

## Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen

von Gustav Wex.\*)

Es ist allgemein bekannt, dass unsere Erde in früheren Epochen gewaltige Revolutionen und Metamorphosen durchgemacht hat, und es ist nicht zu zweifeln, dass auch noch gegenwärtig wichtige Veränderungen auf der Erdoberfläche vorgehen, wenn auch nicht mehr so großartig und gewaltig, so doch stetig und in sehr langen Zeitperioden so allmählich, dass sie für die lebende Generation kaum bemerkbar sind und gewöhnlich nur von den mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln ausgerüsteten Beobachtern nach und nach wahrgenommen und constatirt werden können. Ein Complex zusammengehöriger Erscheinungen, dann die Vergleichung langjähriger Beobachtungen und Aufzeichnungen der Wasserstände an den Strömen, endlich die Ergebnisse der eindringlichsten Studien, die ich über diesen Gegenstand gemacht habe, lieferten mir vielfältige Beweise von der continuierlichen Abnahme der aus den Quellen, dann der in den Bächen, Flüssen und Strömen abfließenden Wassermengen im größten Theile von Europa und überhaupt in den gegenwärtigen und ehemaligen Culturländern seit geschichtlicher, insbesondere aber in neuerer Zeit.

Dass eine solche stetige Wasserabnahme als eine sehr wichtige hydrographische Veränderung auf der Erdoberfläche anzusehen wäre, welche wieder andere Erscheinungen zur Folge hätte, ist wol jedermann einleuchtend. Wer sich gegenwärtig hält, dass Pflanzen- und Thierleben ohne Aufnahme von Wasser aus der nächsten Umgegend nicht bestehen kann, dass die fruchtbarsten Ländereien ihre Fruchtbarkeit und hiemit die Möglichkeit der Erhaltung einer zahlreichen Bevölkerung zunächst diesem wolthätigen Elemente zu danken haben, ferner, dass der Mensch unter allen Lebenswesen das meiste Süßwasser in allen möglichen Formen verbraucht und für die mannigfaltigsten Zwecke verwendet, der

---

\*) Der Verfasser der vorstehenden Abhandlung, die wir mit Ausschluss der für unseren Zweck entbehrlichen, fachmännischen Deductionen der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins“ entnehmen, steht unter den jetzt lebenden Hydrotechnikern in erster Reihe. Seines hervorragenden Antheiles an den Verhandlungen über die seinerzeitige Regulierung der Donau-Mündungen haben wir bereits im Jahrgang 1868 unserer Mittheilungen gebührend gedacht. Ueber seinen Antheil an der Donauregulierung bei Wien, die der Vollendung nahe ist, und an der Regulierung des eisernen Thores, die demnächst zur Thatsache werden wird, dürften die nachfolgenden Zeilen genügend orientieren. Der Gegenstand aber, den er hier als ein Resultat umfassender Studien der Würdigung seiner Zeitgenossen anheimstellt, scheint uns vom geographischen Standpunkte so wichtig und einer solchen Aufmerksamkeit wert, dass wir uns nicht entschlagen konnten, ihn unseren Lesern vorzuführen.

wird gleich erkennen, dass es sich hier nicht nur um die theoretische Besprechung eines für den Freund der Naturwissenschaften interessanten Phänomens, sondern auch um die Constatierung einer Thatsache von höchster practischer Bedeutung, dann um die Untersuchung der Ursachen und Wirkungen eines Uebelstandes handelt, dessen Ueberhandnahme die Existenz der künftigen Generationen in den bevölkertsten und culturreichsten Wohnstätten des Menschengeschlechtes in Frage stellt, wie uns diesfalls die einstens üppig fruchtbaren Ländereien in Persien, Palästina, Griechenland, Sicilien und Spanien, welche jetzt schon theilweise verdorrt und verödet liegen, sehr traurige Beispiele vor die Augen führen.

Würde die von mir constatierte stetige Abnahme der auf und in der Erdoberfläche fließenden Gewässer bloß das Resultat bewusstlos wirkender Naturkräfte sein, so bliebe dem lebenden Geschlechte allerdings nichts übrig, als das blinde Fatum walten zu lassen und die künftigen Generationen ihrem unabwendbaren Verhängnisse preiszugeben. Das ist jedoch glücklicherweise nicht der Fall. Ich glaube nach dem Resultate meiner Forschungen mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass das besagte Phänomen in den Culturländern größtentheils, wenn auch nicht ausschließlich, in culturgeschichtlichen Ereignissen, nämlich in den wenn gleich sehr gering scheinenden, aber gleichwol nicht zu unterschätzenden Einwirkungen der Menschen auf die Gestaltung der von ihnen bewohnten Erdoberfläche, beziehungsweise in der selbstsüchtigen oder unüberlegten Ausbeutung der Bodenproducte und unzumuthbaren Aenderung an der Gestaltung der ausgebeuteten Oberfläche liegt, dass es sonach möglich ist, durch rationelles Vorgehen, durch einmütiges, andauerndes Entgegenwirken in entsprechend großartigem Maßstabe die drohende Calamität abzuwenden oder wenigstens auf einen unberechenbar langen Zeitraum hinanzuschieben.

Dass es die Pflicht der lebenden Generationen ist, nach gewonnener Ueberzeugung von dem Vorhandensein des Uebels und der Möglichkeit der Abhilfe Hand an's Werk zu legen und den Weg zum Besseren für die nächsten Nachkommen zu bahnen, diese Einsicht darf ich wol bei jedermann voraussetzen, der sich als Mitglied des Menschengeschlechtes erkennt, der für das viele Gute, was er seinen Vorfahren zu danken hat, seinen Nachkommen nicht mit schnöder Selbstsucht zu lohnen Willens ist, der endlich von der Wahrheit des Satzes durchdrungen ist, dass die Staaten für alle Zeiten geschaffene Institutionen für die Sicherung der Wohlfahrt der Gesamtheit ihrer Angehörigen sind.

