

323

Correspondenz - Blatt

des
zoologisch-mineralogischen Vereines
in
Regensburg.

Nr. 10—11. 32. Jahrgang. 1878.

Inhalt. Dr. Fürnrohr: Grundwasserbeobachtungen in Regensburg 1873—1877. — Prof. Rosenhauer: Thamnurgus Characiae. — Kittel: Systematische Uebersicht der Käfer, welche in Baiern und der nächsten Umgebung vorkommen. (Forts.)

Grundwasserbeobachtungen in Regensburg 1873—1877. (Mit einer Curventafel.)

Nachdem seit dem Beginne regelmässiger Grundwasserbeobachtungen dahier nun schon über 5 Jahre verflossen sind, scheint es uns angezeigt, das hierüber vorliegende Material einmal zusammenzustellen und einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Wir hoffen dadurch in den Stand gesetzt zu werden, auch für unsere Stadt lehrreiche Aufschlüsse über den Verlauf und die Beziehungen eines Vorganges zu geben, der sich für die Meisten ahnungslos, aber hygienisch bedeutungsvoll im Boden vollzieht, — ich meine die Bewegung des Grundwassers.

Ist es das grosse Verdienst Pettenkofer's, zuerst auf die Bedeutung der Grundwasserschwankungen für die Entstehung und Ausbreitung gewisser Infectionskrankheiten aufmerksam gemacht zu haben, so haben neuerdings die vielversprechenden Untersuchungen Naegeli's, welche ihn zur Aufstellung einer neuen Pilztheorie führten, das Interesse, welches seither schon jener Erscheinung geschenkt wurde, nur noch vermehren können, da sie endlich das ersehnte Licht in den bisher in seinen Wirkungen unaufgeklärten Vorgang zu bringen scheinen.

1878.

10

Wir gedenken demnach, im Folgenden zunächst über die Resultate der Beobachtungen des hiesigen Grundwassers zu berichten und dann auf Grund weiteren Materiales den Nachweis zu liefern, von welchen Bedingungen die Entstehung der Grundwasserschwankungen dahier abhängig erscheint.

Wenn wir vom hiesigen Grundwasser sprechen, so sehen wir uns leider gleich zu der Einschränkung genöthigt, dass, da die hiesigen Grundwasserbeobachtungen bisher nur an einem einzigen Brunnen vorgenommen wurden, eigentlich nicht vom Grundwasser im Allgemeinen, sondern nur von dem im betreffenden Rajon gesprochen werden kann. Nach dem Gange der Untersuchung ist jedoch die Vermuthung wohl berechtigt, dass die Grundwasserbewegung, wenn wir von isolirten, oberflächlicheren Wasseransammlungen im Boden, die sich möglicherweise hie und da finden können, absehen, im Allgemeinen hier überall ziemlich den gleichen Gang zeigen wird, wenn auch die einzelnen Phasen derselben je nach der Lage des Beobachtungspunktes regelmässig um eine gewisse Zeit von der unsrigen differiren dürften. Wir werden am Schlusse auf diesen Punkt jedenfalls zurückkommen.

Nach dieser nothwendigen Vorausschickung wollen wir nun zu unserem Brunnen selbst übergehen. Derselbe liegt in gerader Linie 630 m. von der Axe der Donau in südlicher Richtung entfernt, so ziemlich auf dem höchsten Punkte der Stadt, am Aegydiensplatze im Hofe des Krankenhauses, ist bedeckt und ohne Zufluss von Tagwasser, aus Bruchsteinen bis zur Sohle gemauert und hat eine Tiefe von 10,99 m. In dieser Tiefe liegt seine Sohle im Knollensande der Winzerbergschichten, der mittleren Stufe unserer Kreideformation (C³), welche sich in diesem Stadttheile als oberste Schichte unter den alluvialen und diluvialen Absätzen (von sandigem Lehm, Gerölle und Sand) findet.¹⁾ Seine Höhe über dem Nullpunkt des Donauegels der eisernen Brücke, welcher 328,17 m. über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels liegt,²⁾ beträgt 13,16 m.³⁾ und der Punkt, welchen wir als Nullpunkt des Grundwasserpegels in unserm Brunnen annehmen, liegt in einer Tiefe von 10,17 m. Die Höhe desselben über jenem der Donau berechnet sich demnach zu 2,99 m.

