und bei Germersheim bei verschiedenen Wasserständen an sechs Stellen 28mal die Querprofile, die Gefälle und die Stromgeschwindigkeiten mit thunlichster Genauigkeit gemessen und hieraus die im Rhein während der 28jährigen Periode von 1840 bis 1867 abgeströmten Wasserquantitäten berechnet, welche ich in meiner ersten Abhandlung von 1873 auch veröffentlicht habe. Aus diesen Messungen hat Herr Grebenau die mittlere Abflussmenge des Rheins von 1840 bis 1867 mit 1178^{kbm} per Secunde, dann die dieser Durchflussmenge entsprechende Wasserstandshöhe mit $+1.00^{\text{m}}$ ober Null am Sonderheimer Pegel gefunden, wogegen die aus den sämmtlichen, während dieser Zeitperiode beobachteten Wasserständen berechnete arithmetische mittlere Wasserstandshöhe $+0.94^{\text{m}}$ ober Null war, daher die Differenz beider Höhen nur 0.06^{m} betragen hat.

Herr Grebenau schrieb mir bei der Mittheilung der obigen Messungsergebnisse am 2. Februar 1872 seine nachstehende Ansicht:

„Hieraus geht hervor, dass der mittlere Wassermassenstand auch so ziemlich dem arithmetischen Pegelstande entspricht, und dass es also nicht viel gefehlt gewesen wäre, wenn man von vornherein die mittlere Durchflussmenge des Rheins aus dem arithmetisch mittleren Wasserstande abgeleitet hätte. Dies ist ein neues nicht unwichtiges Gesetz, das grosse, weitläufige Rechnungen abschneidet.“

In der von Grebenau veröffentlichten Brochure über die Resultate der Pegel-Beobachtungen am Rhein und der Mosel vom Jahre 1874, gibt er diesbezüglich auf pag. 20 noch die folgende Aeusserung ab:

„Obwohl die jedem mittleren Jahres-Wasserstande entsprechende mittlere Durchflussmenge des Rheins sehr nahe dem Pegelstande proportional ist, so darf doch aus der Differenz der mittleren Wasser-

stände der zwei Perioden vor und nach 1840 nicht auf eine Abnahme der Durchflussmenge des Rheins geschlossen werden; die Senkung des mittleren Jahres-Wasserstandes ist lediglich eine Folge der Rhein-Correction.“

Dass auch an anderen Strömen die mittlere Durchflussmenge aus dem mittleren Pegelstande mit sehr annähernder Genauigkeit berechnet werden kann, wird auch aus den nachstehenden Vermessungsergebnissen ersichtlich.

Herr Harlacher, Professor der Ingenieur-Wissenschaften am deutschen Polytechnikum in Prag, hat in den Jahren 1871 bis 1872 die in der Elbe an der böhmisch-sächsischen Grenze bei Herrnskretsch abströmenden Wasserquantitäten in einem regelmässigen Querprofile bei verschiedenen Wasserständen mit grosser Genauigkeit gemessen, und hienach das in den 12 Monaten vom ersten Juli 1871 bis Ende Juni 1872 in der Elbe abgeströmte Wasserquantum berechnet, und obwohl in dieser Zeit fünf Hochwässer (darunter auch das in Folge von Wolkenbrüchen ausserordentlich hohe vom Mai 1872) eingetreten waren, fand Herr Harlacher dennoch, dass die Differenz zwischen dem mittleren Pegelstande, und dem der abgeflossenen mittleren Wassermenge entsprechenden Wasserstande während der obigen 12 Monate nur 0.08^{m} , richtiger berechnet sogar nur 0.04^{m} betragen hat. (Siehe „Beiträge zur Hydrographie Böhmens“ von A. R. Harlacher. Prag 1872 und 1875.)

Hiebei wird nur noch bemerkt, dass in den von Grebenau und von Harlacher berechneten Fällen jedesmal die mittleren Pegelstände um die ausgewiesenen Differenzen kleiner waren, als die den abströmenden Wassermengen entsprechenden Wasserstände, ferner dass in jenen Monaten, wo nur mässige Hochwässer vorkommen, diese Differenzen, wie aus den Berechnungen Harlacher's zu ersehen ist, gleich Null, dagegen nur in Monaten mit sehr hohen Hochwässern etwas grösser, jedoch im Durchschnitte für längere Zeitperioden jedesmal nur sehr klein gefunden werden.

Da man nun annehmen kann, dass die vorangegebenen Verhältnisse auch bei den anderen Strömen während der verschiedenen Beobachtungs-Perioden sich in gleicher Art herausstellen, dann in weiterer Erwägung, dass der dem mittleren Durchfluss-Quantum in einem Strome entsprechende Wasserstand für eine längere Zeitperiode nur durch sehr schwierige und weitläufige hydrotechnische Messungen und Berechnungen ermittelt werden kann, wobei sich sehr leicht auch bedeutende Fehler einschleichen können, wird sicher jeder erfahrene Hydrotechniker mir beistimmen, dass in Stromstrecken, in welchen das Querprofil und das Gefälle unverändert geblieben sind, aus der Abnahme der mittleren Jahres-Wasserstände für eine längere Zeitperiode, auch auf die Abnahme der in dieser Stromstrecke abgeflossenen Wassermenge mit voller Berechtigung und mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann.

ad C) Die von einigen Herren Opponenten ausgesprochene Vermuthung, dass die in den Flüssen und Strömen abfliessenden Wasserquantitäten wahrscheinlich nicht abgenommen haben, sondern vielmehr nur das Regime derselben sich verändert habe, indem gegenwärtig bei den kleinen und mittleren Wasserständen zwar weniger, dagegen bei den Hochwässern bedeutend

mehr Wasser abströmt, daher die erstere Abnahme durch die letztere Zunahme sich ausgleichen dürfte, ist offenbar unrichtig, weil bei einigen Strömen und an mehreren Pegelstationen derselben, auch die höchsten Hochwasserstände in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode abgenommen haben, wie z. B. am Rhein bei Basel, Worms, Bingen und Cöln, an der Donau bei Stein und Orsova, an der Weichsel bei Krakau, dann an der Oder bei Küstrin, ferner, weil bei der Berechnung der arithmetischen mittleren Höhen der Jahres-Wasserstände auch die zeitweise vorkommende höhere Anschwellung der Hochwässer mit in Rechnung gezogen wurde, und dennoch die gefundenen mittleren Monats- und Jahres-Wasserstände, ja selbst die mittleren Höhen der jährlich vorgekommenen Hochwässer, bei den in der Uebersichts-Tabelle zusammengestellten 13 Strömen mit 51 Pegelstationen fast durchgehends abgenommen haben, endlich, weil in dem Falle, wenn nur eine Regime-Änderung eingetreten wäre, gegenwärtig in einigen Monaten des Jahres zwar weniger, dagegen in den anderen Monaten mehr Wasser abfliessen müsste, was jedoch bei den angeführten Strömen, mit Ausnahme einiger wenigen Pegelstationen, nicht vorkommt.

Den schlagendsten Beweis von der Unrichtigkeit der Vermuthung, dass die Wasserabnahmen bei den Nieder- und Mittelwässern durch die zeitweise vorkommenden grösseren Zufüsse der Hochwässer ausgeglichen werden dürften, habe ich überdies auch schon bei der Beschreibung der Abflussverhältnisse im Rhein bei Emmerich, dann in der Donau bei Alt-Orsova geliefert.

ad D) Die vom Herrn Baurathe Sasse in seiner Abhandlung über die Stromverhältnisse der Elbe bei Torgau *) aufgestellte Behauptung, dass man erst aus der Vergleichung der Pegelstände von wenigstens 200 Jahren auf eine Abnahme der in den Flüssen abströmenden Wasserquantitäten mit Verlässlichkeit schliessen könne, wäre nur dann begründet, wenn constatirt wäre, dass die sehr wasserreichen und die sehr wasserarmen Jahre in längeren Zeitperioden von circa 40 bis 50 Jahren wechseln und wiederkehren, weil man alsdann jedenfalls wenigstens zwei wasserreiche und zwei wasserarme Zeitperioden in die berechneten mittleren Jahres-Wasserstände aufnehmen müsste, um verlässliche Mittelwerthe zu erhalten. Nachdem jedoch aus den von mir sowohl in der ersten, als auch in der vorliegenden Abhandlung gelieferten graphischen Darstellungen der Wasserstände an fünf Strömen und für Beobachtungs-Perioden von 60 bis 142 Jahren zu ersehen ist, dass die sehr wasserreichen und sehr wasserarmen Jahre höchstens nur 3 bis 5 Jahre anzudauern pflegen, dieselben überdies in keinen regelmässigen Perioden wiederkehren, dann auch die weitere Voraussetzung des Herrn Sasse, dass in einem Strome in wasserreichen Jahren oft dreimal so viel Wasser abfliesst, als in wasserarmen, nur bei den wenigsten Strömen, und auch da nur äusserst selten, eintritt, wovon man sich gleichfalls aus den graphischen Darstellungen leicht überzeugen kann, so erscheint seine Behauptung, dass zur verlässlichen Schlussfolgerung, bezüglich der Wasserabnahme in den Flüssen, wenigstens 200 Jahre lange Pegelstands-Beobachtungen erforderlich wären, nicht begründet, indem aus den graphischen Darstellungen vielmehr hervorgeht, dass man auch

schon aus 40- bis 60jährigen Pegelstands-Beobachtungen, wenn dieselben in zwei Perioden abgetheilt, für diese die mittleren Wasserstände berechnet und miteinander verglichen werden, die Zu- oder Abnahme der letzteren, und sonach auch der abströmenden Wasserquantitäten mit Verlässlichkeit beurtheilen kann.

