

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000030526

x
1.555

5079

Ch.

Die

Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen

von

Dr. Vasa Ruvarac

nebst

Untersuchungen über Verdunstung und Abfluss

von größeren Landflächen

von

Prof. Dr. Albrecht Penck.

Mit einer Karte, zwei Tafeln und zahlreichen in den Text gedruckten Tabellen.

157/1

F. No. 21 184

GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN.

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. ALBRECHT PENCK IN WIEN.

BAND V. - HEFT 5.



WIEN.

ED. HÖLZEL.

1896.



III 17672

Zugleich 4. Heft der Arbeiten des geographischen Institutes der k. k. Universität Wien.



Akc. Nr. 3543/51

INHALT.

	Seite
I. Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen. Von Dr. Vasa Ruvarac	1—32
1. Die Pegelbeobachtungen in Tetschen	6—10
2. Die Eisverhältnisse der Elbe bei Leitmeritz, Außig und Tetschen	11—13
3. Die Wassermenge der Elbe bei Tetschen	13—21
4. Wassermengen der Moldau, Kleinen Elbe und Eger	21—25
5. Niederschlagsmengen	25—32
II. Untersuchungen über Verdunstung und Abfluss von grösseren Landflächen. Von Prof. Dr. Albrecht Penck	33—80
1. Die Schwankungen des Niederschlages in Böhmen 1876—1890	35—39
2. Die jährliche Verdunstung im böhmischen Elbegebiet	39—49
3. Der jährliche Abfluss aus dem böhmischen Elbegebiet	49—59
4. Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss in den einzelnen Monaten	59—69
5. Schluss	69—76
6. Anhang	76—80

I.

Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen.

Von Dr. Vasa Ruvarac.

Der Mangel von genaueren Daten über die hydrographischen Verhältnisse von Böhmen wurde während der Trockenheit der Sechziger-Jahre lebhaft empfunden, und es wurde schon damals die Einsetzung einer Commission zum Studium der hydrographischen Verhältnisse des Landes, speciell zur Untersuchung der Ursachen der öfters eintretenden Trockenheit und der überhandnehmenden Überschwemmungen, welche mit der Entwaldung der Gebirge und der Trockenlegung der Hochmoore in Zusammenhang gebracht wurden, angeregt.¹⁾ Die Klagen darüber hatten jedoch zunächst keine praktischen Folgen.

Als dann nach dem Erscheinen der Arbeit von Wex über die Wasserabnahme in den Strömen und Flüssen die Frage wieder allgemein zur Discussion gelangte und die Befürchtungen vor einer erfolgten Verschlimmerung des Regimes der Flüsse durch die um diese Zeit fallende Überschwemmung vom 25. bis 26. Mai 1872, sowie die bald darauf folgende außerordentliche Trockenheit des Jahres 1874 scheinbar bestätigt wurde, da entschloss sich der Landtag von Böhmen, eine Enquête-Commission einzuberufen, die zunächst über die Mittel gegen den zunehmenden Wassermangel und die überhandnehmenden Überschwemmungen Vorschläge machen sollte. Auf Grund der Vorschläge dieser Enquête, der auch Professor Harlacher angehört hatte, wurde vom Landtage beschlossen eine hydrographische Commission einzusetzen, welcher die Aufgabe zufiel, eine gründliche Untersuchung der Niederschlags- und Abflussverhältnisse des Landes vorzunehmen.²⁾

Diese Commission begann ihre Thätigkeit im Jahre 1875. Sie schlug gleich von Anfang an jene zielbewusste Richtung ein, der wir zu verdanken haben, dass die von ihr gelieferten Daten zur Beantwortung mancher wissenschaftlichen Frage herbeigezogen werden können. Dies ist das besondere Verdienst von Harlacher. Er war selbständig, schon vor der Einsetzung der Commission, auf deren Arbeitsfelde thätig, er hatte sich um die Gründung der Commission Verdienste erworben³⁾ und war dann in der Commission selbst als Leiter der hydrometrischen Section in der hervorragendsten Weise thätig. Harlacher, ein ehemaliger Assistent Culmann's, hat nämlich bald nach seiner Berufung nach Prag (1869), angeregt durch die internationale Rheinstrommessung bei Basel (1867)⁴⁾ und durch die äußerst günstigen

¹⁾ Dr. Edm. Schebeck. Die Wasserstände der Elbe und Moldau (Sep.-Abdr. aus der Statistischen Monatsschrift. 1876. p. 1 u. 2. ²⁾ Harlacher. Die Messungen in der Elbe und Donau. Lpz. 1881. p. 44, 45. ³⁾ Frauenholz. Die hydrographische Commission des Königreichs Böhmen. Deutsche Bauztg. 1884. p. 535. ⁴⁾ M. Huber. Prof. Harlacher. Nekrolog. Technische Blätter 1892. p. 218.

Flussverhältnisse Böhmens, welche es gestatten, mit verhältnismäßig wenig Messungen wichtige Resultate zu erlangen¹⁾, Messungen in der Elbe, bei ihrem Austritte aus Böhmen begonnen, um daraus die von der Elbe aus Böhmen abgeführte Wassermasse berechnen zu können.

»In der Elbe spiegeln sich die Wasserverhältnisse des ganzen Landes wieder; an ihrem Stande erkennen wir zeitweilige Trockenheit, zeitweilige Nässe im Lande.«²⁾ Dieser leitende Gedanke Harlacher's wurde auch der hydrographischen Commission zur Richtschnur, und sie wendete einen ansehnlichen Theil ihrer Thätigkeit dem Studium dieser Frage zu, die sich Harlacher schon 1870 gestellt hatte.

Um die ihr gestellte Aufgabe einer gründlichen Untersuchung der Niederschlags- und Abflussverhältnisse des Landes besser bewältigen zu können, vertheilte die Commission ihre Arbeit auf zwei Sectionen: die hydrometrische, welche von Harlacher geleitet wurde, und die ombrometrische, welche Prof. Dr. Studnička unterstellt wurde. Die Arbeiten beider Sectionen erschienen, so lange die hydrographische Commission bestand, also bis 1888, als ganz selbständige Publicationen.

Die Thätigkeit der hydrometrischen Section umfasste das Sammeln und Publicieren von Pegelbeobachtungen an den verschiedenen Flüssen Böhmens, sowie die Wassermengenbestimmungen. Solche hatte Harlacher an der Elbe bei ihrem Austritte aus Böhmen schon in den Jahren 1870 und 1871 bei Herrnskretschan unfern der sächsisch-böhmischen Grenze ausgeführt. Jetzt wurden sie mit verbesserten Instrumenten und mit großer Sorgfalt bei Tetschen angestellt. Die Ursachen dieser Verlegung der Messungsstelle nach Tetschen waren einerseits die bequemere Zugänglichkeit von Tetschen, sowie die Möglichkeit in diesem wichtigen Hafensplatze die zu den Wassermessungen nöthigen Geräte (Kähne, Anker, Seilwerk u. s. w.), sowie die Bedienungsmannschaft jederzeit bekommen zu können, was in Herrnskretschan schwer möglich war; andererseits befand sich in Tetschen ein seit 1851 regelmäßig beobachteter Pegel³⁾, auf den die Messungen bezogen werden konnten.

So wurden denn in Tetschen in den Jahren 1875—81 die Wassermengenbestimmungen von Harlacher ausgeführt. Sie fanden bei verschiedenen Wasserständen zwischen -0.353 m und $+5.38\text{ m}$ (Tetschener Pegel) statt und hatten als Ergebnis eine Tabelle, welche es ermöglicht, für jeden Wasserstand in Tetschen die entsprechende Abflussmenge zu entnehmen. Die bei diesen Messungen benützten Apparate und die zur Berechnung der Beobachtungen verwendeten Methoden hat Harlacher in seinem Werke: »Die Messungen in der Elbe und Donau und die hydrometrischen Apparate und Methoden des Verfassers,« Leipzig 1881, dargelegt. Die Messungsergebnisse selbst finden sich in der siebenten Publication der hydrographischen Commission betitelt: »Die hydrometrischen Arbeiten in der Elbe bei Tetschen,« Prag 1883; hier steht auf Seite 26 die Consumtions-Tabelle der Elbe bei Tetschen.

Später hat Harlacher noch an mehreren anderen Flüssen in Böhmen Wassermengenbestimmungen vorgenommen, aber von den Resultaten dieser Messungen nur diejenigen publiciert, welche sich auf die für die Wasserstandsprognose bei Tetschen wichtigen Flüsse beziehen.⁴⁾ Es sind dies die Consumtionsmessungen der Eger bei Laun, der Moldau

¹⁾ Frauenholz. A. a. O. ²⁾ Harlacher. Bericht über die bis Ende 1879 ausgeführten hydrometrischen Arbeiten (1880). p. 1. ³⁾ Harlacher. Die hydrometrischen Arbeiten in der Elbe bei Tetschen (1883). p. 1. ⁴⁾ Harlacher und Richter. Mittheilungen über die einfache Ermittlung der Abflussmengen von Flüssen und über die Vorherbestimmung der Wasserstände. Allg. Bauztg. 1886. p. 26, 27.

bei Prag (bezogen auf den Pegel in Karolinenthal) und der kleinen Elbe bei Neratowitz (bezogen auf den Pegel in Brandeis).

Außerdem führte Harlacher noch Wassermengenbestimmungen an mehreren kleineren Flüssen in Böhmen¹⁾ aus, und zwar an der Moldau bei Hohenfurt, Budweis, Podolsko und Stěchowitz; an der Elbe bei Pardubitz, Kolin, Nimburg und Außig; an der Iser bei Jung-Bunzlau; an der Maltſch bei Rothenhof; an der Luschnitz bei Běchčín; an der Wottawa bei Pisek; an der Sazawa bei Porschitsch; an der Beraun bei Pilsen und Karlstein; an der Mies bei Pilsen; an der Eger bei Falkenau, Tschirnitz und Klösterle. Von den Resultaten dieser Messungen ist mit Ausnahme der letztgenannten in der Eger bei Klösterle bisher nichts in die Öffentlichkeit gelangt.

Was die Pegelbeobachtungen betrifft, so fand die Commission nur an den sogenannten Reichsflüssen, der Elbe und Moldau, Pegel vor, wo sie im Interesse der Schifffahrt aufgestellt waren.²⁾ Doch waren bei manchen von diesen Pegeln wegen ihrer ungünstigen Lage Umstellungen nothwendig. Außerdem wurden auch die sogenannten Landesflüsse in den Bereich der Beobachtungen gezogen, zu welchem Zwecke Pegel erst gesetzt werden mussten.

Die Zahl der Pegel, von denen die Beobachtungen jährlich publiciert wurden, wuchs von Jahr zu Jahr. Ihre Zahl betrug 1888, als die hydrographische Section aufgelöst wurde und ihre Arbeiten der hydrographischen Abtheilung im technischen Bureau des Landesculturrathes überwiesen wurden, 47. Die Resultate der Beobachtungen wurden in Form von Tabellen und graphischen Übersichten veröffentlicht. Die betreffenden Publicationen sind: Bericht über die bis Ende 1879 ausgeführten hydrometrischen Arbeiten nebst den Wasserstandsbeobachtungen in den Jahren 1875 und 1876, von Prof. A. R. Harlacher, Vorstand der hydrometrischen Section (Prag 1880) und: Die hydrometrischen Beobachtungen in den Jahren 1877, 1878 und 1879 (Prag 1881). Vom Jahre 1880 angefangen erschien dann jedes Jahr separat, und zwar erfolgte die Herausgabe bald nach Jahreschluss.

In dieser Form wurden die Beobachtungen der Jahre 1880—1888 publiciert. Sie hatten den Titel und das Vorwort, das eine Jahr in deutscher, das andere Jahr in čechischer Sprache. Der deutsche Titel lautet: Die hydrometrischen Beobachtungen im Jahre 1888. Tabellarisch und graphisch dargestellt von A. R. Harlacher.

Im Jahre 1888 wurde die hydrographische Commission aufgelöst. Ihre Arbeiten wurden dem technischen Bureau des Landesculturrathes überwiesen, und seit dem Jahre 1889 werden die Pegelbeobachtungen von der hydrographischen Abtheilung des technischen Bureaus unter einem utraquistischen Titel herausgegeben, dessen deutscher Theil: Ergebnisse der Wasserstandsbeobachtungen an den Flüssen Böhmens für das Jahr . . . lautet. Die einheitliche Veröffentlichung dieser Beobachtungen ist der Grund dafür, dass das eben erschienene Jahrbuch des hydrographischen Centralbureaus Wien Bd. I für 1893 auf die Elbe nicht eingeht. Dagegen werden seit 1892 die Wasserstände der Elbe zu Pardubitz, Brandeis, Melnik, Leitmeritz und Tetschen auch in dem hydrologischen Jahresberichte von der Elbe,

¹⁾ M. Huber. Prof. Harlacher Nekrolog. Techn. Blätter 1892. p. 221. ²⁾ Messungen in der Elbe und Donau p. 45.

auf Grund des Beschlusses der technischen Vertreter der deutschen Elb-Ufer-Staaten vom 17. December 1891, bearbeitet von der Elbstrom-Bauverwaltung zu Magdeburg ausführlich veröffentlicht. Die monatlichen Übersichten der Ergebnisse von hydrometrischen Beobachtungen, herausgegeben seit 1875 vom k. u. k. technischen Militär-Comité, enthalten lediglich die fünf-tägigen Mittel des Wasserstandes von sechs Stationen im böhmischen Elbegebiete.

Die zweite Section der hydrographischen Commission war von letzterer fast ganz unabhängig und galt mehr als eine Abtheilung der naturwissenschaftlichen Durchforschung von Böhmen.¹⁾ Sie erhielt von der hydrographischen Commission nur einen Beitrag zur Bestreitung eines Theiles der Kosten der Publication des Beobachtungsmaterials; letztere wurden zum größten Theile von der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften bestritten, da ihre Publication in den Abhandlungen dieser Gesellschaft (math.-naturw. Cl.) erfolgte. Der deutsche Theil des ebenfalls utraquistischen Titels dieser von Studnička besorgten Publication lautet: Resultate der ombrometrischen Beobachtungen in Böhmen während des Jahres

Das ombrometrische Beobachtungsnetz in Böhmen hat während des Bestehens der ombrometrischen Section an Dichte außerordentlich zugenommen. Während die Zahl der Beobachtungsstationen vor ihrer Gründung im Jahre 1873 nur 11 betrug und 1875, in welchem Jahre ihre Publication begann, auf 31 gestiegen war, erreichte sie schon 1879 die Zahl von 319, auf welcher Höhe sie einige Zeit lang blieb, um dann 1885 auf mehr als das Doppelte zu steigen.²⁾ Es ist nämlich im Jahre 1878 auf Anregung des böhmischen Forstvereins noch ein Netz von ombrometrischen Stationen in Böhmen errichtet worden, welches bald an Zahl der Stationen das Netz der ombrometrischen Section übertraf. Die Veröffentlichung der Ergebnisse dieses forstliches Netzes³⁾ besorgte Prof. Em. Ritter v. Purkyně in Weißwasser, von dem auch die Anregung zur Errichtung des Netzes ausgieng. Die Publication geschah in Heften, deren jedes je einen Monat umfasste und die täglichen Beobachtungen aller Stationen enthielt. Der Titel dieser Hefte (bloß deutsch) lautet: Ombrometrische Beobachtungen der vom böhmischen Forstvereine in den Forsten Böhmens in verschiedenen Seehöhen und Expositionen errichteten Stationen. Herausgegeben von der Forstlehranstalt Weißwasser, zusammengestellt und redigiert von Dr. Emanuel v. Purkyně, Professor an der Forstlehranstalt Weißwasser. In dieser Weise wurden die Beobachtungen der Jahre 1879—1882 herausgegeben.⁴⁾ Nach dem Tode des Prof. Purkyně erschienen noch die Beobachtungen des Jahres 1882 und damit hörte die Publicierung in der von Purkyně begonnenen Weise auf. Im Jahre 1885 wurden beide Netze, das von Studnička und das von Purkyně geleitete, vereinigt und wurden von nun an die Beobachtungen der beiden ombrometrischen Netze, deren Stationenzahl jedoch nur mehr 705 betrug, von Studnička einheitlich herausgegeben. Dieses Netz, dessen Stationenzahl allerdings nicht in allen Jahren die gleiche blieb, sondern um ein wenig schwankte, jedoch 1888 wieder 705 betrug, gieng dann im Jahre 1888

¹⁾ Studnička. Hyetographie v. Böhmen. Archiv für naturw. Landesdurchforsch. v. Böhmen. VI. 3 (1887). p. 11. ²⁾ Studnička. A. a. O. p. 11. ³⁾ Dieses Netz hatte 1882 schon 730 Stationen. ⁴⁾ Die Beobachtungen einiger von diesen Stationen sind auch in der von Studnička herausgegebenen Publication enthalten.

in die Verwaltung der hydrographischen Abtheilung des Landesculturathes über und werden die betreffenden Beobachtungen von diesem unter dem Titel: Ergebnisse der ombrometrischen Beobachtungen in Böhmen für das Jahr . . . (deutsch und čechisch) herausgegeben.

Auf diese Weise entwickelte sich das böhmische ombrometrische Netz zu dem dichtesten auf der Erde; es kam in Böhmen in manchen Jahren schon auf 70 km^2 eine ombrometrische Station, während in Sachsen erst auf 100 km^2 und in England auf 150 km^2 eine Station kam.¹⁾ Die anderen Länder bleiben natürlich weit zurück. Es ist somit Böhmen das Land mit dem dichtesten ombrometrischen Netze auf der Erde. Aber auch die Wassermengenbestimmungen in der Elbe bei Tetschen gehören nicht nur zu den besten, welche wir überhaupt besitzen, sondern sie beziehen sich zugleich auf eine Stelle, wo das Flussbett nahezu stabil ist. Wir befinden uns bei Tetschen im Durchbruchthale der Elbe, wo der Strom feste Ufer besitzt. Eine kontinuierliche Erhöhung oder Eintiefung der Flusssohle, welche sich im Wasserstande des Flusses spiegeln würde, ist hier nicht anzunehmen und nicht nachweisbar. Man hat es also hier lediglich mit dem Wandern der Kiesbänke zu thun, welches zeitweilig jenes Verhältnis beeinflusst. Dies Wandern geschieht jedoch im Elbedurchbruche allem Anscheine nach sehr langsam. Wir haben zwar aus dem Elbedurchbruche selbst keine Beobachtungen darüber, aber von der weiter unten gelegenen sächsischen Strecke ist die große Stabilität der Kiesbänke bekannt.²⁾ Wir können also annehmen, dass die von Harlacher entworfene Consumtionstabelle auf längere Zeit hinaus verwertbar ist. Es können daher die Beobachtungen in Böhmen herbeigezogen werden zur Beantwortung der für die physikalische Geographie wichtigen Frage: in welchem Maße der Wasserreichthum eines mitteleuropäischen Flusses vom Niederschlagsreichthume seines Einzugsgebietes abhängt.

Wir werden also die Elbe bei ihrem Austritte aus Böhmen ins Auge fassen, ihre mittlere Wasserführung in den einzelnen Monaten und Jahren zu berechnen trachten und neben diesen abgeflossenen Wassermengen jene bestimmen, welche nach den ombrometrischen Beobachtungen in den entsprechenden Perioden als Niederschlag über ihrem Gebiete niedergegangen sind.

Außerdem werden zum Vergleiche auch die, zwar nach minder genauen Methoden und auf nicht einwurfsfreien Flussstellen gemachten Messungen und Beobachtungen bei Prag, Brandeis und Laun herbeigezogen werden. Von diesen drei Stationen hat bloß Prag (Karolinenthal) Beobachtungen aus der ganzen 15jährigen Periode 1876—1890, während die übrigen zwei Pegel erst später gesetzt worden sind, so dass von ihnen nur die Beobachtungen des letzten Lustrums (1886 bis 1890) bearbeitet wurden.

Dagegen konnte nicht auf die neuen, wertvollen Materialien eingegangen werden, welche in den hydrologischen Jahresberichten von der Elbe für 1892, 1893 und 1894 (auf Grund des Beschlusses der technischen Vertreter der deutschen Elb-Ufer-Staaten vom 17. September

¹⁾ Schreiber. Die Beziehungen zwischen dem Niederschlag in Böhmen und dem Wasserabfluss in der Elbe bei Tetschen. Mittheil. Ver. Erdk. Leipzig. 1891. p. 77. ²⁾ Grebenau. Strombereisung der sächs. Elbe. Ztschr. bayer. Ing. und Archit.-Ver. 1871. p. 57. Nachrichten über die Ströme des preuß. Staates. 4. Der Elbstrom. Ztschr. f. Bauwes. 1859. p. 189. Bestimmungen von Normalprofilen für die Elbe. Deutsche Bauztg. 1886. p. 425.

1891, bearbeitet von der königlichen Elbstrom-Bauverwaltung zu Magdeburg, Magdeburg 1893, 1894 und 1895) niedergelegt sind. Diese Materialien sind so außerordentlich reich und wichtig, dass sie eine ebenso eingehende Untersuchung der mittleren und unteren Elbe ermöglichen, wie sie hier für den oberen Abschnitt des großen Stromes zu geben versucht wird.

1. Die Pegelbeobachtungen in Tetschen.

Es sind zwar bei Tetschen seit 1851 regelmäßig Ablesungen auf demselben Pegel gemacht worden, aber erst die Beobachtungen nach der Gründung der hydrometrischen Commission sind von letzterer selbst ausführlich publiciert worden. Es liegen uns also von den Wasserstandsbeobachtungen in Tetschen bloß diejenigen aus den Jahren 1875—90 vor, und diese wurden hier bearbeitet. Die Beschränkung gerade auf diese Periode erscheint außerdem dadurch geboten, dass bei Beginn und bei Schluss derselben namhafte Hochwässer eintraten, welche die Gestaltung der Flusssohle wesentlich zu beeinflussen pflegen, so dass es nicht thunlich erscheint die Harlacher'sche Consumtionstabelle ohne weiters auch auf frühere und spätere Jahre auszudehnen. Es ist jedoch von diesem Principe insoferne abgewichen worden, als auch die Wasserführung des Jahres 1875 berechnet wurde, obwohl wahrscheinlicher Weise durch das Hochwasser vom März 1876 das Profil eine Änderung erfahren hat; denn es kamen bei diesem Hochwasser ebenso große Wassermassen zum Abflusse, wie beim Hochwasser im September 1890, bei welchem eine Profils-Änderung durch das Nichtübereinstimmen der Wasserstandsprognosen nach dieser Zeit, wahrscheinlich gemacht worden ist.¹⁾ Das Jahr 1875 ist aber nur zum Vergleich herbeigezogen worden, um zu zeigen, einen wie großen Einfluss auf das 15jährige Mittel der Wasserführung ein abnormes Jahr, wie es das Jahr 1890 war, ausüben kann.

Aber die Benützung der Pegelablesungen, wie sie in den Publicationen der hydrographischen Commission vorliegen, kann doch nicht ohne weiteres geschehen. Die Beobachtungen in Tetschen wurden bloß bis 1879 auf dem alten, 1851 errichteten Pegel am Tetschener-Quai gemacht, von da an werden sie an dem sogenannten Kettenbrückenpegel vorgenommen. Harlacher hat die Reduction des Quaipegels auf den Kettenbrückenpegel mitgetheilt.²⁾ Mittels derselben sind dann die in Tab. I niedergelegten Daten über den Wasserstand der Elbe auf den Kettenbrückenpegel übertragen worden. — Harlacher hat auch die Consumtionstabelle für den Kettenbrückenpegel mitgetheilt³⁾, und diese ist bei der Berechnung der Wasserführung vom Jahre 1879 an benützt worden.

Es muss aber noch eine Correctur an den mitgetheilten Pegelständen vorgenommen werden, um sie für die Berechnung der Wasserführung des Flusses benutzen zu können. Der Wasserstand des Flusses wird bekanntlich durch zwei Momente bedingt: 1. durch die Größe des Zuflusses, 2. durch die Abflussmöglichkeit. Die Abflussmöglichkeit unserer Flüsse wird wesentlich durch ihre Eisbedeckung beeinflusst, welche unter Umständen zu einer Aufstauung von Wasser führen kann. Man erhält

¹⁾ Die Einrichtung des Wasserstands-Prognosendienstes an der Elbe in Böhmen. Herausgegeben vom Technischen Bureau für das Kgr. Böhmen (1892) p. 24. —

²⁾ Harlacher. Arbeiten in der Elbe bei Tetschen (1883) p. 27. ³⁾ A. a. O. p. 27.

dann hohe Wasserstände, welche nicht einer grossen Wasserführung entsprechen, wie eine solche bei den Schwellhochwässern stattfindet. Um nun aus den Wasserständen der Flüsse die Wasserführung herleiten zu können, muss man zunächst aus den Pegelaufzeichnungen das Stauwasser zu eliminieren trachten. Dies geschieht, indem man den während einer Stauperiode beobachteten Wasserstand ersetzt durch einen reducierten, hergeleitet aus den Wasserständen an Stationen, wo kein Stauwasser die Wasserstände gestört hat. Nun zeigt es sich, dass bei Tetschen Stauwasser vorhanden war, als in Außig und Dresden kein solches zu verzeichnen war. Die Beobachtungen an diesen beiden Orten konnten daher zu einer Reduction der Tetschener Pegelstände verwertet werden. Es wurden zu diesem Zwecke graphische Reductionstabellen des Außiger und des Dresdener Pegels auf die beiden Tetschener Pegel hergestellt. Mit Hilfe von diesen Tabellen geschah die Reduction der Tetschener Pegelstände für diejenigen Tage, wo in Tetschen Stauwasser notiert war oder nach den großen Unterschieden zwischen den beobachteten und den aus Außig und Dresden berechneten wahrscheinlich war. In einigen Fällen jedoch waren die Eisverhältnisse so ungünstig, dass weder Dresden noch Außig zur Reducierung des Wasserstandes benützt werden konnten, da auch dort gleichzeitig Stauwasser war. So war es z. B. vom 20. Januar bis 12. Februar 1881. Da es sich zeigte, dass während der dem Stau vorausgehenden Tage die Wassermenge in der Moldau bei Prag sich zur Wassermenge der Elbe des nächsten Tages, wie ungefähr 1 : 2 verhielt, so wurde dieser Umstand bei der Interpolation benützt und so die ungestauten Wasserstände für Tetschen berechnet, indem man dieses Verhältnis auch bei den Tagen annahm, an denen bei Tetschen Stauwasser war. Ein anderes Mal (im Januar 1889, vom 5. angefangen) wurde die Harlacher'sche Methode der Wasserstandsprognose zu Hilfe genommen. Im December 1879 mussten jedoch die Wasserstände während der Stauperiode durch graphische Interpolation ermittelt werden, wobei die Wasserstände des dem Stau vorangehenden Tages sowie des Tages nach Aufhören des Stauwassers, direct verbunden wurden. Die Genauigkeit aller dieser Interpolationen, welche den Einfluss des Stauwassers zu eliminieren trachten, wird wohl nicht immer die Genauigkeit der Wasserstandsprognosen im ungestauten Strome erreichen, schon deshalb nicht, weil das Wasser dabei oft mehrere Staubezirke zu durchfließen hat, und auch die Reductionstabellen nicht in allen Fällen vollkommene Giltigkeit haben¹⁾, sie müssen aber doch vorgenommen werden, da die Aufstauungen manchmal ganz gewaltige Werte erreichen können.

Tab. I. Tabelle der monatlich beobachteten und reducierten Wasserstandsmittel der Elbe bei Tetschen (Kettenbrückenpegel) in *cm*.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1875	+ 27	0	+ 57	+ 86	+ 22	-25	+17	-22	- 51	+ 3	+ 61	+131	+25
1876	+ 47	+268	+318	+128	+ 49	+25	-22	-56	- 15	- 2	- 8	+ 32	+63
77	+ 41	+202	+153	+136	+ 36	-12	-24	-29	- 38	- 32	- 33	- 9	+32
78	+ 77	+ 50	+216	+135	+ 52	- 7	-32	-27	- 24	- 6	+ 8	- 16	+35
79	+188	+148	+105	+124	+ 85	+74	+33	- 2	- 20	- 13	+ 18	(+ 27)	(+55)
80	(+ 74)	(+ 51)	+139	+ 49	+116	+93	+ 8	+70	+ 4	+ 32	+ 75	+176	(+74)
1876/80	(+85)	(+144)	+186	+114	+ 68	+35	- 7	- 9	- 19	- 4	+ 12	(+ 42)	(+52)

¹⁾ Die Einrichtung des Wasserstands-Prognosendienstes an der Elbe in Böhmen. Herausgegeben vom Technischen Bureau für das Kgr. Böhmen. (1892) p. 32.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1881	(+120)	(+114)	+213	+84	+91	+59	+3	-22	+40	+35	+22	-7	(+63)
82	-3	-4	+48	+19	+11	+14	-7	+98	+60	+102	+145	+190	+56
83	+172	+60	+52	+76	+33	+56	+49	+43	-9	+15	+1	+36	+49
84	+66	+95	+41	+52	+30	+30	+14	-6	-15	+29	+22	+130	+40
85	+55	+107	+111	+57	+6	-44	-28	-53	-41	0	-9	+73	+19
1881/85	(+82)	(+74)	+93	+58	+34	+23	+6	+12	+7	+36	+36	+84	(+45)
1886	+10	-8	-103	+173	+16	+95	+84	-4	-26	-19	-29	+20	+35
87	+39	+51	+96	+103	+111	+18	-42	-43	-46	-43	-18	-32	+16
88	+26	+55	+244	+225	+62	+11	+16	+83	+139	+79	+34	+10	+82
89	+120	+92	+126	+198	+101	+21	-16	-20	-27	+94	+15	-22	+56
90	+65	+36	-81	+62	+99	+52	+54	+91	+261	+56	+88	+74	+85
1886/90	+52	+45	+130	+152	+78	+39	+19	+21	+60	+33	+18	+10	+55
1875/90	(+70)	(+82)	+131	+107	+59	+29	+7	+6	+12	+21	+25	+51	+49
1876/90	(+73)	(+88)	+136	+108	+60	+32	+6	+8	+16	+22	+22	+45	+51
1875/89	(+71)	(+85)	+135	+110	+55	+27	+3	+1	-5	+18	+20	+49	+47
	reduciert					reduciert							
	Dec.*	Jan.*	Febr.*	März*	Jahr*	Dec.*	Jan.*	Febr.*	März*	Jahr*			
1875	(+92)	+27	(-22)	(+42)	(+19)	1886	+20	-10	-8	+103	+35		
						87	(-34)	(-17)	(-20)	+96	(+5)		
1876	(+14)	(+26)	(-205)	+318	(+55)	88	+10	(-2)	(-13)	(+188)	(+69)		
77	(-22)	(+36)	+202	+153	(+31)	89	-22	(+31)	(+43)	+126	(+40)		
78	-16	(+12)	+50	+216	(+30)	90	(+69)	+65	+36	+81	(+85)		
79	(-7)	(+42)	(+83)	+105	(+44)								
80	+176	(+62)	(+42)	+139	(+72)	1886/90	(+9)	(+5)	(+8)	(+119)	(+47)		
1876/80	(+29)	(+36)	(+116)	+186	(+46)	1875/90	(+43)	(+32)	(+54)	(+127)	(+43)		
1881	-7	(+49)	(+63)	+213	(+53)	1876/90	(+40)	(+32)	(+59)	(+133)	(+45)		
82	+190	-3	-4	+48	+56								
83	+36	+172	+60	+52	+49	1875/89	(+41)	(+30)	(+55)	(+130)	(+40)		
84	+130	+66	+95	+41	+40								
85	(+58)	(-1)	(+54)	+111	(+9)								
1881/85	(+81)	(+57)	(+54)	+93	(+41)								

Die Mittel dieser vom Einflusse des Stauwassers befreiten Wasserstände der Wintermonate und des Jahres sind gleichfalls in Tab. I zusammengestellt. Ein Vergleich dieser Zahlen mit den unreducierten zeigt (Vergl. Fig. 1), dass der Einfluss des Stauwassers auf die Monatsmittel des Wasserstandes in den Monaten mit Eisdecke ein sehr beträchtlicher werden kann. Er ändert z. B. den mittleren Wasserstand des Januars im Durchschnitt um 40 *cm*, in einzelnen Jahren jedoch kann der Unterschied zwischen reducierten und nichtreducierten Monatsmitteln bis zu 144 *cm* betragen (Jan. 1889), ja selbst das Jahresmittel kann infolge von Nichteliminierung des Stauwassers bis zu 16 *cm* zu hoch ausfallen, wie dies im Jahre 1889 der Fall war. Im Durchschnitt von 12 Eisjahren beläuft sich der Einfluss des Stauwassers auf 8 *cm*, während der 16 Beobachtungsjahre 1875/90 auf 6 *cm* im Jahresmittel, und in den einzelnen Monaten

Dec.	Jan.	Febr.	März
2 <i>cm</i>	38 <i>cm</i>	28 <i>cm</i>	4 <i>cm</i>

* Wintermonate und Jahresmittel wegen des Eisstau reduciert. Eingeklammert die Zahlenwerte, in welchen durch Reduction erhaltene Grössen enthalten sind.

Es ist also die Änderung des wahren Wasserstandes infolge von Stauwasser eine nicht beträchtliche, und erheblich geringer als die mittlere Änderung des Wasserstandes von Jahr zu Jahr (21 *cm*). Sie ist daher im allgemeinen nicht geeignet, den Sinn der Wasserstandsänderungen von Jahr zu Jahr zu ändern. Immerhin aber verstärkt der Einfluss des Stauwassers die Wasserstandsänderungen von Jahrfünft zu Jahrfünft, wie folgende Zusammenstellung ersichtlich macht:

Wasserstandsänderung von 1876/80 auf 1881/85 auf 1886/90.

ohne	Eliminierung des Stauwassers	— 7 <i>cm</i>	+ 10 <i>cm</i>
nach	»	— 5 <i>cm</i>	+ 6 <i>cm</i>

Es ist also der Einfluss des Stauwassers bei Untersuchungen über Klimaschwankungen, wenn dieselben aus den fünf Jahresmitteln des Wasserstandes hergeleitet werden sollen, nicht ganz zu übersehen.

Wasserstandsänderungen von Monat zu Monat in *cm*.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mit Stauwasser	+12	+49	-24	-48	-30	-22	-1	+6	+9	+4	+26	+19
Ohne	+22	+73	-20	-48	-30	-22	-1	+6	+9	+4	+18	-11

Sehr bemerkenswert ist, wie vorstehende Zusammenstellung lehrt, der Einfluss des Stauwassers auf die monatliche Änderung des Wasserstandes. Eliminiert man ihn nicht, so zeigt sich vom August bis zum März ein continuierliches Ansteigen des Wasserstandes um 125 *cm*, dem dann ein Fallen um denselben Betrag von März bis August gegenübersteht. Merzt man den Einfluss des Stauwassers aus, so zeigt sich ein Ansteigen des Wasserstandes um 37 *cm* von August bis December, dann ein Fallen von 11 *cm* zum Januar, nach welcher Unterbrechung sich das Steigen bis zum März im Gesamtbetrage von 95 *cm* fortsetzt, dann fällt das Wasser bis zum August um 121 *cm*. Es dankt also das beobachtbare Ansteigen des Wasserstandes im Januar im wesentlichen dem Eisstau seine Entstehung. In diesem Umfange bestätigt sich die Ansicht von Heinrich Berghaus,¹⁾ dass der Eisstand die wichtigste Ursache für den hohen winterlichen Stand der mittel- und nordeuropäischen Flüsse ist.

Nach den Wasserstandsverhältnissen kann man nach Vorstehendem an der Elbe drei Abschnitte des Jahres sondern: erstens den Winter von November bis Februar, mit mittlerem Stand und gelegentlich mit Eisbildung, ferner das Frühjahr, vom März bis Juni, ausgezeichnet durch ein rasch eintretendes und langsam fallendes Hochwasser, wogegen sich die Hochsommer- und Herbstmonate Juli bis October durch sehr niedrigen, langsam wachsenden Wasserstand kennzeichnen.

Das Stauwasser bezeichnet eine Verzögerung des freien Abflusses des Wassers im Flusse. Während des Bestandes der Eisdecke wird ein großer Theil des Wassers auf längere oder kürzere Zeit zurückgehalten, um dann nach Aufbruch der Eisdecke meist sehr rasch zum Abflusse zu gelangen. Da der Abgang des Eises bei Tetschen im Durchschnitte anfangs März (siehe Tab. II) stattfindet, so werden im März Wassermassen zum Abflusse kommen, die zum Theil noch im vorangehenden Monate hätten abfließen sollen.

¹⁾ Berghaus. Allg. Länder- und Völkerkunde (1837) II. p. 328.

2. Die Eisverhältnisse der Elbe bei Leitmeritz, Außig und Tetschen.

Die Untersuchung der Stauverhältnisse des Elbewassers bei Tetschen setzt eine Kenntnis der Eisverhältnisse der betreffenden Stromstrecke voraus. Da dieselben an sich von nicht geringem hydrologischem Interesse sind, so seien die einschlägigen Ergebnisse im folgenden zusammengestellt. Es kommen hier die Beobachtungsstationen Leitmeritz, Außig und Tetschen in Betracht. In manchen Jahren sind die Aufzeichnungen in den veröffentlichten Beobachtungs-Journalen über die Eisverhältnisse sehr lückenhaft. Auch in den Jahren wo sie reichhaltiger waren, ergab ein Vergleich mit benachbarten Stationen offenbare Lücken, so dass Interpolationen nothwendig waren. Da nun alle drei Stationen, deren Daten über die Eisverhältnisse hier zusammengestellt sind, ähnlichen klimatischen Verhältnissen unterliegen, so ergab sich die Möglichkeit, mit Hilfe der Beobachtungen an einer Station, die Daten für die andere, flussabwärts gelegene, zu ergänzen, denn, da die drei Stationen nicht weit von einander entfernt sind,¹⁾ so kann man wohl annehmen, dass, wenn auf einer flussaufwärts gelegenen Station Eistreiben mehr als einen Tag herrscht, Treibeis auch an der unterhalb gelegenen Station zur Beobachtung gelangen muss. Die Ergebnisse dieser Zusammenstellungen sind in der Tab. II enthalten.

Bei denjenigen Elementen, welche die Tab. II an erster Stelle enthält, beim Anfange und Ende des Eistreibens, können größere Unterschiede zwischen den verschiedenen Stationen infolge der Gleichheit ihres Klimas nicht vorkommen. Es kann bloß geschehen, dass sich der Anfang des Treibeises an der unteren Station um einen Tag verspätet, oder dass die untere Station Eis früher erhält als die obere, infolge von Eiszufuhr vonseiten eines zwischen beiden Stationen einmündenden Nebenflusses. Ein gleiches ist es mit dem Termin des letzten Eises, der auch infolge dieses Umstandes einen Unterschied von einigen Tagen bei den verschiedenen Stationen aufweisen kann.

Überdies enthält Tab. II ein Verzeichnis der Anzahl der Tage mit Eis. Man bemerkt, dass das Verhältnis der Tage mit Eis zur Anzahl der Tage zwischen dem ersten und letzten Eise stromabwärts größer wird, d. h. es wird ein umso größerer Theil dieser Zeit von den Tagen mit Eis eingenommen, je weiter man flussabwärts fortschreitet, ferner nimmt man wahr, dass in strengen Wintern ein viel größerer Theil dieser Zeit Eis aufweist, als in milden Wintern.

Die uns in diesem Falle am meisten interessierende Tabelle der Tage mit Eisdecke weist viel größere Unterschiede an den verschiedenen Stationen auf, denn die Zahl dieser Tage hängt nicht bloß von klimatischen Verhältnissen, die ja an allen drei Stationen nahezu dieselben sind, sondern auch von der Beschaffenheit des Flussbettes, welche das Stellen des Eisstoßes mehr oder weniger begünstigt. Es ergibt sich ferner, dass sowohl Eisstand als auch Stauwasser bei Tetschen öfters vorkommt und gewöhnlich auch länger dauert als in Außig. Einigemale ist es vorgekommen, dass sich das Eis bei Niedergrund unterhalb Tetschen gestellt hat und der Eisstoß sich nicht ganz bis Tetschen erstreckt hat, jedoch hat auch in diesen Fällen das Stauwasser bis nach Tetschen gereicht. Die Stelle des Flusses, von der sich der Eisstoß vorzubauen pflegt, liegt gewöhnlich elbaufwärts von Außig bei Wannow, was auch bedingt, dass bei Außig Stauwasser seltener vorkommt. Es scheinen

¹⁾ Die Entfernungen betragen: Tetschen-Außig: 26 km., Außig-Leitmeritz. 26·5 km. (Elbe-Schiffahrts-Kalender 1883, p. 50.)

sich also hier, im Gegensatze zur Donau, gerade in den Durchbruchstrecken die Eisstöße mit Vorliebe anzusetzen.