Bei Gelegenheit der mir von der k. und k. österreichischen Regierung übertragenen Verfassung der Projecte für die Regulierung mehre-

rer größeren Flüsse und Ströme fast in allen Kronländern der Monarchie habe ich zunächst die Abflussverhältnisse dieser Flüsse studiert und fast jedesmal gefunden, dass die in diesen Wasserläufen gegenwärtig vorkommenden Wasserstände im Vergleich zu den vor vielen Jahren gemachten Wasserstands-Beobachtungen bedeutend abgenommen haben.

Obwol diese Warnehmung auch schon von mehreren Naturforschern gemacht und auf Grundlage derselben die Ansicht ausgesprochen wurde, dass in mehreren Flüssen und Strömen die in denselben abfließenden Wasserquantitäten abzunehmen scheinen, wurde doch die Richtigkeit dieser Ansicht von vielen anderen und insbesondere von mehreren Hydrotechnikern bezweifelt und bestritten, daher ich zunächst die Ansichten der letzteren hier anführen will, um selbe später durch die zusammengestellten langjährigen Beobachtungen an den Hauptströmen Mitteleuropa's zu widerlegen.

Der königl. preußische geheime Oberbaurat und Ober-Landes-Bau-Director F. Hagen hat in der neuesten, dritten Auflage seines „Handbuches der Wasserbaukunst“ vom Jahre 1871 die Richtigkeit der bisherigen Wasserstands-Beobachtungen in den Flüssen und Strömen und der daraus gezogenen Schlussfolgerungen wegen der Abnahme der Wasserstände angezweifelt und begründet seine Anschauung mit den am Rheinpegel bei Düsseldorf seit 1800, also seit 71 Jahren, beobachteten und aufgezeichneten Wasserständen.

Hagen berechnete für jedes einzelne Jahr aus den täglich beobachteten Wasserständen die arithmetischen Mittel, also die mittleren Jahreswasserstände, verzeichnete ferner auch die in jedem Jahre vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände und hat diese drei Wasserstände graphisch dargestellt (jedoch leider in einem sehr kleinen Maßstabe), aus welcher Darstellung angeblich hervorgeht, dass eine bedeutende Abnahme der Wasserstände nicht vorgekommen sei.

Wegen der großen Wichtigkeit der Frage unterzog Hagen die früher erwähnten Wasserstands-Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate einer Berechnung und fand hiebei, dass während der 71jährigen Beobachtungszeit im Rheinstrom bei Düsseldorf die Durchschnittslinien der höchsten Wasserstände eine Senkung um 2·9 Linien, die der mittleren eine Senkung um 1·6 Linien, dagegen die der niedrigsten eine Erhöhung von 0·2 Linien per Jahr zeigen. Auf diese Rechnungsergebnisse legt jedoch Hagen selbst keinen Wert, weil die möglichen Fehler dieser Resultate 2·2“<sup>“</sup>, 0·9“<sup>“</sup> und 0·7“<sup>“</sup> betragen können.

Hagen sagt ferner: Man darf wol annehmen, dass im Laufe der Zeit eine Senkung der höheren und der mittleren Wasserstände wirklich eingetreten ist und zwar aus dem Grunde, weil durch

die in neuerer Zeit ausgeführten Strom-Correctionen die Eisversetzungen verhindert werden und der Abfluss der Hochwässer befördert wird, wodurch auch die geringe jährliche Erniedrigung der berechneten mittleren Wasserstände sich erklärt.

Nachdem Hagen auch die von einigen Hydrotechnikern für die Weser behauptete, starke Abnahme des Wasserstandes und der Wassermenge durch eine Vergleichung der Pegelbeobachtungen bei Minden und bei Schlüsselburg als unwahrscheinlich dargelegt hat, gelangt er zu nachstehender Schlussfolgerung: „Es ergibt sich sonach, dass die Weser ebensowenig wie der Rhein im allgemeinen eine Abnahme des Wasserstandes — soweit die bisher angestellten Beobachtungen ein Urtheil gestatten — mit Sicherheit erkennen lassen.“

Obwol die von Hagen aus den Wasserstands - Beobachtungen an drei Pegeln zweier Ströme gezogene Schlussfolgerung gegen die Wasserabnahme in denselben sehr reserviert lautet, so haben doch die meisten Hydrotechniker, weil ihnen langjährige Beobachtungen und Vergleiche der Wasserstände an anderen Strömen nicht zu Gebote stehen, und sie Herrn Hagen als unfehlbare Autorität im Wasserbau betrachten, sich die Ansicht gebildet, dass im allgemeinen in den Flüssen und Strömen eine Abnahme der Wasserstände, respective der abfließenden Wasserquantitäten nicht vorkomme.

Der königliche preußische Wasserbau-Inspector Maass hat die Wasserstands-Beobachtungen in der Elbe am Pegel bei Magdeburg für die 143jährige Periode von 1727 bis 1869 nebst einer graphischen Darstellung dieser Pegelstands-Beobachtungen in der Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam, Jahrgang 1870, veröffentlicht und daselbst die Nachweisungen geliefert, dass in der obigen Zeitperiode die Wasserstände der Elbe nachstehend abgenommen haben und zwar die berechneten arithmetischen Mittel

- a) aus den höchsten Wasserständen um . . . . . 17 Zoll,
- b) aus den niedrigsten Wasserständen um . . . . . 34 Zoll,
- c) aus den sämtlichen beobachteten Wasserständen in den einzelnen Jahren, also die sogenannten mittleren Jahreswasserstände um . . . . . 35  $\frac{1}{2}$  Zoll.