Hiebei glaube ich nur noch bemerken zu sollen, dass, wenn in einem Jahre in der einen oder in der anderen Hälfte der Beobachtungs-Periode, ein ausserordentliches elementares Hochwasser vorkommen sollte, wie solches zuweilen kaum in 100 Jahren einmal eintritt, so erscheint es wegen Erlangung einer richtigeren mittleren Wasserstandshöhe allerdings gerathen, ein solches abnormes Jahr auszuschneiden, und statt desselben das wasserreichste Jahr mit dem höchsten Hochwasserstande aus der anderen Hälfte der Beobachtungs-Periode einzuschalten.

Die vorstehend angedeuteten Correcturen habe ich jedoch bei den von mir zusammengestellten Wasserstands-Uebersichten und bei den graphischen Darstellungen nicht für nothwendig gehalten.

ad E) Die Ansicht einiger Herren Opponenten, dass nur durch die von Zeit zu Zeit vorzunehmenden directen Messungen der in den einzelnen Flüssen und Strömen abfliessenden Wasserquantitäten, nach einer längeren Zeitperiode verlässlich constatirt werden kann, ob eine Wasserabnahme in denselben wirklich eingetreten ist oder nicht, erscheint allerdings im ersten Momente ganz einleuchtend, wenn man jedoch das ganze Verfahren, dann die Art und Weise, in welcher diese Wassermessungen und Berechnungen durchgeführt werden müssten, reiflich erwägt, so gelangt man zu dem überraschenden Resultate, dass die gewünschte Constatirung, ob eine Wasserabnahme stattgefunden hat oder nicht, durch die directen Wassermessungen ganz unpraktisch, ja fast unausführbar wäre, wie ich dies nachfolgend erweisen werde. Zunächst wird jeder Hydrotechniker bestätigen, dass in einer Stromstrecke, in welcher der Stromlauf, das Querprofil, oder das Gefälle häufigen Veränderungen ausgesetzt sind, es geradezu zu den Unmöglichkeiten gehören würde, daselbst fortwährende Wasser-Consumtions-Messungen, bei allen eintretenden Strombett-Veränderungen und bei allen Wasserständen durch 30 bis 40 Jahre hindurch ununterbrochen durchzuführen, um dann aus der Vergleichung der in der ersten und in der zweiten Hälfte der Vermessungsperiode abgeflossenen gesammten Wasserquantitäten beurtheilen zu können, ob eine Ab- oder Zunahme derselben stattgefunden hat. Bei diesem Sachverhalte wird mir also jeder erfahrene Hydrotechniker ferner beistimmen, dass solche Consumtions-Messungen nur in solchen Stromstrecken ausgeführt werden könnten, in welchen der Stromlauf, das Querprofil und das Gefälle während der ganzen Periode von 30 bis 40 Jahren vollständig unverändert geblieben sind, wie ich dies z. B. am Rhein bei Basel und an der Donau bei Alt-Orsova nachgewiesen habe.

Nehmen wir nun an, dass behufs der Entscheidung der Frage, ob in einem Strome die abfliessende Wassermenge zu- oder abnimmt, ein Hydrotechniker beauftragt wird, in einer ganz unveränderlichen Stromstrecke genaue Consumtions-Messungen durch 30 Jahre vorzunehmen, wobei wir der Einfachheit wegen auch noch annehmen wollen, dass in dieser Stromstrecke nur drei verschiedene Wasserstände vorkommen, und zwar der kleinste h , der mittlere h_1 und der Hochwasserstand h_2 .

*) „Zeitschrift für Bauwesen von Erbka m.“ Jahrgang 1874.

Der Hydrotechniker hat nun, der ihm anvertrauten Mission entsprechend, gleich im ersten Jahre die genauen Wassermessungen durchgeführt, und hiebei gefunden, dass in diesem Strome an der gewählten Querprofilsstelle bei dem Wasserstande h die Wassermenge M , bei dem Stande h_1 die Menge M_1 und bei dem Stande h_2 die Menge M_2 per Zeitsecunde abströmt.

Wenn nun dieser Hydrotechniker hierauf später, nach 5, 10, 20 und 30 Jahren, in demselben Querprofile eben so genaue Consumtions-Messungen bei den drei Wasserständen durchgeführt, so ist einleuchtend, dass derselbe bei vollständiger Unveränderlichkeit des Stromlaufes, des Querprofiles und des Gefälles, jedesmal ganz dieselben Durchflussmengen M , M_1 und M_2 finden muss, daher man trotz dieser Wassermessungen nach Verlauf von 30 Jahren noch immer nicht wissen wird, ob eine Zu- oder Abnahme der abgeströmten Wassermengen eingetreten ist, indem die Gesamtsumme der letzteren davon abhängig ist, wie lange Zeit hindurch die kleinen, die mittleren und die Hochwasserstände angedauert haben.

Was hier von drei Wasserständen gesagt wurde, gilt natürlich auch von den sämtlichen variablen Wasserständen in einem Strome während der ganzen Beobachtungs-Periode, daher meine Behauptung wohl begründet erscheint, dass man nicht aus den in einem constanten Querprofile eines Stromes gemessenen Durchflussmengen, welche während der ganzen Zeitperiode für die gleich hohen Wasserstände jedesmal auch gleich gross sind, sondern zunächst nur aus der berechneten mittleren Höhe der vorgekommenen Wasserstände beurtheilen kann, ob die durchflossenen Wassermengen zu- oder abgenommen haben.

Wollte man jedoch die gesammten, während zweier Zeitperioden von circa 15 bis 20 Jahren in einem Strome abgeflossenen Wasserquantitäten berechnen und mit einander vergleichen, dann müsste das nachstehende Verfahren durchgeführt werden, welches schon Herr Grebenau bei der Berechnung der im Rhein strome bei Sondernheim in den Jahren 1840 bis 1867, dann auch Herr Baurath Sasse bei der Berechnung der in der Elbe bei Torgau*) in den Jahren 1831 bis 1850 abgeflossenen Wasserquantitäten angewendet haben.

Zunächst muss auf Grundlage mehrerer sehr genauen Consumtions-Messungen bei verschiedenen Wasserständen in dem ausgewählten constanten Stromprofile, die Wassermengen-Curve für dieses Profil construiert werden, aus welcher die bei einem jeden beliebigen Wasserstande in einer Zeitsecunde abströmende Wassermenge leicht entnommen werden kann. Ferner muss aus den Pegelstands-Tabellen eine genaue Zusammenstellung gemacht werden, wie viele Tage jeder einzelne Wasserstand während der ganzen Zeitperiode gedauert hat, worauf dann die bei den einzelnen Wasserständen in einer Secunde abströmenden Wassermengen M , M_1 , M_2 etc. mit

$$60'' \times 60' \times 24^h = 86.400 \text{ Secunden,}$$

und mit der Anzahl Tage, während welcher jeder einzelne Wasserstand in den 15- bis 20jährigen Halbperioden gedauert hat,

*) „Zeitschrift für Bauwesen von G. Erbkam“ in Berlin, vom Jahre 1874.

multiplicirt werden müssen, um endlich aus der Summirung aller dieser colossalen Posten die in den beiden Halbperioden abgeströmten gesammten Wasserquantitäten zu erhalten, deren Differenz schliesslich zeigen soll, ob in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode eine geringere Wassermenge abgeflossen ist.