Tab. II, deren Inhalt auch in Fig. 1 wiedergegeben ist, ermöglicht einen Vergleich zwischen den Eisverhältnissen der Elbe beim Austritte aus Böhmen und jenen der mittleren Elbe bei Magdeburg und Barby, von welchen Stationen wir einiges Material haben, sowie mit den von Swarowsky untersuchten der Donau.¹⁾

Nach dem spärlichen Materiale, das wir über die Eisverhältnisse der Elbe von anderen Stationen haben, kann man Folgendes sagen: Bei Magdeburg²⁾ trat in der 15jährigen Periode 1875—1890 das Eis-treiben im Durchschnitt am 10. December, also noch um zwei Tage früher als bei Tetschen, was bei der Lage von Magdeburg in einer höheren Breite, auch zu erwarten ist. Die Elbe wird aber auch früher eisfrei in Magdeburg als in Tetschen, und zwar während der angenommenen Periode um drei Tage früher. (Den 27. Februar gegen 2. März bei Tetschen.) Der Zeitraum zwischen dem ersten und letzten Eis ist somit an beiden Stationen nahezu ganz gleich (82 Tage in Magdeburg gegen 83 Tage für Tetschen). Was die Zahl der Tage mit Eis betrifft, so ist das Material bei Maenss zu lückenhaft, um darüber Aufschluss zu geben und das Maenss'sche Resultat: 48 Tage mit Eis, im Mittel für die Periode 1841—1876, ist gewiss zu klein, wie dies auch ein Vergleich mit älteren Angaben darüber zeigt. So hat Berghaus³⁾, als Mittel aus 56 Jahren der Periode 1730—1836 als Zahl der Tage mit Eis 62 Tage erhalten, was der Zahl, die wir für Tetschen gefunden haben, sehr nahe kommt. Ebenso hat Maas⁴⁾ für Barby eine Eisdauer von 57 Tagen (Periode 1844—1876) gefunden.

Was die Donau betrifft, so ergibt sich nach dem von Swarowsky gesammelten Materiale für die Eisverhältnisse der Donau bei Wien während der Periode 1875—1890 folgendes: das erste Eis zeigt sich im Durchschnitte am 20. December, eine Woche später als bei Tetschen. Ja, selbst bei Deggendorf, der Station mit dem frühesten Termin des ersten Eises auf der ganzen von Swarowsky untersuchten Strecke (Ulm—Hainburg), führt die Donau Eis im Mittel erst vom 15. December an, also immer noch drei Tage später als die Elbe bei Tetschen. Die Befreiung vom Eise findet dagegen auf der Donau viel früher statt als auf der Elbe. Das letzte Eis geht bei Wien im Mittel schon am 6. Februar ab, während die Elbe fast noch einen ganzen Monat lang Eis führt (bis zum 2. März), ja selbst Eisgänge Ende März und anfangs April aufweisen kann. Während also zwischen dem ersten und dem letzten Eise auf der Elbe bei Tetschen im Mittel zwölf Wochen (83 Tage) verstreichen, beträgt dieses Intervall bei Wien nur sieben Wochen (50 Tage), ist also nur etwas mehr als halb so groß wie bei Tetschen. Auch kommen in dieser Spanne Zeit bei Tetschen relativ viel mehr Tage mit Eis vor, als bei Wien. Die 26 Tage mit Eis bei Wien (Durch-

¹⁾ Swarowsky, Die Eisverhältnisse der Donau. Geogr. Abh. V. 1 1891, p. 49 ff. —

²⁾ Die Daten über Magdeburg sind den graphischen Tabellen, welche den Arbeiten von Maenss, Die Elbe bei Magdeburg, Mitth. Ver. Erdk. zu Halle a/S. 1885 und Maenss, Bewegung des Elbwasserstandes bei Magdeburg 1881—90, ib. 1891 beigegeben sind, entnommen. Diese Darstellungen sind nicht immer mit den Angaben in Übereinstimmung, welche über die Eisverhältnisse bei Magdeburg in den Wasserstands-Publicationen der böhmischen hydrographischen Commission angeführt werden. Für die Jahre, in welchen diese Notizen über die Eisverhältnisse in den Wasserstandstabellen der hydrographischen Commission enthalten sind (also bis 1882), wurden sie zur Completierung der Maenss'schen Zahlen herbeigezogen. ³⁾ Berghaus, Allgemeine Länder- und Völkerkunde (1837) II. p. 297. ⁴⁾ Maas, Über den Eisgang der Elbe. Zeitschr. für Bauwesen, 1877. Taf.

schnitt für die Jahre 1877—1890 wie bei Tetschen ebenfalls), machen bloß 52% der Zeit zwischen dem ersten und letzten Eise aus, während der Winter bei Tetschen 60 Tage mit Eis im Mittel aufweist, was 72% der Zeit zwischen dem ersten und letzten Eise ausmacht. Die Lage unter einer höheren Breite hat also für die Elbe bei Tetschen, in Bezug auf Wien, nicht bloß ein Auseinanderrücken der Termine des Anfangs und des Endes des Treibeises, sondern auch überhaupt einen stärkeren Reichthum an Eis zur Folge, gerade wie wir dies bei Tetschen während der strengeren Winter im Vergleich zu den milderen Wintern gesehen haben. Die Eisverhältnisse der Elbe sind also, wie dies bereits von Swarowsky hervorgehoben wurde¹⁾, viel ungünstiger als auf der oberen Donau und der Schiffsverkehr während einer viel längeren Zeit unterbunden.

Von der Moldau bei Prag hat Fritsch²⁾ zehnjährige Daten (1840—1850) bearbeitet und als mittleren Termin des ersten Eises den 2. December gefunden, also um mehr als eine Woche früher als bei Tetschen. Als den Tag des letzten Eises erhielt er den 26. Februar, also früher als in Tetschen. Dieses Datum kann in der Periode 1875—1890 eine Verschiebung erlitten haben, da das letzte Lustrum dieser Periode eine Reihe abnorm später Eisabgänge aufweist. Tage mit Eis hat die Moldau 69, was 80% der Zeit zwischen dem ersten und letzten Eise ausmacht.

3. Die Wassermenge der Elbe bei Tetschen.

Wie schon oben erwähnt, wurden in den Jahren 1875—1881 von Harlacher in der Elbe bei Tetschen Wassermengenbestimmungen bei verschiedenen Wasserständen vorgenommen, welche dann als Grundlage zu einer Consumptionstabelle dienten.

Die Messungen selbst, besonders diejenigen, bei denen die Geschwindigkeiten mit Hilfe des hydrometrischen Flügels bestimmt wurden, sind mit großer Sorgfalt ausgeführt worden, weswegen sie geradezu als Muster für alle neueren Messungen hingestellt werden. Gegen Harlacher's Art jedoch, mit Hilfe dieser bei verschiedenen Pegelständen ausgeführten Messungen die Consumptionstabelle zu entwerfen, aus welcher dann die jedem beliebigen Pegelstande entsprechende Wassermenge entnommen werden kann, wurde von zwei Seiten Einsprache erhoben.

Um nämlich auf Grund einiger Messungen bei verschiedenen Wasserständen eine Consumptionstabelle entwerfen zu können, muss bekannt sein, wie sich mit dem Pegelstande die Wassermenge ändert. Dies kann entweder graphisch oder rechnerisch ermittelt werden. Graphisch, indem man eine Curve construirt, welche sich den Messungsergebnissen möglichst anschmiegt. Dies ist die von Baumgarten zuerst angewandte *courbe des débits*³⁾, aus welcher man die den verschiedenen Pegelständen entsprechenden Wassermengen entnimmt. Auf diese Weise wurden von Harlacher die Consumptionstabellen der Pegel bei Karolinenthal, bei Brandeis und bei Laun ermittelt.⁴⁾

¹⁾ A. a. O. p. 45. ²⁾ Fritsch, Über die constanten Verhältnisse des Wasserstandes und der Beeisung der Moldau bei Prag, sowie die Ursachen, von welchen II dieselben abhängig sind. Sitzgsber. K. Akad. Wien math.-nat. Cl. 1851. Bd. VI. Tab. VI. ³⁾ Baumgarten, Sur la portion de la Garonne. en aval de l'embouchure du Lot. et sur les travaux qui y ont été exécutés de 1837—47. Annales des ponts et chauss. T. 16 (1848). p. 45. ⁴⁾ Harlacher und Richter, Mittheilungen über eine einfache Ermittlung der Abflussmenge der Flüsse und über die Vorherbestimmung der Wasserstände. Allgemeine Bauztg. 1886. pp. 26, 27, 28.

Die zweite Methode ist die rechnerische; sie wurde zuerst von Lombardini verwendet.¹⁾ Man geht dabei von der allgemeinen Formel $Q = \zeta (H + a)^x$ aus. In der Formel bedeutet Q die Wassermenge beim Pegelstande H . Man hat nun vor Harlacher die durch die Formel bestimmte Curve als sogenannte quadratische Parabel angesprochen und demgemäß $x = 2$ gesetzt, und es wurden dann die Constanten ζ und a mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate aus den gemessenen, respective beobachteten Werten von Q und H berechnet. Harlacher ist davon insoferne abgewichen, als er annahm, dass x nicht für den ganzen Verlauf der Wassermengencurve constant bleibe, sondern bei höheren Wasserständen kleiner werde, weswegen eine Formel nicht für den ganzen Verlauf der Wassermengencurve giltig sein könne, sondern dass wenigstens deren zwei, die eine für höhere, die andere für tiefere Wasserstände berechnet werden müssen. Um aber x berechnen zu können, musste der Wert von a , des Ausgangspunktes der Curve, in die Formel eingesetzt werden; Harlacher nahm ihn gleich der Tiefe der seichtesten Furt der vermessenen Flussstrecke unter dem Nullpunkte des Pegels an. Auf diese Weise wurde von Harlacher die Consumtionstabelle für den Tetschener Pegel (welche auch auf den Kettenbrückenpegel umgerechnet wurde) mit Hilfe nachstehender Formel berechnet. Für Wasserstände zwischen $-0.60 m$ bis $+1.693 m$ (Tetschener Pegel) nach der Formel: $Q = 78.09 (H + 1.45)^{1.953}$, während für die höheren Wasserstände die Formel $Q = 124.86 (H + 1.45)^{1.581}$ gilt.

Gegen diese Art der Berechnung hat Sasse²⁾ Einsprache erhoben und zu zeigen unternommen, dass die Messungen selbst ein solches Abweichen von dem bisher angewandten Verfahren nicht rechtfertigen, ja dass sich die nach der älteren Methode berechnete Formel, den Beobachtungen (soweit sie auf dem einwurfsfreien Wege der Messung der Geschwindigkeiten mit Hilfe des hydrometrischen Flügels in verschiedener Tiefe gewonnen wurden) besser anschmiege als die Harlacher'sche Curve. Außerdem beanstandet Sasse die Wassermengen bei höheren Wasserständen, welche bloß aus Schwimmermessungen an der Oberfläche erhalten wurden, als zu klein.

Ohne die Richtigkeit der Sasse'schen Ausführungen von theoretischem Standpunkte aus bezweifeln zu wollen, wurden hier doch die von Harlacher berechneten Consumtionstabellen beibehalten. Es geschah dies aus folgenden Gründen: erstens sind die Unterschiede der von Harlacher und der von Sasse berechneten Zahlen bei den mittleren Wasserständen gar nicht groß und namentlich kleiner als die Unterschiede der einen und der anderen gegen die Messungsergebnisse selbst, so dass kein Grund vorlag, die schon fertig vorliegenden Consumtionstabellen aufzulassen und neue zu berechnen. Zweitens aber widersprechen die Ergebnisse der Sasse'schen Formel für höhere Wasserstände den Messungsergebnissen Harlacher's, die wir schon deswegen nicht missen können, weil wir keine anderen besitzen. Endlich hat sich Sasse selbst gar nicht gegen die Verwendung dieser Formeln zur Berechnung von Consumtionstabellen ausgesprochen, sondern nur vor dem unbedingten Zutrauen zu den auf solche Art gewonnenen Zahlen gewarnt und ihre Verwendung zu theoretischen Schlussfolgerungen abgewiesen, die sich auf die Gesetze der Bewegung des Wassers in Flüssen beziehen.

¹⁾ Baumgarten, Sur les rivières de la Lombardie et principalement sur le Pô. Annales des ponts et chauss. 1847. p. 157. ²⁾ Sasse, Über die hydrometrischen Messungen in der Elbe. Allg. Bauztg. 1888.

Auch Schreiber hat in seiner Abhandlung: »Die Beziehungen zwischen dem Niederschlage in Böhmen und dem Wasserabflusse in der Elbe bei Tetschen«¹⁾ gegen das von Harlacher befolgte Interpolations-Verfahren Einsprache erhoben. Schreiber möchte nicht die Wassermenge direct als Function des Pegelstandes gesetzt sehen, sondern jeden ihrer beiden Factoren (Profilfläche und mittlere Geschwindigkeit) für sich entwickeln. Es ist dies die alte Methode der Berechnung der Consumtionstabellen, wie sie vor Lombardini in Übung war²⁾ und seither aufgegeben wurde, da es sich zeigte, dass die Wassermenge sich viel besser als Function des Wasserstandes darstellen lasse als die Geschwindigkeit. Auch Harlacher hat nach dieser Methode seine Consumtionstabelle der Elbe bei Herrnskretsch berechnet,³⁾ sie aber bei der Berechnung der Tetschner Consumtionstabelle nicht mehr verwendet.

Doch, seien die zu interpolierenden Wassermengen auf diese oder jene Weise ermittelt worden, das eine wird man stets im Auge behalten müssen, dass allen diesen Zahlen nur eine relative Bedeutung zukommt. Schon die ersten im größeren Maßstabe ausgeführten Wassermengenbestimmungen in Flüssen zeigten, dass bei gleichen oder fast gleichen Wasserständen recht verschiedene Wassermengen abfließen können, je nachdem das Wasser im Steigen oder im Fallen begriffen ist. Denn an der Vorderseite einer Hochwasserwelle sind in Folge des größeren Gefälles auch die Geschwindigkeiten größer, wie dies schon aus der alten Chézy'schen Formel $v = c \sqrt{RJ}$ hervorgeht, es können also durch dasselbe Profil, größere oder kleinere Wassermengen durchgeführt werden, je nachdem das Gefälle (J) größer oder kleiner wird. Besonders aufmerksam wurde man auf diese Ungleichheit der abgeflossenen Massen bei gleichen Wasserständen, als die Messungen am Mississippi oft sehr große Unterschiede, bei gleichen oder nahezu gleichen Wasserständen ergaben.⁴⁾

Die Tetschner Messungen sind meist bei Beharrungszustand gemacht worden, gelten also für einen mittleren Zustand, welcher erhalten würde, wenn die raschen positiven und negativen Änderungen entfielen. Es werden also die nach diesen Messungen berechneten Consumtionstabellen bei raschen Wasserstands-Änderungen Wassermengen angeben, welche entweder größer oder kleiner sind als die wirklich zum Abfluss gekommenen Wassermengen, und zwar je nachdem das Wasser im Steigen oder im Fallen begriffen war. Nun gleichen sich aber im Laufe eines Jahres die negativen und positiven Änderungen des Wasserstandes aus, gerade so wie die Summe der positiven Änderungen des Wasserstandes der Summe der negativen Änderungen im Laufe eines Jahres die Wage hält.⁵⁾ Bei längeren Perioden (Jahren, vielleicht auch Monaten) wird man also der wirklich abgeflossenen Wassermenge sehr nahe kommen, obgleich die für die einzelnen Tage angesetzten Mengen von den wirklich abgeflossenen im positiven oder negativen Sinne abgewichen sein mögen. Wie groß diese Abweichungen in der Elbe bei Tetschen in den einzelnen Fällen sein können, wissen wir nicht. Nach den Messungen

1) Mitth. Ver. f. Erdk. Lpz. 1891 p. 93 ff. 2) So z. B. von Escher von der Linth für den Rhein bei Basel. Biblioth. Universelle 1821. T. XVII p. 274 ff. Venturoli für die Tiber bei Rom. Humphreys and Abbot, Hydraulics of the Mississippi. (1861) p. 193. 3) Harlacher, Zur Hydrographie Böhmens. Techn. Blätter. 1872 p. 160 und 1874 p. 178. 4) So hatte man auf der Station Columbus (1857) bei fast gleichen Wasserständen, das eine Mal: 19.010 m³, das andere Mal: 30.060 m³, also einen Unterschied von 11.050 m³ = 58%, der ersten Zahl. Humphreys and Abbot, Hydraulics of the Mississippi Tab. XIX. 5) Sasse, Zur Frage der Abnahme der Wassermassen in den Flüssen. Deutsche Bauztg. 1874, p. 414.

Harlach er's zu urtheilen, dürften sie nicht hohe Beträge erreichen, denn auch diejenigen von seinen Messungen, welche bei stärkeren Wasserstandsänderungen ausgeführt wurden (es sind dies die Messungen im März 1881), schmiegen sich seiner Wassermengencurve sehr gut an, so dass die Differenzen $\pm 2\%$ nicht übersteigen, also innerhalb der Fehlergrenzen einer Wassermengenbestimmung ($\pm 6\%$) nach Harlach er bleiben.

Es darf auch nicht übersehen werden, dass die Consumptionstabellen nur so lange gelten, als die Wasserbewegung im Flusse eine gleichförmige ist. Bei großen Hochwässern kann nun der Fall eintreten, dass die Wasserbewegung infolge von Unregelmäßigkeiten des Flussbettes, ungleichförmig wird, dass sich da und dort Aufstauungen bilden, welche einen falschen Begriff von der wirklich abgeflossenen Wassermenge geben können.¹⁾ Ob sich solche Einflüsse in unserem Falle schon bei den Wasserständen der untersuchten Periode geltend machen können, ist nicht bekannt. Von Sasse²⁾ wird angenommen, dass der höchste in Tetschen bekannte Wasserstand ($+10.38 m$ am 31. März 1845) nur durch Aufstau zustande gekommen wäre; es wären also dabei nicht ca. $10.000 m^3$ abgeflossen, wie es nach der Formel sein sollte, sondern eine viel kleinere Menge, und zwar entsprechend den an weiter flussabwärts gelegenen Stationen beobachteten Wasserständen und daraus berechneten Mengen bloß höchstens $6-7000 m^3$. Solche Umstände treten jedoch sehr selten ein, und ihr Einfluss wird, wenn er sich auch in dem betreffenden Monatsmittel zeigen sollte, schon auf das Jahresmittel von ganz geringem Einflusse sein können.

Noch zwei Umstände bewirken, dass die Zahlen der Consumptionstabelle nicht unbedingt Giltigkeit haben: nämlich die Wassertemperaturen und der wechselnde Grad der Oberflächenspannung. Der Einfluss der Temperatur auf die Viscosität des Wassers und die daraus folgende Ungleichheit der Wassermengen, welche bei verschiedenen Temperaturen aus Röhren ausfließen, ist von mehreren Forschern durch Experimente festgestellt worden. Einen wie großen Einfluss jedoch die Temperatur des Wassers auf die abfließende Wassermenge in offenen Gerinnen hat, darüber sind noch keine Messungen gemacht worden. Es dürfte aber, nach den Untersuchungen Unwin's³⁾ zu urtheilen, dieser Einfluss auch bei offenen Gerinnen nicht außeracht gelassen werden, da die Größe der Reibung für 1° Temperatur-Erhöhung um 0.3% abnimmt. Nun schwanken, wie Forster⁴⁾ gezeigt hat, die Temperaturen der Flüsse Mitteleuropas, speciell die der Elbe um 10° um das Mittel, so dass sich Unterschiede der Wasserführung bei gleichen Pegelständen, im Sommer und Winter auf 6% erheben können. Da nun die meisten Wassermengenbestimmungen bei Tetschen, welche die Grundlage der Consumptionstabelle bilden, in den Sommermonaten gemacht wurden, so dürften die Zahlen der Consumptionstabelle für alle anderen Monate, speciell aber für die Wintermonate, wo die mittlere Geschwindigkeit bei gleichen Wasserständen einen großen Unterschied gegenüber den Sommermonaten aufweist, zu große Wassermengen angeben. Es dürfte also die gefundene mittlere jährliche Abflussmenge die in Wirklichkeit abgeflossene um einiges übertreffen.

¹⁾ Kindermann. Die Bestimmung v. Hochwassercubaturen b. ungleichförmiger Wasserbewegung. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Architect.-Ver. 1887 p. 98. —
²⁾ Sasse. Die hydrom. Arbeiten in der Elbe. Allg. Bauztg. 1886 p. 35. ³⁾ Penck, Morphologie der Erdoberfläche 1894. I. S. 275. ⁴⁾ Forster, Die Temperatur fließender Gewässer Mitteleuropas. Geogr. Abh. V. 4. 1894.

Die sich also ergebende Differenz wird jedoch wahrscheinlich, zum Theile wenigstens, compensiert durch den wechselnden Einfluss der Oberflächenspannung des Wassers. Nach van der Mensbrugge¹⁾ hat der öftere Wechsel der Oberflächenschichten, wie er bei stärkerer Verdunstung eintritt, zur Folge, dass sich die Wirkungen der einzelnen einander ersetzenden Oberflächenschichten addieren. Es wird also im Sommer die durch die Oberflächenspannung des Wassers bedingte Verzögerung der Oberflächenschichten ihren höchsten Wert erreichen und infolgedessen der oben erwähnten Erleichterung des Abflusses wirksam entgegenwirken können.

Trotz aller dieser Ungenauigkeiten im einzelnen, die sich beim Gebrauch der Consumtionstabelle ergeben, kann man in Hinblick darauf dass die eine allgemeine Giltigkeit der Consumtionstabellen beeinträchtigenden Ursachen vielfach einander entgegenwirken, doch annehmen, dass sich bei einer längeren Periode diese Ungenauigkeiten compensieren und die Endresultate der Wahrheit nahe kommen werden, wenn nur die Consumtionstabelle in der richtigen Art und Weise verwendet worden ist.

Tab. III a. Wahre mittlere monatliche Abflussmengen (in m^3 pro sec.) der Elbe bei Tetschen.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1875	216	(121)	(292)	402	188	115	203	119	*62	177	334	(449)	(224)
1876	(214)	(1085)	1380	542	289	226	121	*65	134	162	146	(200)	(378)
77	(254)	884	646	585	246	139	116	107	92	101	*99	(116)	(278)
78	(222)	295	908	563	294	151	102	110	115	149	180	133	269
79	(283)	(420)	467	529	396	373	238	159	122	139	203	(149)	(288)
80	(375)	(326)	621	279	520	423	183	383	169	248	362	764	(389)
76/80	(270)	(602)	804	500	349	262	152	165	126	160	198	(272)	(320)
1881	(316)	(312)	969	388	421	316	170	120	258	243	212	149	(323)
82	(158)	165	280	*204	188	194	151	439	320	447	642	819	335
83	784	314	297	356	240	372	286	276	144	194	164	260	308
84	339	441	*259	292	237	254	193	147	133	239	219	577	274.5
85	(165)	(321)	490	307	*174	*82	110	69	86	164	144	(335)	(204)
81/85	(352)	(311)	459	309	252	244	182	210	188	257	276	(428)	(289)
1886	190	145	623	736	199	476	398	154	111	125	107	217	291
87	(130)	*(123)	449	454	497	210	*85	85	*79	*83	128	*(99)	*(202)
88	(163)	(138)	(894)	949	332	190	190	411	616	381	246	187	(393)
89	*(103)	(295)	610	831	457	212	129	123	113	430	196	118	(301)
90	(382)	263	415	322	462	297	296	447	1197	301	447	(381)	(434)
86/90	(194)	(193)	(598)	658	389	277	220	244	423	264	225	(200)	(324)
75/90	(268)	(353)	(600)	484	334	252	186	201	234	224	239	(310)	(306)
76/90	(272)	(368)	(621)	489	330	261	184	206	246	227	233	(300)	(311)
75/89	(261)	(359)	(612)	494	326	249	178	182.4	170	219	225	305	(297)

* Minima, (fett) Maxima, () Werte, welche interpolierte Größen enthalten.

¹⁾ G. van der Mensbrugge, Über eine merkwürdige Eigenthümlichkeit der Wasserläufe und über eine Ursache der plötzl. Hochwasser. Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique 1891. ser. 3. T. XXI. p. 327. Referat in der Naturwissenschaftl. Rundschau VI (1891). p. 328, 329.

Tabelle III a sowie Fig 1. enthalten die mittleren monatlichen und jährlichen Abflussmengen der Elbe bei Tetschen. Entsprechend dem niedrigsten Wasserstande des Juli hat dieser Monat die geringste Wasserführung, nämlich $184 m^3$ sec. im 15jährigen Mittel. Dann steigt die Wasserführung bis zum September, zeigt im October eine kleine Minderung, welcher dann im December eine Mehrung folgt. In diesem Monate beträgt sie $300 m^3$ sec., kommt also ebenso wie im Mai der mittleren jährlichen recht nahe, dann fällt sie im Januar auf $272 m^3$ sec. und erhebt sich dann rasch auf $600 m^3$ sec. im März. Es ist also die mittlere Wasserführung im März mehr als dreimal so groß wie die des Juli, dabei ist die Vermehrung der Wassermenge vom Februar zum März eine beinahe ebenso große, wie die Minderung vom März zum Mai. Sohin erscheint der März als eigentlicher Hochwassermonat. Die Minderung der Wasserführung vom September zum October tritt in den Pegelständen nicht hervor, und man hat daher in der Elbe bei Tetschen ein Beispiel dafür, dass der Gang der monatlichen Wasserstände nicht dem der mittleren monatlichen Wasserführung entspricht. Die monatlichen Änderungen der letzteren (m^3 sec.) sind in Folgendem zusammengestellt:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
+96	+253	-132	-159	-69	-77	+22	+40	-19	+6	+67	-28

Die Wasserführung desselben Monats in den verschiedenen Jahren ist sehr wechselnd, wie aus Tabelle III b zu entnehmen ist. Die größte mittlere monatliche Wassermenge beträgt in der Regel ein Mehrfaches der niedrigsten, und zwar in den Wintermonaten das 5—9fache, in den Sommermonaten (April bis September) das 3—5fache. Eine Ausnahme machen August und September, und zwar lediglich infolge des großen Hochwassers von 1890. Der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Wasserführung ein und desselben Monats beträgt mehr als dessen mittlere Wasserführung während des 16jährigen Zeitraumes; er ist von März bis einschließlich October das 1—2fache, in den vier Wintermonaten November bis Februar das 2—3fache der mittleren Wasserführung, wie die letzte Zeile in Tabelle III b verräth. Hieraus ist zu entnehmen, dass es ziemlich langer Zeit bedarf, um die mittlere monatliche Wasserführung der Elbe genau kennen zu lernen.

Tabelle IIIb. Extreme der mittleren monatlichen Wasserführung der Elbe in m^3 pro sec. 1876/90.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Größte	784	1085	1380	949	520	476	398	447	1197	447	642	819	434
Kleinste	103	123	259	204	174	82	85	65	86	83	99	99	202
$\%_0$ Verhältn. beider	7.6	8.9	5.3	4.6	3.0	5.8	4.7	6.9	13.9	5.4	6.5	8.3	2.2
Untersch. beider.	681	962	1121	745	346	394	313	382	1111	364	543	720	232
Mittlere	272	368	621	489	330	261	184	206	246	227	233	300	311
$\%_0$ Verhält. d. letzt.	2.5	2.6	1.8	1.5	1.0	1.5	1.7	1.8	4.5	1.6	2.3	2.4	0.75

Auch die mittlere jährliche Wasserführung ist erheblichen Schwankungen unterworfen. Sie schwankt zwischen 202 und $434 m^3$ sec. d. i. 65% und 140% des mittleren Wertes von $311 m^3$ sec. Sie wird in Tabelle IV in ihren absoluten Werten in Kubikkilometern mitgetheilt; durch Division dieser Werte durch den Flächeninhalt des Einzugsgebietes von Tetschen ist die Abflusshöhe erhalten worden, d. h. die Höhe der jährlich abfließenden Wasserschicht. Dieselbe ist gleichfalls in Tabelle IV enthalten. Des Vergleiches halber werden die entsprechenden Werte auch für die Moldau bei Prag und für 1886/90 auch der Kleinen Elbe

und Eger mitgetheilt. Tabelle V enthält die entsprechenden Größen für die einzelnen Monate.

Tab. IV. Wasserführung und Abflusshöhen der Elbe und ihrer Hauptzuflüsse in Böhmen.

	Wasserführung				Abflusshöhe			
	<i>km³</i>				<i>mm.</i>			
	Elbe	Moldau	Kl. Elbe	Eger	Elbe	Moldau	Kl. Elbe	Eger
1875	7·06				138			
1876	11·91	5·32			234	190		
77	8·76	3·56			172	132		
78	8·47	3·37			166	125		
79	9·07	4·60			178	171		
80	12·25	6·05			240	225		
1876/80	10·08	4·57			198	170		
1881	10·17	5·07			200	188		
82	10·55	4·72			207	176		
83	9·70	4·25			193	158		
84	8·63	3·62			169	135		
85	6·43	3·02			126	112		
1881/85	9·10	4·13			179	153		
1886	9·17	4·91	2·58	0·98	180	183	198	195
87	6·36	2·99	1·76	0·85	125	111	135	170
88	12·38	6·93	4·16	1·26	243	257	318	252
89	9·48	4·41	3·34	1·04	186	164	255	208
90	13·67	8·47	3·72	1·23	268	315	284	246
1886/90	10·21	5·54	3·11	1·07	200	206	238	214
1876/90	9·80	4·76			192	177		

Tab. V. Mittlere Wasserführung und Abflusshöhen der Elbe und ihrer Zuflüsse. Gesamtwasserführung in *km³*.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Elbe	0·73	0·89	1·66	1·27	0·88	0·68	0·49	0·55	0·64	0·61	0·60	0·80	9·80
Moldau	0·35	0·42	0·76	0·54	0·44	0·34	0·25	0·29	0·41	0·32	0·28	0·36	4·76

Abflusshöhe in *mm.*

Elbe	14·3	17·4	32·6	24·8	17·3	13·2	9·8	10·8	12·5	11·9	11·8	16·2	192·0
Moldau	13·0	15·5	28·2	19·9	16·4	12·8	9·2	10·8	15·2	11·8	10·3	13·4	176·5

Abflusshöhen in *mm* 1886/90.

Moldau	10·3	8·1	34·0	30·6	20·0	14·0	10·4	14·9	30·0	14·7	9·7	8·7	205·4
Kleine Elbe	13·8	13·5	34·7	41·3	23·1	17·0	14·5	14·9	18·0	17·1	15·0	14·9	237·8
Eger	14·4	12·6	40·7	37·8	24·1	14·5	11·8	11·8	10·9	11·8	12·4	11·8	214·6
Elbe	10·2	9·1	31·4	33·4	20·4	14·1	11·6	12·8	21·5	13·7	11·4	10·5	200·1

Es sei bemerkt, dass zur Ermittlung der wahren mittleren Abflussmengen der Elbe bei Tetschen die den einzelnen täglichen Pegelständen entsprechenden Wassermengen herbeigezogen worden sind. Sie stellen also nicht die den mittleren monatlichen Pegelständen entsprechenden Wassermengen dar. Beide Wassermengen sind bekanntlich einander nicht gleich, denn da das Verhältnis der Wassermenge zum Pegelstande kein constantes ist, so können auch ihre Mittel

nicht äquivalent sein. Diese Thatsache wurde von allen älteren Autoren über diesen Gegenstand nicht aus den Augen gelassen. Dass ihre Nichtbeachtung zu recht groben Fehlern führen kann, hat besonders die lebhafteste Discussion über die Schriften von Wex über die Abnahme des Wassers in Flüssen gezeigt.¹⁾ Ein Vergleich der wahren mittleren monatlichen Abflussmengen aus den den täglichen Wasserständen entsprechenden Wassermengen berechnet mit jenen Wassermengen, welche den mittleren monatlichen Pegelständen einzelner Jahre sowie der mehrjährigen Mittel entsprechen, zeigt, wie große Unterschiede zwischen diesen Zahlen in unserem Falle eintreten können. Man sieht, dass fast in der Regel die wahren mittleren Wassermengen größer sind als die aus dem mittleren Pegelstande derselben Periode berechneten Wassermengen; dies entspricht der Thatsache, dass die Pegelstände in arithmetischer, die Wassermengen jedoch in geometrischer Progression wachsen. Ferner ergibt sich, dass diese Proportionen ziemlich große Variationen von Monat zu Monat zeigen, Variationen, welche augenscheinlich keine ausgesprochene jährliche Periode haben und davon abhängig sind, ob in dem betreffenden Monate rasche Änderungen des Wasserstandes vorzukommen pflegen oder nicht. Am nächsten dem wahren Mittel kommen die Werte für den April und den Juli, in welchen Monaten der Unterschied zwischen der wahren mittleren Wasserführung und dem Mittel der den einzelnen mittleren monatlichen Pegelständen entsprechenden Wassermengen bloß 1% beträgt.

Tabelle VI. Extreme und Mittel der Verhältnisse der wahren Wasserführung zu der dem mittleren Wasserstande gehörigen Wasserführung in der Elbe bei Tetschen und in der Moldau bei Karolinenthal.

Elbe	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Mittel	Jahr
Max.	1·19	1·25	1·39	1·03	1·07	1·24	1·04	1·13	1·09	1·06	1·13	1·13	1·12	1·28
Min.	0·98	0·98	0·99	0·99	1·00	1·00	0·97	0·99	0·99	0·99	1·00	0·98	0·99	1·07
Mittel:														
arithm.	1·07	1·08	1·08	1·02	1·03	1·05	1·01	1·03	1·02	1·02	1·03	1·04	1·04	1·16
wahres	1·09	1·09	1·07	1·01	1·04	1·06	1·01	1·05	1·05	1·02	1·04	1·05	1·05	1·15
Moldau														
wahres	1·18	1·21	1·17	1·02	1·09	1·12	1·07	1·11	1·14	1·05	1·09	1·12	1·11	

Die vorstehende Tabelle VI zeigt die Grenzen, in welchen die Variationen jener Proportionen sich bewegten, sowie ihr arithmetisches (aus den Proportionen der einzelnen Monate, resp. Jahre) und wahres Mittel (aus den 15jährigen Mitteln beider Arten von Wassermengen). Die beiden auf oben erwähnte Art erhaltenen Zahlen für die mittleren Wassermengen können darnach in manchen Monaten um 39% von einander differieren, während es wieder Monate gibt, in welchen die wahre Wassermenge kleiner ist, als die dem mittleren Pegelstande entsprechende und zwar bis zu 3%. Bei den vieljährigen Mitteln zeigt sich schon eine größere Konstanz der Unterschiede und 15jährige, aus den den einzelnen Monatsmitteln entsprechenden Wassermengen gebildete Mittel kommen der wahren Abflussmenge im Mittel auf 5% nahe. Man bekommt also die wahre Abflussmenge in der 15jährigen Periode bei der

¹⁾ cf. Sasse, Über die Wasserabnahme in den Bächen und Strömen Deutschlands, Halle, 1880, wo an mehreren Beispielen gezeigt wird, dass gleichen mittleren Pegelständen oft recht verschiedene mittlere Abflussmengen, ja auch, dass kleineren mittleren Pegelständen größere mittlere Abflussmengen entsprechen können.

Elbe genau, wenn man dem Mittel aus allen den, den einzelnen monatlichen Pegelständen entsprechenden Wassermengen noch 5% hinzufügt. Ja, man kann auf dieselbe Weise auch recht befriedigende mittlere Abflussmengen der einzelnen Jahre und die jährliche Periode erhalten, die Unterschiede werden in diesem Falle 4% nicht übersteigen.

4. Wassermengen der Moldau, Kleinen Elbe und Eger.

Wie oben schon erwähnt wurde, sind von Harlacher und Richter in ihrer Arbeit über die Wasserstandsprognose in Böhmen¹⁾ die Consumtionstabellen noch dreier Stationen in Böhmen mitgeteilt worden und zwar 1. für die Moldau bei Prag (bezogen auf den Pegel von Karolinenthal), 2. für die kleine Elbe bei Neratowitz (bezogen auf den Pegel von Brandeis), sowie 3. für die Eger bei Laun. Es wurden diese Consumtionstabellen zur Berechnung der mittleren Abflussmengen dieser drei Flüsse bei den betreffenden Stationen angewendet; die Resultate sind in der Tabelle VII niedergelegt worden. Es ist dazu zu erwähnen, dass bei der Consumtionstabelle für Karolinenthal eine Ergänzung durch Extrapolation nothwendig war, da die Harlacher-Richter'sche Consumtionstabelle bloß bis zum Pegelstande $+2.50m$ reichte, während in den 15 Jahren, deren Beobachtungen berechnet wurden, Wasserstände bis zu $+5.80m$ vorkamen. Die Ergänzung der Consumtionstabelle geschah nach der Sasse'schen Methode, da sich ihre Ergebnisse den mitgetheilten Messungen Harlacher's gut anschmiegen. Es wurde dabei auf Grund der mitgetheilten Messungen mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate die Formel

$$Q = 101.17 (H + 0.70)^2$$

gefunden, und mit dieser Formel wurde die Berechnung der Wassermengen bei Wasserständen von über $2.50m$ ausgeführt.

Die jährlichen Änderungen der Wasserführung der Moldau vollziehen sich ganz ähnlich jenen der Elbe. Der Juli ist der wasserärmste Monat, dann nimmt die Wasserführung bis zum September zu, was vorzugsweise dem ungeheuren Hochwasser des Jahres 1890 zuzuschreiben ist. Der November erweist sich sodann als ein Monat geringerer Wasserführung. Im December zeigt sie ähnlich wie bei der Elbe ein secundäres Maximum, dem im Januar ein secundäres Minimum folgt. Nun hebt sich die Wasserführung rasch zum März, um im Juni wieder auf den Betrag des Januar zurückzufallen. Es tritt sohin die größte Wasserführung um einen Monat früher ein als in der Elbe, wie bei letzteren kommt aber dem Mai nahezu die mittlere Wasserführung des Jahres zu.

Tabelle VII. Secundliche Wasserführung in m^3 der Moldau bei Karolinenthal, der Kleinen Elbe bei Brandeis und der Eger bei Laun.

Moldau	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1876	113	560	551	184	120	109	70	34	85	78	72	73	169
77	99	432	230	179	85	58	58	48	47	51	*44	52	113
78	99	111	296	148	98	*57	48	60	83	105	112	79	107
79	174	221	250	258	220	176	116	72	62	73	75	60	146
80	179	131	230	113	354	215	101	229	99	133	143	364	192
1876/80	133	291	311	176	175	123	79	89	75	88	89	126	145

¹⁾ Harlacher und Richter, Mittheilungen über eine einfache Ermittlung der Abflussmenge von Flüssen und über die Vorherbestimmung der Wasserstände. Allg. Bauzeitung, 1886.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1881	131	134	415	186	275	202	100	66	119	113	109	75	161
82	70	71	103	*72	78	72	67	175	142	202	300	434	150
83	398	162	139	165	87	189	116	79	59	77	60	90	135
84	105	125	*89	94	*75	153	114	97	87	135	110	197	115
85	79	189	236	113	76	37	74	*31	42	76	70	167	96
1881/85	157	136	196	126	118	131	94	90	90	121	130	193	131
1886	106	62	407	315	96	321	203	76	61	64	46	105	156
87	62	*54	248	192	254	94	*28	37	*32	*35	58	*39	*95
88	102	67	509	503	146	72	69	253	462	268	118	62	220
89	*27	165	339	423	224	102	45	32	47	180	61	42	140
90	221	100	212	161	290	139	182	352	964	195	220	190	269
1886/90	104	90	343	319	202	146	105	150	313	148	101	88	176
1876/90	131	172	284	207	165	133	93	109	159	119	107	135	151
Kleine Elbe													
1886	67	54	125	236	64	114	92	45	29	40	37	73	82
87	63	55	93	133	108	62	27	25	18	21	40	29	56
88	69	61	280	301	138	75	80	151	157	100	90	76	132
89	49	103	194	250	137	60	57	61	54	178	86	(53)	106
90	93	91	159	124	118	117	99	84	196	79	129	136	118
1886/90	68	73	170	209	113	86	71	73	91	84	76	73	99
Eger													
1886	(9)	(15)	83	65	25	37	43	19	12	13	13	34	31
87	24	20	63	61	80	23	9	8	8	8	10	12	27
88	20	32	112	106	39	32	32	30	14	26	17	19	40
89	13	34	66	105	57	31	11	10	11	37	15	11	33
90	71	27	57	27	26	18	14	42	62	25	66	32	39
1886/90	27	26	76	73	45	28	22	22	21	22	24	22	34

Die Veränderungen des Wasserstandes der Moldau von Monat zu Monat erhellen aus folgender Zusammenstellung:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
+41	+112	-77	-42	-32	-40	+16	+50	-40	-12	+28	-4

Die Wasserführung der Moldau weist in gleichen Monaten verschiedener Jahre, wie Tab. VII b lehrt, relativ weit größere Schwankungen auf, als die der Elbe bei Tetschen. Zwar sind auch bei der Moldau die Schwankungen der Sommermonate (mit Ausnahme der Hochwassermonate August und September 1890) relativ geringer als die der Wintermonate; während aber in jenen bei der Elbe die größte mittlere Wasserführung das 3—5fache der kleinsten ist, ist sie bei der Moldau deren 5—7faches, während ferner bei der Elbe während der Wintermonate das Verhältnis der kleinsten mittleren zur größten mittleren 1:9 bis 1:5 ist, ist es bei der Moldau 1:15 bis 1:6. Dagegen ist das Verhältnis zwischen der mittleren und dem Unterschiede der größten und kleinsten mittleren Wasserführung bei der Moldau nur unwesentlich größer als bei der Elbe, vgl. die letzte Zeile von Tab. VII b.

Tabelle VII b. Extreme der mittleren monatlichen Wasserführung der Moldau in m^3 sec. 1876/90.