Nach der Ansicht des Herrn Maass sind die vorausgewiesenen, bedeutenden Abnahmen der Wasserstände resp. die Wasserspiegel-Senkungen nicht eine Folge der Verminderung der jetzt in der Elbe abfließenden Wassermengen, sondern durch die ausgeführten Stromregulierungen und durch die hiedurch eingetretene Vertiefung des Strombettes, dann durch Steigerung der Abflussgeschwindigkeiten veranlasst worden. Herr Maass beschwichtigt die aus Anlass der sichtbar gewordenen

Wasserspiegelsenkung entstandenen Besorgnisse mit der Bemerkung, dass eine fernere Senkung des Elbe-Wasserspiegels in dem bisherigen Verhältnisse nicht zu befürchten sei, weil man keine weiteren Correctionsarbeiten in der Elbe ausführen werde.

Da diese Beobachtungen und Ansichten der Herren Hagen und Maass mit meinen seit 40 Jahren an vielen Flüssen gemachten Wahrnehmungen und Beobachtungen im Widerspruche stehen, beschloss ich die in dieser so höchst wichtigen Frage an mehreren Flüssen und Strömen gemachten Erhebungen und Beobachtungen zusammenzustellen, um über die langjährigen Wasserstandsverhältnisse ganz verlässliche Ziffern zu erhalten, da ich nur mit solchen es wagen durfte, der in ganz Deutschland anerkannten Autorität des Herrn Hagen in der Hydrotechnik mit Erfolg entgegenzutreten.

Bei meinen diesbezüglichen Forschungen kam mir zunächst das ausgezeichnete Werk: „Allgemeine Länder- und Völkerkunde von Dr. Heinrich Berghaus, zweiter Band: Umriss der Hydrographie“, vom Jahre 1837 in die Hände, und ich fand in diesem Werke, dann in dem von Berghaus mit J. Perthes herausgegebenen hydro-historischen Uebersichten der deutschen Ströme vom Jahre 1838 bereits ein sehr schätzbares Material über die Wasserverhältnisse in den Strömen zusammengestellt.

Aus den Wasserstands-Beobachtungen im Rheinstrom am Pegel zu Emmerich (an der holländischen Grenze) für die 66jährige Periode von 1770 bis 1835, dann am Pegel zu Köln für die 54jährige Periode von 1782 bis 1835, ferner aus den Wasserstands-Beobachtungen der Elbe am Pegel zu Magdeburg für die 108jährige Periode von 1728 bis 1835, endlich in der Oder am Pegel zu Küstrin für die 58jährige Periode von 1778 bis 1835, hat Berghaus die vorgekommenen höchsten und niedrigsten Wasserstände, dann die aus den gesammten während eines jeden Jahres beobachteten Wasserständen berechneten arithmetischen mittleren Jahreswasserstände zusammengestellt, und einige dieser ermittelten Wasserstände auch graphisch dargestellt, ferner alle aus diesen Wasserstands-Beobachtungen hervorgehenden Erscheinungen über das Verhalten der Wasserstände in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten, über den Eintritt der Eisgänge und Hochwässer, endlich über den Einfluss der atmosphärischen Niederschläge auf die in den Strömen abfließenden Wassermengen so eingehend und gründlich geschildert, wie man es in keinem zweiten hydrotechnischen Werke findet und zugleich den Hydrotechnikern den Weg gezeigt, in welcher Art die Wasserstands-Beobachtungen an den Flüssen und Strömen combinirt und verglichen werden sollen, um über die Hydro-Phänomene oder über das Leben der

Ströme ein klares Bild zu erhalten und hieraus über die Abflussverhältnisse in denselben, dann über die hier vorgehenden Veränderungen richtige Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Aus diesen sehr ausführlichen und höchst interessanten Nachweisungen von Berghaus will ich nun die nachstehenden Hauptergebnisse hier hervorheben.

Die Wasserstandstabelle für den Rheinpegel bei Emmerich zeigt zunächst, dass die Wasserstände der einzelnen Jahre sehr unregelmäßig fallen, daher die Berechnung einer gleichmäßig geneigten Linie für die Ab- oder Zunahme der mittleren Wasserstandshöhen während einer langen Zeitperiode schwierig und unverlässlich ist. Ich halte das von Dr. Berghaus eingeschlagene Verfahren, die arithmetischen Mittel der Wasserstände während zwei längeren Zeitperioden mit einander zu vergleichen, für einfacher und verlässlicher, um zu ersehen, ob diese mittleren Wasserstandshöhen zu- oder abgenommen haben.

Wenn man die 66jährige Beobachtungsdauer in zwei Perioden von 33 Jahren (1770 bis 1802 und 1803 bis 1835) untertheilt und für die vorerwähnten Wasserstände die mittleren Höhen während dieser 33 Jahre berechnet, so zeigt sich, dass in der letzteren Periode die mittlere Höhe der Hochwasserstände um . . . . . 10'' höher, dagegen die der Jahreswasserstände um . . . . . 1' 4" 5'' und jene der kleinsten Wasserstände um . . . . . 1' 1" 3'' niedriger geworden sind, als solche in der älteren Periode von 1770 bis 1802 waren.

Da die arithmetischen mittleren Höhen der Wasserstände in der ersten Periode von 1770 bis 1802 lediglich nur zur Vergleichung angenommen wurden, ohne Rücksicht, ob nicht auch schon während dieser 33 Jahre ein Steigen oder Fallen der Wasserstände eingetreten war; so ist einleuchtend, dass die obigen Ziffern die Abnahme der kleinsten und der Jahreswasserstände nur für die zweite 33jährige Periode d. i. für die halbe Beobachtungsdauer darstellen.

Die vorstehende Bemerkung wird auch für alle späteren Vergleichen der Wasserstandshöhen in zwei Zeitperioden zu beachten sein.

Wenn man ferner in der von Berghaus veröffentlichten Wasserstandstabelle für den Pegel des Rheines bei Köln von 1782 bis 1835 die 54jährige Beobachtungszeit abermals in zwei 27jährige Perioden abtheilt und für diese die mittleren Höhen der Wasserstände berechnet, so findet man, dass in der letzteren Periode von 1809 bis 1835 die mittlere Höhe der höchsten Wasserstände um 0' 1" 6'' höher, dagegen die der Jahreswasserstände um 4' 27" und jene der kleinsten Wasser-

stände nun 7·21“ niedriger geworden sind als solche in der früheren Periode von 1782 bis 1808 waren.