Nun wird jeder erfahrene Hydrotechniker bestätigen müssen, dass bei den sehr schwierigen Consumtions-Messungen für die verschiedenen, insbesondere für die höheren Wasserstände in einem grösseren Strome, sowie bei der hierauf zu ermittelnden Wassermengen-Curve, ferner bei den früher beschriebenen äusserst langwierigen, zeitraubenden und ermüdenden Zusammenstellungen der gleich hohen Wasserstände aus langjährigen Pegelstandstabellen mit den hiebei unvermeidlichen Abrundungen der annähernd gleichen Wasserstände nach bestimmten Gruppen, endlich bei den eben so zeitraubenden Multiplicationen und Summirungen mit colossalen Ziffersummen, welche Arbeiten ein stark beschäftigter Ingenieur überdies nur Hilfsarbeitern übertragen muss, sich sehr leicht Fehler einschleichen können, welche die allenfalls factisch stattfindende Differenz zwischen den Abflussquantitäten in den beiden Halbperioden überwiegen, sonach ein gerade entgegengesetztes Resultat ergeben könnten, wogegen andererseits allgemein bekannt ist, dass die Berechnung der mittleren Jahres-Wasserstände in den Pegelstandstabellen selbst, sowie auch die Berechnung des Mittels aus den letzteren für eine längere Zeitperiode sehr leicht durchgeführt und auch controlirt werden kann.

Bei diesem Sachverhalte werden die Herren Hydrotechniker jetzt wohl anerkennen, dass das von Grebenau durch seine vielfältig durchgeführten Consumtions-Messungen und Berechnungen festgestellte Erfahrungs-Ergebniss, dass der aus den Pegelstands-Tabellen für eine längere Zeitperiode berechnete arithmetische mittlere Wasserstand, sehr nahe übereinstimmt mit jenem Wasserstande im Strombette, welcher aus der durch Consumtions-Messungen berechneten mittleren Durchflussmenge für diese Zeitperiode abgeleitet wird, äusserst wichtig ist, und es daher weit leichter, ja selbst verlässlicher ist, die in einem Flusse oder Strome während einer längeren Zeitperiode durchgeflossene mittlere Wassermenge nach der für diese Zeit entfallenden mittleren Pegelstandshöhe zu berechnen.

Nun will ich noch eine einfache Methode angeben, nach welcher auch ohne den sehr schwierigen und zeitraubenden Wasserconsumtions-Messungen selbst von Nichttechnikern die Quantitäten berechnet werden können, um wie viel die in einem Strome abgeflossenen Gewässer während einer bestimmten Zeitperiode abgenommen haben. Zunächst muss bemerkt werden, dass nur für solche Stromstrecken und Pegelstationen, an welchen während der ganzen Beobachtungs-Periode der Stromlauf, das Quer- oder Durchflussprofil und das Gefälle des Wasserspiegels ganz unverändert geblieben sind, verlässliche Berechnungen der factisch abgenommenen Wasserquantitäten vorgenommen werden können, daher ich diese Berechnungen, um meine Methode an Beispielen ersichtlich zu machen, bei den hiefür vollkommen geeigneten Pegelstationen am Rhein bei Basel, dann an der Donau bei Alt-Orsova hier durchführen werde.

Laut der Zusammenstellung der Pegel-Beobachtungen in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 1 hat der mittlere Jahres-Wasserstand im Rhein bei Basel in der zweiten Hälfte der Beobachtungs-Periode von 1809 bis 1868 (also von 1839 bis 1868) im Durchschnitte um 0.29^m per Jahr abgenommen, das heisst, es ist alle Jahre eine obere Wasserschichte von 0.29^m Höhe weniger abgeflossen. Die mittlere Jahres-Wasserstandshöhe von 1839 bis 1868 wurde zwar von Herrn Grebenau nicht angegeben, dieselbe wird jedoch der sub Post Nr. 2 für die Zeit von 1840 bis 1872 berechneten Höhe per 1.783^m ober Null jedenfalls sehr nahe gleich sein. Wenn man nun bei diesem Wasserstande von $+1.783^m$ die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel erhebt, welche durch mehrere in der ganzen Strombreite in gleichen Abständen eingeworfene schwimmende Körper sehr leicht ermittelt werden kann, so erhält man mittelst einer einfachen Multiplication der Strombreite mit der mittleren Geschwindigkeit am Wasserspiegel und mit der constatirten Wasserspiegelsenkung von 0.29^m , die Wassermenge per Secunde, um welche das im Rhein bei Basel durchströmende Wasserquantum abgenommen hat. Für den vorliegenden Fall kann man alle zu der obigen Berechnung erforderlichen Daten aus der internationalen Rheinstrom-Messung bei Basel im November 1867*) entnehmen und findet in diesem wissenschaftlich und gründlich bearbeiteten Elaborate, dass bei dem Wasserstande von $1.783^m = 5.943'$ ober Null am Baseler Pegel die Wasserspiegelbreite $= 202^m$, ferner die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel $= 2.26^m$ ist, sonach die Wasserverminderung mit

$$202^m \times 2.26^m \times 0.0029^m = 1.3253^{k^m}$$

per Secunde gefunden wird, welche nun für ein Jahr nach der weiteren Multiplication $41,794.661^{k^m}$ beträgt.

Da das ganze obere Strom- und Niederschlagsgebiet des Rheins bis Basel in der schweizerischen hydrographischen Karte mit

$$35.906.9^{k^m} = 35.906,900.000^{k^m}$$

ausgewiesen ist, so würde die vorberechnete Wasserabnahme im Rheinstrome auf eine Verminderung der atmosphärischen Niederschlagshöhe um

$$41,794.661^{k^m} : 35.906,900.000^{k^m} = 0.00116^m = 1.16^{mm}$$

per Jahr schliessen lassen.

Wenn man dagegen die in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 2 in der 16jährigen Periode von 1857 bis 1872 nachgewiesene Senkung der mittleren Jahres-Wasserstände mit 1.97^m zur Basis der Berechnung nimmt und für den in dieser Periode stattgehabten Jahres-Wasserstand von 1.626^m ober Null aus dem früher citirten Werke die Wasserspiegelbreite mit 201^m und die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel mit 2.0^m erhebt, so findet man die Wasserverminderung in den Jahren 1857 bis 1872 per Secunde mit

$$201 \times 2.0 \times 0.0197^m = 7.9194^{k^m},$$

also per Jahr mit $249,746.198^{k^m}$, woraus man also auf eine Verminderung der atmosphärischen Niederschlagshöhe um $249,746.198^{k^m} : 35.906,900.000^{k^m} = 0.00695^m = 6.95^{mm}$ per Jahr schliessen könnte.

*) Diese Rheinstrom-Messung wurde von Grebenau beschrieben und veröffentlicht. München 1873. Lindauer'sche Buchhandlung.

Inwieweit die obigen Berechnungs-Resultate mit den meteorologischen Beobachtungen übereinstimmen, wird noch später gezeigt werden.

An der Donau bei Alt-Orsova war laut den Nachweisungen in der Uebersichts-Tabelle Post Nr. 34 während der zweiten Hälfte der 36jährigen Beobachtungs-Periode, und zwar von 1858 bis 1875, der mittlere Jahres-Wasserstand 2.503^m ober Null und die durchschnittliche Abnahme des letzteren 2.28^m per Jahr.

Nach dem vom Herrn Oberbaurath Ritter von Wawra im Jahre 1873 aufgenommenen und auf Tafel 26 verzeichneten Querprofile der Donau bei Alt-Orsova ist bei dem obigen Wasserstande die Breite des Stromes 460^m und die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel, welche jedoch nur bei einem Wasserstande von 1^m ober Null erhoben wurde, gleich 0.819^m .

Da nun allgemein bekannt ist, dass bei höheren Wasserständen auch die Geschwindigkeiten grösser werden, so habe ich zunächst aus den in der Donau zwischen Ofen und Pest in einem ganz ähnlichen Querprofile am Blocksberge bei verschiedenen Wasserständen gemessenen Geschwindigkeiten ermittelt, dass, wenn der Wasserstand daselbst um 1.5^m wächst, die mittlere Geschwindigkeit um circa 0.35^m zunimmt, daher für die Donau bei Alt-Orsova approximativ angenommen werden kann, dass bei dem mittleren Jahreswasserstande von 2.503^m ober Null, die mittlere Geschwindigkeit am Wasserspiegel $0.819 + 0.35 = 1.169^m$ betragen dürfte. Das bei der Wasserspiegelsenkung von 2.28^m per Jahr weniger abfliessende Wasserquantum beträgt sonach:

$$460 \times 1.169 \times 0.0228^m = 12.24^{k^m}$$

per Secunde, also per Jahr $386,000.640^{k^m}$.