Wasserführg. m^3 sec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Größte	398	560	551	503	354	321	203	352	964	268	300	434	269
Kleinste	27	54	89	72	75	57	28	31	32	35	44	39	95
Verhältnis beider	14.7	10.4	6.2	7.0	4.7	5.6	7.2	11.3	30.1	7.7	6.8	11.1	2.8
Unterschied	371	506	462	431	279	264	175	321	932	233	256	395	174
Mittlere	131	172	284	207	165	133	93	109	159	119	107	135	151
% Verhält. der letzt.	2.9	2.9	1.6	2.1	1.7	2.0	1.9	3.0	5.9	2.0	2.4	2.9	1.2

Die jährliche Abflussmenge schwankte in den Jahren 1876/90 zwischen 95 und 269 m^3 sec., d. i. 63% und 178% der mittleren von 151 m^3 sec. Bei der Elbe waren die Extreme der gleichen Periode 66% und 142% des Mittels. Es trägt sohin im Ganzen die Moldau einen extremen, weit mehr torrentiellen Charakter als die Elbe.

Die absoluten Werte der Wasserführung sind bereits in den Tabellen IV und V mitgeteilt. Sie gelangen in Fig. 3 zur Darstellung.

Tabelle VIII. Die Wassermengen der Moldau bei Karolinenthal, der Kleinen Elbe bei Brandeis und der Eger bei Laun, verglichen mit der gleichzeitig in der Elbe bei Tetschen vorbeigeflossenen Wassermenge (in m^3 sec.)

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
1886													
Moldau	106	62	407	315	96	321	203	76	61	64	46	105	156
Kl. Elbe	67	54	125	236	64	114	92	45	29	40	37	73	82
Eger	(9)	(15)	83	65	25	37	43	19	12	13	13	34	31
Summe	182	131	615	616	185	472	338	140	102	117	96	212	269
Rest	8	14	8	120	14	4	60	14	9	8	11	5	22
Elbe	190	145	623	736	199	476	398	154	111	125	107	217	291
1887													
Moldau	62	54	248	192	254	94	28	37	32	35	58	39	95
Kl. Elbe	63	55	93	133	108	62	27	25	18	21	40	29	56
Eger	24	20	63	61	80	23	9	8	8	8	10	12	27
Summe	149	129	404	386	442	179	64	70	58	64	108	80	178
Rest	-19	-6	45	68	55	31	21	15	21	19	20	19	24
Elbe	130	123	449	454	497	210	85	85	79	83	128	99	202
1888													
Moldau	102	67	509	503	146	72	69	253	462	268	118	62	220
Kl. Elbe	69	61	280	301	138	75	80	151	157	100	90	76	132
Eger	20	32	112	106	39	32	32	30	14	26	17	19	40
Summe	191	160	901	910	323	179	181	434	633	394	225	157	392
Rest	-28	-22	-7	39	9	11	9	-23	-17	-13	21	30	1
Elbe	163	138	894	949	332	190	190	411	616	381	246	187	393
1889													
Moldau	27	165	339	423	224	102	45	32	47	180	61	42	140
Kl. Elbe	49	103	194	250	137	60	57	61	54	178	86	(53)	106
Eger	13	34	66	105	57	31	11	10	11	37	15	11	33
Summe	89	302	599	778	418	193	113	103	112	395	162	106	279
Rest	14	-7	11	53	39	19	16	20	-1	35	34	12	22
Elbe	103	295	610	831	457	212	129	123	113	430	196	118	301
1890													
Moldau	221	100	212	161	290	139	182	352	964	195	220	190	271
Kl. Elbe	93	91	159	124	118	117	99	84	196	79	129	136	118
Eger	71	27	57	27	26	18	14	42	62	25	66	32	39
Summe	385	218	428	312	434	274	295	478	1222	299	415	358	428
Rest	-3	45	-13	10	28	23	1	-31	-25	2	32	23	6
Elbe	382	263	415	322	462	297	296	447	1197	301	447	381	434
1886/90													
Moldau	104	90	343	319	202	146	105	150	313	148	101	88	176
Kl. Elbe	68	73	170	209	113	86	71	73	91	84	76	73	99
Eger	27	26	76	73	45	28	22	22	21	22	24	22	34
Summe	199	189	589	601	360	260	198	245	425	254	201	183	309
Rest	-5	4	9	57	29	17	22	-1	-2	10	24	17	15
Elbe	194	193	598	658	389	277	220	244	423	264	225	200	324

Für die Moldau bei Karolinenthal wurde neben der wahren mittleren Wasserführung, ebenso wie für die Elbe bei Tetschen die den Monatsmitteln des Wasserstandes entsprechende Wasserführung bestimmt. Während bei der Elbe der größte Unterschied 39% beträgt, kommt bei der Moldau selbst ein Unterschied von 76% vor (März 1886) und die Unterschiede bei den Jahres- und Monatsmitteln sind ebenfalls größer als bei der Elbe. Während bei der Elbe die nach den zwei Methoden berechneten Wassermengen im 15jährigen Mittel einander auf 5% nahekommen, nähern sie sich bei der Moldau nur auf 10%, wie Tabelle VI lehrt. Man wird bei der Moldau, falls man richtige Werte erhalten will, die mittlere Wasserführung nur aus den täglichen Wassermengen herleiten dürfen.

In Tabelle VIII ist eine Zusammenstellung der Abflussmengen der Moldau, der Elbe oberhalb Brandeis, die wir als Kleine Elbe bezeichnen, und der Eger, welche zusammen 88.4% des Elbe-Gebietes oberhalb Tetschen entwässern, sowie der Elbe bei Tetschen gegeben. Im 5jährigen Mittel liefern die drei Constituenten 95% des Elbe-Wassers, das bei Tetschen vorbeifließt. Dieses Verhältnis ist jedoch weder für die einzelnen Jahre, noch für die einzelnen Monate ein constantes. Es kommen sogar einige Fälle vor, wo die Summen der Wassermengen an den drei Stationen größere Wassermengen ergeben als bei Tetschen wirklich abgeflossen sind, nämlich in den Wintermonaten und im Spätsommer. Bei den Wintermonaten ist die Ursache des Nichtübereinstimmens in dem Stauwasser zu suchen, dieses konnte nur bei Tetschen eliminiert werden, bei den anderen Stationen jedoch nicht, obwohl es zweifellos vorhanden war. Im Maximum erreicht der dadurch veranlasste Unterschied gegen Tetschen 17% (Januar 1888). Was die Sommermonate anbelangt, so dürfte die Nichtübereinstimmung mit rasch verlaufenden Hochwässern im Zusammenhang stehen, da bei diesen bekanntlich infolge der Zurückhaltung von Wasser im Innundationsgebiete¹⁾ eine Verflachung der Hochwasserwelle eintritt. Dann treffen auch die Wasserstands-Prognosen nicht ein.²⁾

Sieht man von den zwei Jahren 1888 und 1890, in denen der Einfluss der beiden erwähnten Fehlerquellen besonders groß war, ab, so können uns Daten für 1886, 1887, 1889 über die Provenienz des Elbe-Wassers, das bei Teschen abgeflossen ist, Aufschluss geben. Es ergibt sich nach dem Mittel aus den drei Jahren 1886, 1887 und 1889 dass die Elbe bei Tetschen zugeführt erhält:

- von der Moldau oberhalb Prag 49%,
- von der Kleinen Elbe oberhalb Brandeis 30.6%,
- von der Eger oberhalb Laun 11.3%,

während die restlichen 9% aus jenem Theile des Flussgebietes der Elbe, der unterhalb von jenen drei Stationen liegt, herrühren. Mit anderen Worten: die Hälfte des Wassers, das bei Tetschen abfließt, rührt aus dem Flussgebiete der Moldau oberhalb Prag her, fast ein Drittel führt die Kleine Elbe zu, während der Rest zu fast gleichen Theilen aus dem Gebiete der Eger und jenem noch übrig bleibenden Theile des Elbe-Gebietes kommt. Man ersieht daraus, dass der Einfluss der Moldau auf die Elbe auch in Bezug auf die Wassermenge der bei weitem bedeutendste ist, obwohl er um einiges kleiner ist, als man nach dem

¹⁾ M. Huber, Prof. Harlacher. Nekrolog. Technische Blätter, 1892. ²⁾ Die Einrichtung des Wasserstands-Prognosendienstes an der Elbe in Böhmen, herausgegeben vom technischen Bureau für das Königreich Böhmen (1892).

Verhältnisse ihrer Flussgebiete erwarten würde. Die Flussgebiete der vier Theile des Elbe-Gebietes bis Tetschen sind nämlich, ausgedrückt in Procenten des ganzen Gebietes:

Moldau oberhalb Prag 52.9%,
 Kleine Elbe oberhalb Brandeis 25.7%,
 Eger oberhalb Laun 9.8%,
 Rest 11.6%.

Tabelle VIII b gibt gleich Fig. 2 Aufschluss über die Beziehungen zwischen der Wasserführung der Elbe bei Tetschen und ihrer Nebenflüsse.

Tabelle VIII b. Wasserführung der Moldau, Kleinen Elbe und Eger im Vergleiche zur Elbe bei Tetschen 1886, 1887, 1889. Absolute Werte (in m^3 p. s.).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Moldau	65	94	331	310	191	172	92	48	47	93	55	62	130
Kl. Elbe	60	71	137	206	103	79	59	44	34	80	54	52	81
Eger	15	23	71	77	54	30	21	12	10	19	13	19	30
Summe	140	188	539	593	348	281	172	104	91	192	122	133	241
Rest	1	0	22	81	36	18	32	17	10	21	22	12	24
Elbe bei Tetschen	141	188	561	674	384	299	204	121	101	213	144	145	265

In Procenten:													
Moldau	46	50	59	46	50	58	45	40	46	43	38	43	49
Kl. Elbe	42	38	24	31	27	26	29	36	34	38	37	36	31
Eger	11	12	13	11	14	10	10	10	10	9	9	13	11
Rest	1	0	4	12	9	6	16	14	10	10	16	8	10

5. Niederschlagsmengen.

Die im vorigen Abschnitte berechneten Abflussmengen der Elbe erlangen volle Bedeutung erst durch einen Vergleich mit den gleichzeitig gefallenen Niederschlagsmengen in Böhmen.

Es ist schon oben die Entwicklung des böhmischen ombrometrischen Netzes und sein wechselnder Stand dargelegt worden. Im ganzen liegen während der 15 Jahre, die hier bearbeitet wurden, Beobachtungen von 849 Stationen vor, es käme also auf $60 km^2$ eine Station. Diese Stationen waren jedoch nicht während dieser ganzen Periode in Thätigkeit. Von 192 Stationen haben wir Beobachtungen bloß für weniger als fünf Jahre und bloß 462 Stationen können zehn oder mehr Jahre mit Beobachtungen aufweisen. Die ganze Periode umfassen bloß 52 Stationen, die wir Normalstationen nennen wollen.

Aus diesem Materiale wurde eine Regenkarte von Böhmen im Maßstabe von 1 : 420.000 construiert, aus welcher dann die mittlere Regenhöhe von Böhmen berechnet wurde. Zur Construction der Regenkarte wurden alle die 849 Stationen herbeigezogen, nachdem sie sämtlich auf die gleiche Beobachtungsdauer reduciert worden waren. Dies geschah unter Befolgung des von Hann bei seinen Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Österreich-Ungarn eingeschlagenen Weges. Es wurden nämlich von jenen Stationen, welche während der ganzen Dauer fungiert haben, die Regensummen der einzelnen Jahre in Procenten des 15jährigen Mittels ausgedrückt. Mit Hilfe dieser Relativzahlen wurden dann die lückenhaften Serien auf die 15 Jahre reduciert. Tab. IX gibt die Regensummen der einzelnen Jahre für die 53 Normalstationen. In Tab. X sind dieselben Daten, in Procenten der respectiven

Tab. IX. Niederschlagsmengen der einzelnen Jahre der Normalstationen in mm.

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1896—90
1. Ganzes Gebiet der Elbe bis Tetschen.																
Břewnow	467	470	470	609	685	684	729	669	572	496	669	540	731	661	674	608
Habr	689	709	678	843	801	701	880	702	744	562	751	741	744	672	1066	761
Beneschan	551	621	558	662	675	573	797	618	686	509	746	633	792	649	937	667
Deutschbrod	(527)	630	637	655	832	557	659	500	584	495	793	461	642	645	884	(631)
Petrowitz	667	480	546	500	742	631	583	479	618	545	688	596	725	588	797	603
Milcin	667	617	753	656	842	624	785	615	625	588	747	668	944	740	883	717
Pilgram	599	557	691	622	974	768	852	578	572	557	729	574	758	621	(950)	(700)
Tabar	616	580	649	617	604	537	631	467	504	528	690	461	795	560	704	596
Černowitz	595	681	643	805	968	629	839	651	714	590	728	689	896	761	1049	749
Soběslav	581	623	668	672	756	560	690	540	583	494	682	499	812	576	814	637
Neuhaus	712	651	793	809	896	635	698	589	619	531	732	550	716	786	791	697
Wittingau	666	694	775	669	913	726	803	541	691	594	730	526	855	578	(800)	(704)
Budweis	629	681	662	616	696	596	651	512	692	558	731	653	1044	539	854	674
Krumau	631	(721)	(1162)	593	705	595	704	522	649	457	801	594	746	623	1377	(725)
Schwarzbach	705	551	656	468	793	531	657	564	681	658	695	626	682	552	812	642
Winterberg	718	629	849	671	768	657	641	535	570	511	798	464	700	650	988	676
Pisek	488	479	506	497	703	537	626	447	578	505	648	503	775	476	(800)	(572)
Nepomuk	538	465	520	499	651	537	660	466	599	481	594	446	570	495	793	554
Klattau	588	593	552	555	754	576	705	462	755	462	604	404	713	650	836	614
Taus	533	608	543	533	738	669	680	522	658	545	718	421	683	529	857	616
Pilsen	562	581	508	507	612	451	657	423	663	503	563	284	520	457	(650)	(528)
Příbram	679	539	495	450	498	746	728	523	630	511	596	464	622	463	749	580
Rabenstein	419	519	606	604	594	513	612	420	573	518	551	345	447	474	574	518
Rakonitz	442	438	475	472	506	523	534	440	428	400	586	309	580	573	577	485
Prag	447	432	379	485	584	498	579	476	459	351	522	491	546	532	638	492
Mittel	582	582	632	603	732	602	694	530	613	518	683	518	727	592	834	629

2. Gebiet der Moldau bis Karolinenthal.

Břewnow	685	684	729	669	572	496	669	540	731	661	674	608
Habr	801	701	880	702	744	562	751	741	744	672	1066	761
Beneschan	675	573	797	618	686	509	746	633	792	649	937	667
Deutschbrod	832	557	659	500	584	495	793	461	642	645	884	(631)
Petrowitz	742	631	583	479	618	545	688	596	725	588	797	603
Milcin	842	624	785	615	625	588	747	668	944	740	883	717
Pilgram	974	768	852	578	572	557	729	574	758	621	(950)	(700)
Tabar	604	537	631	467	504	528	690	461	795	560	704	596
Černowitz	968	629	839	651	714	590	728	689	896	761	1049	749
Soběslav	672	560	690	540	583	494	682	499	812	576	814	637
Neuhaus	896	635	698	589	619	531	732	550	716	786	791	697
Wittingau	913	726	803	541	691	594	730	526	855	578	(800)	(704)
Budweis	616	596	651	512	692	558	731	653	1044	539	854	674
Krumau	705	595	704	522	649	457	801	594	746	623	1377	(725)
Schwarzbach	468	531	657	564	681	658	695	626	682	552	812	642
Winterberg	671	657	641	535	570	511	798	464	700	650	988	676
Pisek	497	537	626	447	578	505	648	503	775	476	(800)	(572)
Nepomuk	499	537	660	466	599	481	594	446	570	495	793	554
Klattau	555	576	705	462	755	462	604	404	713	650	836	614
Taus	533	669	680	522	658	545	718	421	683	529	857	616
Pilsen	507	451	657	423	663	503	563	284	520	457	(650)	(528)
Příbram	450	746	728	523	630	511	596	464	622	463	749	580
Rabenstein	604	513	612	420	573	518	551	345	447	474	574	518
Rakonitz	475	523	534	440	428	400	586	309	580	573	577	485
Prag	485	498	579	476	459	351	522	491	546	532	638	492
Mittel	732	602	694	530	613	518	683	518	727	592	834	629

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1876—90
Turnau	655	673	632	733	853	581	864	691	738	568	596	532	840	687	769	694
Weißwasser	682	715	726	837	909	589	934	664	764	487	722	610	810	782	815	736
Jungbunzlau	438	537	455	669	788	538	779	617	603	356	599	415	681	567	672	581
Lautin	557	598	540	670	933	644	815	584	556	342	606	484	729	578	710	623
Dimokur	(554)	542	410	630	864	538	785	585	610	436	607	481	803	608	756	(614)
Kolin	528	605	711	708	859	740	908	748	670	544	681	566	870	751	788	712
Časlau	551	556	513	640	686	533	720	587	519	498	659	616	825	651	811	624
Jičín	702	599	595	804	893	591	819	726	748	536	711	537	918	708	825	714
Sloupno	546	524	438	588	727	528	721	461	509	439	540	431	650	586	703	559
Kukus	726	595	556	663	730	575	845	759	711	464	573	458	755	577	723	756
Politz	863	827	638	759	998	575	845	696	627	464	755	568	821	747	839	756
Böhm.-Skalitz	723	576	529	672	870	647	758	600	701	589	591	475	738	753	797	664
Josefstadt	629	577	493	600	731	609	695	533	580	481	671	439	712	643	746	601
Parubitz	648	618	625	690	918	589	659	527	584	434	684	493	697	637	809	640
Chrudim	537	494	501	730	808	516	726	679	679	557	684	486	698	678	804	641
Hlinsko	630	476	653	736	924	715	753	666	717	497	697	483	698	690	710	670
Chotzen	661	638	572	887	858	603	824	718	656	514	738	484	730	756	813	697
Leitomischl	680	585	618	826	918	581	851	701	736	538	662	528	783	802	940	717
Mittel	628	596	567	713	848	596	786	639	651	495	647	505	764	678	776	659
Eger	703	610	606	550	658	608	782	463	535	534	618	394	630	575	645	594
Tepl	737	511	555	(630)	687	784	911	563	665	689	667	373	634	593	731	(655)
Karlsbad	615	606	(668)	612	540	(683)	947	596	622	482	712	411	685	646	766	(639)
Kupferberg	705	599	599	852	981	907	620	928	810	890	856	583	910	843	853	(799)
Fünfhunden	397	411	424	460	509	587	619	567	422	452	499	350	501	451	48	

15jährigen Mittel ausgedrückt, enthalten. Von einer Mittheilung der durch Reduction gewonnenen Werte für alle die 849 Stationen möge hier abgesehen werden; das Ergebnis liegt der beigegebenen Regenkarte von Böhmen zugrunde, welche letztere eine Verkleinerung der großen Originalkarte darstellt.

Bei der Construction dieser Regenkarte wurden nicht alle Stationen als gleichwertig angenommen, sondern, nachdem sich herausgestellt hatte, dass die Ergebnisse zahlreicher Stationen von kurzer Beobachtungsdauer nicht ganz verlässlich sind, wurden die Stationen mit mehr als zehn Jahren hauptsächlich berücksichtigt, während die Stationen mit kürzeren Beobachtungsreihen nur dort Anhaltungspunkte zur Construction der Isohyeten abgeben sollten, wo keine anderen Stationen in der Nähe waren, oder wenn ihre Ergebnisse von den nach den besseren Stationen für diese Gegend vermutheten Werten nicht zu sehr differierten. Außerdem wurden beim Entwerfen der Karte die Reliefsverhältnisse des Landes berücksichtigt, was bei den bisherigen Regenkarten von Böhmen nicht geschehen ist. Die Unterschiede unserer Karte gegenüber der Karte von Studnička beruhen, abgesehen davon, dass Studnička als Grundlage zu seiner Karte nicht reducierte Beobachtungsreihen nahm, eben auf dieser Nichtberücksichtigung der orographischen Verhältnisse von Seiten Studnička's.

Tab. XI. Flächeninhalte der zwischen je zwei Isohyeten liegenden Gebiets-Antheile.

Elbe-Gebiet												
	Moldau-Gebiet bis Prag		Elbe-Gebiet bis Brandeis		Eger-Gebiet bis Laun		Rest (10% ₀ -Gebiet)		Elbe-Gebiet bis Tetschen			
mm	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰		
4—500	133	0·5	—	—	670	13·4	659	11·2	1462	2·9		
5—600	8312	30·8	1697	12·9	572	11·4	2731	46·4	13312	26·1		
6—700	8485	31·5	4784	36·5	1170	23·4	1434	24·4	15873	31·1		
7—800	7035	26·1	3283	25·0	1520	30·3	681	11·6	12519	24·6		
8—1000	2043	7·6	2385	18·2	718	14·3	330	5·6	5475	10·7		
10—1200	705	2·6	575	4·4	327	6·5	57	1·0	1664	3·3		
> 1200	257	1·0	385	2·9	31	0·6	—	—	673	1·3		
Summe	26971		13109		5008		5892		50979			
Direct gemessen	26973		13113		5008		5894		50989			
Nach: Harlacher	26980		13080		4920		5720		50998			
Moldau-Gebiet												
	Wottawa-Gebiet		Beraun-Gebiet		Moldaugebiet bis Moldautein		Luschnitz-Gebiet		Sazawa-Gebiet		Moldau-Gebiet Rest	
mm	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰	km ²	‰
4—500	20	0·5	80	0·9	11	0·3	—	—	—	—	22	1·0
5—600	1421	37·7	4691	53·2	213	6·0	526	12·3	63	1·4	1393	65·0
6—700	859	22·8	2735	31·0	890	24·5	1599	37·5	1828	41·9	574	26·8
7—800	749	19·9	653	7·4	1480	40·9	1967	46·2	2032	46·6	154	7·2
8—1000	318	8·4	435	7·9	733	20·2	120	2·8	437	10·0	—	—
10—1200	211	5·6	178	2·0	267	7·4	50	1·2	—	—	—	—
> 1200	191	5·1	40	0·5	26	0·7	—	—	—	—	—	—
Summe	3769		8812		3625		4262		4360		2143	
Direct gemessen	3773		8810		3629		4267		4354		2144	
Nach: Harlacher	3737		8857				4226		4353			
Becker							4232		4361			

Behufs Bestimmung der mittleren Regenhöhe von Böhmen und der einzelnen Flussgebiete, für welche wir oben die Wassermengen

gegeben haben, wurden auf der Karte die Flächeninhalte der Flächen zwischen je zwei Isohyeten planimetrisch bestimmt. Dadurch wurde festgestellt, welchen Antheil die einzelnen Regenhöhen an der Gesamtfläche von Böhmen nehmen. Die Zahlen, die dabei für die einzelnen Theile von Böhmen, sowie für das ganze Flussgebiet der Elbe bis Tetschen gewonnen wurden, sind in Tab. XI mitgetheilt.

In dieser Tabelle sind zum Vergleich mit unseren Resultaten auch die bisher bekannten Flächeninhalte der einzelnen Flussgebiete Böhmens aufgenommen worden. Die in Tab. XI niedergelegten Daten wurden zur Berechnung der mittleren Regenhöhe der einzelnen Theile des Flussgebietes der Elbe bis Tetschen benützt. Es ergaben sich mittelst einer graphischen Auswertung (analog der Berechnung mittlerer Höhen durch die hypsographische Curve)¹⁾ folgende Werte als mittlere Niederschlagshöhen des Elbegebietes bis Tetschen und seiner vier Theile:

	Nieder- schlagshöhe	Entsprechende Wassermenge in m ³ p. s.	%
Moldaugebiet bis Prag	681 mm	592	52.9
Gebiet der Kl. Elbe bis Brandeis	747	309	27.6
Egergebiet bis Laun	710	112	10.0
Rest	600	106	9.5
Elbegebiet bis Tetschen	692	1119	100

Als mittlere Regenhöhe von Böhmen ergibt sich also 692 mm. Dieser Wert weicht nicht weit ab von dem von früheren Bearbeitern dieses Gegenstandes erhaltenen.

v. Sonklar²⁾ fand auf der böhmisch-mährischen Terrasse 701 mm (= 25.9 Par. Zoll); Kreil³⁾ dagegen für ganz Böhmen bloß 638 mm (= 282.79 Par. Linien); Studnička⁴⁾, über sehr reiches Material verfügend, hat aus seiner auf Grund dieses Materials entworfenen Regenkarte nach drei verschiedenen Methoden folgende Beträge erhalten: 680 mm, 681 mm und 683 mm als genauesten Wert. Als Mittel aus allen Stationen gibt er 693 mm an. Studnička's Zahlen beziehen sich auf ganz Böhmen, ihr Gebiet deckt sich also nicht ganz genau mit dem von uns angenommenen, doch ist der Unterschied kein großer.

Harlacher hat auch die Regenhöhen der einzelnen Jahre für das Flussgebiet der Elbe allerdings bloß auf Grund der böhmischen Stationen und als Anhang zu den Pegelbeobachtungen herausgegeben. Er benützte dazu Anfangs 74, später über 100 über das ganze Land möglichst gleichmäßig vertheilte Stationen, aus deren Beobachtungen er dann einfach das Mittel nahm. Diese von Harlacher berechneten Daten ergeben als 15jähriges Mittel 690 mm. Das Mittel aus den Regenhöhen unserer 849 Stationen ist dagegen 700 mm.

Um die Vertheilung dieses mittleren Regenfalles für die einzelnen Monate des Jahres zu bestimmen, wurde von jenen 43 Beobachtungsstationen, deren Aufzeichnungen 1876/90 lückenlos waren, die procentuelle Vertheilung des Niederschlages auf die einzelnen Monate des Jahres berechnet. Aus den erhaltenen Procentzahlen wurden sodann Mittel für das Moldau- und Elbegebiet gezogen und mit diesen die aus den oben hergeleiteten Werten für den mittleren Regenfall des Jahres die den einzelnen Monaten vorkommenden Regensummen hergeleitet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle XII zusammengefasst.

¹⁾ Penck, Morphologie d. Erdoberfläche. 1894. I. p. 45. ²⁾ Grundzüge einer Hyetographie des österr. Kaiserstaates. Mitth. d. k. k. geogr. Gesellsch. Wien. IV. 1860. p. 205. ³⁾ Kreil, Klimatologie von Böhmen 1865. p. 401. ⁴⁾ Studnička, Hyetographie von Böhmen 1887. p. 87.

Tab. XII. 15jährige Monatsmittel des Niederschlages an den Normalstationen ausgedrückt in Procenten des Jahresmittels.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Habr	*2·7	4·0	7·3	6·5	9·3	14·7	12·6	13·0	9·6	6·5	6·5	6·5
Beneschau	*3·3	3·5	6·4	7·3	10·0	13·9	14·2	12·0	10·5	6·4	*5·8	5·9
Deutschbrod	*4·0	4·0	6·3	7·1	8·1	14·4	13·0	12·0	10·1	7·3	7·0	6·4
Petrowitz	*3·3	3·3	6·3	6·7	9·1	16·5	13·2	12·4	10·4	6·7	5·8	5·4
Milčín	*4·4	4·4	6·1	6·5	9·3	13·1	13·2	13·9	9·7	7·3	6·1	5·8
Tabor	*4·0	4·4	6·7	7·4	9·1	13·6	12·2	15·2	9·5	6·7	*6·2	7·6
Černowitz	*4·4	4·4	7·3	7·3	9·0	12·3	12·0	12·4	6·9	6·9	6·2	5·7
Soběslau	*3·7	4·5	6·7	7·8	10·3	14·2	11·4	14·6	10·2	6·1	*5·5	6·1
Neuhaus	4·6	*4·5	6·7	7·3	9·2	13·2	11·1	14·0	9·2	6·3	6·4	6·3
Budweis	*3·1	4·0	6·0	7·4	10·2	13·2	13·1	13·5	12·1	5·6	*5·3	6·2
Schwarzbach	4·6	*4·3	6·2	4·6	9·2	13·7	14·0	14·8	8·8	7·0	*6·0	7·3
Winterberg	*4·2	4·8	6·2	8·1	11·9	13·1	10·6	13·2	10·3	9·7	*5·1	5·9
Nepomuk	*3·9	4·3	7·0	7·0	10·1	13·5	11·7	11·4	9·9	7·3	6·3	6·3
Klattau	*3·7	5·0	6·9	6·9	9·3	14·3	12·2	12·3	9·9	6·9	*5·5	6·0
Taus	*3·4	4·5	7·3	6·8	9·7	13·3	12·5	12·1	8·9	7·4	*6·0	7·3
Příbram	4·1	*3·8	6·7	5·8	10·7	14·6	10·0	9·8	8·6	7·2	6·9	6·9
Rabenstein	*3·8	3·9	6·7	5·7	8·7	14·6	13·1	11·5	10·0	7·9	*5·7	6·5
Rakonitz	*3·2	3·2	6·8	6·4	10·9	15·2	14·4	10·6	11·1	6·9	4·9	4·9
Ganz. Moldau-Geb.	*3·9	4·4	6·7	6·8	9·7	14·0	12·5	12·7	9·8	7·0	*6·1	6·4
Turnau	6·3	*5·2	7·6	5·6	9·5	7·8	13·2	10·2	9·6	8·5	*7·8	7·9
Weißwasser	*5·3	5·9	8·3	6·7	8·1	11·1	13·1	9·4	9·3	8·0	*7·7	7·6
Jungbunzlau	4·8	*4·3	6·9	6·5	8·4	11·9	12·9	11·1	11·5	7·5	*6·3	6·3
Lančín	*3·7	4·1	6·4	8·8	8·3	12·3	14·4	11·7	10·2	7·3	*6·1	6·4
Kolin	3·7	*3·6	6·3	7·1	8·7	14·0	14·8	13·2	9·4	6·3	6·2	5·9
Časlau	*3·5	3·5	6·4	8·9	8·8	13·7	15·3	12·5	9·6	6·3	5·6	5·6
Jičín	5·7	*4·7	4·7	6·0	8·1	10·9	11·9	12·7	9·9	7·2	*7·2	7·5
Sloupno	4·4	*3·2	7·1	7·1	8·3	11·7	13·0	12·5	9·2	7·1	*7·1	7·3
Kukus	6·0	*4·9	7·3	7·6	8·0	11·3	13·1	12·0	8·4	7·6	*7·5	8·0
Politz	*5·0	5·2	7·0	5·3	8·4	11·9	14·0	11·7	9·7	6·9	*6·0	7·4
Böhm. Skalitz	5·2	*4·8	7·6	5·7	8·6	11·8	13·7	11·9	9·8	7·4	7·8	7·1
Josefstadt	*5·5	5·6	8·5	6·2	8·8	11·6	12·1	11·1	9·2	7·3	*7·2	7·5
Pardubitz	*4·0	4·3	7·0	7·9	8·9	14·7	13·5	12·5	8·6	7·9	*5·9	6·3
Chrudim	*3·7	4·2	6·0	6·9	8·9	14·6	14·4	12·9	8·7	7·0	*5·1	5·9
Hlinsko	5·5	*5·2	7·1	5·8	9·4	14·7	12·9	11·1	11·1	6·5	*6·4	7·0
Chotzen	4·8	*4·7	7·0	6·1	8·9	13·3	12·1	12·1	8·4	7·1	*5·8	6·9
Leitomischl	*4·4	4·8	6·3	6·4	9·6	14·6	13·9	12·4	8·8	6·8	*5·1	6·5
Eger	*4·8	5·5	7·7	5·9	8·7	10·9	12·0	11·6	9·9	7·7	*6·4	7·6
Tepl	*4·4	4·9	7·9	7·5	8·6	10·2	12·4	11·3	10·7	8·6	*7·6	8·0
Karlsbad	*4·7	5·5	8·0	5·6	9·4	11·4	11·7	12·7	8·4	8·1	*7·2	7·5
Kupferberg	*5·4	5·5	7·0	6·9	8·8	12·2	11·9	10·6	9·6	9·2	*6·3	7·5
Fünfhunden	*3·8	4·0	6·5	6·7	10·5	13·4	13·9	10·7	9·0	7·4	*5·5	5·7
Laun	*2·6	2·7	5·4	6·3	11·8	12·5	15·6	10·9	10·3	7·7	4·9	4·9
Hracholusk	3·8	*3·7	6·4	7·1	10·8	13·5	15·3	10·4	9·5	7·8	5·7	5·7
Zlonitz	*3·3	3·4	6·5	6·7	11·2	13·0	10·1	10·1	9·4	7·5	6·0	5·6
Elbegeb.b.Tetschen	4·2	4·4	6·8	6·8	9·7	13·4	12·9	12·0	9·6	7·3	*6·2	6·5
In Millimetern												
Moldau-Gebiet	27	30	46	46	66	95	85	86	67	48	41	44
Elbe-Gebiet	30	31	47	47	67	93	89	83	67	50	43	45

II.

Untersuchungen über Verdunstung und Abfluss von größeren Landflächen.

Von Prof. Dr. Albrecht Penck.

Die in vorstehender Arbeit von Herrn Dr. Vasa Ruvarac hergeleiteten Werte für den Abfluss und Niederschlag im böhmischen Elbegebiete und in einzelnen seiner Theile beruhen auf einem Beobachtungsmateriale, wie es in gleicher Güte und Vollständigkeit nicht leicht von anderen Theilen Mitteleuropas beigebracht werden kann, sowie auf einer strengen Anforderungen entsprechenden, daher oft mühsamen Verwertung derselben. Sie erschienen daher geeignet, einige Fragen über den Wasserstand mitteleuropäischer Flüsse einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen.

Dabei darf es wohl als eine nicht neuerlich zu erweisende Thatsache angesehen werden, dass das in den Strömen abfließende Wasser meteorischen Ursprunges ist. Es hat allerdings Konrad Natterer, der Chemiker der Polar-Expedition, erneut die Muthmaßung ausgesprochen, dass ein capillares Aufsteigen des Meerwassers in den Festlandmassen stattfinde¹⁾; aber er hat damit den Hypothesen über den marinen Ursprung des Quellwassers keine neue Stütze verliehen. Ein solches Aufgesaugtwerden von Meerwasser sollte nämlich dadurch veranlasst worden sein, dass weite Gebiete der Erdoberfläche in der Nähe der Meere fast gar keinen Regen empfangen, sodass die darunter befindlichen Sand- und Gesteinsmassen wie ein Schwamm aufsaugend wirken; andere Theile des Festlandes, welche nur zu gewissen Zeiten des Regens entbehren und nur bei einer gewissen Tiefe austrocknen, sollen nur zeitweilig capillar aufsaugend wirken. Für reich benetzte Länder nimmt also Natterer augenscheinlich ein solches capillares Aufsteigen nicht an, und wir haben uns mit seiner zur Erklärung der chemischen Beschaffenheit des Grundschlammes im östlichen Mittelmeere aufgestellten Hypothese hier nicht zu beschäftigen, wenn wir die von Herrn Ruvarac ermittelte Regenmenge Böhmens als Quelle für die aus jenem Lande abfließende Wassermenge ansehen. Trifft doch das schlagendste Argument zu Gunsten dieser Ansicht zu. Der Regenfall in Böhmen lieferte im 15jährigen Mittel (1876—90) 35.29 km^3 Wasser, und abgeflossen sind nur 9.80 km^3 ; der Regenfall also vermag bequem die Elbe zu speisen.

¹⁾ Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeere. IV. Denkschriften der kais. Akademie d. Wissensch. in Wien. (Math.-naturw. Cl. LXL, 1894, S. 49.) — Über einige von dem Botaniker Dr. Otto Stapf aus Persien mitgebrachte salzhaltige Erd- und Wasserproben und deren Beziehungen zu Meeresablagerungen. Sitzungsberichte der kais. Akademie d. Wissensch. in Wien. Mathem. Naturw. Cl. CIV. Abth. II, 1895, S. 495.

Heute kann es sich also nicht mehr darum handeln, zu untersuchen, woher das Flusswasser kommt, sondern es kann sich nur fragen, wo die große Differenz zwischen Niederschlag und Abfluss bleibt, wohin 25.49 km^3 Wasser jährlich aus Böhmen gerathen; denn diese Frage wird gegenwärtig noch in verschiedener Weise beantwortet. Stimmen zwar die Ansichten darin überein, dass die Verdunstung es vornehmlich ist, welche die gefallene Regenmenge auf die abfließende Flusswassermenge mindert, so wird doch von verschiedenen Seiten darauf Gewicht gelegt, dass zugleich eine andere Ursache in gleicher Richtung wirke, nämlich dass ein bestimmter Antheil des gefallenen Regenwassers an den Boden gebunden und dadurch den Flüssen entzogen werde. Diese Ansicht findet in verschiedenen Formeln, welche die Wasserführung der Flüsse mit dem Niederschlage ihrer Gebiete in Beziehung bringen, bezeichnenden Ausdruck.

Diese Anschauung, welche überdies den mehrfach geäußerten Befürchtungen, es trockne das Land aus, zugrunde liegt, erscheint uns nur in sehr geringem Umfange haltbar. So unbestreitbar auch ist, dass Flüsse hie und da Wasser an den Boden verlieren, so sicher auch Wasser vielfach auf dem Lande chemisch gebunden wird, so lehrt doch eine einfache Überlegung, dass dadurch den Flüssen keine messbare Wassermenge entzogen werden kann. Geschähe letzteres, so kehrte merklich weniger Wasser in den Ocean zurück, als von diesem durch die Verdunstung entzogen wird, und es müsste der Meeresspiegel allgemein gleichmäßig sinken. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr zeichnen sich ausgedehnte Küstenstriche durch stabile Lage aus, während weniger weit erstreckte entweder Hebungs- oder Senkungserscheinungen aufweisen. Man hat daher für die letzten zwei Jahrtausende eine nahezu unveränderte Lage des Meeresspiegels anzunehmen, und wenn eine Wasserbindung auf dem Lande stattgefunden hat, so kann diese doch dem Weltmeere in den letzten zwei Jahrtausenden gewiss keine 1 dm hohe Schicht entzogen haben. In den letzten zwei Jahrtausenden betrug die Gesammthöhe des Regenfalles auf dem Lande, die gegenwärtig nach Murray im Jahre 840 mm ausmacht, 1680 m ; dem steht ein denkbare Sinken des Meeresspiegels von weniger als 100 mm infolge des Wasserverlustes gegenüber; letzterer Betrag entspräche einer 0.254 m hohen auf dem Lande zurückgebliebenen Wasserschichte, also $\frac{1}{6600}$ des gefallenen Regens. Ein solcher Betrag von 0.15‰ kann füglich außer Rechnung bleiben; er fällt tief unter die Fehlergrenze der übrigen in Betracht kommenden Größen, nämlich des Niederschlages und Abflusses. So fern also ein Flussgebiet nicht einen nachweislichen Wasserverlust an ein anderes erleidet, müssen wir den ganzen Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluss der Verdunstung, also einem rein meteorologischen Factor zuschreiben.

Zu einer näheren Untersuchung dieses bisher noch wenig gewürdigten Factors bietet die vorstehende Arbeit von Herrn Dr. Ruvarac ausgezeichnete Gelegenheit. Das böhmische Elbegebiet gehört zu jenen Flussgebieten, die unterirdisch kein Wasser verlieren. Es ist rings von Gebirgen umrahmt, die aus undurchlässigem Gesteine bestehen; die Elbe tritt daraus in engem Durchbruchsthale heraus mit schmaler Thalsole, in welcher sich ein größerer Grundwasserstrom nicht bewegen kann. Für dieses Gebiet ist nun der Abfluss in den einzelnen Jahren ermittelt und es sind auch die Daten gewonnen, aus welchen der Niederschlag der einzelnen Jahre hergeleitet werden kann. Mit einer Erörterung der hierbei in Betracht kommenden Fragen beschäftigt sich der erste

Abschnitt der folgenden Untersuchung. Er erörtert die Schwankungen des Regenfalles in Böhmen 1876—1890 und eröffnet die Möglichkeit, die Veränderungen der Verdunstung von Jahr zu Jahr zu verfolgen. Weiter sind Niederschlag und Abfluss für einige Theile des gesammten Gebietes bestimmt, es lassen sich sohin die örtlichen Veränderungen im Betrage der Verdunstung insgesamt, also deren Veränderungen innerhalb gewisser Grenzen zeitlich und räumlich verfolgen, wobei sich Gelegenheit bietet, die Abhängigkeit der Verdunstung von anderen klimatischen Factoren klarzustellen. Dies geschieht im zweiten der nachfolgenden Abschnitte, welcher die Verdunstung im böhmischen Elbegebiet in den einzelnen Jahren untersucht.

Weiter bieten die von Herrn Dr. Ruvarac hergeleiteten Daten die Möglichkeit, von Jahr zu Jahr den Niederschlag in ganz Böhmen und in den einzelnen Theilen des Elbegebietes mit den abgeflossenen Wassermengen zu vergleichen. Dadurch wird ein Einblick in die einzelnen Elemente gewonnen, welche die Wasserführung eines Stromes beeinflussen, nämlich Niederschlag und Bodenbeschaffenheit seines Gebietes. Letztere ist in Böhmen recht wechselnd. Herrschen im Bereiche der Moldau undurchlässige Gesteine fast ausschließlich, so kommen in dem der Elbe die durchlässigen mehr zur Geltung. Es wird sich also erkennen lassen, ob der Abfluss mehr vom Niederschlage oder von der physikalischen Beschaffenheit des Flussgebietes abhängig ist. Mit dieser Frage beschäftigt sich der dritte der folgenden Abschnitte, welcher den Abfluss aus dem böhmischen Elbegebiete in den einzelnen Jahren behandelt.