¹⁾ Vergl. Corr.-Bl. 1877 No. 12 S. 181.

²⁾ Mit Hülfe der freundl. Mittheilungen des Hrn. Obergeringieurs Hofmann dahier aus dem Präcisions-Nivellement der kgl. b. Staatsbahnen berechnet.

³⁾ Nach der Angabe des städt. Baubureaus.

Als einziger Brunnen des Krankenhauses, das durchschnittlich 50—60 Personen beherbergt, wurde derselbe bis zur Einführung der Wasserleitung im Oktober 1875 natürlich im ausgedehntesten Maasse benützt und es scheint desshalb der Einwand berechtigt, dass derselbe für solche Beobachtungen nicht geeignet sei, weil sein Wasserspiegel in fortwährender künstlicher Verschiebung sich befinde. Ein Blick auf die Wasserstandstabellen zeigt jedoch, dass die durch den täglichen grossen Verbrauch hervorgerufenen Schwankungen des Wasserstandes trotzdem äusserst geringe sind; sie betragen in der Regel nur 1—2 Cent., hie und da einmal 4—6 und in ganz seltenen Ausnahmefällen 10—12 Cent. Diese künstlichen Schwankungen des Wasserstandes gleichen sich aber, wie die Beobachtung ergibt, mit überraschender Schnelligkeit wieder aus. So war z. B. durch ganz abnormen Wasserverbrauch, wie er nur diess eine Mal vorkam, am 5. April 1877, während einer Unterbrechung der Wasserleitung, der Pegelstand im Brunnen in einer Stunde um 14 Cent. gefallen; aber schon in der nächsten Stunde hatte er sich wieder um 10 Cent. gehoben und nach weiteren 2 Stunden war der ursprüngliche Wasserstand bis auf 1 Cent. Abgang wieder erreicht, trotzdem in diesen 3 Stunden gewiss keine völlige Sistirung der Wasserentnahme stattgefunden hatte. Es deutet diess auf einen so ausserordentlich reichen Wasserzuluß zu unserem Brunnen hin, dass es durch den gewöhnlichen Wasserverbrauch sicher zu keiner dauernden Senkung des Wasserspiegels kommen konnte, wie ja auch das unbedeutende, oft ganz fehlende Steigen des Wasserstandes während der Zeit des geringsten Verbrauches — in der Nacht — beweist. Seit Oktober 1875 ist, wie bereits erwähnt, die Wasserleitung im ganzen Hause eingeführt und die Wasserentnahme aus dem Brunnen daher auf ein Minimum beschränkt.

Die Notirung der Grundwasserstände, welche nun seit Oktober 1872 besteht, geschieht mittels eines aus der Fabrik von Hasler und Escher in Bern bezogenen graphischen Apparates, welcher fortlaufend d. h. stündlich durch den punktförmigen Eindruck eines stählernen Stiftes auf einer Tabelle, die wöchentlich auf einer durch ein Uhrwerk gedrehten Walze aufgezogen wird, den augenblicklichen Wasserstand ergibt. Dieser Apparat hat sich vortrefflich bewährt, indem im Laufe unserer 5jährigen Beobachtungen nicht eine einzige, dem Apparate beizumessende Störung derselben vorkam. Aus dem in Form einer punktirten Curve auf

diese Weise fixirten Stande des Grundwassers wurden nun die bezüglichlichen Zahlen des Grundwasserpegels für den 1. und 16. jeden Monats (nach dem Stande von Mittags 12 Uhr) herausgezogen, durch Addition mit 2,99 m. auf Centimeter über 0 Pegel der Donau berechnet und so in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Grundwasserstand im Brunnen des Krankenhauses zu Regensburg am 1. und 16. jeden Monats in den Jahren 1873—77 in Centim. vom Nullpunkt des Donauegels.