Aus den vorstehenden Nachweisungen ist ersichtlich, dass an den zwei Hauptpegeln des Rheinstromes bei Emmerich und Cöln während der 66-, beziehungsweise 54jährigen Beobachtungszeit von 1770 resp. 1782 bis 1835 eine nicht unbedeutende Senkung sowol der kleinsten als der mittleren Jahreswasserstände eingetreten ist, und dass nur die mittleren Höhen der Hochwasseranschwellungen in den letzteren Perioden etwas höher geworden sind, als solche in den älteren Perioden waren.

Da während der Beobachtungsperiode von 1770 bis 1835 im Rheinstrom noch keine solchen Regulierungen vorgenommen waren, welche bei Cöln und bei Emmerich eine Vertiefung des Strombettes oder eine Vermehrung der Abflussgeschwindigkeit und in Folge dessen eine Senkung des Stromwasserspiegels erzeugt hätten, so kann vorausgewiesene Abnahme der Höhen der kleinsten und der mittleren Jahreswasserstände in den letzten Perioden nur mit einer Abnahme der im Rheinstrome abfließenden Wasserquantitäten erklärt werden, wogegen die, wenn auch sehr geringe Zunahme der mittleren Höhe der Hochwässer den öfteren und höheren Anschwellungen der letzteren zuzuschreiben ist. Dass die Senkung der kleinsten und der mittleren Jahreswasserstände sich im Rhein geringer zeigt, als in anderen Strömen, erklärt Berghaus damit, dass der Rhein vorwiegend von den nie versiegenden Quellen der Schnee- und Eismassen der Alpen gespeiset wird, welche Erklärung ich noch mit der Bemerkung ergänze, dass durch den Bodensee, welcher die Hochwässer des Ober-Rheins aufnimmt und selbe erst nach und nach abfließen lässt, die Abflussverhältnisse dieses Stromes in seiner unteren Strecke wesentlich geregelt werden, daher eine Abnahme der abfließenden Wassermengen bei kleinem und mittleren Stande sich nur in geringem Maße zeigen kann.

Den Umstand, dass die Abnahme der kleinsten und der mittleren Jahreswasserstände am Pegel zu Emmerich weit größer ist, als am Pegel zu Cöln, erklärt Berghaus damit, dass zwischen Cöln und Emmerich die Flüsse Wupper, Ruhr, Emsche und Lippe in den Rhein einmünden, welche ein weniger constantes Wasser als der Rhein führen.

Nun wollen wir noch die von Hagen in einer graphischen Darstellung veröffentlichte Wasserstandstabelle des Rheins am Pegel zu Düsseldorf (also zwischen Emmerich und Cöln) für die Zeit von 1800 bis 1871 einer eingehenderen Prüfung unterziehen. Hagen fand nach seiner Methode, dass die mittleren Jahreswasserstände bei Düssel-

dorf sich im Durchschnitte per Jahr um 1.6 Linien gesenkt haben, was für 50 Jahre eine Senkung von 6.66 Zoll ergibt.

Da nach den Wasserstandstabellen von Berghaus die früher ausgewiesene Senkung der mittleren Jahreswasserstände, auf die gleiche Zeit von 50 Jahren reduciert, am Pegel zu Emmerich 24.88 Zoll und am Pegel zu Cöln 7.91 Zoll betragen, so ist hieraus ersichtlich, dass die von Hagen durch Rechnung gefundene Abnahme der Jahreswasserstände bei Düsseldorf per 6.66 Zoll, obwol in einer anderen Zeitperiode beobachtet, dennoch mit der an dem näher gelegenen Pegel bei Cöln früher beobachteten Wasserstandsabnahme sehr nahe übereinstimmt, daher diese Abnahme eine Thatsache und nicht ein Rechnungsfehler ist, wie es Hagen als nicht unwahrscheinlich bezeichnet hatte. Obwol nach den älteren Wasserstandstabellen von Berghaus vom Jahre 1770 bis 1835 eine etwas höhere Anschwellung der Hochwässer des Rheins um 10 bis 18 Linien gefunden wurde, so wäre die von Hagen bei Düsseldorf berechnete Senkung der Hochwässer von 2.9" per Jahr, also von 12" 1'" für 50 Jahre dennoch möglich, ja sogar wahrscheinlich, weil in Folge der seit dem Jahre 1830 bewirkten ausgedehnten Regulierung des Rheins zwischen Basel und Mannheim der rasche Abfluss der Rheinhochwasser wesentlich gefördert worden ist.

Die von Hagen gefundene höchst geringe Erhöhung der kleinsten Wasserstände bei Düsseldorf um 0.2'" per Jahr, also nur um 10 Linien für 50 Jahre wäre auch schon dadurch erklärlich, dass das Strombett daselbst in den letzten Decennien in einigen Strecken auf eine geringere Strombreite beschränkt worden ist, dann dass in Folge der seit dem Jahre 1830 durchgeführten ausgedehnten Rheinregulierungen mittels Durchstichen oberhalb Mannheim, und der hierbei unvermeidlichen Fortschwemmung des Sandes und feinen Schotters in die untere Stromstrecke das Strombett bei Düsseldorf etwas angeschottert und erhöht worden ist, wie wir dies in der Folge bei der Mittel- und Unter-Elbe in einem noch weit höheren Maße nachweisen werden. Aus den vorstehenden Nachweisungen ist ersichtlich, wienach die Schlussfolgerung Hagen's, dass die bisher angestellten Beobachtungen am Rhein im allgemeinen eine Abnahme des Wasserstandes nicht erkennen lassen, eine irrige war. Wenn ihm die von Berghaus veröffentlichten älteren Wasserstands-Beobachtungen bei Emmerich und Cöln bekannt gewesen wären, und wenn er die 71jährigen Wasserstands-Beobachtungen bei Düsseldorf richtiger gegeneinander verglichen hätte, so würde er diese Ueberzeugung erlangt haben.