Die in beiden genannten Abschnitten sich ergebenden Regeln weisen mehrmals Ausnahmen auf. Sie deuten darauf hin, dass außer Niederschlag, Abfluss und Verdunstung noch Weiteres in Betracht kommt, nämlich die zeitweilige Aufspeicherung von Wasser in einem Flussgebiete im Laufe eines Jahres, derzufolge in einem Jahre nicht bloß der Niederschlag desselben, sondern auch der des vorhergehenden zum Abflusse gelangt. Dies veranlasst uns, im vierten Abschnitte den Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss in den einzelnen Monaten näher zu treten, welche ganz wesentlich von der zeitweiligen Aufspeicherung beeinflusst werden. Dabei bietet sich Gelegenheit, den Betrag der Aufspeicherung wenigstens annähernd schätzen zu lernen.

Die genannten vier Abschnitte tragen im wesentlichen den Charakter einer Untersuchung. Es wird die Lösung der einzelnen Probleme von verschiedenen Seiten versucht, um zu zeigen, dass verschiedene Wege zu gleichen Ergebnissen führen. Die letzteren werden dann in einem eigenen Schlussabschnitte übersichtlicher zusammengefasst.

1. Die Schwankungen des Niederschlages in Böhmen 1876—1890.

Die von Herrn Ruvarac erhaltenen Werte für die mittlere Niederschlagshöhe von Böhmen und seinen einzelnen Theilen beziehen sich auf eine ausgezeichnete nasse Periode. Nach Brückner¹⁾ waren in Böhmen die Jahrfünfte 1876/80 und 1881/85 relativ sehr feucht, nach den vorausgegangenen Untersuchungen ist ferner das Quinquennium 1886/90 noch viel niederschlagsreicher. Von den drei böhmischen Stationen, deren Schwankungen des Regenfalles Brückner untersucht, ist

¹⁾ Klimaschwankungen. Geogr. Abth. IV. 2. 1890. p.151.

die von Bodenbach in den Achtziger Jahren erloschen; für die beiden anderen gestalten sich die Abweichungen vom Mittel 1851/80 in % wie folgt:

	1851/55	1856/60	1861/65	1866/70	1871/75	1876/80	1881/85	1886/90
Prag	4	4	-12	-3	-3	10	14	31
Časlau	6	8	-29	4	-14	25	21	32
Mittel	5	6	-20	0	-8	17	17	31
			-9			+22		

Darnach wäre der Regenfall in Böhmen 1876/90 22% höher als das dreißigjährige Mittel gewesen, letzteres würde sich auf 567 mm belaufen und für die drei trockenen Jahrfünfte 1861/75 würde es gar nur 516 mm betragen.

Es ist aber zu erwägen, dass der Regenfall in ganz Böhmen bei weitem weniger starke Schwankungen aufweist, als die oben erwähnten Stationen. Es erhellt dies aus folgender Gegenüberstellung der relativen Niederschlagsmengen, auf die Periode 1876/90 bezogen:

	1876/80	1881/85	1886/90
Prag und Časlau	-5%	-7%	+12%
Ganz Böhmen	-1	-3	+4
Unterschied	-4	-4	+8

Die Abweichungen der genannten zwei Stationen vom Mittel sind durchschnittlich dreimal so groß als im gesamtten böhmischen Elbegebiete. Darnach würde letzteres 1876/90 nur um 7% zu nass, 1881/90 nur um 3% zu trocken gewesen sein; es würde die normale Regenhöhe von Böhmen rund 650 mm und in den drei trockenen Jahrfünften 1861/75 etwa 630 mm betragen.

Wir sehen also, dass alle die bisher gewonnenen Werte für die Niederschlagshöhe in Böhmen¹⁾ in die Grenzen fallen, in welcher sie mutmaßlich schwankt, und dadurch entzieht sich der allenfallsige methodische Fehler, verursacht durch geringe Anzahl von Stationen oder nicht ganz zutreffende Verwertung des Materials, der Discussion.

Wie schon erwähnt, zeigen die Stationen Prag und Časlau weit beträchtlichere Schwankungen des Niederschlages, als das ganze böhmische Elbegebiet zusammengenommen. Dem entspricht naturgemäß die Thatsache, dass andere Stationen geringere oder andere Schwankungen als das Gesamtgebiet aufweisen. In der That zeigen die einzelnen der 53 Normalstationen einen sehr verschiedenen Gang ihrer Schwankungen. In fast jedem der in Betracht gezogenen 15 Jahre haben einige Stationen mehr, andere weniger Regen als im Mittel. Nur 1890 hatten alle Stationen mehr als im Durchschnitt. Dies erhellt deutlich aus folgender Zusammenstellung der in Procenten des Mittels ausgedrückten größten und kleinsten Niederschlagsmengen von 53 Normalstationen²⁾. (Vergl. Fig. 4.)

	1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	1876/90
Größte	118	111	124	127	150	129	148	119	123	111	126	100	155	121	146	127
Kleinste	68	73	67	73	84	76	78	71	82	55	86	54	86	80	103	76
Unterschied	50	38	57	54	66	53	70	48	41	56	40	46	69	41	43	51
Arith. Mitt. 93	97	95	100	117	102	113	95	102	83	106	77	120	100	124	101	
Wahres Mittel	93	91	94	99	118	96	116	90	98	85	105	79	113	97	124	100

¹⁾ Eine Ausnahme macht v. Sonklar's Wert, der sich aber nicht bloß auf Böhmen, sondern die gesamtte sudetische Ländergruppe bezieht. ²⁾ Die Station Krumau, für welche vielfach nur lückenhafte Beobachtungen vorliegen, wurde bei dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt.

Der mittlere Unterschied zwischen der in Procenten des 15jährigen Mittels ausgedrückten größten und kleinsten Regenmenge eines Jahres beträgt 51%. Das heißt: Würde man sich vorstellen, dass alle Stationen Böhmens im vieljährigen Mittel dieselbe Regenhöhe hätten, so würde man doch in ein und demselben Jahre positive und negative Abweichungen von diesem Mittel im Gesamtbetrage von der halben Höhe desselben anzunehmen haben. Das ist eine örtliche Variabilität des Niederschlages, welche lediglich rein meteorologischen Umständen zuzuschreiben ist, und welche durch die örtliche Variabilität infolge der orographischen Gestaltung des Landes sich leicht der Wahrnehmung entzieht. Dabei hält sich das Mittel aus dem relativ reichsten und relativ geringsten Regenfall eines Jahres bemerkenswert nahe dem wahren Mittel aus allen 53 Stationen. Es findet sohin im böhmischen Elbegebiete eine auffällige Compensation der in einem Jahre zu viel und zu wenig fallenden Niederschläge statt.

Selbst in den Fünfjahrmitteln der relativen Niederschlagshöhen zeigen sich noch recht beträchtliche Abweichungen von dem für das ganze böhmische Elbegebiet geltenden Werten. Das erste Jahrfünft ist an 18 Stationen das trockenste, an 16 das feuchteste, an 19, wie für das Gesamtgebiet, ein mittleres. Das zweite Jahrfünft ist an 28 Stationen, wie für die ganze Fläche, das trockenste, für 7 Stationen das feuchteste, für 18 ein mittleres. Das letzte Jahrfünft endlich ist für 7 Stationen das trockenste, für 30 hingegen, wie für das ganze Gebiet, das feuchteste, für 16 ein normales. Man sieht, dass keineswegs immer die Mehrzahl der Stationen das Verhalten des gesammten Gebietes zeigen. Der Gang der Niederschlagsschwankungen in den drei Jahrfünften wird aus folgender Zusammenstellung ersichtlich, welche zugleich erkennen lässt, in welchen Theilen Böhmens die einzelnen Typen der Aufeinanderfolge herrschen.

12	Stationen	hatten	nacheinander	Trockenes, Normales, Feuchtes	Jahrfünft (Mittelböhmen);
6	»	»	»	Trockenes, Feuchtes, Normales	Jahrfünft (Unteres Egergebiet);
18	»	»	»	Normales, Trockenes, Feuchtes	Jahrfünft (Südost-Böhmen);
1	»	»	»	Normales, Feuchtes, Trockenes	Jahrfünft (Tepl);
10	»	»	»	Feuchtes, Trockenes, Normales	Jahrfünft (Nordost-Böhmen);
6	»	»	»	Feuchtes, Normales, Trockenes	Jahrfünft (West-Böhmen).

Den normalen Gang des Landes, nämlich dass auf ein ungefähr normales Jahrfünft erst ein trockenenes, dann ein feuchtes folgte, zeigen nur 18 Stationen, also ein Drittel der hier betrachteten, nämlich die Stationen der böhmisch-mährischen Höhe und des oberen Moldauegebietes. Zwei Drittel aller Stationen haben einen abweichenden Gang; es ist keine Möglichkeit der Aufeinanderfolge trockener, normaler und feuchter Jahrfünfte denkbar, die nicht vertreten wäre und meist auf einem größeren Gebiete herrschte.

Versucht man kartographische Darstellungen der Abweichungen des Niederschlages vom 15jährigen Mittel für die drei Jahrfünfte 1876/80, 1881/85 und 1886/90 (vergl. Fig. 5, 6, 7), so ergibt sich folgendes:

1876/80 waren die randlichen Gebirge mit Ausnahme des Erzgebirges sammt dem größeren Theile des Gebietes der kleinen Elbe feucht, die Mitte war trocken, insbesondere im unteren Moldau- und Egergebiete.

1881/85 waren Nordwestböhmen und die Mitte des Landes zu feucht, der Nordosten war etwas trocken, der Südosten und Süden erheblich zu trocken.

1886/90 waren die Mitte und der Südosten viel zu feucht, der Westen hingegen zu trocken; annähernd normale Verhältnisse herrschten im Nordosten; es war die Regenvertheilung beinahe umgekehrt wie die von 1881/85.

Die Localisierung dieser Typen hat zur Folge, dass in den hier hauptsächlich in Betracht kommenden Abschnitten des Elbegebietes in Böhmen sich für die drei hier erörterten Jahrfünfte eine verschiedene Vertheilung des Niederschlages ergibt. Es fielen nämlich jährlich vom 15 Jahresmittel:

	Moldau- gebiet	Gebiet der kl. Elbe	Egergebiet	Rest	Gesamt- gebiet
1876/80	99%	102	*96	*95	99
1881/85	*94	96	106	101	*97
1886/90	107	102	98	104	104

Es erhellt aus obigen Darlegungen, dass die Reduktion der Niederschlagssummen von einer Station auf die andere nur in sehr engen Grenzen möglich ist, und dass die Schwankungen des Niederschlages an einzelnen wenigen Stationen nicht genügen, um die des Regenfalles über größeren Gebieten aufzuhellen. Um sie kennen zu lernen, braucht man, streng genommen, genaue Karten des jährlich gefallenen Niederschlages, aus welchen durch Ausmessung des Gebietes der einzelnen Isohyeten die mittlere Niederschlagshöhe in ähnlicher Weise zu ermitteln ist, wie dies von Herrn Ruvarac für die Periode 1876/90 für Böhmen geschehen ist.

Ein solches Verfahren ist aber nicht bloß zeitraubend, sondern auch im einzelnen schwer durchführbar. Ein Jahr Niederschlagsbeobachtungen genügt nicht, um etwaige Fehler der Beobachtungen, um locale Einflüsse in der Aufstellung von Instrumenten an den einzelnen Stationen unzweifelhaft hervortreten zu lassen. Man ist deswegen gezwungen, die Ergebnisse ohne Rücksicht auf ihren Wert benutzen zu müssen. Dazu kommt, dass selbst in den bestorganisierten Beobachtungsnetzen die Zahl der Stationen von Jahr zu Jahr Veränderungen unterworfen ist, weswegen man die Isohyeten von Jahr zu Jahr nach anderen Orten zu ziehen hat. Die von ihnen umschlossenen Areale werden schon nicht bloß von der Niederschlagsvertheilung, sondern auch von dem Wechsel des Beobachtungsmateriales beeinflusst.

Unter solchen Verhältnissen erscheint es rätlicher, eine Normalregenkarte zu entwerfen, welche auf der Gesamtheit der Erfahrungen einer längeren Beobachtungszeit beruht. Bei Construction einer solchen Karte vermag man bei vorsichtiger Reduktion den kurzen Beobachtungen an wichtigen Stellen vollauf Rechnung zu tragen und sohin die Isohyeten nach allen Beobachtungen zu ziehen, ohne Rücksicht auf ihre Gleichzeitigkeit; bei ihrer Bearbeitung stellt sich aber auch heraus, welche Stationen nicht ganz verlässlich und daher auszuschneiden sind. Auf Grund einer solchen Normalregenkarte erhält man dann die mittlere jährliche Niederschlagshöhe für eine längere Zeit, und daraus kann man nach den Schwankungen des Niederschlages an einer größeren Zahl von gleichmäßig über das Land vertheilten Normalstationen die jedem einzelnen Jahre zukommende Regenhöhe herleiten.

Dies Verfahren war in Böhmen umsomehr am Platze, als die Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen nur von einer größeren Zahl

von Stationen in extenso veröffentlicht worden sind, während von anderen Stationen nur die Niederschlagssummen vorliegen, so dass für sie eine genaue Überprüfung nicht möglich ist. Ferner fehlen für die Jahre 1882/85 die Ergebnisse der zahlreichen forstlichen Stationen. Endlich zeigte sich, dass die Ergebnisse nicht weniger Stationen unverlässlich waren; offenbar ist die Controle des großen Netzes nicht immer ausreichend gewesen. Ein genaue Controle der Stationen ist aber unumgänglich nothwendig, wenn ein dichtes Beobachtungsnetz wirklich Wert haben soll. Auf die Zahl der Beobachtungsstationen allein kommt es nicht an. Dort, wo neben vielen guten Stationen einige, wenn auch nur wenige unverlässlich sind, werden eben auch falsche Ergebnisse gezeitigt, welche unter Umständen viel mehr schaden können, als die Vermehrung der Zahl der guten nützt.

Allerdings könnten die vorangegangenen Untersuchungen Bedenken gegen das vorgeschlagene Verfahren rege machen, da sich gezeigt hat, dass der Regenfall in Böhmen sehr unregelmäßige örtliche Schwankungen aufweist, weswegen seine Schwankungen an einigen Orten keineswegs als maßgebend für das ganze Land angesehen werden dürfen. Es sollen aber die Schwankungen nicht nach einigen wenigen Stationen bestimmt werden, sondern nach deren 52, sodass also je eine Station auf eine Fläche von weniger als 1000 km^2 kommt. Es kann wohl angenommen werden, dass diese Zahl hinreichend ist, um aus den mittleren Niederschlagshöhen für die Periode 1876/90 mit Hilfe der in Tabelle X nach Tabelle IX hergeleiteten »wahren Mittel« die Niederschlagshöhen für die einzelnen Jahre mit genügender Genauigkeit zu erhalten.

Tabelle XIII enthält zunächst die also für die Gebiete der Moldau, Kleinen Elbe, Eger und Tetschener Elbe erhaltenen Werte, welche nach dem angegebenen Verfahren nur auf rund 1% der Normalwerthe genau sind, also bis auf etwa 7 mm . Unter ihnen sind die Abflusshöhen verzeichnet, welche sich aus den von Herrn Ruvarac ergebnen Abflussmengen ergeben. Die Differenz von Niederschlags- und Abflusshöhen ist, da aus Böhmen unterirdisch nichts abfließt, die Verdunstungshöhe, ihr Verhältnis ist der gleichfalls verzeichnete Abflussfaktor. Außerdem gibt Tabelle XIII dieselben Werte für das um das Moldaugebiet verringerte böhmische Elbegebiet an, welche auf dem Wege einer correcten Differenzenbildung hergeleitet wurden. Es wurden nämlich von den Gesamtsummen des Niederschlages, bezw. des Abflusses im Elbegebiet die entsprechenden Gesamtsummen für das Moldaugebiet abgezogen. Aus der erhaltenen Differenz wurden dann die Niederschlags- und Abflusshöhen für das Elbe-Moldaugebiet durch Division mit dessen Areal hergeleitet. Es wurde also gesetzt:

N i e d e r s c h l a g s h ö h e

$$\text{Elbe—Moldaugebiet} = \frac{\text{Elbegebiet} \times 51 - \text{Moldaugebiet} \times 27}{24}.$$

Endlich enthält Tabelle XIII die Abweichungen der Temperatur jeden Jahres vom 15jährigen Mittel, über deren Berechnung weiter unten das nöthige gesagt ist.

2. Die jährliche Verdunstung im böhmischen Elbegebiet.

Die Beträge der Verdunstungshöhen und ihrer Schwankungen sind in Tabelle XIII verzeichnet. Man entnimmt ihr, dass die Ver-

Tabelle XIII. Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss.

Moldaugebiet	1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	76/80	81/86	88/90	76/90	
Niederschlg. <i>mm</i>	627	627	681	654	790	654	749	572	661	558	742	558	790	640	906	674	640	729	681	
Abfluss <i>»</i>	190	132	125	171	225	188	176	158	135	112	183	111	257	164	315	170	153	206	177	
Verdunstung <i>»</i>	437	495	556	483	565	466	573	414	526	446	559	447	533	476	591	504	487	523	504	
Abflussfactor %	30.3	21.0	18.4	26.2	28.5	28.8	23.5	27.7	20.4	20.1	24.7	19.9	32.6	25.7	34.8	25.3	24.0	28.3	26.0	
Temperatur ° C.	+0.2	+0.4	+0.3	-0.9	+0.6	-0.8	+0.4	-0.1	+0.5	+0.3	+0.4	-0.8	-0.7	-0.2	-0.1	+0.2	+0.1	-0.3		
Elbe—Moldan-																				
gebiet																				
Niederschlg. <i>mm</i>	663	633	602	735	860	675	864	695	697	564	710	535	788	721	804	697	691	709	705	
Abfluss <i>»</i>	283	217	212	186	257	213	242	232	207	142	177	141	227	211	215	229	208	193	209	
Verdunstung <i>»</i>	380	416	390	549	603	462	632	403	490	422	533	394	561	510	589	468	483	516	496	
Abflussfactor %	42.7	34.3	35.2	25.3	29.9	31.6	28.0	33.4	29.7	25.2	24.9	26.3	28.8	29.3	26.7	32.9	30.1	27.2	29.6	
Temperatur ° C.	+0.1	+0.2	+0.6	-0.8	+0.6	-0.7	+0.7	-0.1	+0.5	+0.4	+0.4	-0.9	-0.9	-0.2	-0.1	+0.2	+0.2	-0.3		
Gesamtes																				
Elbegebiet																				
Niederschlg. <i>mm</i>	644	630	644	692	823	664	803	630	678	561	727	547	789	678	858	685	671	720	692	
Abfluss <i>»</i>	234	172	166	178	240	200	207	190	171	136	180	125	243	186	268	198	179	200	192	
Verdunstung <i>»</i>	413	458	478	514	583	464	596	440	507	435	547	422	546	492	590	487	492	520	500	
Abflussfactor %	36.4	27.3	25.8	25.8	29.2	30.2	25.8	30.2	25.2	22.5	24.8	22.9	30.9	27.5	31.3	29.0	27.0	27.8	27.8	
Temperatur ° C.	+0.15	+0.35	+0.65	-0.85	+0.55	-0.75	+0.55	-0.05	+0.55	+0.35	+0.45	-0.85	-0.85	-0.15	-0.15	+0.2	+0.1	-0.3		
Kleines Elbe-																				
gebiet																				
Niederschlg. <i>mm</i>	710	672	642	807	964	672	889	725	740	560	732	575	867	769	881	762	717	762	747	
Abfluss <i>»</i>											198	135	318	255	284			288		
Verdunstung <i>»</i>											534	440	549	514	597			524		
Abflussfactor %											27.1	23.5	36.7	33.2	32.3			31.3		
Egergebiet																				
Niederschlg. <i>mm</i>	689	611	646	689	774	795	895	682	682	682	767	483	746	703	795	682	753	696	710	
Abfluss <i>»</i>											195	170	252	208	246			214		
Verdunstung <i>»</i>											572	313	494	495	549			482		
Abflussfactor %											25.4	35.2	33.8	29.6	31.0			30.8		

dunstungshöhe für ganz Böhmen im Mittel der 15 Jahre 1876/90 nahezu gleich groß ist und sich in den einzelnen der drei Hauptflussgebiete auch nur wenig von 500 *mm* entfernt, nämlich dem Werte, den sie im gesammten Elbegebiete hatte; im Moldaugebiete ist sie um 4 *mm* geringer, im Restgebiete dementsprechend um 4 *mm* höher. 1886/90 ist sie am größten im Gebiete der Kleinen Elbe; nahezu gleich groß ist sie in dem der Moldau, und es ist lediglich dem Einflusse des im Egergebiete abnorm trockenen Jahres 1887 zuzuschreiben, wenn sie hier 1886/90 auf 482 *mm* herabsinkt. Ohne dieses Jahr ist sie im genannten Jahrfünft für die Moldau 540 *mm*, Kleine Elbe 548 *mm*, Eger 527 *mm*, ganzes Elbegebiet 544 *mm*. Auch in den einzelnen Jahren ergeben sich zwischen den Verdunstungshöhen der gesammten Flussgebiete nur sehr geringe Unterschiede. Nur einmal, 1878, erheben sie sich zwischen Moldau- und Elbegebiet auf den stattlichen Wert von 78 *mm*. Er mindert sich aber auf 58 *mm*, sobald bei Berechnung der mittleren Regenhöhen des Moldaugebietes die Station Krumau ausgeschlossen wird, welche 1878 ebenso wie 1890 ganz außergewöhnliche Regensummen verzeichnete.¹⁾ Im Mittel beläuft sich der Unterschied zwischen der Verdunstung im Moldau- und Elbegebiete in den einzelnen Jahren auf 22 *mm*, jener der Niederschlagshöhen auf 25 *mm*; im Mittel der 15 Jahre ist er 4 *mm*, jener der Regenhöhen aber 11 *mm*.

Es erhellt hieraus, dass die Verdunstung von einer großen Landfläche regional geringere Verschiedenheiten aufweist, als der Niederschlag über größeren Gebieten. Unter solchen Umständen empfiehlt es sich, sie bei potamologischen Studien eingehend zu beachten, zumal da sie als eine direkte Funktion der Atmosphäre anzusehen ist. Theoretisch ist sie in erster Linie von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängig, welcher seinerseits von deren Temperatur abhängt. Ferner ist sie abhängig von der Vertheilung und Summe des Niederschlages, denn je öfter und ausgiebiger eine Oberfläche benetzt wird, desto mehr kann, bis zu einer gewissen Grenze, von ihr verdunsten.

Bei einer Untersuchung der klimatischen Beziehungen der Verdunstung von ganz Böhmen ergibt sich in erster Linie eine auffällige Abhängigkeit von der Summe des Niederschlages. Mit Ausnahme des Intervalles von 1876 auf 1877 ändert sich die Verdunstung von Jahr zu Jahr genau in dem Sinne wie der Regenfall. Dies tritt deutlich in den Fig. 8 und 9 hervor. Selbst wenn man die einzelnen Jahre nach der Höhe ihrer Niederschläge ordnet, so entspricht in 8 von 14 Fällen im Moldaugebiete, in 10 von 14 Fällen im Elbegebiete, in 11 von 14 Fällen im Elbe-Moldaugebiete einer Steigerung des Niederschlages auch eine solche der Verdunstung, und beide Male sind die Ausnahmen gelegentlich minimal. Ferner verlaufen die Abweichungen des Niederschlages und die Verdunstung vom Mittel nahezu parallel, und die mittlere Abweichung ist die gleiche, wie Tabelle XIV lehrt. In ihr sind wie auch weiterhin nur die Daten über das Moldau- und Elbegebiet zusammengestellt, da die auf dem Wege der Differenzenbildung für das Elbe—Moldaugebiet erhaltenen naturgemäß die Unsicherheit der beiden Originaldaten in sich vereinigen.

¹⁾ Ohne Krumau 1878 u. 1890.

		Nieder- schlag	Ab- fluss	Verduns- tung	Abfluss- factor
Moldaugebiet . . .	{ 1878 <i>mm</i>	667 <i>mm</i>	125 <i>mm</i>	542 <i>mm</i>	18.8%
	{ 1890	892	315	577	35.3

Tabelle XIV. Abweichungen vom mehrjährigen Mittel in Procenten.

		1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Moldau	Niederschlag	- 8	- 8	0	+4	+16	- 4	+10	-16	- 3	-18
	Verdunstung	-13	- 2	+10	-4	+12	- 8	+14	-18	+ 4	-12
	Abfluss	+ 7	-25	-29	-3	+27	+ 6	0	-10	-24	-37
	Abflussfactor	+17	-19	-29	+1	+10	+11	-10	+ 7	-22	-23
		1886	87	88	89	90	76/80	81/85	86/90	Mittel d. Jahre	Amplitude
Moldau	Niederschlag	+ 9	-18	+16	-6	+33	-1	- 6	+ 7	10.5	51
	Verdunstung	+11	-12	+ 6	-6	+17	+1	- 4	+ 3	10.0	35
	Abfluss	+ 3	-37	+45	-7	+78	-4	-13	+17	20.5	115
	Abflussfactor	- 5	-23	+25	-1	+34	-3	- 8	+ 9	15.8	63
		1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Elbe	Niederschlag	- 7	- 9	- 7	0	+19	-4	+16	- 9	- 2	-19
	Verdunstung	-18	- 8	- 4	+3	+17	-7	+19	-12	+ 1	-13
	Abfluss	+22	-10	-14	-7	+25	+4	+ 8	- 1	-10	-34
	Abflussfactor	+31	- 2	- 7	-7	+ 5	+9	- 7	+10	-10	-19
		1886	87	88	89	90	76/80	81/85	86/90	Mittel d. Jahre	Amplitude
Elbe	Niederschlag	+ 5	-21	+14	-2	+24	-1	- 3	+ 4	10.5	45
	Verdunstung	- 9	-16	+ 9	-2	+18	-2	-2	+ 4	10.5	37
	Abfluss	- 6	-35	+27	-3	+40	+3	-7	+4	16.5	78
	Abflussfactor	-11	- 8	+11	-1	+13	+4	-3	0	10.1	50

Bildet man der Reihe nach für die fünf niederschlagsärmsten, für die fünf mittleren und für die fünf regenreichsten Jahre der Periode 1876/90 Mittel für die Niederschläge und die Verdunstung, so erkennt man, dass den trockensten Jahren die kleinste, den nassen Jahren die größte Verdunstung entspricht. Abersowohl im Moldau- wie im gesammten Elbegebiete ist die Zunahme des Niederschlags von den trockensten zu den feuchten Jahren nur halb so groß, wie von den mittleren zu den feuchten Jahren. Dagegen ist die der Verdunstung für beide Intervalle nahezu dieselbe. Niederschlag und der Verdunstung nehmen verschieden rasch zu. Dies spiegelt sich sehr deutlich in den Quotienten beider. Das Verhältnis der Verdunstungs- zur Niederschlagshöhe, welches analog dem Abflussfactor als Verdunstungsfactor bezeichnet werde, ist für die mittleren Jahre größer (Moldau 76.2%, Elbe 73.2%) als in den fünf feuchtesten Jahren (Moldau 71.0%, Elbe 71.5%). Eine entsprechende Abnahme der Verdunstungsfactoren von den trockensten zu den mittleren Jahren lässt sich jedoch nicht erkennen. Für das Moldaugebiet sind beide nahezu gleich (76% und 76.2%), für das Elbegebiet ist der Factor für die trockensten Jahre sogar kleiner als jener für die mittleren (71.9% gegen 73.2%). Letzteres ist im wesentlichen die Folge des Jahres 1876, welches im Elbegebiete eine ungewöhnlich geringe Verdunstungshöhe aufweist. Aber selbst wenn man 1876 bei der Mittelbildung für das Elbegebiet unberücksichtigt lässt und für das Moldaugebiet die außerordentlichen Regenhöhen von Krumau für 1878 und 1890 ausmerzt, so bleiben die Verdunstungsfactoren für die trockensten und mittleren Jahre einander nahezu gleich. Dies lehrt die folgende Zusammenstellung der corrigierten Werte:

	4 bzw. 5 trockene		fünf mittlere		fünf feuchte Jahre
Moldau					
Niederschlagshöhe . . .	588 mm	67	655 mm	137	792 mm
Verdunstungshöhe . . .	448 »	50	498 »	63	561 »
Verdunstungsfactor . . .	76.2%		76.1%		70.9%
Elbe					
Niederschlagshöhe . . .	592 mm	79	671 mm	129	800 mm
Verdunstungshöhe . . .	439 »	52	491 »	81	572 »
Verdunstungsfactor . . .	74.2%		73.2%		71.5%

Erst wenn man die Niederschläge für die Intervalle von 50 zu 50 mm zu Mitteln zusammenfasst und die Mittel der dazu gehörigen Verdunstungshöhen bildet, erkennt man, dass die geringsten Niederschläge mit der relativ größten Verdunstung verbunden sind. Man hat sohin im großen und ganzen eine Abnahme des Verdunstungsfactors mit Zunahme des Niederschlages. Aber sie erfolgt nicht regelmäßig und zeigt bei mittleren Niederschlagsverhältnissen erhebliche Schwankungen. Durchschnittlich verdunsten bei mittlerem Niederschlage im Moldaugebiete 75%, im Elbegebiete 72.5%, in trockenen Jahren dagegen 77.3%, in nassen nur 65 bis 68.5% des Regens. Das erhellt aus folgender Übersicht.

Niederschl.-Intervalle	551-600 mm	601-650	651-700	701-750	751-800	801-850	851-900
Moldau							
Niederschlag	563 mm	631	659	745	790	—	892
Verdunstung	436 »	469	504	566	549	—	577
Verdunstungsfactor	77.3%	74.4	76.5	76.0	—	—	65.2
Elbe							
Niederschlag	554 mm	635	678	758		813	858
Verdunstung	428 »	459	495	546		589	590
Verdunstungsfactor	77.3%	72.3	73.0	72.0		72.5	68.5

Es erübrigt nun, die Abhängigkeit der Verdunstung von der Temperatur zu erweisen.

Um diese zu ermitteln, wurden aus den Jahrestemperaturen von fünf gleichmäßig über Böhmen vertheilten Stationen Mittel gebildet, nämlich Tabor und Prag im Moldaugebiete, von Časlau, Weißwasser und Eger im übrigen Elbegebiete. Der Gang der Mitteltemperatur an diesen Orten dürfte ziemlich genau den des gesammten Landes spiegeln. In der That waren sowohl im Moldau- wie im gesammten Elbegebiete die Jahre 1879, 1881, 1887, 1888 und 1889 die fünf kältesten, ferner 1886, 1884, 1882, 1880 und 1878 die fünf wärmsten. Die erstgenannten Jahre waren zusammen um 0.7° zu kalt, die letztgenannten um 0.6° zu warm. Die Temperatur der fünf restlichen Jahre war um eine Kleinigkeit höher als das Mittel. Letzteres stellte sich für alle fünf Stationen zusammengenommen auf 7.65°, für die einzelnen wie folgt: Prag 8.9°, Tabor 7.2°, Časlau 8.2°, Weißwasser 7.2°, Eger 6.4°. Tabelle XIII verzeichnet unter dem Stichworte Temperatur die Temperaturabweichungen der einzelnen Jahre für die Haupt-Flussgebiete; in Folgendem wird immer nur mit jenen des gesammten Elbegebietes gerechnet, von denen die des Moldau- und Elbe-Moldaugebietes kaum merklich abweichen.

Verfolgt man die Temperaturänderung von Jahr zu Jahr (vergl. Fig. 8 und 9), so entspricht zwar im allgemeinen einer Temperaturerhöhung zugleich eine Steigerung der Verdunstung und umgekehrt einer Minderung der ersteren eine Verringerung der letzteren. Lediglich das Intervall 1887/89 macht eine Ausnahme. Von 1887 auf 1888 fand keine Steigerung der Temperatur, wohl aber eine sehr beträchtliche der Verdunstung statt, dann hob sich auf 1889 die Temperatur, während sich die Verdunstung minderte. Ordnet man aber die Jahre nach ihrer Temperatur, so entspricht nur in 7 von 14 Fällen im Moldaugebiete, in 6 von 14 Fällen im Elbegebiete einer Temperaturerhöhung eine Steigerung der Verdunstung. Fasst man die Jahre in drei Gruppen, nämlich die fünf kältesten, fünf mittleren und fünf wärmsten zusammen, so erkennt man zwar recht deutlich, dass die fünf wärmsten Jahre durch die höchste Verdunstung ausgezeichnet waren. Aber in den fünf kältesten Jahren war die Verdunstung nicht am kleinsten; sie war vielmehr nicht

unwesentlich höher als in den mittelwarmen Jahren. Lässt man unter den mittelwarmen Jahren 1876 aus, welches sich, wie schon erwähnt, durch eine außerordentlich geringe Verdunstungshöhe auszeichnete, so erscheinen die mittelwarmen Jahre im Moldaugebiete auch durch mittlere Höhen der Verdunstung ausgezeichnet, während sie im Elbegebiete nur eine minimal geringere Verdunstung als die kalten aufwiesen. Hierüber gibt folgende Tabelle Auskunft:

	Temperatur	Niederschlag	Verdunstung	Abfluss
Moldau	Mittel -0.7°	659 mm	481 mm	178 mm
	Mittel ¹⁾	661	483	178
	Mittel $+0.6^{\circ}$	722	553	169
Elbe	Mittel -0.7°	674	490	184
	Mittel ²⁾	670	459	181
	Mittel $+0.6^{\circ}$	745	550	195

In vorstehender Zusammenstellung ist neben der Verdunstung auch der Niederschlag für die kältesten, mittleren und wärmsten Jahre aufgenommen. Man bemerkt, dass er genau das Verhalten der Verdunstung zeigt. Nachdem nun oben die Abhängigkeit der letzteren von ihm erkannt worden ist, könnte ihre Steigerung von den kalten zu den warmen Jahren ebenso auf die Mehrung der Niederschläge wie auf die Erhöhung der Temperatur zurückgeführt werden. Es ist daher nöthig, die Beziehungen der Verdunstung zum Niederschlage noch anderweitig zu verfolgen. Sie treten mit Hilfe einer graphischen Veranschaulichung deutlich hervor.

In Fig. 10 sind die mittleren Niederschlagssummen der einzelnen Jahre im Elbegebiet als Abscissen, die mittleren Temperaturen als Ordinaten aufgetragen. An den also festgelegten Punkten für die einzelnen Jahre sind deren Verdunstungshöhen eingesetzt, und dann sind die Orte der Jahrespunkte mit gleicher Verdunstungshöhe mit Linien verbunden, welche ausgesprochen parallel laufen. Zwischen diesen Verdunstungslinien wurden durch Interpolation solche für die Verdunstungshöhen von 10 zu 10 mm gezogen. Sie drängen inmitten der Construction für die Verdunstungshöhen von 460—550 mm dicht zusammen, während sie für die geringeren und größeren Verdunstungshöhen weiter auseinander rücken.

Diese Linienschwärme fügen sich den Verdunstungshöhen der einzelnen Jahre befriedigend an. In 9 von 15 Fällen fallen die Punkte der einzelnen Jahre genau in die entsprechenden Linien gleicher Verdunstung; in weiteren drei Fällen liegen die Punkte in der Nachbarlinie; in zwei Fällen in der übernächsten Nachbarlinie; nur ein Punkt fällt ganz außerhalb seiner Linie, er entspricht dem Jahre 1876. In einer ähnlichen Construction für die Moldau kommen (falls man für 1878 und 1890 bei Berechnung der Verdunstungshöhe die außergewöhnlichen Niederschlagssummen von Krumau ausschließt) nur 8 Punkte auf die angehörigen Linien zu liegen, 4 fallen in oder an die Nachbarlinie, 2 hingegen ganz heraus, nämlich jener für 1876 und der für 1883, welcher letzterer sich auch in der Construction für das Elbegebiet nicht befriedigend einfügt.

Unter solchen Umständen dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, dass die in beiden Constructionen gezogenen Linien ziemlich genau die zu jedem beliebigen Regenfalle und beliebiger Temperatur gehörigen

¹⁾ mit 1876

655

474

181

²⁾ mit 1876

664

466

198

Verdunstungshöhen darstellen. In welchem Maße dies der Fall ist, erhelle aus Folgendem. Sucht man die zur Mitteltemperatur von 1876/90 und zur mittleren Niederschlagshöhe dieser Jahre gehörige Verdunstungshöhe auf, so erhält man im Elbegebiete 500 *mm*, im Moldaugebiete 506 *mm*, während die aus den Rechnungen erhaltenen Werte 500 und 504 *mm* sind.

Fig. 10 und eine entsprechende für die Moldau führen überzeugend vor Augen, dass die Verdunstung in allen Fällen bei höherer Temperatur größer ist als bei niedriger, und gestatten, die bestimmten Niederschlagshöhen und Temperaturabweichungen entsprechenden Verdunstungsgrößen zu entnehmen. Dies ist in Tabelle XV geschehen.

Tabelle XV. Verdunstungs- und Abflusshöhen bestimmter Niederschlagshöhen.

Niederschlag	550 <i>mm</i>	600 <i>mm</i>	650 <i>mm</i>	700 <i>mm</i>	750 <i>mm</i>	800 <i>mm</i>	850 <i>mm</i>	900 <i>mm</i>
Moldau								
Verdunstung +1°	465 <i>mm</i>	492	510	550	565	574	581	
0°	450	470	495	518	546	565	573	580
-1°	442	455	474	492	515	542	562	
Abfluss +1°	85 <i>mm</i>	108	140	150	185	226	269	
0°	100	130	155	182	204	235	277	320
-1°	108	145	176	208	235	258	288	
Amplitude	23	37	36	58	50	32	19	
Abflussfactor +1°	15.5%	18.0	21.5	21.4	24.7	28.2	31.7	
0°	18.2	21.7	23.9	26.0	27.2	29.4	32.6	35.6%
-1°	19.7	24.2	27.1	29.7	31.4	32.2	33.9	
Amplitude	4.2	6.2	5.6	8.3	6.7	4.0	2.2	
Elbe								
Verdunstung +1°	442 <i>mm</i>	457	497	535	572	592		
0°	432	448	470	510	550	573	590 <i>mm</i>	
-1°	420	439	454	480	522	553		
Abfluss +1°	108 <i>mm</i>	143	153	165	178	208		
0°	118	152	180	190	200	227	260 <i>mm</i>	
-1°	130	161	196	220	228	247		
Amplitude	22	18	43	55	50	39		
Abflussfactor +1°	19.7%	23.8	23.5	23.6	23.7	26.0		
0°	21.5	25.3	27.7	27.7	26.7	28.4	30.6%	
-1°	23.7	26.8	30.2	31.4	30.4	30.9		
Amplitude	4.0	3.0	6.7	7.8	6.7	4.9		

Man entnimmt Tabelle XV, dass die Amplitude der Verdunstung für bestimmte Niederschlagshöhen und Temperaturintervalle (von -1° bis +1°) am größten bei mittleren Niederschlagshöhen ist. Ist die Temperatur 1° unter oder über dem Mittel, so verdunsten bei mittlerem Niederschlage (700 *mm*) 27.5 bis 29 *mm* weniger oder mehr als bei normaler Temperatur, während bei geringem oder hohem Niederschlage (550 bzw. 850 *mm*) nur 11 bzw. 16 bis 19.5 *mm* mehr oder weniger als bei mittlerer Temperatur verdunsten. Im Durchschnitte ist für das Intervall von 550 bis 800 *mm* die Verdunstung für je 1° Temperaturerhöhung 19 *mm* höher als bei Normaltemperatur.

Weiter verrät Tabelle XV, dass die Zunahme der Verdunstung für gleiche Intervalle des Niederschlages nicht die gleiche ist. Sowohl für das Moldau-, wie auch für das Elbegebiet beträgt sie für die mittleren Niederschlagshöhen nicht unbedeutlich mehr, als für die geringen und hohen. Ein solches Verhalten der Verdunstung erscheint theoretisch ganz entsprechend, sobald man erwägt, dass eine Mehrung des Nieder-

schlags sowohl durch eine Mehrung der Zahl der Regengüsse, als auch durch eine Verstärkung derselben, also sowohl durch eine Vergrößerung der Regenhäufigkeit, wie auch durch eine solche der Regendichte erfolgen kann. Im ersteren Falle steigert sich die Möglichkeit der Verdunstung sehr wesentlich, im letzteren nicht. Nun haben sehr trockene Jahre in der Regel auch eine sehr geringe, Jahre mit mittlerem Niederschlage gewöhnlich eine größere Häufigkeit von einzelnen Güssen, während sich nasse Jahre durch eine größere Regendichte auszuzeichnen pflegen.¹⁾ Man muss daher erwarten, dass die Verdunstung gerade in mittleren Jahren infolge einer Steigerung der Niederschlagshäufigkeit rasch zunimmt, während sie in nassen Jahren, wo sich die Dichte des Regenfalles mehrt, langsamer wächst.