Monat.	1872	1873.	1874.	1875.	1876.	1877.	1873—1877.
Januar 1.	—	374	375	365	411	463	1988
„ 16.	—	369	371	365	414	453	1972
Februar 1.	—	366	366	377	415	449	1973
„ 16.	—	366	361	377	416	455	1975
März 1.	—	371	359	376	438	460	2004
„ 16.	—	373	357	377	460	462	2029
April 1.	—	377	356	381	476	463	2053
„ 16.	—	380	356	384	483	468	2071
Mai 1.	—	377	357	385	487	472	2078
„ 16.	—	375	363	387	491	474	2090
Juni 1.	—	374	374	388	494	476	2106
„ 16.	—	379	375	390	496	479	2119
1. Halbjahr	—	4481	4370	4552	5481	5574	21458
Juli 1.	—	389	379	393	502	479	2142
„ 16.	—	399	379	394	502	478	2152
August 1.	—	399	377	395	501	475	2147
„ 16.	—	401	378	392	497	471	2139
September 1.	—	399	383	387	494	471	2131
„ 16.	—	398	379	388	489	472	2126
Oktober 1.	—	395	377	387	487	467	2113
„ 16.	391	392	372	393	483	464	2104
November 1.	87	388	370	397	480	459	2094
„ 16.	380	384	367	397	474	453	2075
December 1.	376	377	367	409	471	450	2074
„ 16.	372	374	367	407	467	447	2062
2. Halbjahr		4695	4495	4739	5847	5586	25362
Ganzes Jahr		9176	8865	9291	11328	11160	49820

Die Summe der halbmonatlichen Grundwasserzahlen für die 5 Jahre 1873—77 betrug demnach 49820 Cent. und berechnet sich daraus der mittlere Grundwasserstand für diese Zeit zu 415 Cent. über 0 Pegel der Donau, während er für die ersten 3 Jahre nur 379, für die letzten beiden aber 468 Cent. betrug. Auf die Ur-

sache dieser bedeutenden Hebung des Grundwasserspiegels seit dem Jahre 1876 werden wir später zurückkommen. In sämtlichen 5 Jahren war die Summe der Grundwasserzahlen für das 1. Halbjahr etwas niedriger als für das zweite. Nach meteorologischen Jahreszeiten war der Grundwasserstand am niedrigsten im Winter (12044), stieg an im Frühling (12325), erreichte seinen Höhepunkt im Sommer (12805) und ging im Herbst wieder etwas zurück (12646). Nach Monaten war der mittlere Grundwasserstand am niedrigsten Mitte Januar, am höchsten Mitte Juli. Die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande betrug 1873: 35, 1874: 27, 1875: 44, 1877: 32, also im Durchschnitte dieser 4 Jahre nur 34 Cent., im Jahre 1876 dagegen, welches eine ganz abnorme Durchfeuchtung des Bodens brachte, 91 Cent. Der niedrigste Grundwasserstand überhaupt war vom 1.—16. April 1874 mit 356, der höchste vom 1.—16. Juli 1876 mit 502 Cent. über 0 Pegel der Donau, die Gesamtdifferenz daher 146 Cent.

Der mittlere Gang des Grundwassers zeigt, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, ein ausserordentlich regelmässiges, langsames Ansteigen vom Januar bis zum Juli und von da wieder ein ebenso gleichmässiges Abfallen desselben. Wenn wir jedoch die einzelnen Jahrgänge für sich betrachten, so zeigen dieselben innerhalb dieser mehr oder minder erkennbaren Tendenz die allergrössten Verschiedenheiten.¹⁾ Es fragt sich nun, worin diese Verschiedenheiten begründet, welche Momente von Einfluss auf die Bewegung unseres Grundwassers sind.

Die Frage von den Ursachen der Schwankungen des Grundwassers hängt aufs Innigste mit derjenigen von der Entstehung des Grundwassers zusammen und erfordert desshalb eine vorgängige Auseinandersetzung der letzteren. Bekanntlich stehen sich in dieser Frage, seitdem dieselbe durch Dr. Volger²⁾ in Frankfurt kürzlich eine neue Beleuchtung gefunden hat, zwei Ansichten jetzt gegenüber. Während es nämlich bisher unbestrittene Annahme war, dass das Wasser im Boden, das Grundwasser, ein Derivat der atmosphärischen Niederschläge auf der Oberfläche sei,

¹⁾ Vergl. die Tafel.

²⁾ O. Volger, die wissenschaftliche Lösung der Wasserfrage mit Rücksicht auf die Versorgung der Städte. — Vortrag einer neuen Quellenlehre, gehalten in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure am 27. August 1877 zu Frankfurt a. M.