Um über die Abflussverhältnisse des Rheinstromes auch oberhalb Düsseldorf und Cöln verlässliche Daten zu erhalten, wendete ich mich an



den ausgezeichneten Hydrotechniker, den königlichen bairischen Bau-inspector Grebenau \*) zu Germersheim, welcher durch viele Jahre mit der Rheinregulierung daselbst betraut war und erhielt von demselben nicht nur die genauen Wasserstands-Beobachtungen am Pegel zu Sonderheim für die 28jährige Periode von 1840 bis 1867, sondern auch die Nachweisungen der in den einzelnen Jahren im Rheinstrome im Germersheimer Durchstiche abgeflossenen Wasserquantitäten, welche Herr Grebenau mit Umsicht und Sachkenntnis, zugleich aber auch mit sehr viel Mühe und großem Zeitaufwande theils mittels vielfältiger directer Messungen der Strombettprofile und Abflussgeschwindigkeiten, theils mittels Berechnung nach den neuesten Formeln und Erfahrungs-Coefficienten mit thunlicher Genauigkeit ermittelt hatte.

Wenn man bei der graphischen Darstellung dieser Wasserstands-Beobachtungen und der abgeflossenen Wasserquantitäten die 28jährige Beobachtungszeit in zwei 14jährige Perioden abtheilt und für jede derselben die arithmetischen Mittel aus den Wasserständen und den abgeflossenen Wasserquantitäten berechnet, so ergibt sich, dass in der letzteren Periode die mittleren Jahreswasserstände um

0.435 Met. = 16.63 Zoll kleiner geworden sind und dass die abgeflossenen Wassermengen um circa 6966 Cubikfuß per Secunde sich vermindert haben.

Zunächst muss zugestanden werden, dass der weit größere Theil der vorerwähnten Abnahme der mittleren Jahreswasserstände der Senkung des Wasserspiegels in Folge der bedeutenden Vertiefung des Strombettes aus Anlass der durchgeführten ausgedehnten Stromregulierungen daselbst mittels Durchstichen zuzuschreiben ist.

Wenn ferner auch nicht verbürgt werden kann, dass die von Herrn Grebenau für die 28jährige Periode bei den verschiedenen Wasserständen gemessenen und berechneten durchfließenden Wasserquantitäten vollkommen genau und richtig sind, dann auch nicht zu verkennen ist, dass auf die berechneten abnehmenden Wasserquantitäten auch die successive erfolgte Senkung der Wasserstände in Folge der Vertiefung des Strombettes einen großen Einfluss genommen hat, so liefern doch diese berechneten Wasserquantitäten, da sie nach derselben Methode ermittelt wurden, jedenfalls annähernd richtige Verhältniszahlen, aus

---

\*) Herr Grebenau, welcher das große Werk von Humpert Abbot „Theorie über die Bewegung des Wassers in den Flüssen und Canälen“ aus dem Englischen in's Deutsche übersetzt und mit eigenen Wassermessungen noch ergänzt hat, wurde vom deutschen Kaiser in Anerkennung seiner hervorragenden hydrotechnischen Kenntnisse im Jahre 1871 zum Wasserbaudirector in Straßburg ernannt.

welchen mit voller Berechtigung gefolgert werden kann, dass in der letzten 28jährigen Periode auch bei Germersheim die abgeflossenen Wassermengen des Rheinstromes abgenommen haben.

Auch die höchst auffallende Erscheinung, dass der so schön regulierte, ja fast in einen regelmäßigen Canal verwandelte Rheinstrom auf der Strecke von Mannheim aufwärts bis Basel wegen der vielen im Strombette auch an den concaven Ufern abgelagerten, fortwährend vorrückenden Schotterbänke, dann wegen der continuierlich stark serpentinierenden Stromrinne, endlich wegen der zu geringen Wassertiefen an den vielen Uebergängen der Stromrinne aus einer Concaven in die andere, jetzt als Schiffsfahrtsstraße leider nicht geeignet ist, kann nur damit erklärt werden, dass die Normalbreite für das Strombett gleich ursprünglich zu groß angenommen worden ist, daher der Strom bei der inzwischen eingetretenen Wasserabnahme nicht mehr die erforderliche Kraft hat, die Schottermassen rasch fortzuschwemmen und solche nur an den convexen Uferstellen abzulagern.

Berghaus hat in seinem vorcitierten Werke die Wasserstandstabelle nach den Beobachtungen am Pegel des Elbestromes bei Magdeburg vom Jahre 1728 bis zum Jahre 1735 veröffentlicht und aus dieser für das abgerundete volle Jahrhundert von 1731 bis 1830 eine Tabelle der Wasserabnahme der Elbe bei Magdeburg nach den einzelnen Monaten berechnet, aus welcher hier nur das eine Endresultat hervorgehoben wird, dass im zweiten Halbjahrhundert von 1781 bis 1830 die mittleren Monatswasserstände um 15 bis 25·82 Zoll, und der mittlere Jahreswasserstand um 20·61 Zoll kleiner geworden sind, als solche im ersten Halbjahrhundert von 1731 bis 1780 beobachtet wurden. Bezüglich der allfälligen Einwendung, dass man die in einem Flusse abströmende Wassermenge nicht geradezu den Wasserständen am Pegel proportional setzen dürfe, weil im Laufe der Zeit auch das Strombett Veränderungen erleidet, wird von Berghaus bemerkt, dass im untern Lauf der Ströme mit Ausnahme einzelner Strecken gewöhnlich eine Erhöhung des Bettes erfolgt, daher in dem Falle, wenn die abströmenden Wasserquantitäten gleich bleiben würden, eine Hebung des Stromwasserspiegels, respective eine Steigerung der mittleren Jahreswasserstände stattfinden müsste, wogegen in der Elbe nach der vorstehenden Tabelle eine namhafte Senkung ihres Wasserspiegels oder Verminderung ihrer Wasserstände erwiesen vorliegt.