Das ganze Strom- und Niederschlagsgebiet der Donau beträgt 14.420 geographische Quadrat-Meilen, jedoch von Orsova bis zum Meere 4100 Quadrat-Meilen, daher oberhalb Orsova 10.320 Quadrat-Meilen $= 5661.552$ Myr. $= 566.155,200.000^{k^m}$.

Die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge wird daher gefunden:

$$386,000.640^{k^m} : 566.155,200.000^{k^m} = 0.000682^m = 0.682^{mm}$$

per Jahr, also während der halben 18jährigen Beobachtungs-Periode 12.276^{mm} . Es ist wohl selbstverständlich, dass diese Verminderung der Niederschläge in den Gebirgsgegenden bedeutend grösser, dagegen in den Tiefebene kleiner war.

ad F) Zur Behebung der Zweifel und Einwendungen gegen die Richtigkeit der von mir aufgestellten Behauptung, dass in Folge der grossen Verwüstungen und Ausrodungen ausgedehnter Waldflächen die atmosphärischen Niederschläge vermindert worden sind, glaube ich zunächst auf die von mir im I. Abschnitte angeführten ausführlichen Gutachten und Abhandlungen ausgezeichneten Fachmänner und Naturforscher hinweisen, dann auch noch die nachstehenden Aufklärungen und Beobachtungs-Resultate mittheilen zu sollen.

Dass nach den meteorologischen Beobachtungen in England, Schottland, in Paris, in Petersburg und in Kopenhagen seit circa 100 bis 190 Jahren sich eine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen nicht gezeigt hat, ist sehr natürlich, weil diese Länder und Städte in der Nähe des Meeres liegen, daher dieselben die Regenwolken sozusagen aus erster Hand erhalten.

Wenn selbst aus den meteorologischen Beobachtungen in den Hauptstädten des Continents sich herausstellen sollte, dass auch an diesen Orten eine Verminderung der atmosphärischen Niederschläge nicht bemerkbar sei, so wäre dies gleichfalls erklärlich, weil in den Umgebungen der grossen Städte in Europa, in den letzten Decennien keine so ausgedehnten Waldausrodungen vorgenommen wurden, welche eine Verminderung der Niederschlagsmengen veranlasst hätten. Dass jedoch in jenen Gegenden, wo ausgedehnte Waldcomplexe ausgerodet wurden, dann insbesondere im Gebirge, wo die Wälder abgestockt worden sind, die atmosphärischen Niederschläge sich thatsächlich vermindert haben, kann ich, da in früheren Zeiten in Wald- und Gebirgsgegenden leider keine meteorologischen Beobachtungs-Stationen errichtet waren, nur zwei Beispiele anführen. Der Oberforstmeister Herr Adam Seidel zu Bodenbach am Erzgebirge in Böhmen, hat seit 1828 bis Ende 1873 ununterbrochen genaue meteorologische Beobachtungen gemacht, deren Resultate von der k. k. Centralanstalt für Meteorologie in Wien revidirt und durch den Druck veröffentlicht worden sind. Wenn man aus den diesbezüglichen veröffentlichten Tabellen die unvollständig beobachteten Jahre 1828 und 1850 ausscheidet, dann die übrige Beobachtungszeit in zwei gleich lange Perioden von 22 Jahren eintheilt und für dieselben die arithmetischen Mittel berechnet, so erhält man die nachstehenden Resultate:

Meteorologische Beobachtungen durch Oberforstmeister Adam Seidel zu Boden- bach. Zusammengestellt von Stanislaus Kostliwy	Jahres-Mittel von		Differenz, also von 1852 bis 1873 vermindert um
	1829 bis 1851	1852 bis 1873	
Mittlere Lufttemperatur in Cels. Graden	8.70	8.46	— 0.24
Dunstdruck in Millimetern.....	7.6	7.3	— 0.3
Relative Feuchtigkeit in Percent der mit Wasserdampf gesättigten Luft..	84.6	82.1	— 2.5
Zahl der Tage mit Niederschlägen....	158	145.8	— 12.2
Niederschlagsmengen in Millimetern....	641	609	— 32

Durch die obigen Ergebnisse dieser 44jährigen Beobachtungen wurde sonach constatirt, dass in der Gebirgsgegend bei Bodenbach in den letzten 22 Jahren eine Abnahme des Dunstdruckes, der relativen Feuchtigkeit der Luft, der Anzahl Tage mit Niederschlägen, und der Höhe der atmosphärischen Niederschläge factisch eingetreten ist.

Die letztere Verminderung beträgt sonach im Durchschnitte per Jahr $\frac{32}{22} = 1.45^{\text{mm}}$.

Auch der Director des meteorologischen Observatoriums in Genf, Herr Plantamour, hat eine Abnahme der atmosphärischen Niederschläge in den Alpen nachgewiesen. Er fand nämlich, dass in den letzten 14 Jahren (1861—1874) im Vergleiche zur vorhergehenden 20jährigen Periode, auf dem grossen St. Bernhard in einer Höhe von 2474^m eine Temperatur-Zunahme um 0.40°, eine Abnahme des Niederschlages um 0.204^m und eine Verminderung der Schneefälle um die Hälfte (4.85^m statt 10^m) eingetreten ist. Für Genf geben die letzten 11 Jahre im Vergleiche zur früheren Periode von 35 Jahren, eine Temperatur-Zunahme

von 0.63° und eine Abnahme der Niederschläge um 0.084^m, also im Durchschnitte per Jahr

$$\frac{0.084}{11} = 0.00763^{\text{m}} = 7.63^{\text{mm}}$$

Diese Veränderungen sind nach der Ansicht Plantamour's auch die Ursachen des Zurückweichens oder Kleinerwerdens der Gletscher, die seit 12 Jahren beobachtet wurde.

Da wir im vorhergehenden Absatze ad *E* aus den Wasserstands-Abnahmen eine Verminderung der Niederschlagshöhe im Stromgebiete des Rheines bei Basel, und zwar in der 30jährigen Periode von 1839 bis 1868, im Durchschnitte per Jahr mit 1.16^{mm} und in der letzten 16jährigen Periode von 1857 bis 1872 mit 6.95^{mm} per Jahr gefunden haben, so zeigen diese aus ganz verschiedenen Beobachtungen berechneten Resultate eine auffallende Uebereinstimmung mit den nachgewiesenen Niederschlags-Abnahmen in den Gebirgsgegenden bei Bodenbach und bei Genf.