Frankfurt a. M. 1877. Verlag des freien deutsch. Hochstifts.

verlegt Volger den Process der Condensation des Wasserdampfes durch Abkühlung der Luft in den Boden, lässt das Grundwasser durch Condensation des Wasserdampfes aus der Grundluft entstehen. Die Schwankungen des Grundwassers wären folglich das Resultat einer auf Feuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck basirten Wechselwirkung zwischen Luft und Boden. Leider sind wir nicht in der Lage, für oder gegen diese Anschauung Beweise aus dem hiesigen Beobachtungsmaterial beizubringen, da uns weder die zur Controle erforderlichen barometrischen und hygrometrischen Beobachtungen zu Gebote stehen, noch auch unser Brunnen, der regelmässig, wenn auch seit Einführung der Wasserleitung nur mehr wenig benützt wird, dazu geeignet ist, so kleine Schwankungen, um die es sich hier handelt, die sich nur im Bereiche von Millimetern bewegen, richtig anzuzeigen. Uebrigens wird, hievon ganz abgesehen, im weiteren Verlaufe unserer Untersuchung sich zeigen, dass aus unserem Terrain überhaupt kein positiver Nachweis in dieser Richtung beizubringen sein dürfte. Wir müssen desshalb für die Erklärung der Grundwasserschwankungen von dieser noch nicht genügend bewiesenen Theorie, die in ihrer ausschliesslichen Bedeutung auch kaum festzuhalten sein dürfte, hier ganz absehen und uns auf den Boden der bisher allgemein gültigen Anschauung stellen, dass das Wasser im Boden das Product der atmosphärischen Niederschläge ist.

Mit dieser Annahme, dass das Wasser auf und in der Erde aus der Atmosphäre stammt, ergibt sich natürlich der Schluss, dass der verschiedene Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der den einzelnen Jahreszeiten in unserem continentalen Klimakreise zukömmt, und die dadurch sehr wechselnden Niederschlagsmengen in denselben die primäre Ursache und nothwendige Voraussetzung der natürlichen Wasserstands-Schwankungen auf und in der Erde bilden.

Zur Darstellung dieses Zusammenhangs ist es daher vor Allem nöthig, die Niederschlagsmengen kennen zu lernen. Nachstehende Tabelle enthält die Beobachtungen der monatlichen Regenmengen resp. der atmosphärischen Niederschläge überhaupt für die Jahre 1872—1877, deren Mittheilung ich der besonderen Gefälligkeit der Hrn. Director v. Lamont in München und Prof. Dr. Wittwer dahier verdanke. Da diese Angaben auf Pariser Linien lauteten, so habe ich mir nur erlaubt, dieselben in die gebräuchlicheren Millimeter umzurechnen nach der Gleichung: 1 par. Lin. = 2,2558 Millim.

Monatliche Regenmengen in Regensburg
in Millimetern. (S. d. Tafel.)

Monat.	1872.	1873.	1874.	1875.	1876.	1877.	1873-77.
Januar	9,63	21,22	19,33	48,31	10,37	21,83	121,06
Februar	14,75	26,41	5,61	17,93	75,41	78,99	201,35
März	21,90	38,68	27,11	17,77	62,95	51,00	197,51
April	50,84	42,70	24,11	14,39	28,78	53,77	163,75
Mai	99,21	61,17	131,96	46,92	19,62	35,57	295,24
Juni	30,06	131,44	36,13	121,81	69,00	45,04	403,42
Juli	59,03	69,02	39,16	49,83	36,43	57,90	252,34
August	95,82	61,94	44,82	41,48	45,77	81,77	275,78
September	10,57	20,70	38,12	59,98	40,22	32,57	191,59
Oktober	26,57	32,16	29,59	78,70	11,57	17,32	169,34
November	55,56	22,96	40,37	87,20	26,68	31,53	208,74
December	42,63	4,15	44,86	60,09	17,61	24,61	151,32
Jahr	516,57.	532,55.	481,17.	644,41.	444,41.	531,90.	2634,44.