Im großen und ganzen entspricht für das Moldaugebiet ein Niederschlagsintervall von 550—850 *mm* im Moldaugebiete eine Zunahme der Verdunstung von 123 *mm*, im Elbegebiete von 158 *mm*, im ersteren Falle also von 41 *mm*, im letzteren von 53 *mm* für je 100 *mm* Niederschlagsmehrung. Nimmt man an, dass diese mittlere Beziehung zwischen Zunahme von Niederschlag und Verdunstung für größere Niederschlagsintervalle gilt, so kann man mit Hilfe dieser Beziehung (β) aus der mittleren Niederschlagshöhe N und der mittleren Verdunstungshöhe V die zu einem beliebigen Niederschlage n gehörige Verdunstungshöhe v aus der allgemeinen Gleichung

$$v = V + (n - N) \beta$$

roh berechnen. Sie lautet für das Elbegebiet, wenn die vorkommenden Höhen in Millimetern ausgedrückt werden,

$$v = 500 + (n - 692) 0.53 = 0.53 n + 133,$$

für das Moldaugebiet

$$v = 496 + (n - 681) 0.41 = 0.41 n + 217.$$

Setzt man in diesen Gleichungen $n = v$, so erhält man die Niederschlagshöhe n_v , welche gleich der zugehörigen Verdunstungshöhe ist, für welche also das Land abflusslos wird. Es ist

$$n_v = \frac{V - \beta N}{1 - \beta}$$

Darnach ergibt sich, dass im Moldaugebiet bei 370 *mm* Niederschlag, im Elbegebiet bei 280 *mm* Niederschlag die Verdunstung gleich dem Niederschlage wird. Bei solchem Regenfälle wäre Böhmen abflusslos. Dies ist durchaus wahrscheinlich. Denn die Verdunstung kann bei einer gewissen Niederschlagsvertheilung nicht unter einen gewissen Betrag herabsinken. Dass diese Höhe in Böhmen bei 300—400 *mm* liegt, muss nach den oben dargelegten Beziehungen zwischen Niederschlag und Verdunstung erwartet werden; denn nachdem dieselben für ein Regenintervall von 300 *mm* gelten, werden sie für den darunter befindlichen von 250 *mm* nicht wesentlich andere sein.

¹⁾ Dass diese Erwägung für Böhmen wirklich eintritt, kann vorerst, so lange die Häufigkeit des Niederschlages daselbst noch nicht zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht worden ist, nicht bestimmt erwiesen werden. Wenn man aber bemerkt, dass nach den Untersuchungen von C. Lang (Durchschnittliche Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit des Niederschlages in Bayern. Beob. d. met. Stat. in Bayern XIV. 1892) die beiden trockensten Jahre der Periode 1876/90, nämlich 1885 und 1887, sich im benachbarten Ostbayern durch eine außerordentliche Seltenheit der Niederschläge auszeichneten, während das regenreiche Jahr 1890 keine besondere Häufigkeit derselben erkennen ließ, so gewinnt jene Erwägung einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Welche genauere numerische Beziehung jeweils zwischen einem bestimmten Niederschlage, einer bestimmten Temperatur und der dazugehörigen Größe der Verdunstung vorhanden ist, lässt sich aus Fig. 10 nicht ersehen. Dagegen verrät sie eine solche sehr einfacher Art zwischen einer bestimmten Verdunstungshöhe und den bei verschiedenen Temperaturen dazu gehörigen Niederschlagssummen. Verfolgt man die Linie einer bestimmten Verdunstung, so entsprechen ihr verschiedene Niederschlagshöhen, welche jeweils gemindert um das Product aus einer Constanten und der Abweichung der Temperatur vom Mittel, die Niederschlagssumme ergeben, welche bei normaler Temperatur zur Verdunstungshöhe gehört. Ist n_1 der Niederschlag bei einer gewissen Temperatur, die um t^0 von der normalen abweicht, n_0 der Niederschlag bei der Normaltemperatur, so ist für eine beliebige Verdunstungshöhe

$$n_1 = n_0 - xt. \quad \begin{matrix} 823 & 804 & 35 \cdot 0,55 = 19,25 \\ & & \end{matrix}$$

Werden die Niederschlagshöhen in Millimetern, die Temperaturabweichungen in Celsiusgraden ausgedrückt, so hat die Constante x für die Elbe den numerischen Wert von 35, die Moldau von 55.

Tabelle XVI. Niederschlagshöhen bestimmter Verdunstungshöhen bei Normaltemperatur.

Verdunstungshöhe mm	Niederschlags- höhe Elbegebiet		Niederschlags- höhe Moldaugebiet		Abflusshöhe Elbe mm	Abflusshöhe Moldau mm
	mm	Differenzen mm	mm	Differenzen mm		
420	520				100	
30	545	25			115	
40	575	30			135	
50	615	40	550		165	100
60	640	25	575	25	180	115
70	652	12	600	25	182	130
80	665	13	625	25	185	145
90	678	13	645	20	188	155
500	690	12	667	22	190	167
510	700	10	687	20	190	177
20	710	10	705	18	190	185
30	722	12	720	15	192	190
40	735	13	735	15	195	195
50	750	15	757	22	200	195
60	770	20	778	21	210	218
70	790	20	830	52	220	260
80	820	30	900	70	240	320
90	850	30			260	

Tabelle XVI enthält die bei normaler Temperatur zu den Verdunstungshöhen von 10 zu 10 mm gehörigen Niederschlagssummen. Will man nun die zu einer beliebigen Niederschlagssumme n_1 gehörige Verdunstungshöhe ermitteln, so zieht man von n_1 das Product xt ab und sucht mit Hilfe der angegebenen Differenzen in Tabelle XVI die zugehörige Verdunstungshöhe auf. Hat man z. B. eine Niederschlagssumme von 823 mm bei einer Temperaturabweichung von $+0,55^0$, wie 1880 im Elbegebiete, so ist $823 - (0,55 \times 35) = 804$ mm die Niederschlagssumme, zu welcher die zugehörige Verdunstungshöhe aus Tab. XVI zu entnehmen ist. Jene Zahl kommt in der Tabelle nicht vor, die nächsten sind 790 und 820 mm, zu welchen die Verdunstungshöhen von 570, bzw. 580 mm ergeben. Aus der Proportion $(804 - 790) : (820 - 790) = (x - 570) : (580 - 570)$, für deren Auswertung die Differenz 820—790

in die Tabelle aufgenommen worden ist, ergibt sich die gesuchte Verdunstungshöhe zu 575 *mm*, während sie in Wirklichkeit 1880 583 *mm* war.

Auf diesem Wege erhält man die Verdunstungshöhen für das Elbegebiet mit einem mittleren Fehler von 4%, der größte ist 12%, er bezieht sich auf das abnorme Jahr 1876, fünfmal beträgt der Fehler weniger als 3%, sechsmal 3 bis einschließlich 5%. Für das Moldaugebiet ist die Übereinstimmung eine minder gute. Fallen doch auch hier die einzelnen Jahrespunkte seltener in die zugehörigen Verdunstungslinien. Der mittlere Fehler ist hier 6%, er beträgt im einzelnen siebenmal 0 bis einschließlich 5%, sowie dreimal über 10%. Immerhin muss auch dies als eine recht befriedigende Möglichkeit, den Einfluss der Temperatur auf die Verdunstung zu schätzen, angesehen werden.

Die hier dargelegten einfachen Beziehungen zwischen den verschiedenen Niederschlagshöhen und den Temperatur-Abweichungen vom Mittel gelten annähernd für die Temperaturintervalle, für welche Beobachtungen vorliegen, nämlich von höchstens 1° über oder unter dem Mittel. Es lässt sich keinerlei Erfahrungsthatsache dafür anführen, dass sie auch für größere Intervalle Giltigkeit besitzen. Nimmt man letzteres als wahrscheinlich an, so könnte man nach Tabelle XV die Temperaturgrade berechnen, bei welchen die Verdunstung gleich dem Niederschlage wird, Böhmen also abflusslos sein würde. Das würde bei jenen Temperatur-Abweichungen eintreten, für welche das Product αt gleich der Differenz $n_0 - v_0$, also gleich der Abflusshöhe, wird; dies wäre für das gesammte Elbegebiet sohin bei mittleren Niederschlags-Verhältnissen (690 *mm*) bei einer um 5.4° höheren mittleren Jahrestemperatur; für das Moldaugebiet bereits bei einer um 3° höheren mittleren Jahrestemperatur der Fall. Bei geringem Niederschlage, sowie er in trockenen Jahren beobachtet wurde (550 *m*), würde das Elbegebiet bereits bei einer um 4°, das Moldaugebiet bereits bei einer 2° höheren Temperatur abflusslos sein, wogegen in regenreichen Jahren wie 1890 das Elbegebiet erst bei einer um 7.4°, das Moldaugebiet dagegen schon bei einer um 5.5° höheren Temperatur des Abflusses entbehren würden.

Die vorangegangene Untersuchung ließ die Beziehung der Verdunstung über einer großen Landfläche zu Niederschlag und Temperatur deutlich erkennen, und es stellte sich die Möglichkeit heraus, annäherungsweise die Abhängigkeit ihres Wachstums von dem der beiden anderen Factoren zu berechnen. Dabei zeigte sich, dass die Beobachtungsergebnisse zweier Jahre nicht in die schematische Darstellung der Fig. 7 fallen, nachdem sich bereits herausgestellt hatte, dass auch sonst 1876 in Bezug auf seine Verdunstung ein ausnahmsweises Verhalten zeigte.

1876 war in der That ein Ausnahmjahr. Es hatte das größte Frühjahrshochwasser, welches auf einen sehr schneereichen Winter folgte. Es kamen 1876 sohin nicht bloß die im Laufe dieses Jahres gefallenen Niederschlagsmengen zum Abflusse, sondern auch die als Schnee oder sonst aufgespeicherten der letzten Monate von 1875. Wie sehr beträchtlich die letzteren waren, erhellt aus folgender Gegenüberstellung der mittleren Niederschlagshöhe 1876/90 für die Monate October—December mit jenen von 74 Stationen für dieselben Monate des Jahres 1875.¹⁾

¹⁾ Vergl. Harlacher, Bericht über die bis Ende 1879 ausgeführten hydro-metrischen Arbeiten, p. 16.

	Oct.	Nov.	Dec.
1875	91	80	48
1876/90	50	43	45

Ähnliche Verhältnisse herrschten 1883. Dieses Jahr zeichnete sich durch die höchste Januar-Wasserführung von Moldau und Elbe in der Periode 1876/90 aus, nachdem bereits im October—December 1882 die Elbe, im November und December die Moldau die größte mittlere Wasserführung von 1876/90 gehabt hatten. Während der kurzen aber kräftigen Thauperioden eines langen Winters kamen die aufgespeichert gewesenen Wasservorräthe rasch zum Abflusse. Die Wasserführung der Flüsse wurde sehr groß; die Verdunstungshöhe daher, wie 1876, auffällig klein.

Man entnimmt aus diesen Daten, dass es die außergewöhnlichen Regen- und Temperatur-Verhältnisse einiger Jahre sind, welche die Ausnahmewerte ihrer Verdunstung bedingen. Um deren Entfaltung völlig zu verstehen, muss man daher nicht bloß die mittleren, klimatischen Verhältnisse einer längeren Periode ins Auge fassen, sondern auch den Gang der Witterung in den einzelnen Jahren. Aus dem letzteren allein aber würde man keine Vorstellung von den Factors erhalten, welche insgesamt die Verdunstungshöhe bestimmen. Daher wurde bei dieser Untersuchung von den allgemeinen Verhältnissen ausgegangen, um damit den Boden für spätere Specialuntersuchungen zu ebnen. Um den Einfluss der winterlichen Schneedecke voll in Würdigung ziehen zu können, wird man am besten hydrologische Jahre von November bis October zu Grunde legen; ferner erscheint es geboten, neben der Niederschlagshöhe auch die Niederschlagshäufigkeit in Betracht zu ziehen, endlich wird man, wie sich aus Abschnitt 4 ergeben wird, zu einem tieferen Verständnisse der Verdunstung gelangen, wenn man insbesondere die Temperaturverhältnisse der hydrologischen Frühlings- und Sommerjahreszeit, vom März bis zum October, in Würdigung zieht, da in den Monaten November bis Februar die Verdunstung erfahrungsgemäß nur minimale Beträge aufweist.

3. Der jährliche Abfluss aus dem böhmischen Elbegebiet.

Die aus einem Lande abfließende Wassermenge wird im allgemeinen als eine Function des Niederschlages in demselben angesehen. Diese Anschauung kommt am schlagendsten darin zum Ausdrucke, dass man in der Regel mit Abflussfactors rechnet, um aus einer gegebenen Niederschlagsmenge die entsprechende Abflussmenge herzuleiten.

Seitdem Belgrand in seinem ausgezeichneten Werke über die Seine den großen Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Abflussverhältnisse erwiesen hat, ist die Größe des Abflussfactors vielfach auch in Beziehung zur Beschaffenheit des Flussgebietes gebracht worden, was gewiss sehr richtig ist. Die Abflussverhältnisse eines Gerinnes, das sich in seiner ganzen Erstreckung auf durchlässigem Boden befindet, müssen nothwendigerweise andere sein, als die eines Flusses, welcher ausschließlich undurchlässige Gebiete entwässert. Die Wasserführung des letzteren ist die Differenz von Niederschlag und Verdunstung, die des ersteren entspricht dem Unterschiede von Niederschlag, gemindert um den Betrag der Verdunstung und des Verlustes an den Boden; sie ist also geringer.

Das in den Boden gesickerte Wasser geht aber nicht verloren; irgendwo kommt es nach kürzerem oder längerem Laufe wieder zu Tage, und fließt einem Gerinne zu, dessen Wasserführung nun die Differenz von Niederschlag, Verdunstung und Sickerwasser, vermehrt um die Speisung aus dem Boden ist. Dies muss für größere Flussgebiete als Regel gelten, da auf der Erde nur höchst selten ausgedehntere Gebiete bloß aus durchlässigen Schichten bestehen, welche wie die Karstländer das von ihnen aufgeschluckte Wasser direct zum Meere führen. Sind nun wohl auch Fälle denkbar und nachgewiesen, in welchen unterirdisch die Wasser eines Flussgebietes in ein benachbartes gelangen, so vermag ein derartiges Herüber und Hinüber an den Grenzen ebensowenig die Abflussbilanz eines großen Gebietes zu stören, wie irgend eine kleine Ausnahme im Grenzverkehre zweier Staaten deren Import- und Exportverhältnisse namhaft zu ändern vermöchte.

Das in Quellen oder in Grundwasserströmen den offenen Gerinnen zuströmende Wasser hat während seiner unterirdischen Wanderung einen Verlust durch Verdunstung im Boden erlitten, welcher zwar nicht sehr bedeutend zu sein scheint, aber doch nicht ganz zu vernachlässigen ist. Man kann daher die Wasserführung eines größeren Stromes sich wie folgt zusammengesetzt denken:

Wasserführung = Niederschlag — Oberflächenverdunstung — Bodenverdunstung.

Zwischen Oberflächen- und Bodenverdunstung ist in den vorangegangenen Untersuchungen nicht geschieden worden, ebensowenig wurde der Einfluss der Vegetation auf die Verdunstung untersucht, da es sich darum handelte, deren Gesamtsumme in Beziehung zu bestimmten klimatischen Factoren zu bringen. Sobald es sich jedoch darum handelt, die Abflussverhältnisse klimatisch gleichartiger, aber ihrer Bodenbeschaffenheit nach verschiedener Gebiete mit einander zu vergleichen, kommt die Verschiedenheit von Oberflächen- und Bodenverdunstung sehr in Betracht; denn erstere ist wahrscheinlicherweise viel größer als letztere. Dementsprechend spielt für die Wasserführung eines Stromes die Bodenbeschaffenheit seines Gebietes insofern eine Rolle, als sie eine Sonderung der rasch verdunstenden Oberflächenwasser von den langsam verdunstenden Grundwassern bewirkt. Je mehr ein Fluss durch Grundwasser gespeist wird, je ausgedehnter durchlässige Gesteine in seinem Gebiete herrschen, desto weniger kommt die kräftige Oberflächen-, desto mehr die schwache Tiefenverdunstung zur Geltung, desto größer seine Wasserführung in Bezug auf den Niederschlag. Man hat daher anzunehmen, dass für vorwiegend impermeable Flussgebiete der Abflussfactor größer ist, als für vorzugsweise permeabele.

Diese Erwartung wird durch die Abflussverhältnisse des böhmischen Elbegebietes und seiner Theile gerechtfertigt. Das Moldaugebiet besteht fast in seiner gesammten Ausdehnung aus undurchlässigen archaischen oder paläozoischen Gesteinen, sowie aus Graniten. Minimal ist das Auftreten von porösen Kalken in der mittelböhmischen Silurmulde. Ganz anders verhält es sich mit dem Reste des Elbegebietes. In einer gebirgigen Umrahmung von undurchlässigen Gesteinen erstreckt sich die nordböhmische Senke, aus durchlässigen Sandsteinen der oberen Kreide und wasserführenden Sanden des Tertiärs aufgebaut. Kann das Moldaugebiet als vorwiegend undurchlässig gelten, so ist der Rest des böhmischen Elbegebietes zu einem guten Theile durchlässig; das

Gesamtgebiet ist gemischt. Nach Tabelle XIII hat nun das undurchlässige Moldaugebiet in der That einen geringeren Abflussfactor (26.0%), als das gesammte theilweise durchlässige Elbegebiet (27.8%), und letzterem kommt wieder ein kleinerer zu, als sich für das vorwiegend durchlässige Gebiet der Elbe ohne Moldau (29.6%) ergibt.

Nach den Auseinandersetzungen des vorangegangenen Abschnittes wächst der Abflussfactor mit zunehmendem Niederschlage, da er sich mit dem Verdunstungsfactor zu 1 ergänzt. Nun ist das Moldaugebiet regenärmer als das gesammte Elbegebiet, und dieses ist sohin seinerseits regenärmer als der Abschnitt ohne Moldau. Die entsprechenden Niederschlagshöhen sind 681 mm, 692 mm und 705 mm. Es könnte sich daher fragen, ob nicht die dazu gehörigen Abflussfactors 26.0% 27.8% und 29.6% lediglich bedingt sind durch die Verschiedenheit der Niederschlagshöhen ihrer Gebiete. Nach Tabelle XV schwankt in Böhmen der Abflussfactor in dem Intervalle der Niederschlagshöhe von 550—850 mm zwischen 18.2% und 32.6%, also um 3.8% für je 100 mm Regenmenge. Hiernach würde der Abflussfactor für das Moldaugebiet 0.4% kleiner, für den Rest des Elbegebietes um ebensoviel größer sein, als für das gesammte böhmische Elbegebiet. Aber der Unterschied beläuft sich auf -1.8% im einen, auf +1.8% im anderen Falle, ist also vier und einhalbmals größer als zu erwarten, wenn er lediglich durch die Verschiedenheit der Regenhöhe bedingt gewesen wäre. Man darf daher die Verschiedenheit der Abflussfactors für das böhmische Elbegebiet und seine Theile auf die Verschiedenheit seiner Bodenverhältnisse zurückführen, und hat im Unterschiede der Extreme (3.6%) ein ungefähres Maß für seine Schwankungen infolge der Bodenbeschaffenheit.

Diese »regionale« Schwankung ist weit kleiner als die zeitliche infolge der Veränderlichkeit des Niederschlages. Ist doch der kleinste Abflussfactor für das Elbegebiet (jener für das trockene Jahr 1885) 22.5%, und der größte 36.4%. Sieht man auch von letzterem Werthe als einem ausnahmsweisen ab — er gilt ja für das Ausnahmsjahr 1876 —, so bleibt immerhin noch 31.4% für das nasse Jahr 1890, und eine zeitliche Veränderlichkeit um 8.9%, während jene für das Moldaugebiet 16.5%, und die für das übrige Elbegebiet, wenn man von 1876 absieht, 10.3% ist. Hiernach ist man zu der Folgerung berechtigt, dass die Abflussmengen eines größeren Gebietes viel mehr durch dessen Niederschlag als durch dessen Boden beeinflusst werden. Dagegen spielt für die Abflussverhältnisse die Bodenbeschaffenheit insofern eine nicht zu unterschätzende Rolle, als im undurchlässigen Moldaugebiete der zeitliche Spielraum des Abflussfactors viel größer ist, als im vorwiegend durchlässigen Rest des Elbegebietes. Allerdings ist auch die Veränderlichkeit des Niederschlages im Moldaugebiete größer als im Elbegebiete; aber relativ ist sie bei weitem nicht so groß als die des Abflussfactors.

Da sich der Abflussfactor mit dem Verdunstungsfactor zu 1 ergänzt, so gelten alle Erörterungen, welche oben für diesen angestellt sind, sinngemäß auch für jenen. Man hat im großen und ganzen eine Zunahme des Abflussfactors mit dem Niederschlage zu verzeichnen, welche bereits von Mocquery¹⁾ und dem Verfasser²⁾ bemerkt worden ist. Sie tritt in den Zusammenstellungen auf S. 471 (43) und namentlich deutlich in Tabelle XV entgegen; hier zeigt sich recht klar die Verschiedenheit zwischen Moldau- und Elbegebiet. In trockenen und mitt-

¹⁾ Études de quelques questions relatives aux eaux courantes dans la partie supérieure du bassin de la Saône. Annales des ponts et des chauss. 1879, 2, pag. 235.

²⁾ Penck: Die Donau, 1891, pag. 39.

leren Jahren fließt vom ersteren ein kleinerer Theil, in nassen Jahren ein größerer des Niederschlages ab als vom letzteren. Diese Thatsache steht mit der verschiedenen Beschaffenheit beider Gebiete im Einklang. Ist der Niederschlag gering, so erfolgt der oberflächliche Abfluss langsam, es kann viel verdunsten. Ist er hingegen groß, so rinnt das Wasser rasch ab und wird wenig durch Verdunstung gemindert. Daher geschieht das Anwachsen des Abflussfactors auf undurchlässigem Boden in anderer Progression als auf durchlässigem, wo stets ein größerer Theil des Niederschlages in den Boden sickert und hier langsam abfließt, wobei er einer wenn auch geringen so doch lang anhaltenden Verdunstung unterworfen ist.

Weiter schwankt der Abflussfactor, wie gleichfalls aus Tabelle XV ersichtlich, in sehr bedeutendem Umfange mit der Temperatur, so zwar, dass er bei kleinerem Regenfalle und niedriger Temperatur vielfach größer ist als bei größerem Niederschlage und höherer Temperatur. So ist er für die Elbe z. B. bei 650 mm und 1° unter der Normaltemperatur (30.2%) wesentlich höher als bei 850 mm und 1° über der Normaltemperatur (26%). Entsprechendes gilt für die Moldau. Bei mittlerem Regenfalle ist die Amplitude des Abflussfactors bei einer Variabilität der Temperatur von $\pm 1^\circ$ größer (8%) als die regionale in den undurchlässigen und durchlässigen Theilen von Böhmen.

Die mehrfach ausgesprochene Ansicht, dass der Abflussfactor um so kleiner wird, je größer das Gebiet wird, für das er gilt, findet in der vorstehenden Untersuchung keine Bestätigung. Auf den ersten Blick möchte allerdings scheinen, als ob ihr eine Stütze erwüchse, da der Abflussfactor für das Gebiet der kleinen Elbe bis Brandeis für die Jahre 1886/90 wesentlich größer als jener für die gesammte böhmische Elbe ist (31.3% gegen 27.8%). Dafür ist aber der Abflussfactor der Moldau, wie bereits dargethan, kleiner als der der Elbe, und in potamologischem Sinne muss doch eigentlich die Moldau als der Quellfluss der Elbe gelten. Dabei ist noch zu beachten, dass bei Berechnung der Wasserführung der Moldau der Einfluss des Eisstaues nicht ausgemerzt werden konnte, weswegen für sie und für den zugehörigen Abflussfactor zu hohe Zahlen erhalten wurden. Dagegen ergibt sich eine andere Beziehung zwischen Abflussfactor und Stromgröße: es schwankt der Abflussfactor der Elbe bei Tetschen in engeren Grenzen als jener der Moldau bei Prag und jener des restlichen Elbegebietes. Darnach hätte man eine umso geringere Variabilität des Abflussfactors, je größer das Gebiet ist, für das er gilt. Dies ist wahrscheinlich. Je größer das Flussgebiet ist, desto mehr compensieren sich die Unregelmäßigkeiten der Niederschlagsvertheilung. In der That wurde 1878 und 1890 ein außergewöhnlich hoher Niederschlag des Moldaugebietes durch einen verhältnismäßig geringeren des übrigen Elbegebietes theilweise wett gemacht, das umgekehrte fand 1879, 1880, 1882, 1883 und 1889 statt. Dazu kommt, dass mit der Größe des Flussgebietes auch die Mannigfaltigkeit in dessen Zusammensetzung zunimmt; die Folgen ausgedehnter undurchlässiger Gebiete werden gelindert durch das Auftreten durchlässiger Gesteine, wie man dies gerade im böhmischen Elbegebiete recht deutlich wahrnehmen kann.

Indem wir uns nunmehr der Betrachtung der Abflussmenge zuwenden, drücken wir sie durch die Höhe einer abfließenden Wasserschichte aus, und nicht durch die sekundliche Wasserführung des Stromes; denn letztere ist nicht bloß eine Function des Niederschlages, sondern zugleich auch eine solche der Größe des Flussgebietes. Überdies lässt

der Begriff der Abflusshöhe ohne weiteres den Charakter des Abflusses als Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung erkennen.¹⁾

Der Charakter der Differenz haftet der Abflusshöhe deutlich an. Die Fig. 11 und 12 zeigen im Vergleiche zu den Fig. 8 und 9 wie viel weniger ausgesprochen ihre Beziehungen zum Niederschlage und zur Temperatur sind, als jene der Verdunstungshöhe. Im Moldaugebiete ändert sie sich 1876/90 nur in 9, im Elbegebiete bloß in 12 von 14 Fällen ebenso wie die Niederschlagshöhe. Noch weniger stimmen die Änderungen des Abflusses mit jenen der Temperatur von Jahr zu Jahr: im Moldaugebiete geschehen sie nur in 7, im Elbegebiete nur in 8 von 14 Fällen in gleichem Sinne. Ferner ist, wie bereits in Tabelle XIV zusammengestellt, die mittlere Veränderlichkeit des Abflusses beträchtlich größer als jene von Niederschlag und Verdunstung, sowie seine Amplitude ganz bedeutend weiter. Die entsprechenden Zahlen seien hier wiederholt (mit Eliminierung des Einflusses von Krumau) und durch jene für das Elbe—Moldaugebiet ergänzt.

Abweichungen vom Mittel

	Elbegebiet ‰	Moldaugebiet ‰	Elbe—Moldaugebiet ‰
Kleinster Niederschlag	−21 (1887)	−18 (1885)	−14 (1887)
Größter »	+24 (1890)	+31 (1890)	+23 (1882)
Amplitude	45	51	37
Kleinste Verdunstung	−18 (1876!)	−18 (1883)	−23 (1876!)
Größte »	+19 (1882)	+15 (1890)	+25 (1882)
Amplitude	37	35	48
Kleinster Abfluss	−34 (1885)	−37 (1885 und 1887)	−23 (1887)
Größter »	+40 (1890)	+78 (1890)	+35 (1876!)
Amplitude	74	115	58

Der Abfluss ist sohin eine vom Regenfalle und von der Temperatur weit weniger abhängige und dabei weit variablere Größe als die Verdunstung.

Immerhin verraten die Figuren 11 und 12, dass in manchen Fällen der Abfluss einen ähnlichen Gang von Jahr zu Jahr zeigt, wie der Niederschlag, und dass er gelegentlich auch ähnlich wie die Verdunstung verläuft. Dies lässt sich auch graphisch veranschaulichen. Eine Construction analog der Fig. 10 führt allerdings ohne weiteres nicht zum Ziele; die den einzelnen Jahren entsprechenden Abflusshöhen stellen nicht gerade, sondern gekrümmte Linien dar, deren Verlauf man erst mit Hilfe der Fig. 10 zu ziehen vermag. Viel einfacher gestalten sich die Constructionen Fig. 13 und 14: In einem rechtwinkligen Coordinatensysteme sind als Abscissen die Niederschlags-, als Ordinaten die Verdunstungshöhen aufgetragen. Die also fixierten Punkte bilden einen Haufen von ausgesprochen länglicher Gestalt, in welchem man eine mediane Curve zu ziehen vermag, wie dies auch geschehen ist. Fügt man nun zu den einzelnen Jahrespunkten die entsprechenden Temperaturabweichungen, so bemerkt man, dass im allgemeinen die

¹⁾ Die numerischen Beziehungen zwischen Abflusshöhe und sekundlicher Abflussmenge sind in Böhmen die Folgenden:

1 mm Abflusshöhe im Moldaugebiete jährlich entsprechen	0.86 m ³ in 1 Sec.
im Reste des Elbegietes »	0.76
im gesammten Elbegebiete »	1.62

Punkte mit negativer Abweichung über, die anderen unter der Meridiankurve liegen.¹⁾

Die Curve verbindet sohin die den einzelnen Niederschlagshöhen bei mittlerer Temperatur entsprechenden Abflussmengen, sie ist die normale Abflusskurve. Die Übereinstimmung der aus dieser Curve hergeleiteten Abflussmengen mit der in Tabelle XV enthaltenen ist befriedigend.

Denkt man sich die Abflusscurve in der von ihr im allgemeinen befolgten Richtung fortgesetzt, so schneidet sie in Fig. 13, wenn man sie um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge verlängert, die Abscissenaxe, d. h. bei der dem Schnittpunkte entsprechenden Niederschlagsmenge ist der Abfluss gleich Null. Darnach würde das Moldaugebiet bei 380 mm Niederschlagshöhe abflusslos. Die etwas geschlängelt verlaufende Abflusscurve für die Elbe Fig. 14 müsste man hingegen um beinahe ihre ganze Erstreckung verlängern, bis sie die Abscissenaxe schneidet. Dies geschieht bei einem Punkte, welchem die Niederschlagshöhe von 315 mm entspricht. Natürlich ist die Lage dieses Punktes weniger sicher, als die des entsprechenden in Fig. 13. Es ist daher die Niederschlagshöhe von 315 mm bei welcher Böhmen abflusslos wird, nicht so sicher, als die von 380 mm für das Moldaugebiet. In der That stimmt sie auch weniger gut mit den S. 475 (47) rechnerisch gewonnenen Zahlen überein, als die für das Moldaugebiet, wenn auch die Übereinstimmung im großen und ganzen als befriedigend bezeichnet werden muss.

Die Zahl der in den Constructionen Fig. 13 und 14 erlangten Fixpunkte reicht nicht aus, um darnach die Verdunstungcurve für andere Temperaturen als die normale zu zeichnen. Allenfalls könnte man eine Strecke weit die für -0.75° über und die von $+0.55^\circ$ unter der Mittelcurve ziehen. Beide Curven nähern sich den Enden der Normalkurve etwas, so wie dies nach Tabelle XV zu erwarten ist, laufen jener aber in der Mitte nahezu parallel und zwar in einem Abstände von einander, welcher einer Abflusshöhe von 50 mm entspricht. Darnach kann man annehmen, dass bei normalem Niederschlage eine Temperaturänderung von 1.3° eine entgegengesetzte von 50 mm in der Abflusshöhe bewirken würde. Würde diese Beziehung für einen größeren Temperaturintervall Giltigkeit besitzen, so würde das Moldaugebiet bei einer Temperaturerhöhung von 4.6° , das Elbegebiet bei einer solchen von 5.1° abflusslos erscheinen.

Außer den Abflusscurven für das Elbe- und Moldaugebiet ist in Fig. 15 jene für das Elbe—Moldaugebiet entworfen. Sie lässt sich zwischen den einzelnen zur Construction verwerteten Punkten nicht so ungezwungen durchziehen, dass sie die Punkte der Jahre mit positiver und negativer Temperaturabweichung von einander trennt, und es ist selbst nicht möglich, neben der Normalcurve jene für andere Temperaturen nur streckenweise zu ziehen. Das kann nicht Wunder nehmen, da die zur Construction verwerteten Daten durch Differenzenbildung erhalten sind, wobei sich die Fehler der zu Grunde gelegten Werte addieren konnten. Immerhin zeigt die Curve denselben charakteristischen Verlauf wie jene für das Moldau- und Elbegebiet: sie steigt leicht geschwungen an, anfänglich steiler, dann etwas sanfter und schließlich wieder steiler. Das steht im vollem Einklange mit dem oben über das Verhältnis zwischen Niederschlag und Verdunstung Gesagten. Wenn die Verdunstung bei zunehmender Niederschlagshäufigkeit stärker zunimmt als bei einer

¹⁾ Eine wesentliche Ausnahme machen nur die Punkte für die abnormen Jahre 1876 und 1883, deren abweichende Abflussverhältnisse oben begründet wurden.

gleiche Mehrung des Regenfalles liefernden Steigerung der einzelnen Regengüsse, so muss Umgekehrtes für den Abfluss stattfinden, und der geschlängelte Verlauf der Abflusscurve deutet an, dass die Vermehrung des Niederschlages in Böhmen in den mittleren Niederschlagshöhen mehr durch eine Steigerung der Regenhäufigkeit als durch eine solche der Regendichte erfolgt.

Abgesehen von dieser charakteristischen in der Curve für das Moldaugebiet (Fig. 13) nur schwach, in jener für das Elbe-Moldaugebiet (Fig. 15) stark angedeuteten Eigenthümlichkeit haben die drei Abflusscurven einen im allgemeinen geradlinigen Verlauf. Dies gestattet, einfache Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss für die drei vorliegenden Flussgebiete aufzustellen. Ist a die zu einer beliebigen Niederschlagshöhe n gehörige Abflusshöhe, ferner n_v die Niederschlagshöhe, welche gleich der zugehörigen Verdunstungshöhe ist, bei welcher also Abflusslosigkeit eintritt, endlich γ eine Constante, welche das Verhältnis von Abfluss und Niederschlag ausdrückt, so ist allgemein

$$a = (n - n_v) \gamma$$

ferner

$$v = n - a = n - (n - n_v) \gamma.$$

Letzterer Ausdruck entspricht dem oben für die Verdunstungshöhe hergeleiteten

$$v = V + (n - N) \beta.$$

Setzt man nämlich in demselben den Wert von V ein, der sich aus der Gleichung für n_v ergibt, so erhält man

$$v = n_v + \beta (n - n_v).$$

Da nun $\beta = 1 - \gamma$ zu setzen ist, stimmen beide Ausdrücke für v überein.

Die Figuren 13—15 gestatten die numerischen Werte für n_v und γ zu bestimmen, und man erhält dann, wenn alles in Millimetern ausgedrückt wird,

für das Moldaugebiet	$a = (n - 380) 0.6 = 0.6 n - 228$
» » Elbe—Moldaugebiet	$a = (n - 260) 0.45 = 0.45 n - 117$
» » Elbegebiet	$a = (n - 315) 0.5 = 0.5 n - 157.5$

Nach den oben für die Verdunstungshöhe aufgestellten Gleichungen erhält man indirect

für das Moldaugebiet	$a = n - v = 0.59 n - 217$
» » Elbegebiet	$a = n - v = 0.47 n - 133$

Es stimmen also die gewonnenen Constanten annähernd überein. In folgendem stellen wir die nach obigen Richtungen direct und indirect berechneten Abflusshöhen zusammen und vergleichen sie mit den in Tabelle XV mitgetheilten:

Niederschlagshöhen	500 mm	600 mm	700 mm	800 mm	900 mm
Abflusshöhen:					
Moldaugebiet direct	72	132	192	252	312
» indirect	78	137	196	255	314
» nach Tab. XV		130	182	235	320
Elbegebiet direct	92.5	142.5	192.5	242.5	292.4
» indirect	102	149	196	243	290
» nach Tab. XV		152	190	227	
Elbe—Moldaugebiet direct .	108	153	198	243	288

Man sieht, dass die zu mittleren und höheren Niederschlagsbeträgen gehörigen direct und indirect berechneten Werte recht befriedigend, nämlich bis auf wenige Procente übereinstimmen; während sich für die geringen Niederschlagshöhen größere, bis 10% betragende Differenzen ergeben. Die Übereinstimmung mit den aus Tabelle XV entnommenen Daten ist weniger gut; sie weist für die Niederschlagshöhe von 800 mm die beträchtlichsten Differenzen auf, die aber auch hier unter 10% betragen.

Die Größen n_v und γ haben in den Gleichungen für die Abflusshöhen der verschiedenen Flussgebiete verschiedene numerische Werte. Sie sind im Moldaugebiete am größten, im Elbe-Moldaugebiete am kleinsten, und im gesammten Elbegebiete mittelgroß. Die Veränderlichkeit von γ drückt nach den eben mitgetheilten Rechnungsergebnissen aus, dass aus dem Moldaugebiete bei geringerem Niederschlage relativ weniger abfließt, als vom Elbe- und Elbe-Moldaugebiete, während bei hohem mittleren Regenfälle das Umgekehrte stattfindet. Diese Thatsache ist bereits oben erörtert worden und konnte durch die Bodenbeschaffenheit der Flussgebiete erklärt werden. Es ist also γ ein von der Bodenbeschaffenheit der Flussgebiete abhängiger Factor. Daraus folgt aber ohneweiteres, dass auch die Niederschlagshöhe, unter welcher Abflusslosigkeit eintritt (n_v), mit der Bodenbeschaffenheit wechselt, und in durchlässigen Gebieten, wie dem der Elbe—Moldau, kleiner ist, als in undurchlässigen, wie dem der Moldau.

Betrachtet man die oben für die einzelnen Flussgebiete direct berechneten Abflusshöhen, so sieht man, dass die für das Elbegebiet berechneten Zahlen die Mitte halten zwischen den für die beiden anderen Gebiete erhaltenen, dass ferner alle drei Abflusshöhen für die der mittleren Niederschlagshöhe nahe kommende, von 700 mm fast übereinstimmen. Berechnet man die zu den mittleren Niederschlagshöhen der einzelnen Gebiete gehörigen Abflusshöhen, so erhält man für das Moldaugebiet 181 mm (statt 186 mm), für das Elbegebiet 188.5 mm (statt 192 mm), für das Elbe—Moldaugebiet 200 mm (statt 209 mm). Es ergeben sich also die mittleren Abflusshöhen bis auf wenige (1.8—4.5) Procente genau.

Diese Thatsache führt zu einer wichtigen Schlussfolgerung. Die mittlere Abflusshöhe ist gleich der mittleren Niederschlagshöhe ein Ausdruck von der Form

$$H = \frac{h_1 g_1 + h_2 g_2 + \dots + h_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n}$$

indem im einen Falle für h_1, h_2, \dots, h_n Niederschlags-, im anderen Falle Abflusshöhen einzusetzen sind, welche den Arealen g_1, g_2, \dots, g_n zukommen. Wenn nun die Gleichung

$$a = (n - n_v) \gamma$$

für die mittlere Niederschlagshöhe N und Abflusshöhe A eines Gebietes gilt, so muss sie auch nothwendigerweise für die verschiedenen Niederschlagshöhen in diesem Gebiete gelten. Setzen wir die sich für a_1, a_2, \dots, a_n sich ergebenden Werte in die allgemeine Gleichung

$$A = \frac{a_1 g_1 + a_2 g_2 + \dots + a_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n}$$

so ergibt sich

$$A = \frac{n_1 g_1 + n_2 g_2 + \dots + n_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n} \gamma - n_v \cdot \frac{g_1 + g_2 + \dots + g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n} \gamma$$

Da nun jeder Niederschlagshöhe eine bestimmte Abflusshöhe entsprechen soll, so sind die einer bestimmten Abflusshöhe zukommenden Areale die einer bestimmten Niederschlagshöhe. Es ist also das erste Glied des obigen Ausdruckes der für $N\gamma$, und es ist nothwendigerweise

$$A = \gamma (N - n_v)$$

so wie es faktisch gefunden wurde. Es gelten mithin die aufgedeckten Beziehungen zwischen Niederschlags- und Abflusshöhe nicht bloß für die verschiedenen Niederschlagshöhen, welche in ganz Böhmen beobachtet wurden, sondern auch für die gleichen Niederschlagshöhen in den einzelnen Theilen des böhmischen Elbegebietes. Die von Herrn Ruvarac entworfene Niederschlagskarte kann daher ohne weiteres auch als eine Abflussskarte gelten, sobald man

für die Regenhöhe	400— 500 mm	die Abflusshöhe	42.5— 92.5 mm,	im Mittel	67.5 mm	450	15%
	500— 600		92.5—142.5		117.5	550	26%
	600— 700		142.5—192.5		167.5	650	27%
	700— 800		192.5—242.5		217.5	750	29%
	800—1000		242.5—342.5		292.5	900	32%
	1000—1200		342.5—442.5		392.5	1100	35%
über	1200	über	442.5				

setzt. Berechnet man darnach aus den in Tab. XI von Herrn Ruvarac ermittelten Arealen der einzelnen Niederschlagsgebiete die mittlere Abflusshöhe, so erhält man 189 mm, also nur um 3 mm weniger, als direkt bestimmt. Für das Moldaugebiet ergeben sich analog 180 mm anstatt 186 mm. Trägt man der Verschiedenheit des Abflusses in den einzelnen Theilen Böhmens Rechnung, so ergibt sich folgende Beziehung:

Regenhöhe	400— 500 mm	Mittel	450 mm	Abflusshöhe	42 — 85.5 mm
	500— 600		550		102 —130.5
	600— 700		650		162 —175.5
	700— 800		750		220.5—222
	800—1000		900		288 —312
	1100—1200		1100		378 —432
über	1200		1300		468 —552

Damit erscheinen die Grenzen angedeutet, in welchen innerhalb eines mitteleuropäischen Gebietes der Abfluss je nach der Bodenbeschaffenheit mit dem Niederschlage variiert. Hiebei ist zu beachten, dass er bis zur mittleren Regenhöhe des Gebietes von den permeablen, bei größerer Regenhöhe von den impermeablen Theilen der größte ist.