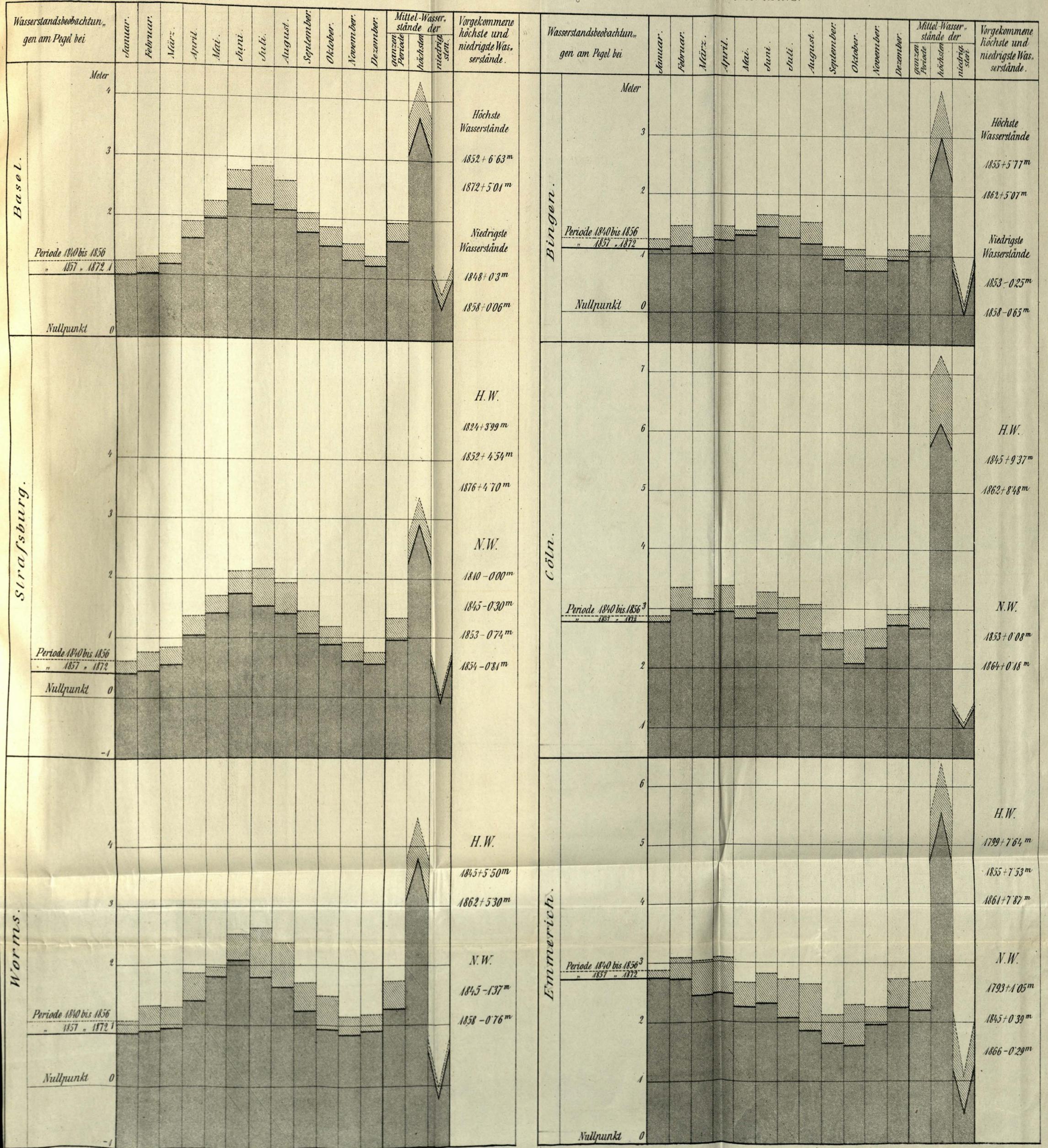
Bei den, leider erst in den letzteren Jahren, in mehreren Ländern Europa's nun auch in den Wald- und in den Gebirgsgegenden aufgestellten meteorologischen Beobachtungs-Stationen, wird man nach einigen Decennien höchst wahrscheinlich auch ähnliche Resultate über die Abnahme der atmosphärischen Niederschläge constatiren, wie bei Bodenbach und bei Genf.

Schlusswort.

Da ich nun glaube annehmen zu können, dass durch die von mir gegebenen Aufklärungen, dann durch die zusammengestellten weiteren Beobachtungs-Resultate an 13 Strömen und 56 Pegelstationen, endlich durch die aufgezählten vielfältigen Gutachten und gründlichen Abhandlungen ausgezeichneter Naturforscher und Fachmänner, meine im Jahre 1873 aufgestellte Hypothese bezüglich der Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, schon als eine erwiesene Thatsache constatirt worden ist, erlaube ich mir nun, an die geehrten Leser und Fachgenossen die inständige Bitte zu richten, jeder Einzelne wolle in seiner Sphäre dahin wirken, dass die hohen Regierungen, Behörden, Corporationen, Grossgrundbesitzer und Gemeinden, endlich die Ueberzeugung gewinnen, welchen unberechenbaren Nachtheilen und Gefahren auch unsere dermaligen Culturländer entgegen gehen, wenn den ferneren Waldausrodungen und Waldverwüstungen keine Schranken gesetzt werden, dann, dass es unbedingt nothwendig sei, die von mir schon in meiner ersten Abhandlung vom Jahre 1873 beantragten, sodann aber auch von anderen Autoritäten wärmstens empfohlenen Vorkehrungen und Massnahmen schleunigst durchzuführen, um den, den nächsten Generationen drohenden Calamitäten einer weiteren Wasserabnahme in den Quellen und Flüssen, insoweit dies jetzt noch im Wirkungskreise der Menschen liegt, vorzubeugen.

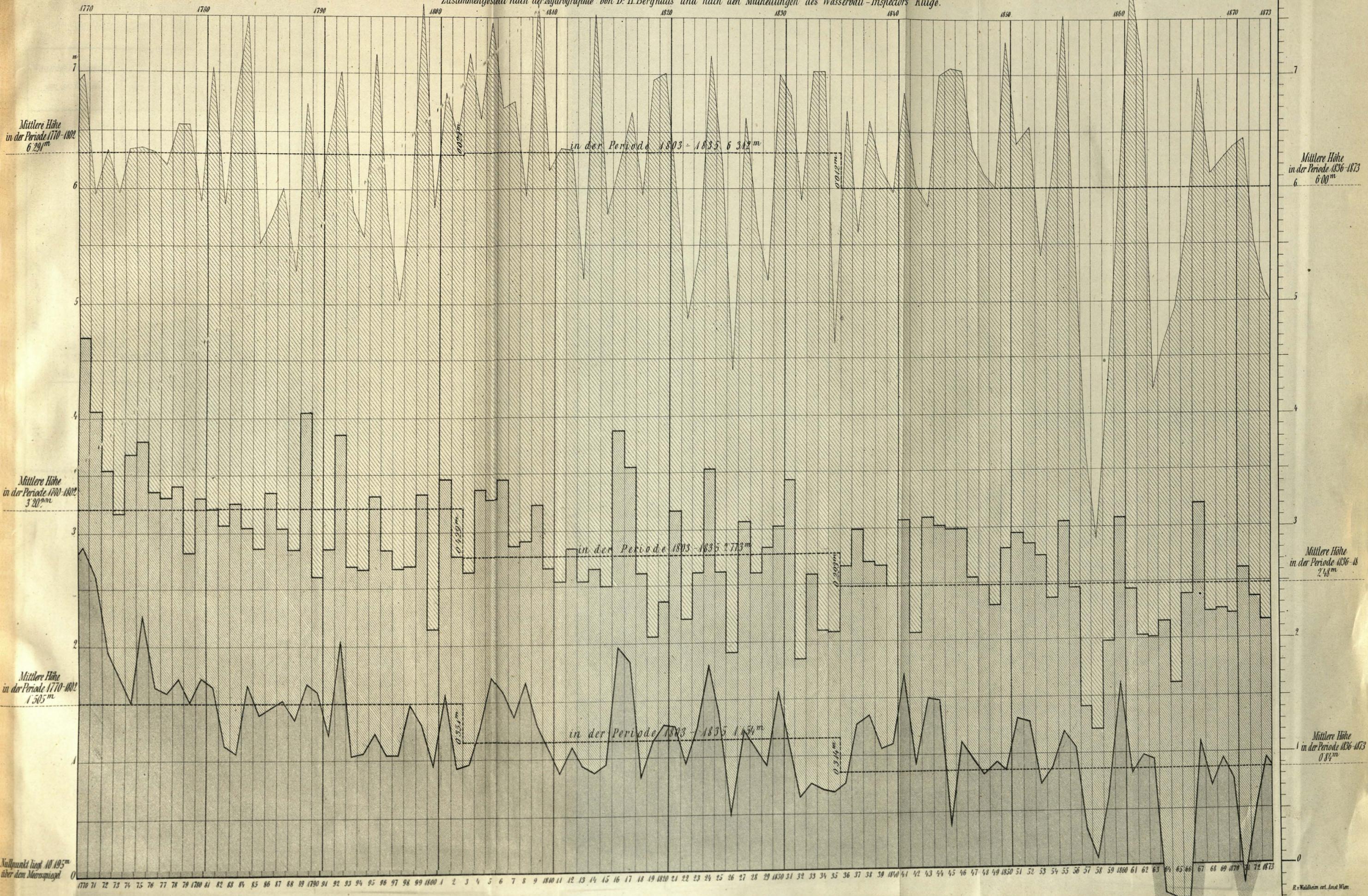
Schliesslich erlaube ich mir den geehrten Lesern noch mitzutheilen, dass ich gerne bereit bin, allen jenen Herren, welche die Absicht haben, die vorliegende Wasserfrage noch eindringlicher zu studiren, alle von mir gesammelten diesbezüglichen Erhebungs- und Beobachtungs-Resultate, ferner auch alle hierüber erschienenen Werke und Brochuren zur Einsichtnahme und zur Benützung mitzutheilen.

der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände dann der vorgekommenen höchsten und der niedrigsten Wasserstände im Rhein-Strome für die Beobachtungs-Perioden von 1840 bis 1856 und 1857 bis 1872.