Wie aus dieser Tabelle zu entnehmen ist, betrug die Gesamt-Regenhöhe in dem fünfjährigen Zeitabschnitte von 1873-1877 2634,44 Mm., woraus sich eine mittlere jährliche Regenhöhe von 526,89 Mm. berechnet. Nach meteorologischen Jahreszeiten war dieselbe im Durchschnitte am niedrigsten im Winter mit 95,35 Mm., stieg im Frühling auf 131,30, erreichte ihr Maximum im Sommer mit 186,31 und sank im Herbst wieder auf 113,93 Mm.¹⁾ Nach den Monatsmitteln fiel auf den Januar die geringste (24,21 Mm.), auf den Juni die höchste Niederschlagsmenge (80,68 Mm.).²⁾

Wenn wir diese Ergebnisse mit den für das Grundwasser gefundenen vergleichen, sehen wir auf den ersten Blick eine so wesentliche Uebereinstimmung in dem beiderseitigen Gange, dass der

¹⁾ v. Schmöger gibt dagegen in Fürnrohr's natur-historischer Topographie von Regensburg, 1838 B. 1 S. 247, das Jahresmittel für Regensburg, wie es sich nach 65jähriger Beobachtung herausstellte, zu 264,70 p. L. = 597,11 Mm. an, für den Winter 49,65 p. L. = 112,00 Mm., den Frühling 53,91 = 121,61, den Sommer 99,13 = 223,61, den Herbst 62,01 = 139,88 Mm., so dass sich im Laufe von 40 Jahren die jährliche Regenhöhe um 70 Mm. = 12% dahier verringert hätte! Wenn diese Abnahme, die sich ja vorerst nur auf eine 5jährige Beobachtung gründet, nach längerer Beobachtung sich als konstant herausstellt, dann haben wir alle Ursache, in der seit Jahren zunehmenden Entwaldung unserer Umgegend die Hauptschuld dieser meteorologischen Veränderung zu erblicken.

²⁾ Die Extreme der Niederschlagsmengen trafen dort auf Februar (15,82 p. L. = 35,68 Mm.) und Juli (34,36 p. L. = 77,50 Mm.).

oben angenommene Zusammenhang zwischen atmosphärischen Niederschlägen und Grundwasser durch die Beobachtung seine volle Bestätigung erhält. Der mittlere Gang unsers Grundwassers correspondirt also mit dem mittleren Gange der Regenhöhe.

Interessanter und lehrreicher als diese Uebereinstimmung sind jedoch die Gegensätze, welche sich bei weiterer Untersuchung zwischen beiden ergeben. Wie bereits erwähnt, ergibt der fünfjährige Durchschnitt eine mittlere jährliche Regenhöhe von 526,89 Mm. Die beiden Jahre, welche sich am weitesten von diesem Durchschnitte entfernter, waren das Jahr 1875 mit bedeutend grösserer (644,41) und das Jahr 1876 mit bedeutend geringerer Niederschlagsmenge (444,41 Mm.). Wie verhielt sich dazu das Grundwasser? Es nahm 1875 trotz der so vermehrten Niederschlagsmenge nicht einmal den mittleren, im Jahre 1876 aber bei weit unter dem Mittel gebliebenen Niederschlägen gerade den höchsten Stand ein. Auch die übrigen Jahre zeigten durchaus keine Analogie. Die a priori so wahrscheinliche Annahme, dass abnorm trockne oder feuchte Jahrgänge auch entsprechend hohe Grundwasserstände haben müssten, erweist sich demnach als vollständig unrichtig. Dieses auffällige Verhalten führt uns nothwendig zu dem Schlusse, dass die Schwankungen der Regenhöhe jedenfalls von direct bestimmendem Einflusse auf die Bewegung unseres Grundwassers nicht sein können. Wir müssen deshalb, nachdem der Zusammenhang mit den atmosphärischen Niederschlägen einmal feststeht, auf einen intermediären Factor schliessen, der bei wenigstens theilweiser Abhängigkeit von den Niederschlägen in unmittelbarer Weise die Bewegung unseres Grundwassers beeinflusst.

Von der Erwägung ausgegangen, dass, wenn alles Wasser auf und in der Erde aus der Atmosphäre stammt, die wechselnden Niederschlagsmengen die primäre Ursache und nothwendige Voraussetzung der natürlichen Wasserstandsschwankungen auf und in der Erde bilden, haben wir bisher nur das Verhalten des Grundwassers gegenüber den atmosphärischen Niederschlägen in Betracht gezogen und kommen nun zu dem Verhalten des auf der Oberfläche circulirenden Wassers, wofür wir hier unsern Maassstab am Stande der Donau haben. Die Beobachtungen des Pegelstandes der Donau, welche ich gütiger Mittheilung des städtischen Baubeamten Hrn. Bühlmeyer verdanke, wurden für nachstehende Tabelle in der Weise zusammengestellt, dass die täglichen

Ablesungen (am Pegel der eisernen Brücke) vom 1.—15. und vom 16. — letzten jeden Monats addirt und mit der Zahl der Tage dividirt wurden, woraus sich der mittlere Pegelstand für das betr. halbe Monat ergab, der dann für den 1. Tag des nächsten in die Tabelle eingesetzt wurde.