Der unverkennbaren Abhängigkeit der Abflussverhältnisse von der Temperatur ist in obigem nicht Rechnung getragen. Es kann dies aber auch nur in rohester Annäherung geschehen, da, wie schon erwähnt, sich die Abflusskurven für andere Temperaturen nur streckenweise verfolgen lassen können, und zwar ausschließlich für mittlere Niederschlagshöhen, bei welchen der Einfluss der Temperaturschwankungen auf den Abfluss ganz besonders stattlich ist.

Nimmt man an, dass die Abflusskurven für verschiedene Temperaturen parallel laufen, und zwar für positive Temperaturabweichungen unter, für negative über der normalen, so kann man die allgemeine Beziehung von Niederschlag, Abfluss und Temperaturabweichung vom Mittel durch die Gleichung

$$a = (n - n_v) \gamma - t\alpha$$

wenn t die Temperaturabweichung vom Mittel in $^{\circ}\text{C}$., α die mittlere Änderung des Abflusses für 1° Temperaturabweichung ist. α kann mit

Hilfe der in Tabelle XV mitgetheilten Amplituden des Abflusses für Temperaturabweichungen von $+1^{\circ}$ bis -1° berechnet werden. Es ergibt sich für das Niederschlagsintervall von 550—850 *mm* sowohl für das Moldau- wie auch für das Elbegebiet zu 19 *mm*. Darnach erhalten wir die allgemeinen Gleichungen

$$\begin{array}{ll} \text{für das Moldaugebiet} & a = 0.6 \quad n=228 \quad -19 \text{ t} \\ \text{Elbe-Moldaugebiet} & a = 0.45 \quad n=117 \quad -19 \text{ t} \\ \text{Elbegebiet} & a = 0.5 \quad n=157.5 \quad -19 \text{ t} \end{array}$$

Der Quotient $\frac{\alpha}{\gamma}$ gibt die Veränderungen der Niederschlagshöhe, bei welcher Abflusslosigkeit eintritt, mit der Temperatur an. Ist n_v jene Höhe bei normaler Temperatur, so ist sie bei einer t° höheren Temperatur

$$n_{vt} = n_v + \frac{\alpha}{\gamma} t.$$

Die numerischen Werte von $\frac{\alpha}{\gamma}$ sind für das Moldaugebiet 32 *mm*, für das Elbe—Moldaugebiet 42 *mm*, für das Elbegebiet 38 *mm*. Berechnet man mit ihnen, bei wie viel Grad Temperaturerhöhung $n_{vt} = N$, Böhmen also abflusslos wird, so erhält man 8° für das Moldaugebiet, 10° für das Elbegebiet und 10.6° für das Elbe-Moldaugebiet. Wieder zeigt sich, dass das Moldaugebiet bei einer geringeren Temperaturerhöhung abflusslos wird, als das gesammte Elbegebiet, aber die dafür erhaltenen Werte sind erheblich größer als die früher ermittelten.

Diese Verschiedenheit der Ergebnisse führt sich darauf zurück, dass der Einfluss der Temperatur auf den Abfluss und auf die Verdunstung bei mittleren Niederschlagshöhen erheblicher ist, als bei geringen oder großen. Man überschätzt daher den Einfluss der Temperatur auf den Abfluss, wenn man lediglich mit den für mittlere Niederschlagshöhen giltigen Beziehungen zwischen beiden rechnet, und erhält dabei zu geringe Werte für die zur Abflusslosigkeit führende Temperaturerhöhung. Man beachte nur, dass bei einer Temperaturerhöhung von 4° nach Tabelle XV das Elbegebiet bei 550 *mm* Niederschlag noch 42 *mm* Abflusshöhe haben würde, während es bei 700 *mm* bereits abflusslos wäre! Unter solchen Umständen dürfte das zuletzt erhaltene Ergebnis wohl das richtigere sein, aber auch ihm gegenüber ist Vorsicht geboten; denn auch in diesem Falle dehnt man eine für einen kleinen Temperaturintervall gültige Beziehung auf einen großen aus. In dieser Hinsicht verhält es sich mit den nachgewiesenen Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss ganz anders. Sie gelten für einen Intervall von 350 *mm*, und werden nur auf einen solchen von nicht ganz 300 *mm* ausgedehnt, wenn man nach ihnen den Niederschlag für die beginnende Abflusslosigkeit berechnet. Die Beziehungen zwischen Temperatur und Abfluss sind aber nur für einen Temperaturintervall von 15° erkennbar, es liegt auf der Hand, dass man ihnen nicht ohne weiteres für Temperaturintervalle von über 4° Giltigkeit zuschreiben kann.

Es erhellt hieraus, dass Böhmen viel mehr durch seine Niederschlags-, als durch seine Temperaturverhältnisse der Abflusslosigkeit nahe kommt. Die ersteren schwanken in einem größeren Intervalle als der ist, welcher das Land von der Abflusslosigkeit trennt, die letzteren in einem viel geringeren. Sowohl eine allerdings mehrere Grade betragende Erhöhung seiner mittleren Jahrestemperatur als auch eine Minderung seiner Niederschläge auf etwa die Hälfte würde es dazu ver-

urtheilen. Nun pflegen Temperaturerhöhungen und Minderungen des Niederschlages Hand in Hand zu gehen, wie Brückner gezeigt hat. Eine nicht allzustrarke Klimaänderung würde sohin Böhmen zu einem Binnengebiete machen, wie man solche bereits 500 km südöstlich von der Mitte des Landes in Ungarn antrifft.

Die entwickelten Beziehungen zwischen Niederschlag, Temperatur und Abfluss lassen zwar die Abhängigkeit des letzteren von den beiden ersteren deutlich hervortreten, aber sie ermöglichen doch keineswegs die einem bestimmten Niederschlage zukommende Abflussmenge so genau zu berechnen, wie sie für die Verdunstungshöhen versucht wurde. Auch die in Tab. XV verzeichneten Abflusshöhen sind noch in ziemlich weiten Grenzen unsicher. Das kann aber nicht anders der Fall sein, wenn berücksichtigt wird, dass die berechneten Niederschlagshöhen nur bis auf 1% genau sind, dass ferner die Verdunstungshöhen der Elbe einen mittleren Fehler von 4%, jene für das Moldaugebiet einen solchen von 6% haben. Da nun die Abflusshöhen $\frac{2}{5}$ bez. $\frac{1}{3}$ der Verdunstungshöhen sind, so werden sie auf dem Wege der Differenzenbildung nur bis zu 10 resp. 18% ihres Wertes genau erhalten werden können, was für praktische Zwecke nicht hinreicht.

4. Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluss in den einzelnen Monaten.

Die von Herrn Ruvarac zusammengestellte Tabelle XII lässt erkennen, dass der jährliche Gang des Niederschlages in Böhmen bei aller Verschiedenheit der absoluten Werte in den Relativzahlen im wesentlichen übereinstimmt. Die Extreme der procentuellen Vertheilung für jeden einzelnen Monat halten sich in engen Grenzen, wie aus folgender Zusammenstellung erhellt:

Niederschlagsvertheilung in Procenten.

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Mittel
Maximum . .	6.3	5.9	8.5	8.9	8.9	11.9	16.5	15.6	14.8	9.7	7.8	8.0	10.2
Minimum . .	2.6	2.7	4.7	5.3	5.3	8.0	7.8	10.0	9.4	5.6	4.9	4.9	5.9
Amplitude .	3.7	3.2	3.8	3.6	3.6	3.6	8.7	5.6	5.4	4.1	2.9	3.1	4.3
Mittel . . .	4.3	4.5	6.8	6.8	9.7	13.4	12.9	12.0	9.6	7.3	6.2	6.5	8.3

Dies rechtfertigt, aus Relativzahlen, wie oben geschehen, Mittelwerte herzuleiten. Man ersieht aus ihnen, dass die jährliche Regenvertheilung im Moldaugebiete nicht wesentlich anders als im gesammten böhmischen Elbegebiete ist. Letzteres ist in seiner Gesammtheit durch ein Maximum im Juni ausgezeichnet. Zahlreiche südböhmische Stationen haben daneben noch ein secundäres im August, weswegen ein solches, wenn auch sehr unbedeutend, auch für das Moldaugebiet zum Ausdrucke gelangt. In Nordböhmen hingegen ist vielfach ein Juli-Maximum verbreitet, welches für das gesammte Elbegebiet das secundäre August-Maximum verschwinden lässt. Der an Niederschlägen ärmste Monat ist der Januar; in manchen Stationen auch der Februar, weswegen dieser im Durchschnitte nur ganz unbedeutend niederschlagsreicher als der Januar erscheint. Ein secundäres Minimum tritt vielfach im November entgegen, das auch in den Mitteln für das ganze Moldau- und Elbegebiet nicht verschwindet. März und April sind durchweg nahezu gleich regenreich. Diese jahreszeitliche Vertheilung stimmt im allgemeinen mit

der von Hann¹⁾ für einen größeren Zeitraum angegebenen überein; nur erscheint das Winter-Minimum hier durchweg geringer als in den Zusammenstellungen des ausgezeichneten Meteorologen, und ferner lassen letztere das secundäre November-Minimum nicht erkennen.

Die in Tabelle XII mitgetheilten mittleren Monatssummen für den Niederschlagshöhen dürfen nicht unmittelbar mit den in Tabelle V zusammengestellten Abflusshöhen verglichen werden, da das in einem Monate gefallene Wasser nicht auch im selben Monate abfließt, sondern erst nach einer gewissen Zeit nach Tetschen gelangt. Diese Zeit wurde auf 6 Tage im Mittel veranschlagt. Es wurde daher von den Niederschlagssummen eines Monats $\frac{1}{5}$ abgezogen und dafür $\frac{1}{5}$ von der des vorhergehenden Monats hinzugenommen. Die also erhaltenen Niederschlagshöhen sind in Tabelle XVIII mit den Abflusshöhen zusammengestellt, außerdem werden ihre Differenzen sowie ihr Verhältnis, entsprechend dem Abflussfactor, mitgetheilt.

Tabelle XVIII. Niederschlags- und Abflusshöhen in den einzelnen Monaten.

Moldau.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Niederschlag <i>mm</i>	30	29	42	46	62	90	87	86	71	52	43	43	681
Abfluss <i>»</i>	13	16	28	20	16	13	9	11	15	12	11	13	177
Unterschied <i>»</i>	17	13	14	26	46	77	78	75	56	40	32	30	504
Abflussfactor <i>%</i>	43	56	67	43	26	14	11	13	21	23	26	30	26
Elbe.													
Niederschlag <i>mm</i>	33	31	44	47	63	87	90	84	70	54	44	45	692
Abfluss <i>»</i>	14	17	33	25	17	13	10	11	12	12	12	16	192
Unterschied <i>»</i>	19	14	11	22	46	74	80	73	58	42	32	29	500
Abflussfactor <i>%</i>	43	55	75	53	27	15	11	13	17	22	27	36	28

Man entnimmt Tabelle XVIII und den darnach entworfenen Fig. 16 und 17, dass die sonst der Verdunstungshöhe entsprechende Differenz zwischen Niederschlag und Abfluss einen sehr auffälligen Gang besitzt. Ihr Maximum erreicht sie zwar im Juli, wo entsprechend der hohen Temperatur und dem großen Niederschlag auch ein Maximum der Verdunstung zu erwarten ist, aber ihr Minimum fällt nicht in den Januar, wo man es antreffen sollte, sondern in den März. Dementsprechend erreicht auch der Abflussfactor im März ein Maximum, während er im Juli sein Minimum hat.

Die Differenz Niederschlag—Abfluss in vorstehender Tabelle ist in der That kein Äquivalent der bisher berechneten Verdunstungshöhen. Während man für eine Reihe von Jahren annehmen darf, dass der gesammte gefallene Niederschlag theils verdunstet, theils abfließt, gilt Gleiches nicht für die einzelnen Monate. Hier findet vielmehr in einigen Theilen des Jahres eine Aufspeicherung des Niederschlages statt, welcher in anderen Jahreszeiten die Gerinne speist. Im Winter speichert die Schneedecke den Niederschlag auf, der dann beim Thauen abfließt, in der kühlen Jahreszeit füllen sich die Grundwasseransammlungen und Quellgänge, welche in der warmen die Flüsse speisen. Es gilt für die einzelnen Monate nicht wie für die Jahre die Gleichung Abfluss = Niederschlag—Verdunstung, sondern

$$\text{Abfluss} = \text{Niederschlag} - \text{Verdunstung} - \text{Aufspeicherung und}$$

$$\text{Abfluss} = \text{Niederschlag} - \text{Verdunstung} + \text{Speisung.}$$

¹⁾ Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Osterreich-Ungarn. I. Sitzber. k. Akad. Wien, Mathem.-naturw. Cl., 1879. Bd. LXXX. II. Abt.

Dabei existiert zwischen der Aufspeicherung und der Speisung im allgemeinen die Beziehung, dass im Laufe einer Reihe von Jahren die Summe der Aufspeicherung gleich der Summe der Speisung ist, weil sonst eine konstante Minderung der Meerwassermenge eintreten müsste, welche nicht nachweisbar ist. Es muss also für längere Zeiten gelten:

$$\text{Summe der Aufspeicherung} = \text{Summe der Speisung.}$$

Die Größe der Aufspeicherung, bezw. der Speisung ist von zwei Factoren abhängig, nämlich allgemein klimatischen und speciell geographischen des Flussgebietes. Ein Theil der Aufspeicherung geschieht auf der Landoberfläche in der Schneedecke, dieser ist abhängig von der Summe des als Schnee liegen bleibenden Niederschlages, also einem rein klimatischen Factor. Ein anderer Theil der Aufspeicherung findet im Boden statt, er ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit des Flussgebietes. Auf undurchlässigem Boden ist diese Art der Aufspeicherung gleich Null, auf äußerst durchlässigem kann sie der Summe der wässerigen Niederschläge nahekommen. Da es aber weder vollkommen undurchlässige noch vollkommen durchlässige Gesteine giebt, da ferner die Bodenbeschaffenheit von Ort zu Ort sehr wechselt, so ist die Aufspeicherung im Boden eine äußerst wechselnde. Kann man die Summe der schneeigen Aufspeicherung nach der Dauer und Höhe der Schneedecke roh schätzen, so giebt es kein Mittel, von der Aufspeicherung im Boden auch nur annäherungsweise eine Vorstellung zu gewinnen.

Unter solchen Umständen erscheint es wenig aussichtsvoll, durch Erwägungen über die Summe der Aufspeicherung die Zusammensetzung des Flusswassers aus abrinne dem Regen und Speisungswasser ermitteln zu wollen.

Dagegen bietet sich die Möglichkeit, dieses Problem durch eine direkte Schätzung der Verdunstung der Lösung näher zu führen. Eine eingehende vom Verfasser ausgeführte Untersuchung der Verdunstungsbeobachtungen in Mitteleuropa führte ihn zur Erkenntnis, dass, wenn auch die Höhe der in den Verdunstungsmessern verdunstenden Wassermengen zwar außerordentlich variabel ist, und von der Größe und Exposition des Gefäßes stark beeinflusst wird, der jährliche Gang der Verdunstung von der Art des Atmometers und der Höhe der verdunstenden Schicht unabhängig ist. In ganz Mitteleuropa ist die Verdunstung in den vier Sommermonaten Mai, Juni, Juli, August sehr hoch und beträgt 60—75% der Jahressumme. Dagegen ist sie in den vier Wintermonaten November, December, Januar und Februar minimal, nämlich nur 10—15% der Jahressumme. März und April zeigen ein rasches Steigen, September und Oktober ein schnelles Sinken der Verdunstung.

Wenn nun auch die Verdunstung von einer immer nur zeitweilig benetzten, mit einer mehr oder weniger dichten Vegetationsdecke bestandenen Landfläche gewiss wesentlich anders ist, als die von dem Spiegel eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, so legt doch die Beobachtung, dass die Verdunstung an verschiedenen Orten und Expositionen nahezu übereinstimmenden jährlichen Gang besitzt, die Muthmaßung nahe, dass sie auch auf großen Landflächen die gleiche Periodizität aufweist.

Vom theoretischen Standpunkte aus lässt sich hiergegen so lange nichts einwenden, als angenommen wird, dass die Vertheilung des Niederschlages im Laufe des Jahres eine vollkommen gleichmäßige ist. Dies trifft für Böhmen aber nicht zu; denn hier fällt im Juni dreimal

so viel Regen, als im Januar. Da nun auf einer ausgedehnten Landfläche, wie sich oben zeigte, die Verdunstung mit dem Niederschlage wächst, so wird im Juni wie in allen Sommermonaten die Verdunstung in Böhmen relativ bedeutender sein, als nach den Atmometer-Beobachtungen zu muthmaßen ist. Andererseits ist nicht außer Acht zu lassen, dass der Regenfall im Winter häufiger als im Sommer ist, und dass heftige Gewittergüsse während der warmen Jahreszeit binnen Stunden Wassermengen liefern können, welche eine intensive Verdunstung erst binnen Tagen zu entfernen vermöchte. Aber diese Wassermassen fallen auf trockenen Boden, in welchem sie nicht tief eindringen, und deswegen bald verdunsten. Es ist daher nicht anzunehmen, dass die Steigerung der sommerlichen Verdunstung infolge der Mehrung der sommerlichen Niederschläge durch die Minderung der Niederschlags-häufigkeit genau wett gemacht wird. Alles in allem wird die Verdunstung im böhmischen Elbegebiete im Sommer eher stärker denn schwächer sein, als nach Atmometer-Beobachtungen zu muthmaßen ist.

Derartige Beobachtungen wurden 1876/90 in Böhmen lediglich auf der Sternwarte zu Prag angestellt, und zwar durch den Gewichtsverlust eines offenen mit Wasser theilweise erfüllten cylindrischen Gefäßes von 76 *mm* Halbmesser. Dabei war die Aufstellung des Apparates eine so wenig günstige, dass die Beobachtungen 1893 eingestellt wurden. Immerhin hat sich aber gezeigt, dass der in Prag beobachtete jährliche Gang der Verdunstung sehr befriedigend mit dem sonst in Mitteleuropa wahrgenommenen übereinstimmt, weswegen anzunehmen ist, dass er im großen und ganzen auch für das ganze böhmische Elbegebiet gilt.

Die in Prag für die Jahre 1876/90 gemessenen mittleren Verdunstungshöhen sind folgende¹⁾:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jahr
<i>mm</i>	15.8	18.5	33.1	55.8	83.5	95.0	96.6	85.6	54.4	31.6	18.8	14.6	603.3
%	2.6	3.1	5.5	9.2	13.8	15.8	6.1	14.2	9.0	5.2	3.1	2.4	100

Die zu Prag gemessene Verdunstungshöhe war, entsprechend der Kleinheit der Verdunstungsfläche, größer als die im gesammten böhmischen Elbegebiete gleichzeitig stattgefundene Verdunstung. Reduciert man nun die für die einzelnen Monate erhaltenen Beträge auf die für das Moldaugebiet zu 504 *mm*, für das Elbegebiet zu 500 *mm* bestimmte mittlere Verdunstungshöhe, so erhält man nach obigen Erwägungen eine ungefähre Vorstellung von der Verdunstung in den einzelnen Monaten.

Zieht man die also erhaltenen Verdunstungshöhen von dem in Tabelle XVIII berechneten Unterschiede Niederschlag—Abfluss ab, so erhält man theils positive Werte, welche nach obigem einer Aufspeicherung, theils negative Werte, welche einer Speisung entsprechen. Selbstverständlich ist die Summe der positiven Werte gleich jener der negativen, und das bringt die Thatsache zum Ausdruck, dass die Aufspeicherung gleich der Speisung ist.

Tabelle XIX enthält die bezüglichen Berechnungen, die Fig. 18 und 19 führen die Sachen graphisch vor Augen. Man sieht, dass in den Monaten August bis Januar in gleicher Weise im Moldau- wie im gesammten Elbegebiete eine Niederschlags-Aufspeicherung stattfindet, welcher dann vom Februar bis Juli eine Speisung der Flüsse durch die

¹⁾ Vergl. Weineck, Magnetische und meteorologische Beobachtungen der k. k. Sternwarte, Prag. 1876—1890.

Vorräthe entspricht. Die Aufspeicherung ist im August in beiden Fällen minimal, die Speisung ist es im Februar, Juni und Juli. Dies Ergebnis stimmt genau mit der Erfahrung überein, dass in den drei Frühlingsmonaten die in der Schneedecke und im Grundwasser aufgespeichert gewesenen Wasser abfließen, und dass die Aufspeicherung vornehmlich während der Herbst- und Frühwintermonate geschieht. Die Summe der Aufspeicherung ist dabei im Moldaugebiete etwas kleiner als im Elbegebiete, wie nach den Bodenverhältnissen zu muthmaßen ist. So entsprechen denn Gang und Beträge der Aufspeicherung genau den Erwartungen, was die Richtigkeit des eingeschlagenen Verfahrens erweist.

Tabelle XIX. Aufspeicherung und Speisung in Böhmen in *mm*.

M o l d a u	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Niederschlag.—Abfluss	17	13	14	26	46	77	78	75	56	40	32	30	504
Verdunstung	13	15	28	46	70	80	81	72	45	26	16	12	504
Aufspeicherung	4							3	11	14	16	18	66
Speisung		2	14	20	24	3	3						66
E l b e													
Niederschlag.—Abfluss	19	14	11	22	46	74	80	73	58	42	32	29	500
Verdunstung	13	15	28	46	69	79	80	71	45	26	16	12	500
Aufspeicherung	6						0	2	13	16	16	17	70
Speisung		1	17	24	23	5	0						70
M o l d a u													
Idealer Abfluss	17	14	14	0	-8	10	6	14	26	26	27	31	177
Idealer Abflussfactor	57%	48%	33%	0%	-13%	11%	7%	16%	37%	50%	63%	73%	
E l b e													
Idealer Abfluss	20	16	16	1	-6	8	10	13	25	28	28	33	192
Idealer Abflussfactor	61%	52%	36%	2%	-9%	9%	11%	15%	36%	52%	64%	73%	

Die aus Tabelle XIX zu entnehmenden Ergebnisse werden nicht wesentlich geändert, falls die wirkliche Verdunstung in Böhmen während der Sommermonate relativ größer als nach den Prager Messungen sein sollte. Die Herbst- und Frühwintermonate bleiben die der Aufspeicherung, die Frühlingmonate die der Speisung, nur dass sich das Ende der letzteren bis in den Hochsommer, eventuell sogar bis anfangs Herbst, jener der Aufspeicherung bis in den Februar verschiebt. Die Summe der Aufspeicherung und dementsprechend die der Speisung allerdings vergrößert sich unter plausiblen Annahmen für die sommerliche Verdunstung, wenn auch nicht sehr bedeutend. So gewähren denn die in Tabelle XIX enthaltenen Daten über Aufspeicherung und Speisung einen Einblick in den Gang beider Erscheinungen und einen Minimalwert für deren Größe. Mindestens 37% des genannten Moldauwassers, mindestens ebensoviel des bei Tetschen vorüberfließenden Elbewassers sind, sei es in Form von Schnee, sei es als Grundwasser aufgespeichert gewesen. Darnach kann man sagen: Von dem in Böhmen fallenden Niederschlage fließen höchstens 17% direct ab, 11% bleiben als Schnee oder als Grundwassersammlung eine zeitlang lang aufgespeichert, 72% verdunsten entweder sofort, oder in geringem Maße von den aufgespeicherten Massen. In den einzelnen Monaten ist dies Verhältnis natürlich ein wesentlich anderes. In den Sommermonaten ist der Betrag der Verdunstung nahezu ebenso groß wie jener des Niederschlages, im Mai, dem Monate verhältnismäßig geringen Regenfalles und sehr starker Verdunstung sogar größer. Dagegen verdunstet im December $\frac{1}{4}$ des gefallenen Niederschlages und mehr als $\frac{1}{3}$ bleiben aufgespeichert.

Denkt man sich den Einfluss der Aufspeicherung gänzlich ausgemerzt, und alles Wasser, soweit es nicht verdunstet, abfließend, so erhält man

den idealen Abfluss. Er ist für die Moldau und Elbe gleichfalls in Tabelle XIX berechnet, und in dem idealen Abflussfactor mit dem Niederschlage verglichen. Man entnimmt aus den bezüglichen Daten, dass ohne Aufspeicherung im Winter, vornehmlich durch die Schneedecke, Böhmen bereits im April in der Moldau kein, in der Elbe nur sehr wenig Wasser hätte und im Mai abflusslos wäre. In den Sommermonaten verzeichnet Tabelle XIX einen minimalen Abfluss; da aber die für diese Monate angenommene Verdunstung nur einen Minimalwert darstellt, so dürften auch sie wahrscheinlich eine abflusslose Zeit darstellen. Bei völlig impermeablem Boden und ohne Schneedecke würde Böhmen lediglich Fiumare besitzen, welche während des Winters nahezu $\frac{3}{4}$ des Niederschlages dem Lande entführten, im Sommer aber trocken lägen.

Eine Aufspeicherung von den genannten Beträgen erscheint recht wohl denkbar. Jedenfalls würde die Schneedecke über Böhmen allein schon genügen, um sie zu erklären. Allerdings liegen über sie bisher keine genaueren Daten vor; man ist auf die Angaben über den als Schnee gefallenen Niederschlag beschränkt, welche seit 1881 in den »Hydrometrischen Beobachtungen« der einzelnen Jahre veröffentlicht worden sind. Herr Ruvarac hat dieselben in folgender Tabelle sammt den zugehörigen Niederschlagssummen zusammengestellt.

Tab. XX. Mittlere Höhen des als Schnee gefallenen Niederschlages im Elbe-Gebiete bis Tetschen.

Schnee (mm).											
	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jahr
1881	11.0	12.0	18.9	8.9	9.4	0.1	0	7.8	3.4	13.6	85.1
82	4.0	9.7	5.7	8.9	3.2	0	0	0.2	31.9	36.9	100.5
83	12.7	12.0	30.5	8.6	2.5	0	0	2.6	5.9	47.0	121.8
84	23.8	6.7	30.1	20.3	0.2	0.5	0	8.6	32.3	31.2	153.7
85	10.7	9.2	32.9	2.5	9.4	0.2	2.9	5.4	7.5	30.7	111.4
1881/85	12.5	9.9	23.2	9.8	4.9	0.2	0.6	4.9	16.2	31.9	114.1
1886	29.5	12.3	40.3	14.5	4.4	0.2	0	0.1	14.5	65.1	180.9
87	11.2	17.2	47.2	10.1	14.5	0	0.9	5.6	41.6	43.0	191.3
88	30.3	49.9	51.8	32.9	0.9	0	0	12.3	15.5	7.7	201.3
89	13.9	56.1	31.7	6.9	0	0.2	5.8	2.6	9.8	14.2	141.2
90	17.7	5.8	13.4	4.8	0.2	0.2	0	6.8	13.8	4.4	67.1
1886/90	20.5	28.3	36.9	13.8	4.0	0.1	1.3	5.5	19.0	26.9	156.2
Gesamt-Niederschlag.											
1881	13.1	19.1	68.6	26.7	84.4	88.3	73.3	49.8	17.4	22.1	631.0
82	13.5	23.2	21.2	53.5	30.1	83.6	80.6	50.2	81.1	69.9	793.7
83	33.4	20.8	34.4	20.1	34.7	131.8	70.1	38.1	25.3	63.4	642.5
84	47.7	13.2	42.3	28.8	34.6	129.2	38.3	110.4	38.2	64.9	701.0
85	12.5	16.7	51.1	25.6	55.2	39.7	95.1	51.4	59.6	54.8	613.8
1881/85	24.0	18.6	43.5	30.9	57.4	94.5	71.5	60.0	44.3	55.0	676.4
1886	37.8	13.1	56.1	63.4	56.8	158.5	44.8	44.7	33.7	89.4	753.5
87	11.5	18.5	59.7	30.7	126.7	42.7	37.3	17.0	65.1	48.3	586.2
88	41.4	50.5	85.9	60.9	29.6	112.3	71.9	69.9	35.0	16.3	809.3
89	18.6	61.3	42.9	60.1	68.4	70.5	78.6	80.9	17.5	16.0	671.1
90	69.0	7.2	27.9	95.9	77.0	109.7	118.2	48.2	89.0	7.7	897.1
1886/90	35.7	30.1	54.5	62.2	71.7	98.7	70.2	52.1	48.1	35.5	743.0

Mittlere Höhe des Schnees und des gesammten Niederschlags und ihr Verhältnis zu einander 1881/90.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jahr
Schnee...	16.5	19.1	30.1	11.8	4.5	0.1	1.0	5.2	17.6	29.4	135.2 mm
Niedersch.	29.9	24.4	49.0	46.6	64.8	134.6	70.8	56.1	46.2	45.3	709.7 mm
Verhältn.	55.2	78.2	61.4	25.3	6.9	0.1	1.4	9.3	38.1	64.9	19.0 %

Man entnimmt aus vorstehender Tabelle, dass der Schneefall in Böhmen regelmäßig im September beginnt, während nach Tabelle XIX die Aufspeicherung, allerdings ganz minimal, schon im August anfängt. Der Schneefall dauert ferner bis in den Juni, und ist am beträchtlichsten in den drei Wintermonaten. Auf 19% der Niederschlagsmenge sich belaufend, würde er im 15jährigen Mittel durchschnittlich 131 mm Wasser im Jahre liefern, also doppelt so viel als der mittlere Betrag der jährlichen Aufspeicherung. Unter solchen Umständen ist kaum daran zu zweifeln, dass die alljährlich sich entwickelnde Schneedecke allein schon die oben berechnete Aufspeicherung zu decken vermöchte.

Recht bedeutsam ist die aus Tabelle XIX erhellende Thatsache, dass die Aufspeicherung nur bis in den Januar dauert und dann durch die Speisung ersetzt wird. Es fällt also der Wechsel von Anhäufung und Wiederabgabe der Wasservorräthe gerade zu Beginn des Kalenderjahres. Sobald er nun etwas verfrüht eintritt, was durch eine nicht gerade bedeutende Abweichung vom normalen Witterungsgange bedingt sein kann, so gelangen in einem Jahre Wasservorräthe zum Abflusse, die für das nächste bestimmt waren, und die normalen Abflussverhältnisse beider Jahre werden gestört. Es liegt nahe, die Abweichungen des berechneten Abflusses vom wirklichen durch eine solche Annahme zu erklären. Wir stellen in Folgendem die Differenzen beider zusammen.

Differenzen zwischen den beobachteten und den nach den Formeln

S. 483 (55) berechneten Abflusshöhen in mm:

	1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Moldau	42	-16	-47	7	-21	24	-45	-77	-34	5	-34	4	11	8	-1
Elbe	70	15	2	-16	-13	26	-37	33	-10	3	-23	9	6	5	3

Die mittlere Abweichung der berechneten Wasserführung von der beobachteten ist hiernach bei der Elbe 19 mm, bei der Moldau 26 mm, also 10 bez. 15 % des Mittels. Das erscheint nicht unbedeutend. Wenn man aber berücksichtigt, dass die Summe der Aufspeicherung in beiden Flussgebieten allein im December 10 % des gesammten Abflusses ausmacht, so erscheint jener mittlere Fehler als nicht sehr belangvoll und überdies leicht erklärbar durch Störungen im normalen Gange der Aufspeicherung und Speisung.

Wenn nun aber jene Fehler im wesentlichen dadurch verursacht sind, dass in einem Jahre das zuviel abrinnt, was im nächsten zu wenig abfließt, so sollten in zwei aufeinanderfolgenden Jahren die Fehler sich ausgleichen. Dies geschieht nach obiger Zusammenstellung nicht; hier summieren sich die Fehler zu nicht unbeträchtlichen Beträgen. Dagegen erkennt man eine Compensation recht deutlich, wenn man den Niederschlag und Abfluss je zweier aufeinanderfolgender Jahre in Betracht zieht. Zu dem Ende sind in Tabelle XXI die Mittel dieser Größen sowie der Verdunstung für je zwei aufeinanderfolgende Jahre gebildet. Mit voller Deutlichkeit tritt hier zunächst hervor, dass sich der Abfluss in den Jahrespaaren öfter als in den einzelnen Jahren in dem gleichen Sinne ändert wie der Niederschlag. Dies trifft im Moldau- und Elbe-

gebiet zusammengenommen in 22 von 26 Fällen, gegen 21 von 28 in den einzelnen Jahren zu. Gruppiert man die Jahre nach ihrer Niederschlagshöhe, so sieht man mit wenigen Ausnahmen, dass die Zunahme des Niederschlages eine solche des Abflusses und zugleich ein Anwachsen des Abflussfactors zur Folge hat. Nur das Doppeljahr 1876/77 bildet im Elbegebiet eine auffällige Ausnahme.

Tabelle XXI. Mittlerer Niederschlag, Abfluss und Verdunstung von Jahrespaaren.

1876	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	1876	1881	1885
<u>77</u>	<u>78</u>	<u>79</u>	<u>80</u>	<u>81</u>	<u>82</u>	<u>83</u>	<u>84</u>	<u>85</u>	<u>86</u>	<u>87</u>	<u>88</u>	<u>89</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	<u>85</u>	<u>90</u>
Moldaugebiet:																
Niederschlag in mm:																
627	647	660	722	722	701	660	617	609	650	650	674	715	766	675	647	691
Abfluss in mm:																
161	128	148	198	206	182	167	146	123	147	147	184	210	239	168	155	185
Verdunstung in mm:																
466	519	512	524	516	519	493	471	486	503	503	490	505	527	507	492	506
Abflussfactor in %:																
25.7	19.8	22.4	27.4	28.5	26.0	25.3	23.7	20.2	22.6	22.6	27.3	29.4	31.2	24.9	24.0	26.8
Elbegebiet:																
Niederschlag in mm:																
637	757	668	757	743	733	716	654	619	644	637	668	733	768	688	681	690
Abfluss in mm:																
203	169	172	209	220	203	200	181	147	153	152	184	214	227	194	183	186
Verdunstung in mm:																
434	468	496	548	523	530	516	473	472	491	485	484	519	541	494	498	504
Abflussfactor in %:																
31.9	26.5	25.7	27.6	29.6	27.7	27.9	27.8	23.7	23.8	23.9	27.6	29.2	29.7	28.2	26.9	27.0
Temperaturabweichung in Graden:																
+0.25	+0.50	-0.10	-0.15	-0.10	-0.10	+0.25	+0.25	+0.45	+0.40	-0.20	-0.85	-0.50	-0.15	+0.08	+0.21	-0.26

Weiter ist die Veränderlichkeit sowohl von Niederschlag und Abfluss von Jahrespaar zu Jahrespaar eine geringere, und zwar für den letzteren um einen etwas größeren Betrag als für den ersteren. Dies erhellt aus Folgendem:

Mittlere Veränderlichkeit

	Moldau	Elbe
des Niederschlages nach Jahren	10.5%	10.5%
nach Jahrespaaren	7.0	6.0
Unterschied	3.0%	4.5%
des Abflusses nach Jahren	20.5%	16.5%
nach Jahrespaaren	16.0	11.9
Unterschied	4.5%	4.6%

Endlich ist die Amplitude der Schwankungen eine geringere. Dies gilt in großem Umfange vom Niederschlage, was nicht Wunder nehmen kann, da nach Fig. 11 und 12 die untersuchten 15 Jahre einen auffälligen Wechsel trockener und nasser Jahre erkennen lassen. Aber die Minderung der Amplitude der Schwankungen des Abflusses ist namhaft

geringer als jene des Niederschlages. Dies zeigt folgende Zusammenstellung:

Amplitude der Jahressummen

	Moldau				Elbe			
d. Niederschlages nach Jahren	324 mm	49%	des Mittels	311 mm	45%	des Mittels		
» » n. Jahrespaaren	157 »	23 »	» »	149 »	22 »	» »		
Unterschied	177 »	26 »	» »	162 »	23 »	» »		
des Abflusses nach Jahren	204 »	115 »	» »	142 »	74 »	» »		
» » n. Jahrespaaren	116 »	66 »	» »	80 »	42 »	» »		
Unterschied	88 »	49 »	» »	62 »	32 »	» »		

Bildet man die Verhältniszahlen der Amplituden des Abflusses und des Niederschlages, so erhält man unter Zugrundelegung der Jahre ähnliche Werte wie für das analog gebildete γ (S. 483 [55]):

	Moldau	Elbe
nach Jahren	0.61	0.46
nach Jahrespaaren hingegen	0.74	0.54

also größere Zahlen. Das heißt: Geht man von der mittleren Niederschlagshöhe Böhmens aus, so fließt bei größerem Niederschlage in den Jahrespaaren relativ mehr, bei geringem relativ weniger ab, als in den einzelnen Jahren. Es fließt also in niederschlagsreichen Jahren im Vergleich zu den Jahrespaaren zu wenig, in den niederschlagsarmen Jahren relativ zu viel ab. In den ersteren Jahren wird etwas aufgespeichert, in den letzteren kommt zu viel zum Abflusse; es findet in ihnen eine Speisung statt.

Construiert man mit den Jahressummen der Jahrespaare Abflusscurven analog den Fig. 13—15, so fallen die zu bestimmten Niederschlagssummen gehörigen Abflussmengen viel deutlicher in eine Linie als in den genannten Figuren. Was in letzteren nur schwer möglich war, wird nun ganz unmöglich, nämlich den Einfluss der Temperatur auf den Abfluss zu ermessen. Es erweisen sich nämlich die regenreichen Jahrespaare zugleich als die kalten, die regenarmen als die warmen; diese gruppieren sich auf die eine, jene auf die andere Seite der Construction, so zwar, dass zwischen ihnen als Abflusscurve nur eine Gerade zu ziehen möglich ist, von welcher sie im Durchschnitte nur um wenige Procente abweichen. Nach ihnen ergeben sich die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluss aus den Gleichungen:

$$\begin{aligned} \text{Moldau: } a &= (n-398) 0.64 \\ \text{Elbe: } a &= (n-355) 0.55 \end{aligned}$$

Beide Gleichungen unterscheiden sich von den auf S. 483 [55] aufgestellten, durch die größeren numerischen Werte ihrer Constanten nämlich n_v und γ . Das heißt:

1. Es tritt nach den Jahrespaarsummen der Niederschläge die Abflusslosigkeit in Böhmen bei Beträgen ein, die um 18—40 mm höher sind, als früher berechnet; Böhmen würde also nach zwei aufeinanderfolgenden Jahren geringerer Trockenheit ebenso abflusslos sein, wie nach einem Jahre größerer Trockenheit.

2. Das Verhältnis von Abfluss und Niederschlagsmehrung bei Jahrespaaren ist größer als bei den einzelnen Jahren, was sich bereits oben ergeben hat und als naturgemäße Folge des Eliminierens von Aufspeicherung und Speisung anzusehen ist.

Vergleicht man endlich die aus jenen Formeln berechneten Abflusshöhen mit den beobachteten, so ergibt sich ein viel kleinerer Fehler als oben. Das erhellt aus folgenden Daten:

Differenzen zwischen den beobachteten und den berechneten Abflusshöhen der Jahrespaare in *mm*:

1876/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90
Moldau:													
14	-31	-18	-9	-1	-12	-1	6	-12	-14	-14	7	7	3
Elbe:													
43	14	0	-2	7	-5	1	17	2	-6	-3	12	6	0

Der mittlere Fehler für das Moldaugebiet ist von 26 *mm* auf 10 *mm*, der für das Elbegebiet von 19 *mm* auf 9 *mm* gesunken, er beträgt nur noch 5.5% bez. 4.7% der mittleren jährlichen Abflusshöhe. Es gestatten obige Formeln also den Abfluss von Jahrespaaren aus Böhmen mit einem wahrscheinlichen Fehler von kaum 5% zu berechnen und es wird ersichtlich, dass die oben zusammengestellten Fehler der für die einzelnen Jahre berechneten mittleren Abflusshöhen mindestens zur Hälfte in Unregelmäßigkeiten von Aufspeicherung und Speisung ihren Ursprung haben. Um dem Rechnung zu tragen, muss die allgemeine Formel für die Abflusshöhen folgende Gestalt annehmen:

$$a = (n - n_r) \gamma + s' - s''$$

wenn s' die Summe der Aufspeicherung von vorhergehenden und s'' die für das nachfolgende Jahr ist. Bei normalem Witterungsgange wird man $s' = s''$ setzen dürfen; folgen zwei Jahre aufeinander, von welchen das eine von dem zehrt, was dem andern gebürt, so wird man setzen können: $s'_1 + s'_2 = s''_1 + s''_2$, was ja, wie dargethan, im allgemeinen auch zutrifft. Es ist aber auch denkbar, dass eine Reihe von Jahren mit abnormem Witterungscharakter aufeinanderfolge. Dann ist constant $s' > s''$ oder constant $s'' > s'$. Im ersteren Falle erhält man zu große, im letzteren zu kleine Abflusshöhen und eine Aufspeicherung von Wasser auf dem Lande. Am ausgedehntesten ist dies möglich in jenen Flussgebieten, die sich bis über die Schneegrenze erstrecken. In ihren Firnfeldern und Gletschern können sich die Niederschläge ganzer Folgen von Jahren aufspeichern. Ebenso kann in Seen eine mehrjährige Aufspeicherung eintreten, wenn sie constant anschwellen können. Gleiches kann in ausgedehnten Moorgebieten geschehen. Bis zu einem gewissen Grade endlich vermag jeder durchlässige Boden eine Aufspeicherung zu begünstigen, die sich in einem Ansteigen der Grundwasser geltend macht. Im böhmischen Elbegebiet ist nun die erstere Art mehrjähriger Aufspeicherung, nämlich oberhalb der Firnlinie, nicht vorhanden. Aber es besitzt namentlich in seinem Süden zahlreiche Teiche und auf seinen Gebirgen ausgedehnte Moorflächen. Erstere decken nach einer allerdings älteren Angabe¹⁾ 319 *km*², letztere nach Sitenský²⁾ 250 *km*². Hält sich in diesen Seen und Mooren der Wasserspiegel durch einige Jahre um 1 *dm* höher als sonst, so bedeutet dies für ganz Böhmen bereits die

¹⁾ Bernat, Statist. Skizze über die Fischerei in Böhmen. Mittheilungen der Commission für die land- und forstwirtschaftliche Statistik von Böhmen. Prag, 1884 (S. LX). ²⁾ Über die Torfmoore Böhmens. Archiv für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen, VI, 1, 1894. (S. XIV).

mehrfährige Aufspeicherung einer 1 *mm* mächtigen Wasserschichte. Trägt man ferner den ausgedehnten durchlässigen Schichten Nordböhmens Rechnung, so wird man die Möglichkeit einer mehrjährigen Aufspeicherung von mehreren Millimetern Wasser in Böhmen als sehr wahrscheinlich hinstellen können.