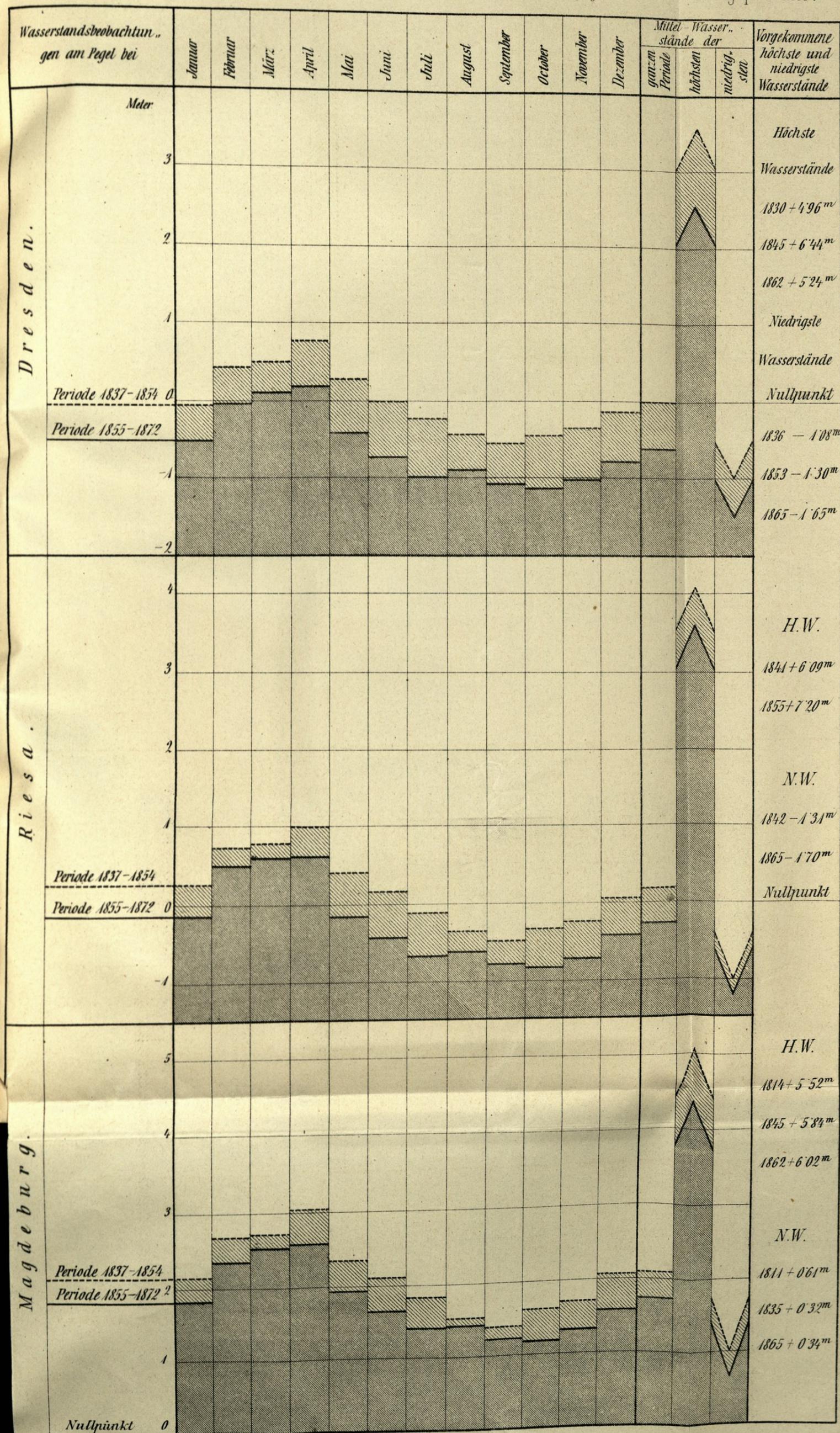


der beobachteten höchsten und niedrigsten, dann der berechneten mittleren Jahres-Wasserstände im Rhein bei Emmerich vom Jahre 1770 bis 1873.

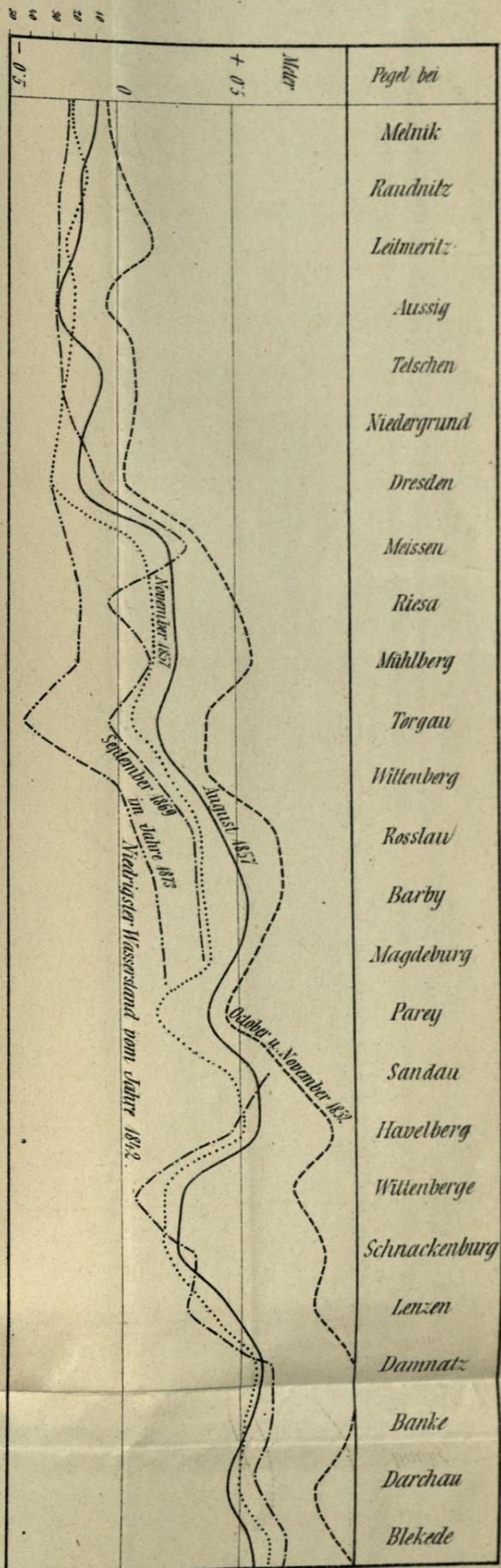
Zusammengestellt nach der Hydrographie von D^r. H. Berghaus und nach den Mittheilungen des Wasserbau-Inspectors Kluge.



der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände, dann der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände im Elbe-Strome während der nachstehend angegebenen Beobachtungsperioden.