Durchschnitt des Pegelstandes der Donau für jeden halben Monat in Centimetern. (S. d. Tafel.)

M o n a t.		1872.	1873	1874.	1875.	1876.	1877.	1873—1877.
Jannar	16.	—	50	18	66	94	45	273
Februar	1.	—	61	44	154	47	32	338
„	16.	—	26	23	76	21	158	304
März	1.	—	45	14	33	305	225	622
„	16.	—	175	23	106	307	124	735
April	1.	—	123	82	101	225	202	733
„	16.	—	75	80	103	168	195	621
Mai	1.	—	89	101	82	142	143	557
„	16.	—	127	78	117	158	144	624
Juni	1.	—	111	189	120	114	143	677
„	16.	—	138	112	85	147	159	641
Juli	1.	—	185	79	116	221	129	730
1. Halbjahr		—	1205.	843	1159.	1949.	1699.	6855.
Juli	16.	—	108	118	120	171	112	629
August	1.	—	91	64	111	96	141	503
„	16.	—	65	111	60	55	97	388
September	1.	—	40	104	22	36	97	299
„	16.	—	109	38	26	73	76	322
Oktober	1.	—	84	38	41	82	72	317
„	16.	33	52	11	124	86	42	315
November	1.	33	57	5	101	30	32	225
„	16.	52	35	2	106	30	40	213
December	1.	71	41	31	196	81	46	395
„	16.	109	60	53	86	63	87	349
Jan. 1. (d. flg. Js.)		88	46	34	134	44	47	305
2. Halbjahr		—	788.	609.	1127.	847.	889.	4260.
Ganzes Jahr:		—	1993.	1452.	2286.	2796.	2588.	11115.

Die Summirung der halbmonatlichen Pegelstände unserer 5 Jahre ergibt 11115 Cent., woraus sich der mittlere Pegelstand zu 92 Cent. berechnet. Da der mittlere Grundwasserstand in der gleichen Zeit 415 Cent. betrug, so ersehen wir eine konstante, beträchtliche Höhendifferenz der beiden Wasserstände, welche nicht nur die Möglichkeit einer Speisung unseres Grundwassers von

Seiten der Donau vollständig ausschliesst, sondern vielmehr ein bedeutendes Gefälle desselben gegen die Thalsohle der Donau anzuzeigen scheint.

Von der genannten Summe trafen auf den Winter 2191 Cent., auf den Frühling die höchste Ziffer mit 3947, auf den Sommer 3190 und das Minimum auf den Herbst mit 1787 Cent. Während die mittlere Regenhöhe im Sommer am grössten und im Winter am niedrigsten ist, erreicht also die Donau durchschnittlich schon im Frühling ihren höchsten und im Herbst ihren tiefsten Stand. Trotz der unbezweifelbaren Abhängigkeit des Wasserstandes eines Flusses von den atmosphärischen Niederschlägen entspricht, wie wir sehen, die durchschnittliche Pegelhöhe keineswegs dem mittleren Gange der Regenhöhe. Es kann uns diess auch gar nicht Wunder nehmen, wenn wir uns daran erinnern, dass die hohen Pegelstände am Ende des Winters und Beginn des Frühjahrs ihr Zustandekommen eben nicht allein den gleichzeitigen meteorischen Niederschlägen verdanken, sondern hauptsächlich auch dem raschen Abschmelzen der winterlichen Schneemassen, der geringen Verdunstung bei noch niedriger Lufttemperatur, der verminderten Aufsaugungsfähigkeit des erst oberflächlich aufgethauten Bodens u. s. w.; während die niedrigeren Pegelstände im Sommer — trotzdem nun der Lech in Folge des Abthauens des Gebirgsschnees aus seinem oberen Flussgebiete vermehrte Wassermassen der Donau zuführt — sowie im Herbst nur dadurch zu Stande kommen, dass ein grosser Theil der auffallenden Niederschläge von dem ausgetrockneten Boden begierig aufgesogen und festgehalten wird, ein anderer Theil aber bei der durch die höhere Lufttemperatur gesteigerten Verdunstung sofort wieder in Gasform in die Luft zurückkehrt u. s. w. Daraus geht denn soviel hervor, dass, wenn auch die primäre Ursache der Wasserstandsschwankungen der Donau zweifellos in den atmosphärischen Niederschlägen liegt, deren Wirkung auf die Pegelhöhe der Donau dennoch durch die übrigen meteorologischen Verhältnisse der Jahreszeiten vielfach modificirt wird.