Berghaus veröffentlichte in seiner Hydrographie ferner die Wasserstandstabelle für den Pegel der Oder bei Küstrin für die Zeit vom Jahre 1778 bis 1835, aus welcher hervorgeht, dass, wenn man die 58jährige Beobachtungsdauer in zwei 29jährige Perioden untertheilt und

für diese die mittleren Wasserstandshöhen berechnet, in der letzteren Periode von 1807 bis 1835 die mittleren Höhen der höchsten Wasserstände um 9.03 Zoll, der niedrigsten um 9.45" und der Jahreswasserstände um 10.13" kleiner geworden sind, als solche in der früheren Periode 1778 bis 1806 waren.

Nach reiflicher Prüfung der aus den Wasserstandstabellen der Elbe und Oder hervorgehenden Resultaten hat Dr. Berghaus die Ueberzeugung gewonnen, dass in den beiden Strömen die abfließenden Wassermengen sich bedeutend vermindert haben und er sprach daher seine Besorgnis dahin aus „dass diesen deutschen Strömen die Gefahr drohe, aus der Reihe der schiffbaren Ströme zu verschwinden, wenn die Verminderung der Wasserstände in demselben Verhältnisse fortschreiten sollte, wie solche seit 1781 constatirt worden ist.“

Um über die Wasserstands-Verhältnisse an der Elbe bei Magdeburg seit den ältesten Aufzeichnungen vom Jahre 1728 bis auf die neueste Zeit eine klare Uebersicht und zugleich die Ueberzeugung zu erhalten, ob die von Berghaus ausgesprochene Besorgnis gerechtfertigt sei, habe ich zunächst aus der von ihm gelieferten Wasserstandstabelle am Pegel bei Magdeburg von 1728 bis 1835, dann aus der vom Wasserbau-Inspector Maass veröffentlichten Fortsetzung dieser Tabelle von 1836 bis 1869 die graphische Darstellung der in jedem Jahre beobachteten höchsten und niedrigsten, dann der bezeichneten mittleren Jahreswasserstände verzeichnet, ferner die ganze Beobachtungsdauer von 142 Jahren in 3 Perioden, und die dritte zu 42 Jahren untertheilt, endlich für jede dieser drei Perioden die arithmetischen mittleren Höhen der Wasserstände berechnet und solche in die graphische Darstellung gleichfalls eingezeichnet.

Aus dieser graphischen Darstellung und den berechneten mittleren Wasserstandshöhen sind nun über die Abfluss-Verhältnisse der Elbe bei Magdeburg während der 142 jährigen Beobachtungsdauer die nachstehenden sehr interessanten Phänomene zu ersehen.

1. In der ersten Zeitperiode von 1728 bis 1777 waren die Höhen der in einzelnen Jahren vorgekommenen Hochwässer nur wenig von einander verschieden, und die höchsten Anschwellungen haben nur zweimal die Höhe von 17' bis 17'  $\frac{1}{4}$ " über Null erreicht.

In der zweiten Periode von 1778 bis 1827 waren die Höhen-Unterschiede der in einzelnen Jahren eingetretenen Hochwässer schon größer, die letzteren erreichten bereits zehnmal die Höhe von 17' bis 17'  $\frac{3}{4}$ " über Null und dennoch zeigt sich, dass die arithmetische mittlere Höhe der sämtlichen Hochwasserstände in dieser Periode um 12 Zoll geringer ist, als solche in der vorhergehenden Periode war.

Die aus den ausgezeichnetsten Hydrotechnikern der Uferstaaten gebildeten Elbe-Stromschau-Commissionen haben auf Grundlage der nach und nach gemachten Beobachtungen sehr interessante Erscheinungen über die Veränderungen des Bettes und über die Abflussverhältnisse des Stromes constatirt, welche in den gedruckten Stromschau-Protocollen ausführlich beschrieben sind.

Aus jenen Protokollen will ich hier nur jene Thatsachen mittheilen, welche auf die Abflussverhältnisse des Stromes Bezug haben.

Die erste technische Elbe-Stromschau-Commission, welche den Strom vom 6. September bis 15. October 1842 befahren und untersucht hatte, constatirt, dass der im August und September 1842 eingetretene, sehr kleine Wasserstand zugleich der niedrigste war, der in der Elbe jemals vorgekommen ist, was nicht nur aus den Wasserstandstabellen an den verschiedenen Pegeln der Elbe, sondern auch insbesondere aus den zur Bezeichnung der vorgekommenen niedrigsten Wasserstände in den Felsen des Strombettes eingemeißelten Zeichen und Marken ersichtlich war.

Solche Marken wurden zunächst vorgefunden an den im Strombette liegenden drei großen Felsen bei Tetschen mit den Jahreszahlen 1616, 1719, 1766, 1782, 1790, 1800, 1835. Die in den obigen Jahren markierten kleinsten Wasserstände waren jedoch durchgehends um  $4\frac{1}{2}$  bis  $8\frac{1}{2}$  Zoll höher als jener vom Jahre 1842.

An den großen flachen Felsen im Strombette bei Pirna sind die kleinsten Wasserstände markirt von den Jahren 1616, 1706, 1707, 1746, 1834 und 1835, welche gleichfalls um 5 bis 11 Zoll höher waren, als jener vom Jahre 1842. Auch an dem bei Strehla im Strombette liegenden Eelsen sind die niedrigsten Wasserstände von 1718, 1746, 1790, 1800, 1834 und 1835 markirt, welche auch hier höher waren als jener vom 1842.