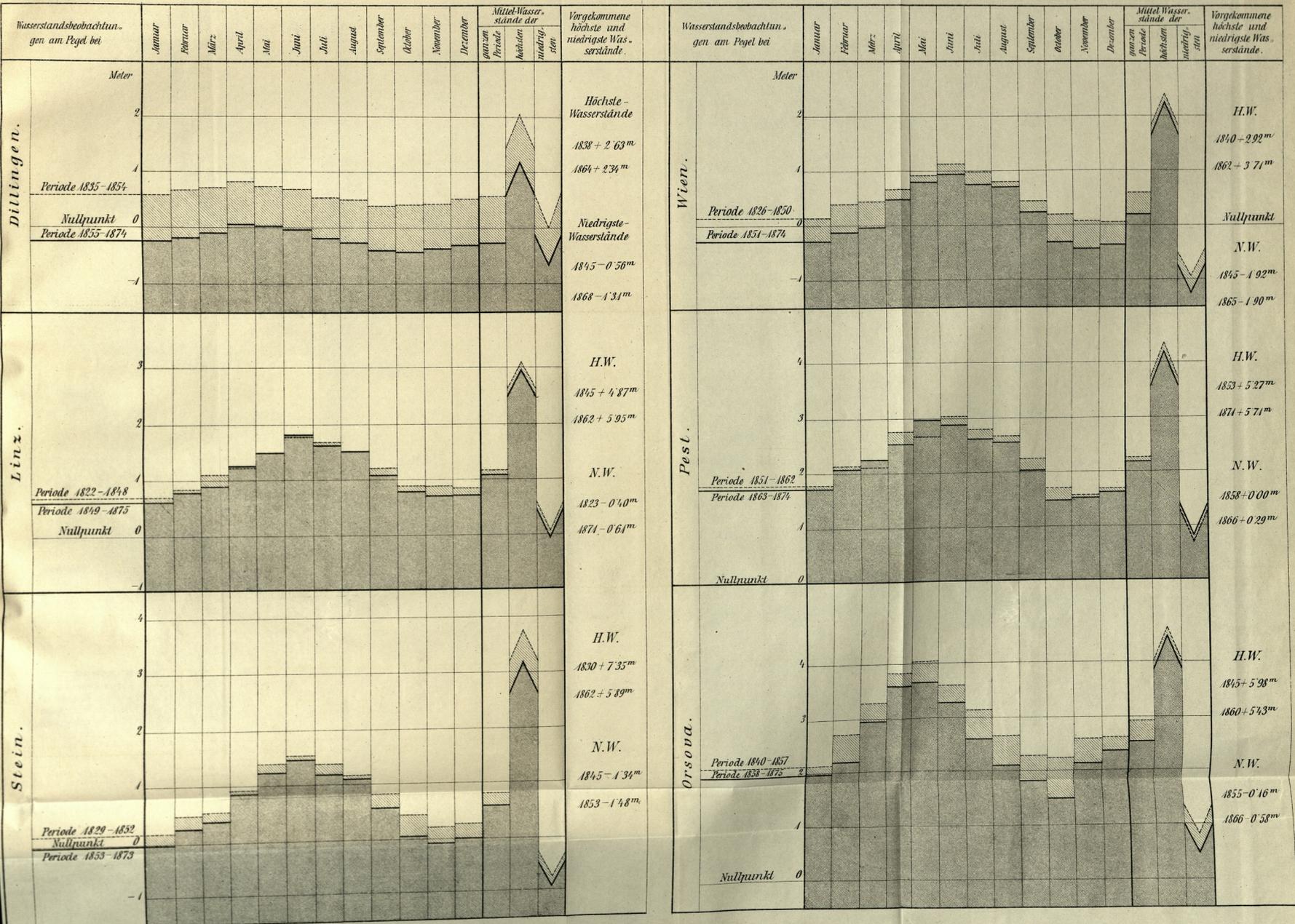


Vergleichung mehrerer niedrigen Wasserstände an den verschiedenen Pegeln am Elbe-Strome, wobei der seit dem Jahre 1616 eingetretene niedrigste Wasserstand vom September 1842 als Vergleichungsebene angenommen wurde.

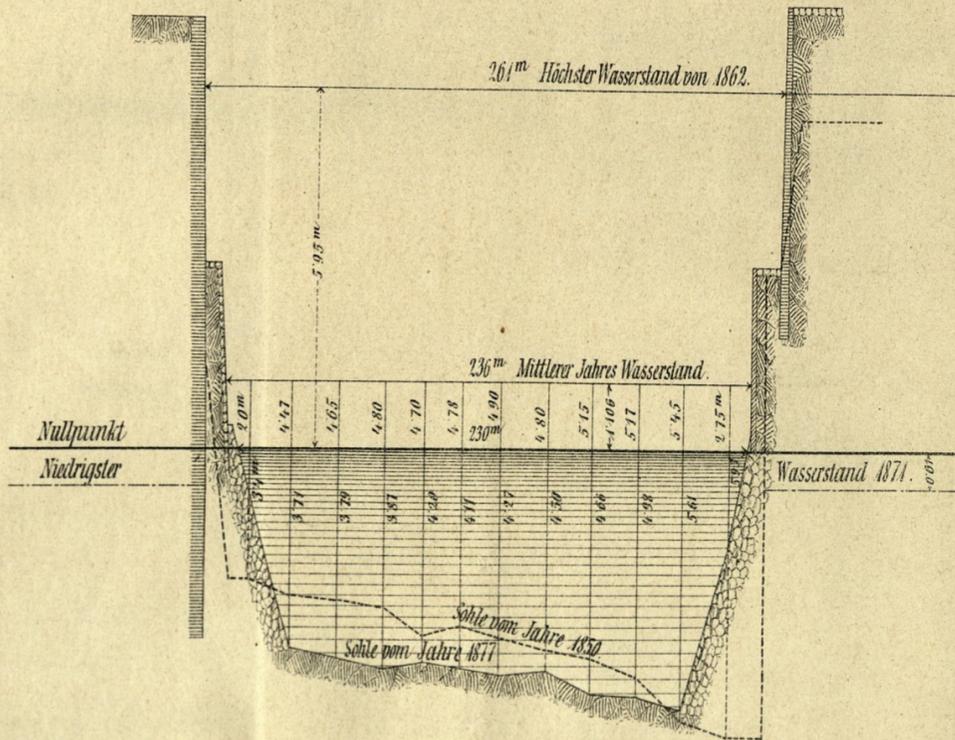


- - - - - Niedrigster Wasserstand v. October u. Novemb. 1852.
 - - - - - " " " August 1857.
 " " " November 1857.
 - - - - - " " " September 1869.
 - - - - - " " " Jahre 1873.

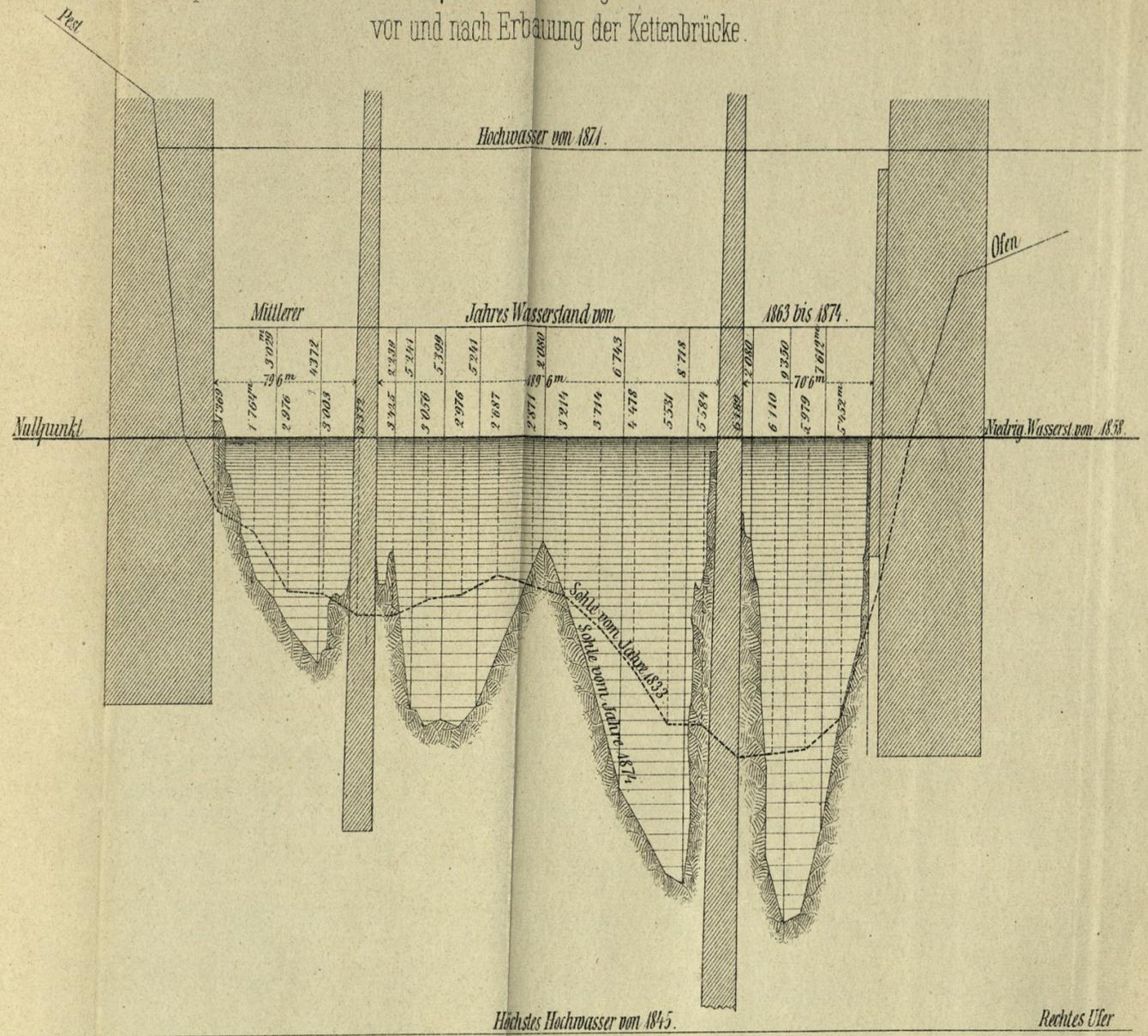
der berechneten Mittelwerthe der Monats- und der Jahres-Wasserstände dann der vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände im Donau-Strome während der nachstehend angegebenen Beobachtungsperioden.