Die Bedeutung dieser concurrirenden Einflüsse wird sofort ersichtlich, wenn wir einzelne Jahrgänge in dieser Hinsicht vergleichen. Das Jahr 1876 z. B., welches die niedrigste Regenhöhe ausweist, zeichnete sich gerade durch den höchsten durchschnittlichen Pegelstand der Donau aus und das Jahr 1875 mit der grössten Regenhöhe brachte dagegen nur mittleren Pegelstand. Dieses Verhalten ist gewiss überraschend und erinnert uns zugleich an die analogen

Beobachtungen beim Grundwasser, die wir oben erwähnt haben. Eine solche Uebereinstimmung in ganz unerwarteter Richtung kann doch nicht wohl auf Zufall beruhen und fordert jedenfalls zu weiterer Vergleichung auf. Zu diesem Zwecke stellen wir nachfolgend die Summen der jährlichen Pegel- und Grundwasserstände nebeneinander.

Jahr:	Donaupegel:	Grundwasser:
1874	1452	8865
1873	1993	9176
1875	2286	9291
1877	2588	11160
1876	2796	11328

Die 5 Jahre folgen hier in der Ordnung aufeinander, wie sie durch die aufsteigende Reihenfolge der nebenstehenden Pegelsummen gegeben ist; die beigesetzten Grundwasserzahlen beziehen sich auf die gleichen Jahrgänge. Wir ersehen nun wirklich aus dieser Zusammenstellung, dass die Grundwasserhöhe immer im Verhältniss zur Pegelhöhe stand, dass beide regelmässig Hand in Hand gingen oder: mit der Zu- oder Abnahme der Pegelhöhe stieg oder fiel auch der Grundwasserstand. Dieser Befund ist für unsere Untersuchung von grösster Bedeutung, da er uns einen Fingerzeig gibt, in welcher Richtung wir die Ursachen unserer Grundwasserschwankungen zu suchen haben. Derselbe lässt zu seiner Erklärung ja doch nur zwei Möglichkeiten zu: entweder sind Pegel- und Grundwasserstand direct von einer gemeinsamen Ursache abhängig oder sie stehen selbst im Verhältnisse von Ursache und Wirkung zu einander. Ersteres ist nicht der Fall, da die hier allein in Betracht kommenden atmosphärischen Niederschläge, wie oben nachgewiesen wurde, weder auf unsern Grundwasserstand noch auf den Pegelstand der Donau einen direct bestimmenden Einfluss ausüben. Es bleibt also nur die zweite Möglichkeit, dass zwischen den beiden selbst ein Causalitäts-Verhältniss stattfindet und dieses kann natürlich nur in dem Sinne bestehen, dass die Pegelhöhe der Donau einen unmittelbaren Einfluss auf den Stand unseres Grundwassers ausübt. Der Pegelstand der Donau wäre demnach als der oben bezeichnete intermediäre Factor anzusehen, der bei theilweiser Abhängigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen die Bewegung unsers Grundwassers direct beeinflusst.