Die Größenschätzung solcher mehrjähriger Aufspeicherung wird vielleicht möglich sein, wenn sich die mittlere Wasserführung wird genauer berechnen lassen. Gegenwärtig reichen die Materialien dafür noch nicht aus. Der Gedanke, dass die Summen der Differenzen zwischen Beobachtung und berechneter Wasserführung vielleicht die Aufspeicherung darstellen, wird sofort als irrig erwiesen, wenn man beachtet, dass darnach 1876/90 im Moldaugebiete eine sehr beträchtliche Aufspeicherung, im Elbegebiete eine nennenswerte Minderung der Wasservorräthe stattgefunden habe.

5. Schluss.

In den anderthalb Jahrzehnten 1876/90 ist im böhmischen Elbegebiete nach den Ermittlungen von Herrn Ruvarac eine Regenmenge von durchschnittlich jährlich 35.29 *km*³ gefallen. Dem entspricht eine mittlere Regenhöhe von 692 *mm*. Diese Normalhöhe wird auf 57.6 % der Fläche des Landes vom Regenfalle nicht erreicht, auf 42.4 % derselben überschritten. Letzteres geschieht vornehmlich in den randlich gelegenen und zugleich hohen Partien. Hier steigt auf den Kämmen des Böhmerwaldes, des Riesen- und Isergebirges sowie auf der Höhe des Erzgebirges die mittlere jährliche Niederschlagshöhe auf über 1200 *mm*. In den mittleren, tief gelegenen Partien aber sinkt sie auf knapp über 400 *mm*. Eine regelmäßige Zunahme des Niederschlages mit der Höhe ist aber nicht vorhanden. Deutlich sondern sich Regenseite und Regenschatten bei den randlichen und auch selbst bei den centralen Erhebungen. Das im Regenschatten des Böhmerwaldes befindliche obere Moldauthal hat in 700 *m* Höhe Niederschlagssummen von 600—700 *mm*, die man auf den böhmischen Vorlagen des Riesengebirges bereits in 400 *m* Meereshöhe antrifft. Sehr regenreich sind die Westgehänge des Duppauergebirges und Brdywaldes, regenarm hingegen deren Ostabdachungen. Die geringsten Niederschlagshöhen ferner trifft man nicht an den tiefsten Stellen des Landes, sondern jeweils am Ostfuße der Gebirge, so am Fuße des Erzgebirges in der Gegend von Brüx, wo sich die Regensumme auf knapp über 400 *mm* erhebt, so in der Saazer Gegend im Regenschatten des Duppauer Gebirges, so nördlich Prag in den Landschaften östlich vom Zbanwalde, so ferner östlich vom Brdywalde unfern Przißram und in der Senke nordöstlich vom Böhmerwalde, wo der Niederschlag in einer Meereshöhe von über 400 *m* auf unter 500 *mm* im Mittel sinkt.

Die auffällige Symmetrie im morphologischen Aufbau des böhmischen Elbegebietes giebt sich nicht in der Vertheilung der Niederschläge zu erkennen. Die Westhälfte des Landes tritt in Gegensatz zur Osthälfte; sie liegt vorwiegend im Bereiche des Regenschattens der Randerhebungen; der Osten wird hingegen von den aus Westen kommenden Regenwinden reicher benetzt. Wird das obere Moldaugebiet bis Moldauteinitz, das Wottawa-, Beraun- und Egergebiet als Westen, das Gebiet der Lainsitz (Luschnitz), Sazawa und Kleinen Elbe als Osten genommen, so erhält man zwei nahezu gleiche Theile. In ihnen gestaltet sich die Niederschlagsvertheilung nach Tabelle XI wie folgt:

Areale der Niederschlagshöhen von

4—500 mm	5—600 mm	6—700 mm	7—800 mm	8—1000 mm	10—1200 mm	über 1200 mm
Westen:						
781 km ²	6902 km ²	5654 km ²	4402 km ²	2204 km ²	983 km ²	288 km ²
Osten:						
—	2286 km ²	8211 km ²	7282 km ²	2942 km ²	625 km ²	385 km ²
Summe: Westen 21214 km ² , Osten 21731 km ² .						
Westen:						
3.7 ‰	32.6 ‰	26.6 ‰	20.8 ‰	10.4 ‰	4.6 ‰	1.3 ‰
Osten:						
—	10.5 ‰	37.8 ‰	33.5 ‰	13.5 ‰	2.9 ‰	1.8 ‰
Westen—Osten:						
3.7 ‰	22.1 ‰	-11.2 ‰	-12.7 ‰	-3.1 ‰	1.7 ‰	-0.5 ‰

Man sieht deutlich, dass der Westen größtentheils weniger, der Osten hingegen mehr Niederschlag genießt als das Gesamtgebiet. Dementsprechend ist die mittlere Regenhöhe des Westens (684 mm) geringer als die des Ostens (731 mm) und die symmetrisch gelegenen Flussgebiete haben verschiedene Niederschlagshöhen, nämlich:

Westen:		Osten:	
Wottawa	711 mm	Lainsitz	696 mm
Beraun	653 ‰	Sazawa	729 ‰
Eger	710 ‰	Kleine Elbe	747 ‰

Mit Ausnahme des Lainsitzgebietes sind alle östlichen Flussgebiete die regenreicheren. Dem Lainsitzgebiete, welches sich über eine flachwellige Hochfläche von wenig über 500 m Meereshöhe erstreckt, steht aber das in den weit höheren Böhmerwald fallende Wottawagebiet gegenüber. Vergleicht man das Wottawa- und Beraungebiet einerseits mit dem Lainsitz- und Sazawagebiet andererseits, so kommt die Regenarmut des Westens wieder schlagend zum Ausdruck, er genießt 670 mm, der Osten 708 mm. Selbst wenn man noch das gesammte obere Moldaugebiet bei Moldauteinitz zu den beiden westlichen Gebieten schlägt, erscheint diese mit 693 mm Regenhöhe gegenüber dem Osten benachtheiligt. Trotz ihrer beträchtlicheren Erhebung ist die Böhmerwaldseite Böhmens regenärmer als die Abdachung der böhmisch-mährischen Höhe.

Zwischen den oben genannten sechs symmetrisch gelegenen Flussgebieten sind drei Abschnitte eingeschaltet, nämlich das obere Moldaugebiet bis Moldauteinitz, ein schmaler Streifen längs der mittleren Moldau bei Prag, endlich das unterhalb Melnik, Prag und Laun befindliche Elbegebiet. Die zugehörigen Niederschlagshöhen sind 773 mm, 590 mm und 600 mm. Diese in der Meridianachse des Landes gelegene Striche sind sobald sie hoch gelegen sind, regenreich, sonst niederschlagsarm. Man hat also hier eine Zunahme des Niederschlages mit der Höhe.

Die mittlere Niederschlagshöhe von Böhmen erfährt zeitlich Schwankungen periodischer und aperiodischer Art. Die periodische äußert sich darin, dass die mittlere Niederschlagshöhe des gesammten Gebietes sich von Jahr zu Jahr ändert. Sie sank 1887 auf 547 mm und hob sich 1890 auf 858 mm; ihre Amplitude war sohin 311 mm. Es fielen also im untersuchten 15jährigen Zeitraume über Böhmen einmal nur 27.90 km³, einandermal 43.76 km³ Regen im Jahre, also 15.86 km³ mehr. Die aperiodischen bestehen darin, dass der allgemeine Gang der periodischen nicht von allen Stationen getheilt wird. Von den 53 unter-

suchten Stationen hat in jedem Jahre eine in Bezug auf ihr 25jähriges Mittel 25 % Niederschlag mehr, eine andere 25 % weniger als die Gesamtheit der Stationen in Vergleiche zu ihrem langjährigen Mittel. Wäre sohin die Niederschlagsvertheilung in Böhmen im vieljährigen Mittel eine völlig gleichmäßige, fielen allenthalben 692 *mm* Regen, so würde doch in jedem Jahre irgend ein Ort nur 526 *mm*, ein anderer dagegen 878 *mm* Niederschlag haben. Nun aber combinieren sich die aperiodischen und periodischen Schwankungen, was aus Fig. 4 ersichtlich wird, in regelmäßiger Weise; unter der Voraussetzung, dass alle Stationen im 15jährigen Mittel 692 *mm* Regen hätten, würde im Verlaufe von 15 Jahren einmal irgendwo 381 *mm*, einmal irgendwo anders 1073 *mm* Niederschläge im Jahre gefallen sein. Man hat eine Amplitude der periodischen und aperiodischen Schwankungen zusammengenommen im Betrage der mittleren Regenhöhe.

Die aperiodischen Schwankungen gleichen sich im vieljährigen Mittel aus; aber die Kärtchen Fig. 5—7 führen anschaulich vor Augen, dass sie noch im fünfjährigen Mittel deutlich entgegentreten. Die einzelnen Orte des Landes zeigen daher häufig ganz andere Schwankungen ihres Regenfalles als die Gesamtheit. Eine oder einige Stationen genügen also noch keinesfalls, um die Schwankungen des Niederschlages über einem größeren Gebiete festzustellen.

Die Regenmenge von durchschnittlich 35.3 *km*³ jährlich fällt größtentheils der Verdunstung anheim, welche jährlich 25.5 *km*³ Wasser aus Böhmen entfernt, entsprechend einer 500 *mm* mächtigen Schichte. Dazu ist dieselbe Wärmemenge nöthig wie zum Schmelzen einer 3.750 *m* mächtigen Eisschichte, also 18 % der gesammten, bei heiterem Himmel in Böhmen an die Erdoberfläche gelangenden Sonnenstrahlung.

Die Schwankungen im Betrage der Verdunstung sind in weit geringerem Umfange von den Schwankungen der Jahrestemperatur abhängig, als von jenen des Niederschlages. Je mehr es in Böhmen regnet, desto mehr verdunstet auch. Im regenärmsten Jahre wurde eine 422 *mm* mächtige, im regenreichsten eine 509 *mm* dicke Wasserschicht entfernt. Das einamal verdunsteten 21.53 *km*³ im Jahre, das anderemal 30.09 *km*³. Diese enge Beziehung zwischen Niederschlag und Verdunstung erklärt sich wie folgt. Unter Voraussetzung, dass keine Luftströmungen stattfinden, ist die Verdunstung an einem Orte durch die Größe der seiner geographischen Breite zukommenden Sonnenstrahlung begrenzt, welche man mit Hilfe der von Angot berechneten Intensität der Sonnenstrahlung und der Solarconstanten leicht ermitteln kann. Damit sind die Maximalwerte der Verdunstung von einer Wasserfläche gegeben. Auf einer Landfläche findet nun aber bloß dann eine Verdunstung statt, wenn Regen gefallen ist; je öfter und je mehr innerhalb der gegebenen Grenze es regnet, desto öfter und desto mehr kann sich die Verdunstung entfalten. Der günstigste Fall ist offenbar der, dass die Vertheilung des Regenfalles dem jährlichen Gange der Intensität der Sonnenstrahlung entspricht. Hiernach ist die Verdunstung von einer Landfläche eine Function von der Größe, Dichte und Vertheilung ihres Niederschlages. Es kann daher wohl möglich sein, dass zwei in gleicher geographischer Breite befindliche Gebiete mit gleicher Regenhöhe doch recht verschiedene Verdunstungshöhen aufweisen, wenn die jahreszeitliche Vertheilung des Regenfalles eine andere ist. Andererseits aber wird in einem gegebenen Gebiete in einer bestimmten Regenprovinz der Betrag der Verdunstung im wesentlichen von der Größe und Dichte seines Niederschlages abhängig sein.

In Böhmen sind die beiden letzteren Beziehungen der Verdunstung zum Niederschlage erkennbar, am deutlichsten die zur Regenhöhe. Die Zunahme der Verdunstung mit dem Niederschlage geschieht recht gleichmäßig; dort, wo eine Ungleichmäßigkeit entgegentritt, hängt sie wahrscheinlich damit zusammen, dass die Mehrung des Regenfalles in den betreffenden Niederschlagsintervallen mehr einer Steigerung der Regenhäufigkeit, denn einer solchen der Regendichte zuzuschreiben ist. Einer Steigerung des Regenfalles um 100 *mm* entspricht eine solche der Verdunstung im Elbegebiete von durchschnittlich 53 *mm*, im Moldaugebiete von nur 46 *mm*.

Geht man von den mittleren Niederschlags- und Verdunstungsverhältnissen aus und verfolgt mit dem gegebenen Verhältnisse zwischen Zunahme von Verdunstung und jener des Niederschlages (β) die Größenentwicklung beider für geringere Niederschlagshöhen, so erhält man schließlich einen Wert der Verdunstung, welcher gleich jenem des entsprechenden Niederschlages ist. Dieser Wert des Niederschlages und der Verdunstung liegt im gesammten böhmischen Elbegebiete bei 280 bis 350 *mm*, im Moldaugebiete bei 370 bis 400 *mm*, im Reste des Elbegebietes bei 260 *mm*. Bei geringerem Niederschlage würde aller Regen verdunsten; die Verdunstungshöhe wäre zuweilen gleich der Regenhöhe; Böhmen wäre abflusslos. Verfolgt man hingegen mit dem ermittelten Verhältnisse (β) die gegenseitigen Bezeichnungen von Niederschlag und Verdunstung für zunehmenden Regenfall, so nähert man sich dem Falle, in welchem einer Mehrung des Niederschlages nicht mehr eine solche der Verdunstung entsprechen kann, weil letztere ihren Maximalwert erreicht hat. Da die Niederschlagsvertheilung in Böhmen keineswegs dem jährlichen Gange der Intensität der Sonnenstrahlung entspricht; da ferner ein namhafter Theil derselben für andere Arbeit verwendet wird, so ist mit Sicherheit anzunehmen, dass dieser Grenzwert für die Verdunstungshöhe, über welchen sie nicht hinauswächst, erheblich unter 2736 *mm* liegt, die in Böhmen durch die gesammte Sonnenstrahlung verdunstet werden könnten. Andererseits liegt er sicher über 590 *mm*, denn bis zu diesem Betrage wächst die Verdunstung mit dem Niederschlage.

Die Niederschlagshöhe, welche gleich der zugehörigen Verdunstungshöhe ist, spielt nach dem Auseinandergesetzten eine wichtige Rolle für Berechnung der Verdunstungshöhe aus der Niederschlagshöhe. Ist letztere geringer als jener Wert, so ist die Verdunstungshöhe ihr gleich und es bleibt nichts für den Abfluss. Ist sie hingegen größer, so wächst die Verdunstung proportional der Differenz zwischen Niederschlag und dem genannten Grenzwert und es gelangt ein Theil jener Differenz zum Abflusse. Der Abfluss ist sohin proportional der Differenz zwischen beobachtetem Niederschlag und jenem Niederschlage, bei welchem Abflusslosigkeit eintreten würde.

Weit geringer als der Einfluss des Niederschlages ist, wie schon erwähnt, jener der Temperatur auf die Verdunstung. Im Durchschnitte bringt eine Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur von Böhmen um 1° nur eine Steigerung der Verdunstung um 19 *mm* hervor, also den Effect einer Regenmehrung von 36 bis 46 *mm*. Man müsste die mittlere Jahrestemperatur Böhmens sohin um 10° erhöhen, damit die Verdunstung dem Regenfalle gleich käme. Bei mittleren Niederschlagsverhältnissen ist aber der Einfluss der Temperaturänderungen auf die Verdunstung weit stattlicher, als im Durchschnitte. Eine Steigerung der mittleren Jahres-

temperatur um 1° hat hier eine Mehrung der Verdunstung um 25 bis 30 mm zur Folge. Unter der Annahme, dass dieses Verhältnis auch für größere Temperaturintervalle standhalte, würde Böhmen bereits bei einer Temperaturerhöhung von 5.8° abflusslos werden. Andere Berechnungen ergeben dafür einen größeren, andere einen geringeren Betrag. Das ziffernmäßige Ergebnis ist noch nicht recht gesichert.

Der Abfluss aus Böhmen ist relativ weit größeren Schwankungen unterworfen, als der Niederschlag und die Verdunstung. Im Mittel nur 9.8 km^3 betragend, hat er sich (1890) auf 13.67 km^3 gehoben, nachdem er drei Jahre vorher weniger als die Hälfte, nämlich nur 6.36 km^3 , betragen hatte. Um ihn mit dem Niederschlage und der Verdunstung gut vergleichen zu können, empfiehlt es sich, ihn durch die Höhe jener idealen Wasserschicht zu messen, die er, dem Lande zurückgegeben, in einem Jahre bilden würde. Diese Höhe ist im Mittel für Böhmen 192 mm ; im undurchlässigen Moldaugebiete ist sie geringer (177 mm) als im mehr durchlässigen Reste des Landes (209 mm). Diese regionalen Abweichungen vom Mittel der Gesamtgebiete sind größer als die des zugehörigen Niederschlages (-15 mm und $+17 \text{ mm}$ gegen -11 mm und $+13 \text{ mm}$). Es variiert also der Abfluss regional stärker als der Niederschlag; er ist außer von letzterem auch noch von anderen Elementen, speciell von der Bodenbeschaffenheit abhängig.

Wie sich die Abhängigkeit des Abflusses vom Niederschlage gestaltet, ist oben bereits ausgesprochen; er ist proportional der Differenz aus Niederschlag und jenem Regenfalle, bei welchem Abflusslosigkeit eintritt. Ferner muss er, als die Differenz von Niederschlag und Verdunstung, mit beiden variieren, und gleich dieser, proportional dem Niederschlage, zunehmen. Es existiert ein bestimmtes Verhältnis zwischen Zunahme des Niederschlages und Mehrung des Abflusses. Dieses Verhältnis ist streng zu scheiden von dem allgemeinen Verhältnis zwischen Abfluss und Niederschlag, welches als Abflussfactor bei hydrotechnischen Untersuchungen eine große Rolle spielt. Das Verhältnis zwischen Zunahme des Abflusses und des Niederschlages ist im allgemeinen für ein bestimmtes Flussgebiet constant; der Abflussfactor ist es nicht; er ändert sich mit dem Niederschlage, er ist umso größer, je höher der Regenfall. Diese zeitlichen Variationen des Abflussfactors sind weit bedeutender als die regionalen infolge der verschiedenen Bodenbeschaffenheit, auf welche bisher fast ausschließlich Gewicht gelegt worden ist. Er schwankt im böhmischen Elbegebiet zwischen 22.5% und 31.4% , wenn von dem Jahre 1876 abgesehen wird. Dabei bewegt er sich im vieljährigen Mittel in den beiden Hauptbestandtheilen Böhmens, dem vorzugsweise impermeablen Moldaugebiete und dem streckenweise stark permeablen Reste nur zwischen 26.0% , beziehungsweise 29.6% . Er ist also für eine undurchlässige Fläche kleiner, als für eine durchlässige. Der Grund hiefür liegt darin, dass auf undurchlässigem Boden das Wasser an der Oberfläche bleibt, wo es der Verdunstung ausgesetzt ist, während es auf durchlässigem Gebiete einsickert; dadurch entzieht es sich der kräftigen Oberflächenverdunstung und kommt erst nach langem unterirdischen Wege wieder zutage. Dagegen ist das Verhältnis zwischen Zunahme des Niederschlages und des Abflusses (γ), für alle untersuchten Niederschlagshöhen für ein bestimmtes Gebiet constant. Für das undurchlässige Moldaugebiet ist es größer als für das gemischte Elbegebiet. Dies ist eine Folge der verschiedenen Schnelligkeit des Abflusses. Bei großem Regenfalle rinnen die Wasser auf impermeablem Boden rasch ab, während sie in permeablem einsickern und in der

Tiefe langsam weiterfließen; im ersteren Falle sammeln sie sich in Adern und verringern dadurch die Verdunstungsfläche, im letzteren sind sie zwar nur der langsamen Tiefenverdunstung, dieser aber lange ausgesetzt. Umgekehrt verhält es sich bei geringem Regenfälle. Da rinnen die Wasser auf impermeablem Boden langsam ab und verdunsten stark, während sie auf permeablem einsickern und dadurch nur der langsamen Tiefenverdunstung ausgesetzt werden. Dementsprechend wird das undurchlässige Gebiet bei höherem Niederschlage als das durchlässige abflusslos. Diese Erwägungen gelten selbstverständlich nur für solche permeable Gebiete, in welchen alles versickerte Wasser wieder zutage kommt. Sie seien als geschlossene im Gegensatze zu den offenen bezeichnet, in welchen der Boden das aufgeschluckte Wasser nicht wieder zu Tage fördert.

Das constante Verhältnis zwischen Zunahme von Abfluss und Niederschlag gilt zunächst für die einzelnen Niederschlags- und Abflusshöhen des gesamten Gebietes. Es erweist sich aber auch gültig für die vieljährigen Mittel. Da nun mittlere Niederschlags- und Abflusshöhen Größen derselben Art sind, so muss die aufgestellte Berechnung auch für alle die einzelnen Niederschlags- und Abflusshöhen gelten, welche insgesamt die mittlere zusammensetzen. Sie muss also für alle beliebigen Regenhöhen des Gebietes zutreffen. Die Regenkarte ist deshalb auch zugleich eine Abflusskarte; den dargestellten Niederschlagsabstufungen entsprechen bestimmte Abstufungen des Abflusses und sohin zugleich auch der Verdunstung.

Mit Hilfe der einschlägigen, auf S. 485 [57] mitgetheilten Werte kann man aus den oben mitgetheilten Daten über die Verbreitung der einzelnen Niederschlagsabstufungen in Ost- und Westböhmen, die mittlere Abflusshöhe daselbst annähernd berechnen. Man erhält 208 und 184 mm, die entsprechenden Verdunstungshöhen sind 523 und 500 mm. Werden ferner nach der für das ganze Moldaugebiet aufgestellten Gleichung die Abflusshöhen für dessen Bestandtheile, ferner nach der Gleichung für das Elbe—Moldaugebiet die für dessen Bestandtheile berechnet, so ergeben sich folgende Abflusshöhen und -Mengen, welche letztere wir auch in Procenten der Wasserführung der Elbe bei Tetschen ausdrücken.

	Ab- fluss- höhe	Ab- fluss- menge	In ‰ der Elbe		Ab- fluss- höhe	Ab- fluss- menge	In ‰ der Elbe
Obere Moldau . . .	236mm	0.85 km ³	8‰	Kleine Elbe . . .	218mm	2.85 km ³	28‰
Wottawa	199	0.76	7	Eger	202	1.01	10
Lainsitz	190	0.82	8	Rest	153	1.36	13
Beraun	164	1.44	14				
Sazawa	204	0.90	9	Elbe—Moldaugebiet		5.22	51
Mittlere Moldau . .	126	0.26	3				
Moldaugebiet . . .		5.03	49				

Die Summen sind 5.7‰, bezw. 3.8‰ zu hoch im Vergleiche zu den direct bestimmten Werten; für die Gesamtwasserführung der Elbe ergibt sich endlich 10.25 km³, statt 9.80 km³, also 4.5‰ zu viel. Ein solcher Unterschied zwischen beobachteter, der aus dem Niederschlage ihres Gebietes berechneten Wasserführung zweier Flüsse muss als gering gelten. Es dürften daher die gewonnenen Daten über die procentuelle Zusammensetzung des Elbewassers bei Tetschen der Wirklichkeit sehr nahe kommen.

Alle diese Erörterungen gelten unter der Voraussetzung, dass die Summe von Abfluss und Verdunstung stets gleich dem Niederschlage

ist. Dies trifft für längere Zeiten wohl zu, gewiss aber nicht für kürzere, so vor allem nicht für die einzelnen Monate. Speichern sich doch in der kalten Jahreszeit die Niederschläge als Schneedecke auf dem Lande auf; es füllen sich Seen und Teiche; Sümpfe und wasserführende Schichten saugen sich voll Wasser. Der Betrag der durch alle diese Vorgänge erfolgenden Aufspeicherung wurde in der Weise zu schätzen versucht, dass der jährliche, durch Beobachtungen festgestellte Gang der Verdunstung in Böhmen mit dem Gange der Differenz von Niederschlag weniger Abfluss verglichen wurde, welche Differenz sonst der Verdunstung entspricht. Die beiden Kurven haben im allgemeinen gleichen Verlauf, aber sie liegen nicht über, sondern nebeneinander. Die Jahreskurve der Verdunstung verläuft in der ersten Hälfte des Jahres über, in der zweiten Hälfte unter der Kurve für Niederschlagsabfluss. In der ersten Hälfte des Jahres ist also die Verdunstung größer, als die genannte Differenz; es fließt mehr Wasser ab, als zu erwarten, die Gerinne werden theilweise durch die vorhandenen Vorräthe gespeist. Umgekehrt fließt in der zweiten Hälfte des Jahres zu wenig Wasser ab, ein Theil bleibt aufgespeichert. Spricht schon dieses allgemeine Verhalten dafür, dass die Flächen zwischen den beiden Kurven dem Betrage der Aufspeicherung und Speisung proportional sind, so geht dies mit Nothwendigkeit aus ihrem speciellen Verhalten hervor.

Die Aufspeicherung beginnt im August; in diesem Monat fängt der Wasserspiegel der böhmischen Flüsse wieder an zu steigen, was naturgemäß auch mit einem Ansteigen der Grundwasser verbunden ist. Sie erreicht ihr Maximum im December, wo 65% aller Niederschläge als Schnee fallen. Dann mindert sie sich allerdings rasch, während im Januar bis März der Schnee noch mehr als die Hälfte der Niederschläge bildet, aber in diesen Monaten tritt auch zugleich häufige Schneeschmelze ein, welche die Flüsse vom Januar an regelmässig rasch anschwellt. Die Speisung übertrifft bereits im Februar die gleichzeitige Aufspeicherung und erreicht im Frühjahr ihre stattlichsten Werte.

Hierauf tritt sie im Juni wieder gegenüber den direct abfließenden Wassern der ergiebigen Sommerregen zurück und hört im Juli auf. Alles dies erscheint so naturgemäß, dass es Vertrauen zu den sich gleichzeitig ergebenden Werten der Aufspeicherung und Speisung einflößt. Beide machen rund ein Drittel der abfließenden Wasser aus. Es ist also die oft ausgesprochene Ansicht, dass ein Drittel des Regenwassers sofort verdunste, das andere Drittel abfließe und das letzte in den Boden sickere, für das große Gebiet Böhmens dahin zu modificieren, dass fast zwei Drittel alles Regens verdunsten, vom übrigen Drittel aber zwei Drittel sofort abfließen, während der Rest, ein Neuntel des Niederschlages, zeitweilig als Schneedecke oder im Boden als Grund-, bezw. Quellwasser aufgepeichert bleibt.

Die Frühjahrschwellung der Flüsse ist die augenfällige Folge dieser im Winter geschehenden Aufspeicherung. Aber nach unserer Berechnung macht sich letztere nicht bloß im eigentlichen Hochwassermonate, dem Monate März, geltend, sondern namentlich auch später, nämlich im April und Mai, den Monaten großer Lufttrockenheit. Nach unserer Untersuchung rührt fast alles im April und alles im Mai abfließende Wasser von der Speisung durch die frühere Aufspeicherung her. Ohne letztere hätte Böhmen im Frühjahr kein Wasser in den Flüssen.

Es ist im allgemeinen das scheidende Jahr, welches für das kommende Wasser ansammelt. Ergeben sich nun in der zweiten Hälfte eines Jahres beträchtliche Abweichungen vom normalen Gange der Witterung,

welche die normale Aufspeicherung stören, so macht sich dies in der Speisung der Flüsse des nächsten Jahres lebhaft fühlbar. Entfernt ein tüchtiges Thauwetter im December hier schon die Schneedecke, so fließen in dem zu Ende gehenden Jahre die Wasser ab, die für das nächste aufgespeichert waren; dieses erhält daher einen zu kleinen, jenes einen zu großen Abfluss. Dabei handelt es sich um nicht unbedeutende Beträge, da die im December sich regelmäßig aufspeichernden Wasser rund ein Zehntel der im Jahre abfließenden ausmachen. Es erscheint daher begreiflich, dass die Abflussverhältnisse der einzelnen Jahre oft nicht unbeträchtliche Abweichungen von den normalen aufweisen. Nun liefern die Formeln, welche für vieljährige Mittel gelten, für die einzelnen Jahre unsichere Resultate. Die Differenzen zwischen der wirklichen und berechneten Wasserführung sind im Mittel nur wenig größer, als die Aufspeicherung im December. Dies lässt muthmaßen, dass sie im großen und ganzen durch Schwankungen in der Aufspeicherung von einem Jahre zum andern hervorgerufen sind. Eine Untersuchung des Verhältnisses von Niederschlag und Abfluss in Paaren aufeinanderfolgender Jahre, bestätigte diese Muthmaßung. Es fließt in der That in einem folgenden Jahre häufig das ab, was im vorhergehenden zu wenig abgeronnen und umgekehrt. Die wechselnde Aufspeicherung von Jahr zu Jahr spielt daher für die Abflussverhältnisse eines bestimmten Jahres eine beachtenswerte Rolle.

Es sind sohin folgende einzelne Factoren, welche für den Abfluss (a) aus einem Lande in einem Jahre maßgebend werden:

1. Der fallende Niederschlag (n).
2. Die Niederschlagshöhe, welche gleich der zugehörigen Verdunstungshöhe ist, bei welcher also das Land abflusslos wird (n_v).
3. Das Verhältniß zwischen Niederschlags- und Verdunstungsmehrung (γ).
4. Die Abweichung der Temperatur vom Mittel (t) sowie das Verhältniß zwischen Temperatur- und Abflussänderung (α).
5. Der vom vorhergehenden Jahre überlieferte Wasservorrath (s') sowie die im betreffenden Jahre erfolgende Aufspeicherung (s'').

Das Zusammenwirken aller dieser Factoren wird durch folgende Formel ausgedrückt.

$$a = (n - n_v) \gamma - t\alpha + s' - s''$$

Von diesen Größen sind n_v , γ und α in vorstehender Untersuchung für Böhmen bestimmt worden. Sie erweisen sich für ein bestimmtes Gebiet als constant, sie variieren (n_v und γ sicher, wahrscheinlich auch α) mit der Bodenbeschaffenheit, von Gebiet zu Gebiet. n erhellt aus den Beobachtungen. Wie s' und s'' aus den Niederschlags- und Temperaturverhältnissen zweier aufeinanderfolgender Jahre zu ermitteln sind, mögen spätere Untersuchungen klarlegen. Hier konnte nur gezeigt werden, dass in zwei aufeinanderfolgenden Jahren die Summen der s' und s'' keine sehr bedeutenden Differenzen aufweisen.

6. Anhang.

Vergleich der Ergebnisse von Ruvarac mit neueren.

Die Untersuchungen von Herrn Ruvarac über den Niederschlag und den Abfluss von Böhmen waren bereits abgeschlossen (Juli 1894), als der Ingenieur des Landesculturrathes für Böhmen Herr Heinrich

Richter Untersuchungen über die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse im Flussgebiete der böhmischen Elbe für die Jahre 1893 und 1894 veröffentlichte und zugleich Angaben für die Jahre 1875/89 machte.¹⁾ Die Werte des Abflusses sind genau in derselben Weise erhalten worden wie durch Herrn Ruvarac. Es ist Tag für Tag mit Hilfe der Harlacherischen Tabellen die zum Pegelstande der Elbe bei Tetschen gehörige Abflusssumme notiert worden, der Einfluss des Stauwassers wurde nach benachbarten Stationen ausgemerzt. Die hiernach sich ergebenden Monats- und Jahressummen des Abflusses bei Tetschen sind von Herrn Richter mitgetheilt worden. Sie sind streng vergleichbar mit den aus Tab. III a sich ergebenden entsprechenden Werten. Ferner sind sowohl von Herrn Richter wie auch vom technischen Bureau des Landesculturrathes von Böhmen²⁾ die Niederschlagssummen des böhmischen Elbegebietes der Monate und Jahre für den 20jährigen Zeitraum 1875/94 veröffentlicht worden. Diese Werte beziehen sich auf das gesammte böhmische Elbegebiet (51300 km^2), während Herr Ruvarac lediglich das um 300 km^2 kleinere Elbegebiet oberhalb Tetschen bearbeitet hat. Das bedeutet keinen großen Unterschied. Führt man die Richter'schen Niederschlagssummen auf Regenhöhen zurück, so dürften sie mit den von Herrn Ruvarac gewonnenen vergleichbar sein. Von größerer Wichtigkeit aber ist, dass die Regensummen Richters und des Landesculturrathes auf anderem Wege gewonnen wurden. Es wurde nämlich das Flussgebiet der böhmischen Elbe in 19 durch die größeren Zuflüsse bestimmte Einzelgebiete zerlegt; in jedem wurde eine möglichst große Anzahl von gleichmäßig vertheilten ombrometrischen Stationen ausgewählt, und jeweils das Mittel aus deren Regenfall als der mittlere des betreffenden Einzelgebietes angesehen. Die Producte aus diesem mittleren Niederschlage und dem Areale des Gebietes ergab die hier gefallene Regensumme, die Regensummen aller Einzelgebiete die der Gesammtfläche Es liegt auf der Hand, dass dies Verfahren nicht nothwendigerweise die gleichen Werte für den mittleren Niederschlag liefert wie das von Herrn Ruvarac eingeschlagene; es können sich die Differenzen von Jahr zu Jahr ändern, je nach der Auswahl der zur Bestimmung der mittleren Niederschlagshöhen der Einzelgebiete benutzten Stationen.

In Tabelle XXII werden die Richter'schen Werte angeführt und mit den von Ruvarac erhaltenen verglichen. Man sieht, dass die mittleren Niederschlagshöhen nach Richter im 17jährigen Mittel um 1.5% kleiner als nach Ruvarac sind. Wahrscheinlich fallen bei ersterem die höher gelegenen Stationen nicht so schwer ins Gewicht wie bei letzterem. In den einzelnen Jahren aber sind bald Richters, bald Ruvaracs Werte die höheren. Die extremen Unterschiede Richter-Ruvarac sind 1882 4.7%, und —1888 —3.7%, der mittlere 1.9%. Es wird also die mittlere vieljährige Niederschlagshöhe eines Landes mit einem außerordentlich dichten ombrometrischen Netze, mit rund einer Station auf 100 km^2 je nach der Art der Verarbeitung dieses Materiales in Werten erhalten, die um mehr denn 1% von einander abweichen und die mittlere jährliche Niederschlagshöhe eines Landes kann noch mit einem methodischen Fehler von einigen Procenten behaftet sein.

¹⁾ Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse im Flussgebiete der böhmischen Elbe im Jahre 1863. Österr. Monatsschr. f. d. öffentl. Baudienst. I 1895. S. 12. Desgl. im Jahre 1894. Beilage zum 7. Hefte der hydrometrischen Publikationen des technischen Bureaus des Landesculturrathes. Prag 1895. ²⁾ Ergebnisse der ombrometrischen Beobachtungen in Böhmen f. 1893 und 1894. Technisches Bureau des Landesculturrathes. Prag 1894 und 1895.

Tabelle XXII. Elbegebiet bei Tetschen nach Richter.

	Niederschlagshöhe		Abflusshöhe		Abflussfaktor	
	in mm	in % des Wertes von Ruvarac	in mm	in % des Wertes von Ruvarac	%	Differenz gegen den Wert bei Ruvarac %
1875			139	100.7	20.2	
1876	631	97.9	235	100.4	37.0	0.6
77	615	97.6	172	100.0	27.8	0.5
78	640	99.3	166	100.0	25.7	-0.1
79	681	98.4	178	100.0	25.9	0.1
80	820	99.6	241	100.4	29.3	0.1
1881	664	100.0	198	99.0	29.6	-0.6
82	831	103.4	207	100.0	24.7	-1.1
83	603	95.7	190	100.0	31.3	1.1
84	658	97.0	172	100.6	26.0	0.8
85	562	100.2	127	100.8	22.4	-0.1
1886	702	96.5	179	99.4	25.4	0.6
87	541	98.9	125	100.0	22.9	0.0
88	750	95.0	243	100.0	32.2	1.3
89	677	99.8	187	100.5	27.4	-0.1
90	850	99.1				
Mittel						
1875/89			184	100		
1876/89					27.9	0.4
1876/90	682	98.5				

Um zu entscheiden, worauf sich im besonderen die nicht unbedeutlichen Differenzen für die mittlere Regenhöhe in den Jahren 1882, 1883, 1886 und 1888 zurückführen, wird es nöthig sein, die Entstehung der Richter'schen Daten für diese Jahre zu kennen. Sie weichen auch recht beträchtlich von jenen Werten ab, welche in den betreffenden Jahrgängen der hydrometrischen Beobachtungen mitgetheilt werden, und welche sich den von Ruvarac ermittelten besser anschließen. Construiert man mit Richters Zahlen eine Abflusscurve so fallen die sich ergebenden Punkte der einzelnen Jahre weniger zusammen und ordnen sich weniger gut in eine bestimmte Linie als in Fig. 14 der Fall ist; dies dürfte darauf weisen, dass die von Ruvarac ermittelten Niederschlagssummen für jene Jahre verlässlicher sind.

Viel besser als die Übereinstimmung der mittleren Niederschlagshöhen ist die der mittleren Abflusshöhen nach Richter und Ruvarac. Im 15jährigen Mittel stimmen beide überein. Die mittlere Differenz beläuft sich auf 0.3 %. Sie führt sich im allgemeinen auf die vorgenommenen Abrundungen der Zahlen auf ganze Millimeter zurück. Die größte Differenz (+ 1 %) zeigen die Werte für 1881, das Jahr der großen Eisbedeckung, wo die Eliminierung des Stauwassers in rein willkürlicher Weise vollzogen werden musste. In der That führt sich denn auch die Differenz fast lediglich auf den Februar zurück, für welchen Ruvarac eine nur 102 Millionen m^3 größere Wasserführung ansetzt als Richter. Dass es sonst auch die Eismonate sind, welche Differenzen der Ergebnisse verursachen, lehren die 15jährigen Monatsmittel, die wir in Folgendem einander gegenüberstellen:

Mittlere Abflussmenge der Elbe bei Tetschen 1875—1889.

	Millionen m^3												
	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jahr
Richter	705	873	1638	1282	836	644	479	495	443	585	585	820	9385
Ruvarac	699	869	1639	1279	836	645	477	493	441	586	583	817	9364
Unterschied .	6	4	-1	3	0	-1	2	2	2	-1	2	3	21

Die größten Differenzen fallen in die drei Wintermonate und erklären bereits mehr als die Hälfte der Differenzen der Jahresmittel, die ihrerseits nur 0.2 % ausmachen. Die Reduction der Pegelstände wegen der Stauwasser kann aber nie ganz ohne eine gewisse Willkür geschehen.

Die Übereinstimmung zwischen den von Richter und von Ruvarac bestimmten Abflussmengen muss hiernach als befriedigend gelten. Aber hieraus darf noch nicht ohne weiters darauf geschlossen werden, dass nunmehr die Abflusshöhen eines Landes besser gekannt seien als deren Niederschlagshöhen. Es ist vielmehr abzuwarten, welche Ergebnisse eine erneute Untersuchung der Abflussmengen der Elbe bei Tetschen liefert, und ob die von Richter und Ruvarac gleicherweise benutzten Verhältniszahlen zwischen Pegelstand und Wasserführung dann Stand halten.

Die von beiden Autoren berechneten Abflussfactoren zeigen die größten Differenzen in jenen Jahren, in welchen die von beiden berechneten Niederschlagshöhen am meisten von einander abweichen, so 1882, 1883 und 1888. Sonst ist die Differenz naturgemäß klein, im Mittel beträgt sie 0.5 % und ohne die genannten Jahre 0.3 %.

Für jene 14 Jahre (1876—89), zwischen welchen ein Vergleich streng durchführbar ist, ergibt sich der Abflussfactor bei Richter zu 27.9 gegenüber 27.5 bei Ruvarac, also etwas größer. Das entspricht der Verschiedenheit der zu Grunde gelegten Niederschlagshöhen nach Richter 1876—89 670 mm, nach Ruvarac 680 mm. Die Abflusshöhen beider sind für die genannte Zeit gleich (187 mm). Es ist sohin das Verhältnis zwischen Abfluss und Niederschlag in Böhmen nach zwei verschiedenen Berechnungen doch um rund 1 % seines Wertes verschieden erhalten worden. Dabei aber lassen beide Berechnungen die gleichen Beziehungen zwischen Größe des Niederschlages und des Abflussfactors erkennen. Wiederholt hat auch Richter betont, dass der Abflussfactor mit dem Niederschlage wächst, und es würden sich aus den von ihm angegebenen Niederschlags- und Abflussmengen eben dieselben Folgerungen herleiten lassen, wie in der vorstehenden Untersuchung auf Grund der von Ruvarac gewonnenen Daten geschehen ist.