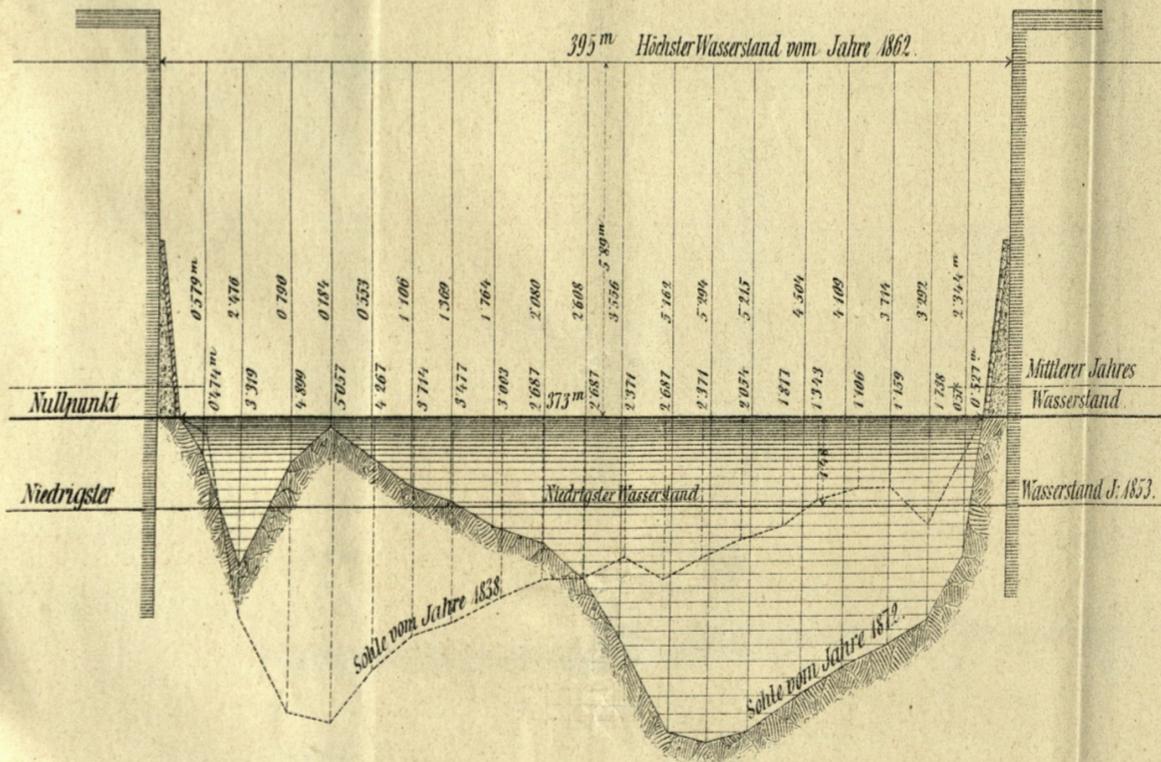
Querprofile des Donau-Stromes an der Brücke bei der Stadt Linz in Ober-Oesterreich, aufgenommen in den Jahren 1850 und 1877.



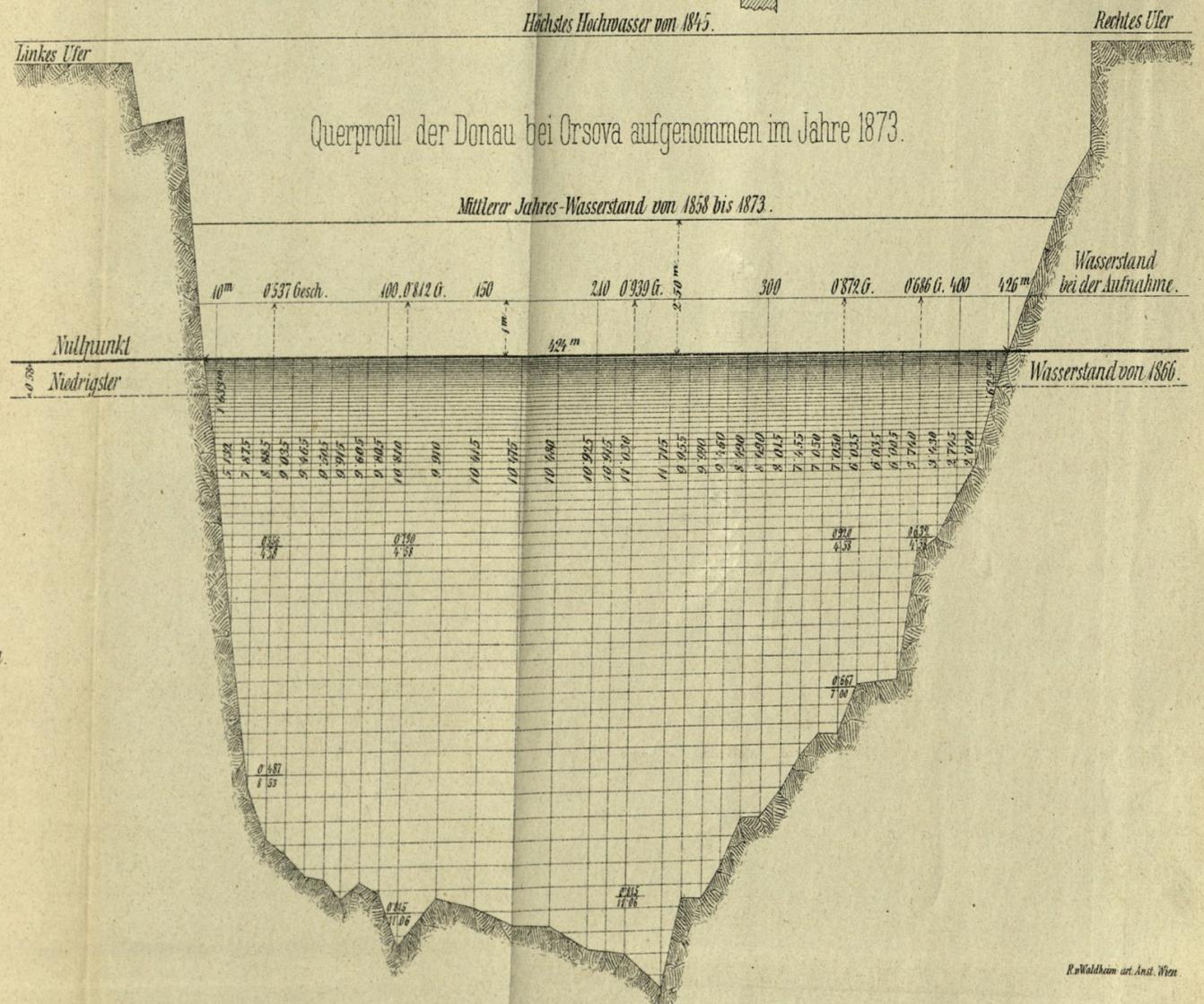
Querprofil der Donau zwischen Pest und Ofen aufgenommen in den Jahren 1833 und 1874 vor und nach Erbauung der Kettenbrücke.



Querprofile des Donau-Stromes an der Brücke bei den Städten Stein und Krems in Nieder-Oesterreich, aufgenommen in den Jahren 1838 und 1872



Querprofil der Donau bei Orsova aufgenommen im Jahre 1873.



Anmerkung für Orsova.
 Das Consumtionsprofil ist an einer möglichst normalen Flußstelle 971^m oberhalb des Pegelstandpunktes zu Orsova bei einem Wasserstande von +1^m aufgenommen worden. Das Flußgefälle war in jener Strecke 0,00032¹; die größte im Stromstriche gemessene Geschwindigkeit betrug 0,939^m pr. Sekunde. Die in den Ordinaten des Profils mittelst aufrecht schwimmender Stäbe gemessenen mittleren Geschwindigkeiten sind durch die bei den Ordinaten in Bruchform beigeschriebenen Zahlen bezeichnet, wovon die obere Zahl die Geschwindigkeit pr. Sekunde und die untere Zahl die Tiefe der Eintauchung des Stabes bezeichet.