Bei den nachfolgenden Strombesichtigungen in den Jahren 1858 und 1869 \*) wurden die Hydrotechniker von der Erscheinung überrascht, dass in der verhältnismäßig kurzen Zeit seit dem Jahre 1842 das Längenprofil der Elbe sich sehr wesentlich verändert hatte, indem die inzwischen vorgekommenen niedrigen Wasserstände im August und November 1857, dann im September 1869 in der Ober-Elbe, d. i. im Königreiche Böhmen und Sachsen bis unterhalb Dresden, durchschnittlich um 6-7 Zoll noch unter den bisher bekannten niedrigsten Wasserstand von 1842 gefallen, dagegen in der Mittel-Elbe durchschnittlich um

---

\*) Das Stromschau-Protokoll vom Jahre 1850 konnte ich nicht einsehen, weil selbes leider in Verlust geraten ist.

7 Zoll und in der Unter-Elbe um 16.2 Zoll über diesen letzteren Wasserstand gestiegen sind.

Nachdem nun der niedrigste Wasserstand vom Jahre 1857 an der Elbebrücke noch um 8 Zoll und an den sämtlichen stromaufwärts liegenden Pegeln bis Melnik durchschnittlich um 6.7 Zoll tiefer sank als im Jahre 1842, so kann diese Erscheinung nur damit erklärt werden, dass im August und November 1857 wegen der in jenem Jahre herrschenden Dürre die in der Elbe abgeflossene Wassermenge noch bedeutend kleiner war als jene, welche während des kleinsten Wasserstandes von 1842 abströmte.

Da bei der Stromschau im September 1869 ein ebenso niedriger Wasserstand wie im Jahre 1857 beobachtet wurde, bei welchem abermals der Wasserspiegel in der Ober-Elbe unter den niedrigsten Stand vom Jahre 1842 gesunken, dagegen in der Mittel- und Unter-Elbe über demselben geblieben war, so haben auch für den Wasserstand von 1869 die früheren Schlussfolgerungen volle Geltung, dass während dieses andauernd niedrigen Wasserstandes eine geringere Wassermenge abfloss, als während jenes vom Jahre 1842, dann dass in der Mittel- und Unter-Elbe die Versandungen des Strombettes und die Erhöhung des Stromwasserspiegels fortbestanden und dass daher nur aus diesem Grunde an den Pegeln daselbst ein höherer Wasserstand als im Jahre 1842 angezeigt worden ist.

Die 6 Hydrotechniker der Stromschau-Commission von 1869 sprachen sich auf Grund ihrer Erhebungen in ihren Gutachten einstimmig dahin aus, das Längenprofil der Elbe sei seit dem Jahre 1842 sehr bedeutend geändert, respective die Flusssohle in den unteren Gegenden bedeutend gehoben, dass sonach die in der Additional-Acte bedingene Fahrwassertiefe nicht mehr vom Wasserstande von 1842, sondern mit Rücksicht auf das veränderte Längenprofil des Stromes, von dem sich in den einzelnen Stromstrecken ergebenden niedrigsten Wasserständen gemessen und angestrebt werden soll.

Durch die vorstehenden sehr wichtigen Erhebungs-Ergebnisse der Hydrotechniker der Uferstaaten wurde sonach constatirt, dass im September 1842 in der Elbe ein so niedriger Wasserstand eingetreten war, wie solcher in früheren Jahrhunderten wahrscheinlich noch niemals vorkam, dass jedoch schon in den Jahren 1852, 1857 und 1869 die niedrigen Wasserstände in der Ober-Elbe noch unter den niedrigsten vom Jahre 1842 gesunken sind, daher klar am Tage liegt, dass seit dem Jahre 1842 die in der Elbe bei niedrigen Wasserständen abfließenden Wasserquantitäten bedeutend abgenommen haben.

Die Richtigkeit der vorstehenden Schlussfolgerung wird auch noch dadurch bekräftigt, dass die von den Hydrotechnikern der einzelnen Uferstaaten noch vor dem Jahre 1842 auf Grundlage der vorgenommenen genauen Erhebungen festgestellten und auch durchgeführten Normalbreiten der Elbe für die einzelnen Stromstrecken, welche bei der Stromschau-Commission im Jahre 1842 als den Stromverhältnissen entsprechend erkannt wurden, bis, bis zum Jahre 1869 nach und nach verschmälert werden mussten, und zwar:

in Böhmen . . . . .	von 80 auf 52 Klfr.
in Sachsen . . . . .	von 33—45 auf 30 Ruthen
unterhalb der sächsischen Gränze . . . . .	„ 35 „ 22 $\frac{1}{2}$ „
im Herzogtum Anhalt . . . . .	„ 45 „ 40 „
von der Mündung der Saale abwärts . . . . .	„ 50 „ 45 „
„ „ „ „ Havel „ . . . . .	„ 65 „ 60 „
von Schnakenburg bis Domitz . . . . .	„ 70 „ 65 „
von Hitzacker bis Radegast . . . . .	„ 89 „ 72 „

u. s. w.

Die Hydrotechniker haben sich nach der Stromschau vom Jahre 1869 in ihrem Gutachten noch dahin ausgesprochen, dass, nachdem sie auch in vielen bereits regulierten Stromstrecken große Sandfelder vorfanden, welche lästige Krümmungen der Fahrrinnen verursachten, was die angenommenen Normalbreiten des Flusses zu groß erscheinen lässt, darauf eingeraten werden müsse, dass bei der Ausführung neuer Regulierungsbauten eine Beschränkung der angenommenen Normalbreiten anzustreben wäre.

Wenn nun im Elbestrome die bei der anfänglichen Regulirung desselben ermittelten und seinen Abflussverhältnissen während einer langen Reihe von Jahren als entsprechend anerkannten Normalbreiten sich in der Folge als zu groß herausstellen und eine Beschränkung derselben unerlässlich nothwendig wird, so kann mit voller Berechtigung gefolgert werden, dass jetzt in der Elbe auch bei mittleren Wasserständen geringere Wasserquantitäten abfließen als vor dem Jahre 1842, also eine allgemeine Abnahme oder Verminderung der Wasserconsumtion eingetreten ist.