Unter solchen Umständen haben die Veröffentlichungen von Herrn Richter große Bedeutung auch für die vorstehende Untersuchung. Sie erweisen die Richtigkeit der von ihr verwerteten Daten und verstärken somit ihre Grundlage.

Es erübrigt nun noch der Jahre 1893 und 1894 zu gedenken, deren Abfluss Richter mitgeteilt hat. 1893 war in Böhmen wie in ganz Süddeutschland durch seine große Trockenheit ausgezeichnet. Die Wasserführung der Elbe sank im Juli tiefer als sonst in diesem Monate beobachtet, sie war während des ganzen August gleich gering und endlich im September so unbedeutend, wie sonst nur 1875 wahrgenommen. Trotzdem war die Gesamt-Wasserführung keineswegs sehr gering; Richter hat bereits auseinandergesetzt, dass dies dem stattlichen Frühjahrs-Hochwasser zuzuschreiben ist. 1894 war ziemlich regenreich; aber der Winter war sehr arm an Niederschlägen, erst die Herbstmonate brachten sehr ausgiebige Regengüsse. Im Einklange hiermit hatten die Wintermonate geringe Wasserführung; im Januar war sie geringer als in einem der untersuchten Jahre (1876—90), im October aber höher. Die Gesamt-Wasserführung blieb namentlich infolge des Fehlens der Frühjahrs-Hochwasser unter dem Mittel. Wir stellen hier nach Richter die mittlere secundliche Wasserführung der einzelnen Monate der beiden abnormen Jahre zusammen und bezeichnen mit einem * die Minimalwerte, fett

die Maximalwerte für die Perioden 1875—90 und 93/94, wodurch der extreme Charakter beider Jahre deutlich hervortritt.

Wasserführung der Elbe bei Tetschen sec. m^3 .

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Jahr
1893	137	706	762	334	226	121	*80	80	69	110	124	108	235
1894	*95	232	490	286	352	345	144	215	174	613	311	137	283

Die Niederschlagshöhen für beide Jahre werden von Richter zu 556, bezw. 775 mm angegeben. Nach dem hier befolgten Verfahren ergeben sie sich auf Grund der ermittelten mittleren Niederschlagshöhe von 692 mm nach den Normalstationen, von denen allerdings nur 47, bez. 45 fungierten, zu 561, bezw. 754 mm . Das ist im einem Falle wenig mehr, im anderen beträchtlich weniger als von Richter bestimmt. Dementsprechend erhalten wir für 1893 einen etwas kleineren Abflussfactor als er, für 1894 hingegen einen wesentlich größeren. Wir stellen in folgendem die beiderseitigen Ergebnisse neben einander.

	1893	1894	1893/94	1893	1894	1893/94
	nach Richter			nach Verfasser		
Niederschlag	556 mm	775	665	561	754	657
Abfluss	145 >	171	158	145	171	158
Verdunstung	411 >	604	507	416	583	499
Abflussfactor	26.1%	22.1	23.8	25.9	22.7	24.0
Temperatur				+0.45	-0.05	0.25

Man sieht, dass nach beiden Berechnungen die Verdunstungshöhe in dem warmen und trockenen Jahre 1893 wesentlich kleiner war, als im folgenden, ein wenig zu kühlen, feuchten. Im letzteren Jahre erreicht sie nach Richters Angaben eine Höhe, wie in keinem der früher untersuchten, und zugleich mindert sich der Abflussfactor auf einen geringeren Wert als sonst. Nach unseren Aufstellungen bleibt allerdings die Verdunstungshöhe etwas hinter jener von 1890 zurück und der Abflussfactor ist größer als der von 1885. Aber dadurch wird der auffällige Charakter jener Werte nicht eingeschränkt, denn 1890 war ganz bedeutend regenreicher als 1894, und 1885 fast so trocken wie 1893. Es hat 1894 eine Verdunstung wie ein ausnahmsweise regenreiches und einen Abflussfactor wie ein außergewöhnlich trockenes Jahr.

Bei alledem fallen aber die den Jahren 1893 und 1894 entsprechenden Punkte in der Abflusscurve der Elbe durchaus in den Schwarm der anderen; aber die für die Beziehungen zwischen Niederschlag und Verdunstung aufgestellten Formeln geben ziemlich fehlerhafte Resultate. Die S. 483 (55) aufgestellte ergibt für 1893 123 mm , also 13% zu wenig, für 1894 220 mm , also 15% zu viel. Man erkennt hiernach deutlich, dass 1893 22 mm zu viel, 1894 29 mm zu wenig abgeflossen sind. Das Zuviel im einen Jahre wird also durch das Zuwenig im anderen ausgeglichen. 1893 zehrte von den Wasservorräthen, die 1894 zu ergänzen hatte. Es passt daher die für Doppeljahre giltige, S. 495 (67) aufgestellte Formel für 1893/94 zusammengenommen recht gut, man erhält nach ihr als mittlere Abflusshöhe 166 mm , also nur um 5% zuviel. Die Ausnahmsstellung der Jahre 1893 und 1894 klärt sich sohin befriedigend auf; ihre Abflussverhältnisse bestätigen die aufgestellten Gesichtspunkte.

Druckfehler: In Tabelle IIIa, S. 445 (17) ist die mittlere secundliche Abflussmenge der Elbe bei Tetschen 1884 zu 275 m^3 , die des Mai in der Periode 1875/89 mit 312, des August mit 184 m^3 anzugeben.

GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. ALBRECHT PENCK

PROFESSOR DER GEOGRAPHIE AN DER UNIVERSITÄT IN WIEN.

BAND V.

Heft 1. Arbeiten des Geographischen Institutes der k. k. Universität Wien. Mit 3 Tafeln, 4 Figuren im Texte und zahlreichen Tabellen.

Heft 2. Dr. J. Partsch: Philipp Clüver, der Begründer der historischen Länderkunde.

Heft 3. Dr. Jovan Cvijić: Das Karstphänomen.

Heft 4. Dr. Adolf E. Forster: Die Temperatur fließender Gewässer

Mittel-Europas. Mit einer Tafel und 25 Tabellen.

Heft 5. Dr. Vasa Ruvarac und Prof. Dr. Albrecht Penck: Die Abfluss- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen nebst Untersuchungen über Verdunstung und Abfluss von größeren Landflächen. Mit einer Karte, zwei Tafeln und zahlreichen Tabellen.

WIEN.

ED. HÖLZEL.

1896.

Hugo Hölzel †.

Den fünften Band der Geographischen Abhandlungen beschließend, gedenke ich des großen Verlustes, welchen diese Zeitschrift durch den Tod ihres Verlegers erlitten hat. Am 15. December 1895 starb auf den Höhen des Semmering, wo er Erholung gesucht, im Alter von kaum 44 Jahren, der Inhaber der Firma Ed. Hölzel, mein theurer Freund Hugo Hölzel.

Mit ihm ist einer jener seltenen Männer verschieden, in welchen sich opferwillige Teilnahme mit ernstem wissenschaftlichen Interesse paart. Beide Hauptseiten seines Naturells kamen der Geographie zugute. Wie er nie einem Bittenden den Wunsch zu versagen vermochte, so war er auch stets geneigt, geographische Unternehmungen thatkräftig zu fördern, ohne in ängstlichen Berechnungen sich vorher des Erfolges zu versichern. Er verhalf einer Reihe von Reisewerken zum Erscheinen, so dem schönen von Junker, so denen von Jedina, von M. v. Proskowetz und A. v. Hesse-Wartegg; er bahnte Anfängern den Weg an die Öffentlichkeit, Oskar Baumann's Erstlingswerk ist von ihm verlegt.

Aber nicht bloß die weiteren Kreisen sich zuwendende Reiseliteratur fand in ihm einen uneigennütigen Verleger; verständnisvoll förderte er auch rein wissenschaftliche Werke. Ohne seine Opferwilligkeit wäre Simony's Dachsteinwerk wohl nie gedruckt; er war es, welcher die »Meteorologische Zeitschrift« Österreich erhielt, welcher das Erscheinen der Geographischen Abhandlungen in Wien ermöglichte. Mit voller Klarheit erkannte er, dass die Geographie zu streng fachlicher Fortentwicklung rein fachlicher Organe bedarf, die unbekümmert um das rasch verrauschende Interesse an geographischen Tagesfragen, unabhängig von den Sonderbestrebungen einer Firma oder Gesellschaft rein sachlichen Interessen dienen. Mit kundigem Blicke verfolgte er die Schicksale einer jeden einzelnen Abhandlung, fast ungeduldig erwartete er den Abschluss des fünften Bandes, welcher als erstes Glied einer Reihe von Untersuchungen über Flüsse erst an die Öffentlichkeit treten kann, nachdem die anderen bereits vollendet vorliegen und nun in rascher Folge erscheinen können.

Hugo Hölzel's Augenmerk blieb bei alledem vornehmlich der Schulgeographie treu, welches Gebiet sein 1885 verstorbener Vater mit Zielbewusstsein durch Begründung einer geographischen Anstalt betreten hatte. Gebürt dem Vater Ed. Hölzel das Verdienst, den Atlas und die Wandkarten für die österreichischen Schulen und in den geographischen Charakterbildern ein Lehrmittel von universeller Bedeutung geschaffen zu haben, so hat der Sohn Hugo Hölzel diesen Unterrichtsbehelfen zu weiter Verbreitung verholfen. Durch ihn wurden die Wandkarten der

Firma, namentlich im Deutschen Reiche, die Charakterbilder über die ganze civilisierte Erde bekannt, er veranlasste auch eine völlige Neubearbeitung des Schulatlas der Anstalt, die allerdings erst nach seinem Tode beendet worden ist. Wenn Österreich nunmehr seinen Bedarf an vielsprachigen geographischen Lehrmitteln im Inlande zu decken vermag und, anstatt solche einzuführen, gegenwärtig solche exportiert, so ist dies vor allem der Hölzel'schen Geographischen Anstalt zu danken.

Begabt mit heiterem Temperamente war Hugo Hölzel eine äußerst gesellig veranlagte Natur. Obwohl ihn seit Jahren ein Nervenleiden ans Haus fesselte, so war dies doch der Sammelpunkt, an welchem sich die in Wien lebenden Forschungsreisenden trafen. Bei ihm verkehrten Junker, Höhnel, Baumann, der Maler L. H. Fischer; langjährige Freundschaft verknüpfte ihn mit Oskar Lenz; unvergänglich sind mir die Abende, die ich mit Melchior Neumayr regelmäßig mit ihm verbrachte. Sein unversiegbarer Humor äußerte sich in zahlreichen Gelegenheitsdichtungen, zum Theil geographischen Inhaltes, und half ihm über die sich verschärfenden Leiden der letzten Jahre hinweg. Den Todeskeim im Herzen, verfasste er eine epische Dichtung »Wingolf von dem Kranichberge« und verscheuchte sich damit trübe Stunden; die freundliche Aufnahme des Sanges durch die Kritik verschönte seine letzten Tage. Dass er, sein Ende rasch herankommen sehend, für die Zukunft solche Vereinbarungen traf, die den Fortbestand der Firma und die Vollendung zahlreicher angefangener Arbeiten sichern, bedarf hier wohl nur flüchtiger Erwähnung.

Eine zahlreiche Familie beklagt seinen frühen Tod. Trauernd gedenkt seiner ein auserlesener Freundeskreis. Was er, dem Beispiele seines Vaters folgend, für den Geographie-Unterricht durch Herausgabe von Behelfen geleistet, wird in Österreich unvergessen bleiben. Die Erinnerung an ihn wird aber auch in jenen Fachkreisen lebendig sein, welche den großen Einfluss des Buchhandels auf das literarische und geistige Schaffen kennen. Hugo Hölzel gehörte zu jenen ehrlichen Maklern auf dem Gebiete der literarischen Production und Consumption, welche mit Späherblick ein neu erwachtes Bedürfnis erkennen und zu befriedigen trachten, ohne dabei je zu vergessen, dass dies nur mit werththätiger und opferwilliger Förderung der Wissenschaft möglich ist.





REGENKARTE
VON
BÖHMEN
1876-1890

von Dr. Vasa Ruvarac.

Maßstab 1:1150.000

0 5 10 20 30 40
Kilometer

Farben-Erklärung:

Niederschlagshöhe	Niederschlagshöhe
400 - 500 mm.	700 - 800 mm.
500 - 600 mm.	800 - 1000 mm.
600 - 700 mm.	1000 - 1200 mm.
über 1200 mm.	

30 östl. v. Ferro

31

33

34

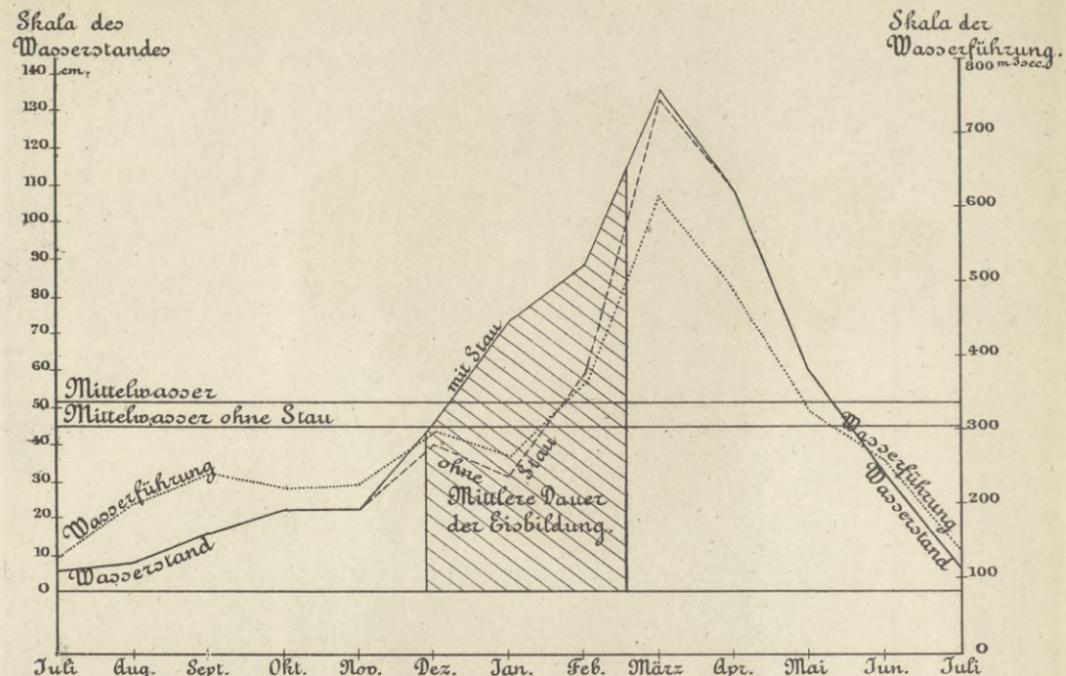


Fig. 1. Kurve des Wasserstandes und der Wasserführung der Elbe bei Jitschen.

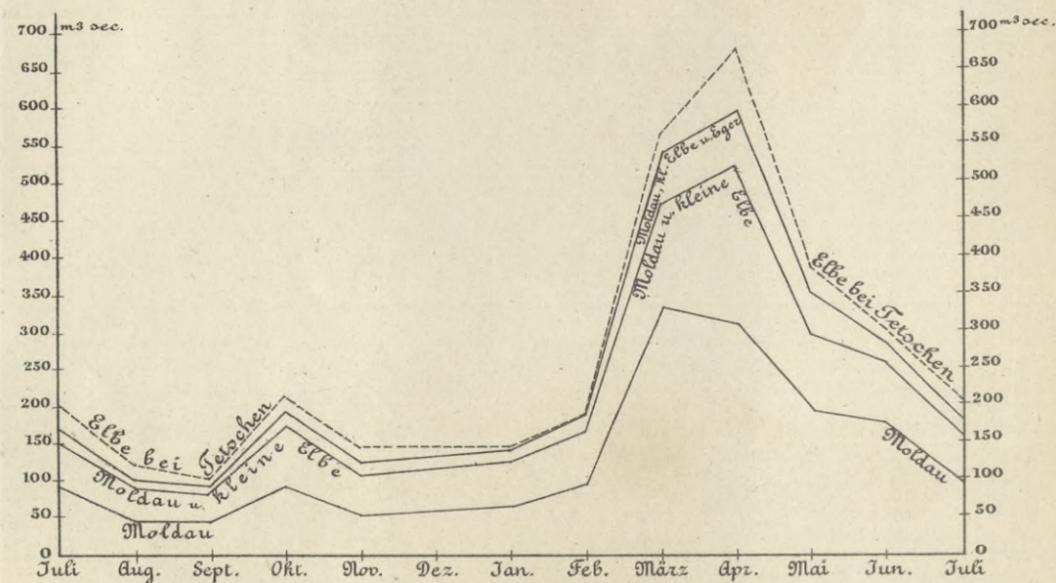


Fig. 2. Ursprung des Elbewassers bei Jitschen.

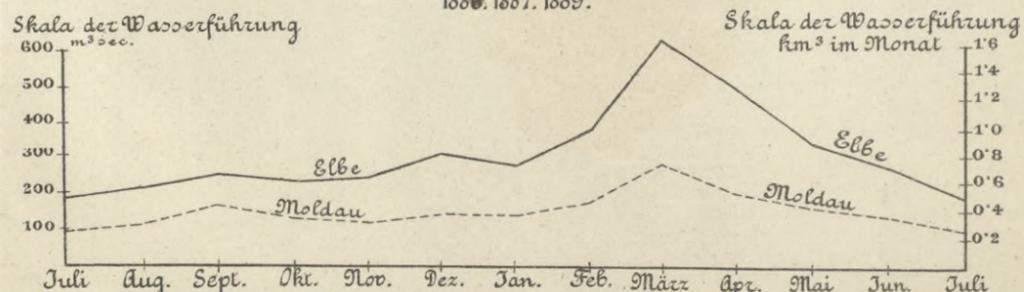
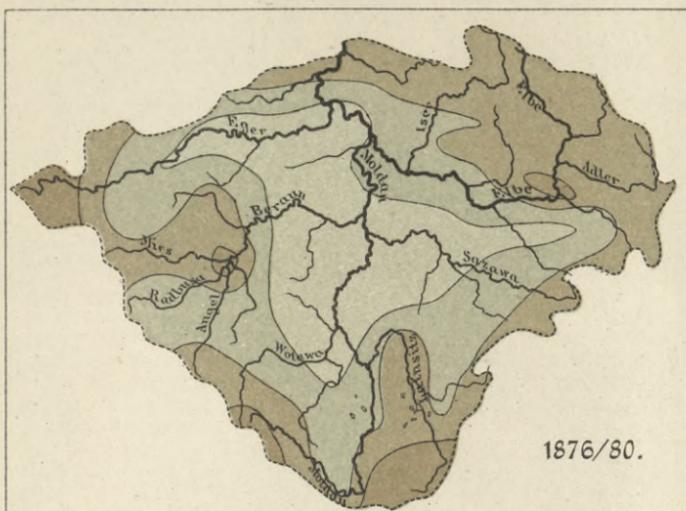
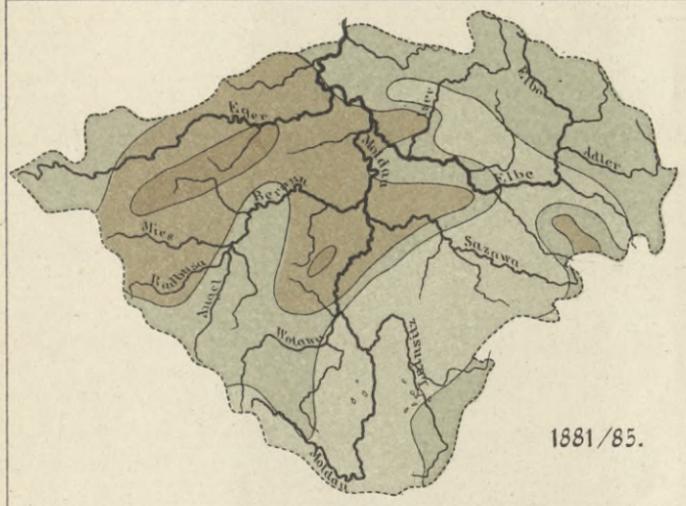


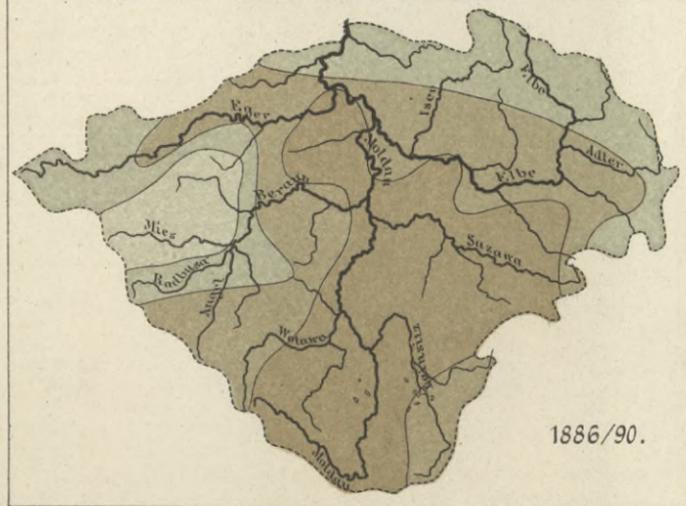
Fig. 3. Mittlere Wasserführung von Elbe und Moldau 1876/90.



1876/80.



1881/85.



1886/90.

Fig. 5, 6, 7. Die Niederschlagsverteilung in Böhmen 1876/80, 1881/85 und 1886/90, ausgedrückt in Prozenten des Mittels 1876/90.

über 105% 100-105% 95-100% unter 95%

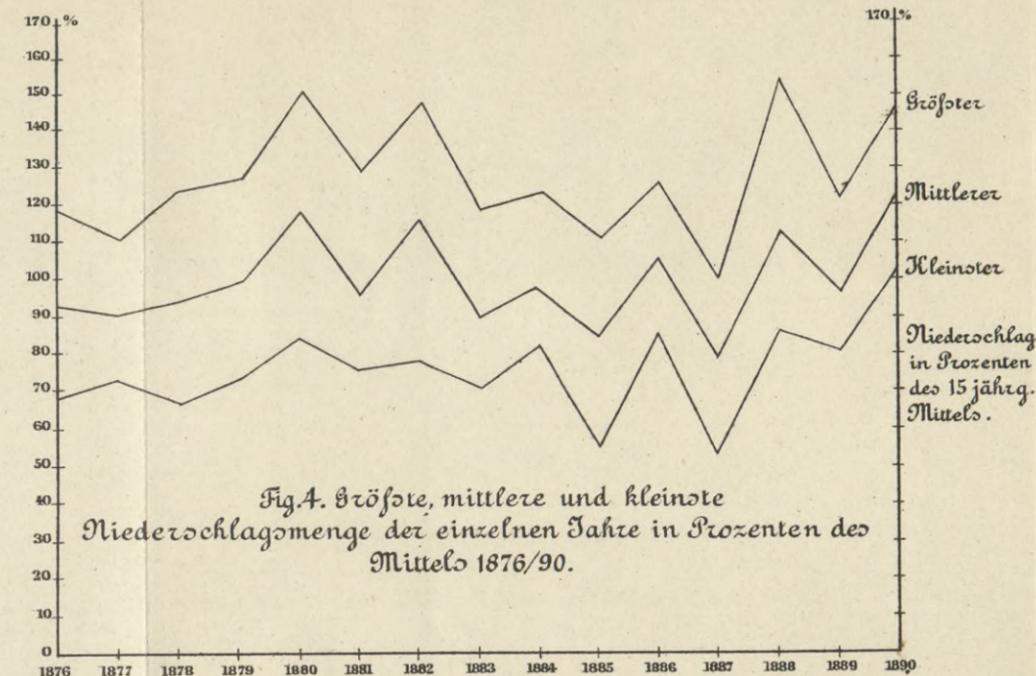


Fig. 4. Größte, mittlere und kleinste Niederschlagsmenge der einzelnen Jahre in Prozenten des Mittels 1876/90.

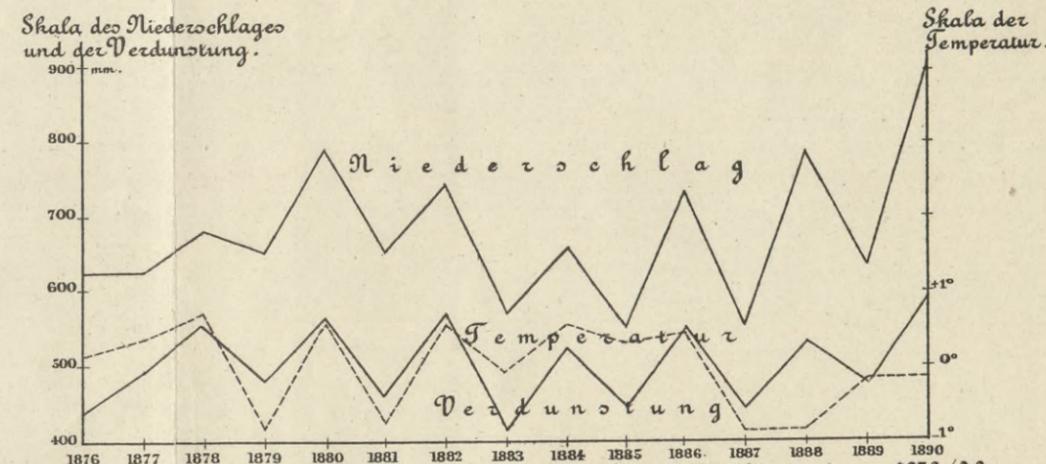


Fig. 8. Niederschlag, Temperatur u. Verdunstung im Moldaugebiete 1876/90.

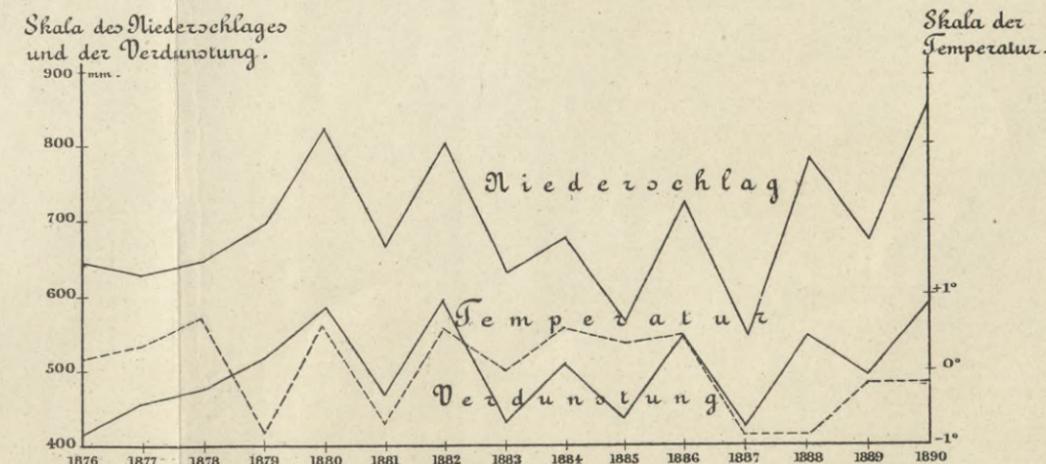


Fig. 9. Niederschlag, Temperatur u. Verdunstung im Elbegebiete 1876/90.

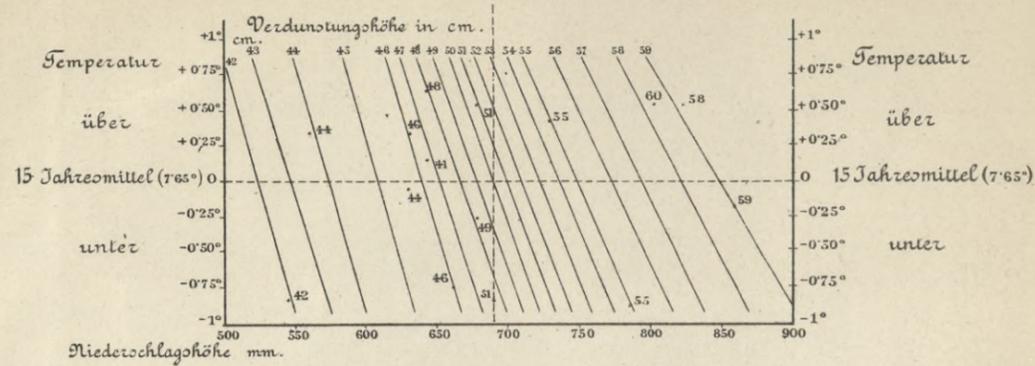


Fig. 10. Verdunstungslinien für die Elbe.



Fig. 11. Niederschlag, Temperatur u. Abfluss im Moldaugebiete 1876/90.

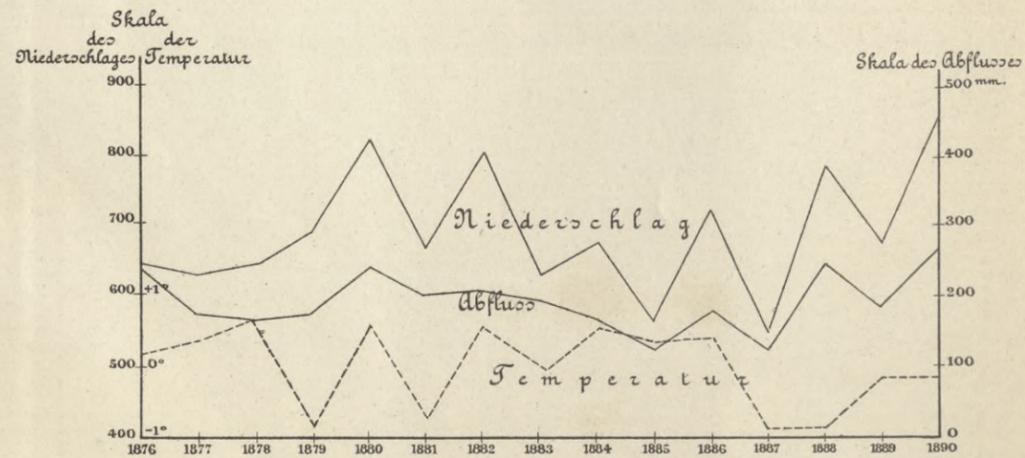


Fig. 12. Niederschlag, Temperatur u. Abfluss im Elbegebiete 1876/90.

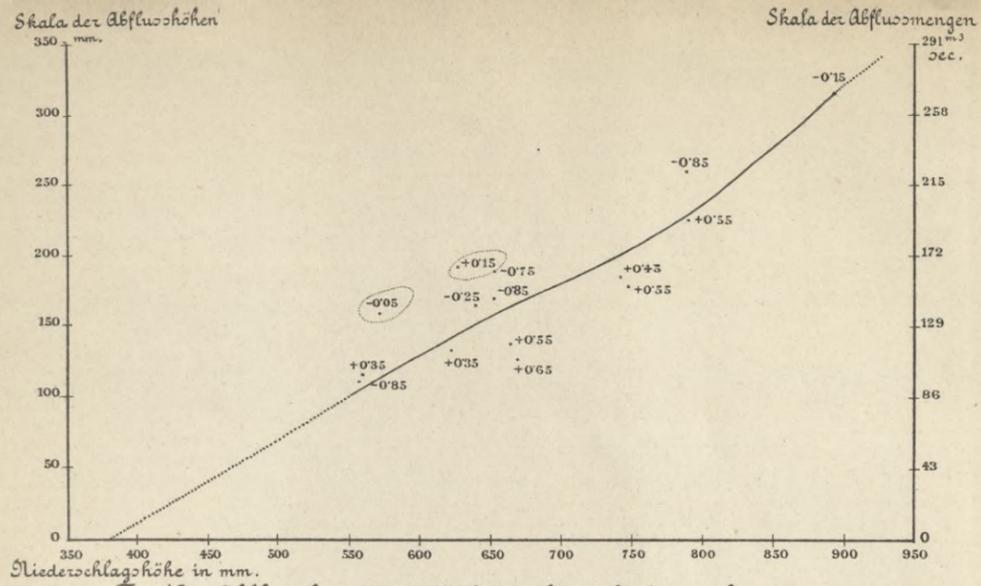


Fig. 13. Abflusskurve des Moldaugebietes bei Normaltemperatur.

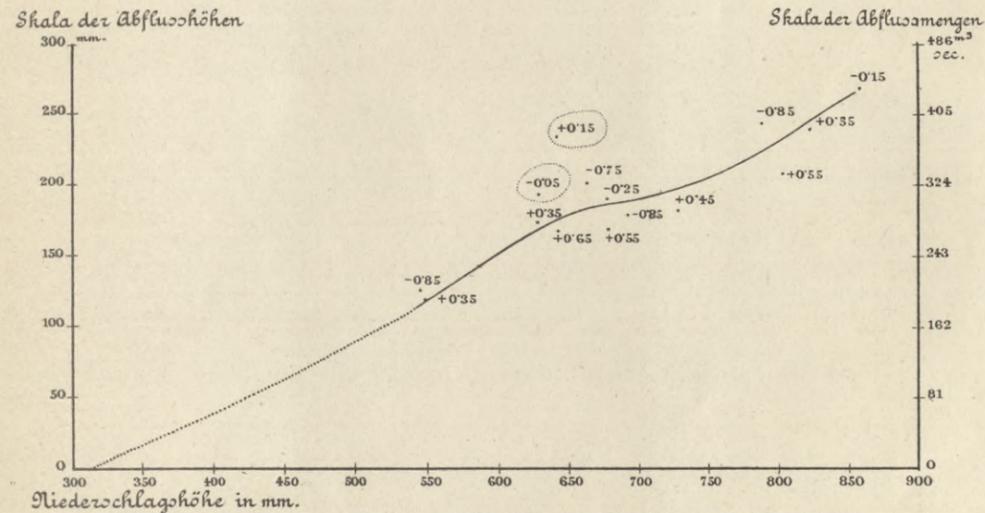


Fig. 14. Abflusskurve des Elbegebietes bei Normaltemperatur.

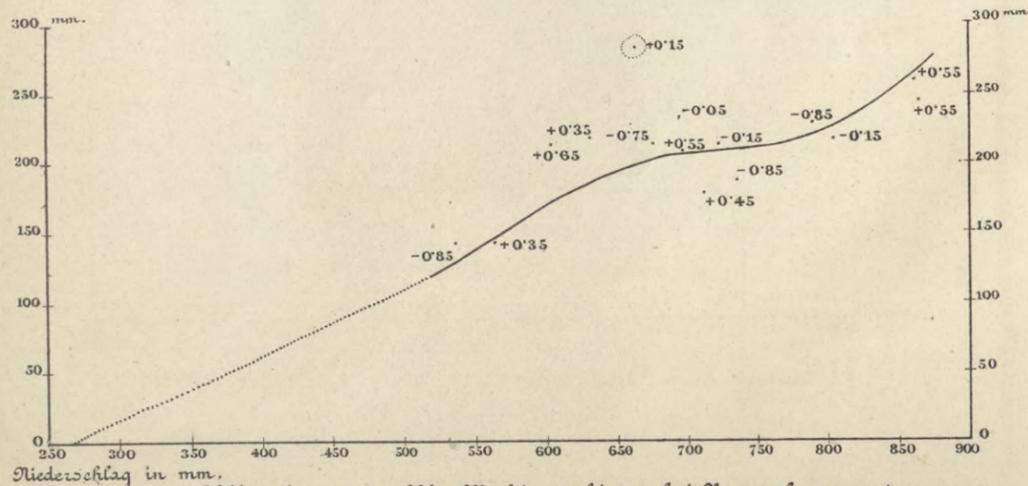


Fig. 15. Abflusskurve des Elbe-Moldaugebietes bei Normaltemperatur.

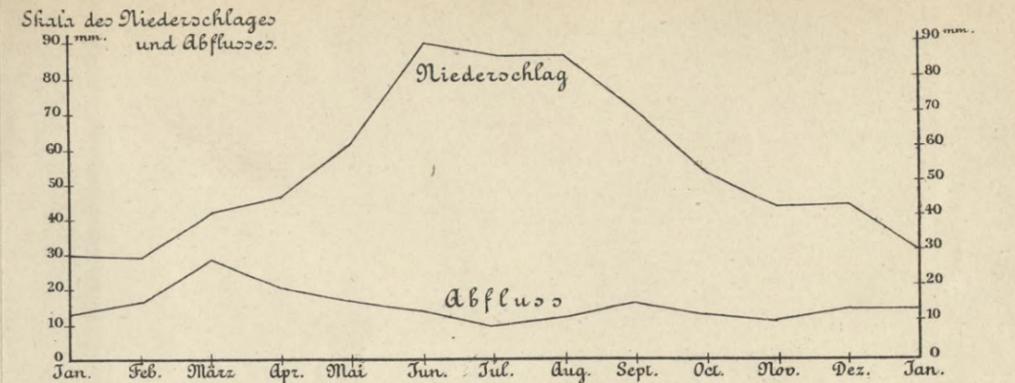


Fig. 16. Niederschlags- u. Abflusshöhen im Moldaugebiete in den einzelnen Monaten.

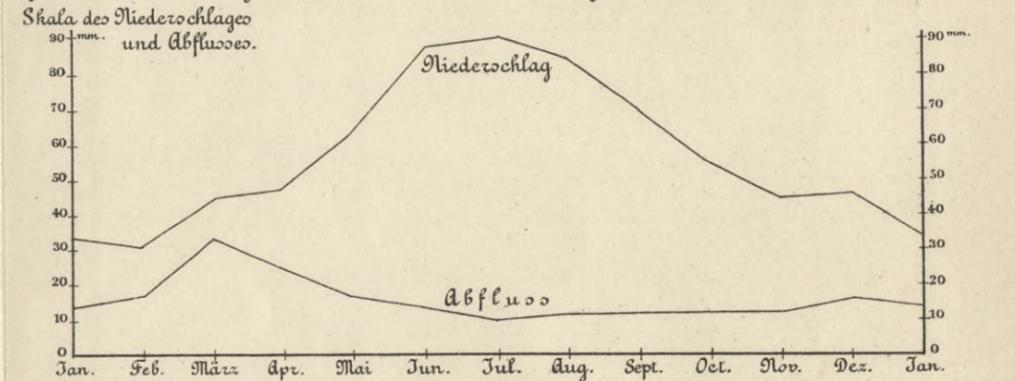


Fig. 17. Niederschlags- u. Abflusshöhen im Elbegebiete in den einzelnen Monaten.

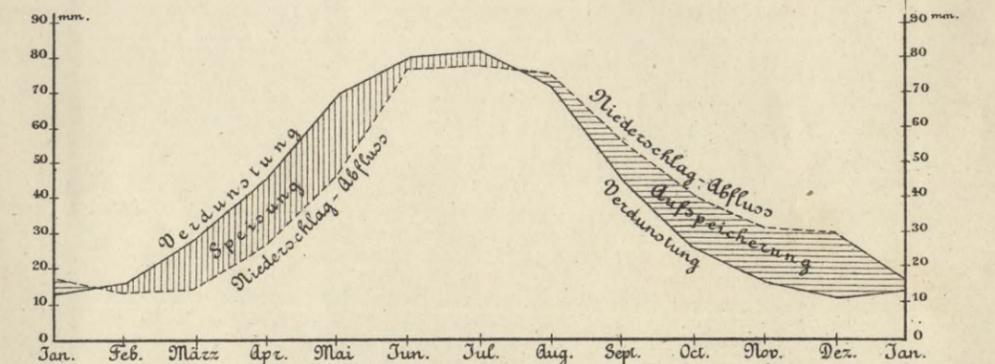


Fig. 18. Aufspeicherung u. Speisung im Moldaugebiete.

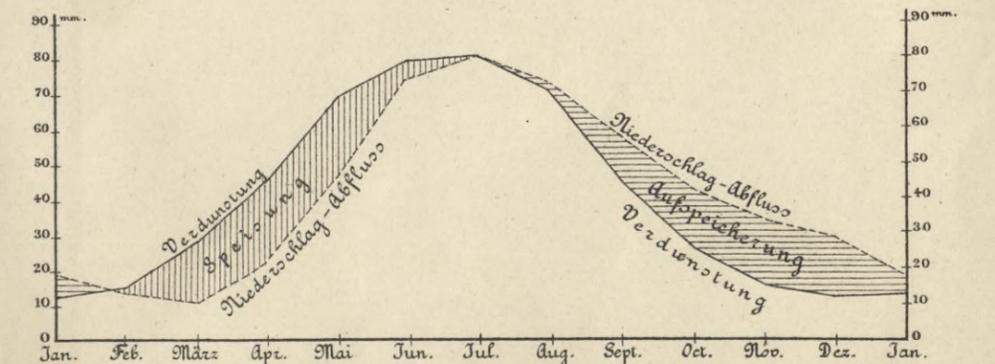


Fig. 19. Aufspeicherung u. Speisung im Elbegebiete.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. 17672

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305526