Die Hydrotechniker der ersten Stromschau-Commission von 1842 waren bezüglich der Capicität des Stromes noch der Ansicht, „dass, wiewohl keine Materialien vorliegen, um diese Frage durch Zusammenstellung von Zahlenwerten erschöpfend zu behandeln, doch darauf einzugehen sei, dass eine merkliche Abnahme der Wassermenge in neuerer Zeit aus den Erfahrungen und Beobachtungen nicht hervorgehe. Die Commission erkennt jedoch an, dass die Ausrottung der Wälder, die

Cultivierung der Moore und die Berieselungen eine bemerkbare Verminderung der Wassermenge des Stromes herbeizuführen im Stande seien.“

Da nun allgemein bekannt ist, dass in der Zeitperiode von 1842 bis 1869 im Stromgebiete der Elbe viele Wälder abgetrieben, ausgedehnte Moore cultiviert und Berieselungen der Wiesen in großen Ausdehnungen eingeführt wurden, so ist eine natürliche Folge, dass der Voraussage der Hydrotechniker entsprechend auch eine merkliche Verminderung der in der Elbe abfließenden Wassermenge eingetreten ist.

Wenn man dagegen den im letzten Stromschau-Protokolle vom Jahre 1869 näher beschriebenen Zustand des Stromes und die noch vorhandenen Schiffahrtshindernisse liest, und daraus erfährt, dass die Stromschau-Commission noch an 124 Stromstellen in der Fahrrinne die ungenügenden Wassertiefen von nur 18 bis 30 Zoll, ferner 113 Stromstellen vorgefunden hat, an welchen die Schiffahrt theils wegen der scharfen Krümmungen des Fahrwassers große Schwierigkeiten erleidet und an neun dieser Stellen sogar förmliche Schiffahrtsstockungen bestehen, woselbst die Schiffe stecken bleiben und das Fahrwasser verlegen, so dass alle andern von oben oder von unten kommenden Schiffe an solchen Stellen oft sehr lange stehen bleiben und in der Regel dann alle diese Schiffe mit vieler Mühe, großem Zeitverluste und vielen Geldopfern durch die gefährlichen Fahrrinnen durchgeschleppt, oft aber theilweise abgeladen oder geleichtert werden müssen; dann wenn man aus diesem Protokolle noch weiter erfährt, dass die Stromschau-Commission an den vorerwähnten schlechten Stromstellen solche Schiffahrtsstockungen mitgemacht hat und wiederholt bemüht war, mit ihrem Dampfboote die aufgefahrenen Schiffe fortzuschleppen, um sich das Fahrwasser frei zu machen und dass dieses leichte Personendampfboot wegen unzureichender Wassertiefe selbst mehrmals stecken blieb; wenn man endlich erwägt, dass in den Jahren 1842 und 1858 keine so grellen Schiffahrtshindernisse beschrieben sind, so wird man unwillkürlich zu der Schlussfolgerung geführt, dass ungeachtet der seit 27 Jahren mit einem so bedeutenden Kostenaufwande in Ausführung gebrachten Stromregulirungsbauten die Schiffahrtsstraße der Elbe im allgemein entweder gar nicht, oder wenigstens nicht wesentlich verbessert worden ist, in einzelnen Strecken aber jedenfalls sich noch verschlimmert hat.

Diese Warnungen könnten manchen Laien auch noch zu der weiteren Schlussfolgerung führen, dass entweder die Wasserbaukunde im allgemeinen, oder wenigstens die an der Elbe angewandten Bausysteme nicht geeignet sind, um selbst mit Anwendung bedeutender Kosten die Verbesserung der Schiffahrtsstraße in einem Strome zu Stande zu bringen, und doch wäre diese Schlussfolgerung eine ganz irrige, indem

sich die sehr ungenügenden Erfolge der bisherigen Stromregulierungsarbeiten an der Elbe ganz einfach daraus erklären, dass in Folge der seit dem Jahre 1842 im Strombette bedeutend abgenommenen Wassercconsumtion und aus Anlass der in die Mittel- und Unter-Elbe herabgeschwemmten und daselbst |liegendebliebenen ungeheuren Schotter- und Sandmassen die Stromrinne immer seichter, schmaler und gekrümmter werden musste, dann dass die in früheren Jahren mit großen Kosten aufgeführten Concentrierungswerke, welche das Strombett auf ermittelte Normalbreite beschränken sollen, nach und nach ganz unwirksam werden, weil die letztere wegen der Verminderung der Durchfluss-Wassermenge sich als zu groß herausstellt.

Durch die vorerwähnten Erfahrungs- und Erhebungs-Ergebnisse der Elbe-Stromschau-Commission wird nicht nur der von mir früher aus den langjährigen Wasserstands-Beobachtungen bei Magdeburg geführte Beweis, dass die in der Elbe abströmende Wassermenge continuierlich abnehme, unanfechtbar erhärtet, sondern es wird auch der Beweis geliefert, dass die Abnahme der in der Elbe abfließenden Wasserquantitäten seit dem Beobachtungsjahre 1728 eine continuierliche, ja sogar seit den letzten drei Decennien eine raschere geworden ist.

(Schluss folgt.)

### Bücher und Karten \*),

welche vom 15. Juni bis 1. Juli 1873 theils als Geschenk theils im Wege des Schriftentausches an die k. k. geographische Gesellschaft gelangt sind.

Die mit \*) bezeichneten sind Geschenke von Verfassern oder Verlegern.

**Agram.** \*) Kroatien-Slavonien nach seinen physischen und geistigen Verhältnissen. Denkschrift zur Wiener Weltausstellung 1873. Von Dr. Peter Matković.

— — Rad jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti. 1873 Knjiga XXIII.  
**Berlin.** Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde 1872 5. u. 6. Heft, 1873 1. u. 2. Heft.

\*) Das erste Verzeichnis in diesem Jahrgang siehe Seite 88, das zweite Seite 127, das dritte Seite 227 das vierte Seite 271.