Die Erklärung dieses Zusammenhanges bietet auch keine

Schwierigkeiten. Wenn wir wissen, dass in einem Flussthale, in welchem natürlich der Fluss die Thalsole einnimmt, das Grundwasser sich nach dem Flusse zu senkt, also einen natürlichen Zufluss desselben bildet, so ist es einleuchtend, dass derselbe den gleichen Bedingungen unterworfen ist, wie die andern Nebenflüsse desselben. Hochwasser im Hauptstrome bewirkt Stauung in den Nebenflüssen, solange bis das Gleichgewicht des gegenseitigen Druckes wieder erreicht ist. Wenn wir diese Erfahrung an den oberflächlichen Seitengewässern unserer Flüsse auf's Grundwasser übertragen, dann haben wir auch die Erklärung für den causalen Zusammenhang der Pegel- und Grundwasserstände. Ferner geht daraus hervor, dass die Grundwasserschwankungen als secundäre Erscheinung denen des Pegelstandes der Donau immer erst einige Zeit nachfolgen können und zwar um so später und weniger bedeutend, je grösser die Entfernung von der Einmündung in den Hauptstrom ist. Bei einer Vergleichung des mittleren Ganges der Pegelhöhe der Donau mit demjenigen des Grundwasserstandes in den einzelnen Jahreszeiten finden wir denn auch, dass dieselben wirklich in einem gewissen regelmässigen Verhältnisse zu einander stehen, indem Maximum und Minimum, sowie die Zwischenstufen des Grundwasserstandes denen des Donauegels stets nachfolgen.

	Donauegel.	Grundwasser.
Höchster Stand	Frühling	Sommer
Zweithöchster Stand	Sommer	Herbst
Zweitniedrigster „	Winter	Frühling
Niedrigster „	Herbst	Winter

Die hier ausgesprochene beträchtliche Verzögerung hat ihren Grund in der durch den natürlichen Widerstand des Bodens verlangsamteten Circulation der unterirdischen Gewässer und der bedeutenden Entfernung unseres Brunnens von der Donau. Bevor wir jedoch genauer auf die Eruirung des zwischenliegenden Zeitraumes eingehen, erscheint es uns nothwendig, erst noch mehr im Einzelnen zu prüfen, inwieweit die Beobachtungen eine Bestätigung für die eben dargelegten Beziehungen erbringen. Nachstehende Tabelle enthält zu diesem Zwecke eine Zusammenstellung — nach Jahreszeiten — der Pegel- und Grundwasserstände unserer 5 Jahre mit Einschlebung positiver oder negativer Vorzeichen zur ersichtlicheren Darstellung der Zu- oder Abnahme des Wasserstandes.

1873.	Don.-Peg.	Grw.	1874.	Don.-Peg.	Grw.
Winter	379.	2223.	Winter	205.	2224.
Frühling	+ 700.	+ 2233.	Frühling	+ 553.	+ 2148.
Sommer	- 627.	+ 2311.	Sommer	+ 588.	+ 2262.
Herbst	- 378.	+ 2356.	Herbst	- 125.	- 2248.
<hr/>			<hr/>		
1875.	Don.-Peg.	Grw.	1876.	Don.-Peg.	Grw.
Winter	+ 416.	- 2218.	Winter	+ 687.	+ 2472.
Frühling	+ 629.	+ 2290.	Frühling	+ 1114.	+ 2835.
Sommer	- 514.	+ 2352.	Sommer	- 726.	+ 2992.
Herbst	+ 591.	- 2349.	Herbst	- 392.	- 2907.
<hr/>			<hr/>		
1877.					
Winter	+ 567.	- 2758.			
Frühling	+ 951.	+ 2799.			
Sommer	- 735.	+ 2858.			
Herbst	- 308.	- 2786.			

Von diesen 20 vierteljährigen Zeiträumen können nur 19 zum Vergleiche dienen, da die dem ersten Vierteljahre (Winter 1873) vorausgehenden Ziffern nicht bekannt sind, und hievon finden wir in 10 Fällen bei Don.-Peg. und Grw. gleiche, in 9 aber entgegengesetzte Vorzeichen. In 10 Fällen ging also mit dem Steigen oder Fallen der Donau ein gleiches Verhalten des Grundwassers innerhalb der betr. Jahreszeit einher, in 9 Fällen war kein solches Zusammengehen bemerkbar. Um die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens aufzufinden, ist es nur nöthig, die halbmonatlichen Ziffern des Pegelstandes der betr. Zeitabschnitte in Tabelle S. 153 speciell durchzugehen. Man findet dann sofort, dass in allen den Fällen, in welchen das Grundwasser ein entgegengesetztes Verhalten zeigte, die Ausschlag gebenden Veränderungen des Donau-Pegelstandes erst in der 2. Hälfte, frühestens vom 3. Halbmonate dieses Vierteljahres an eintraten, so dass ihr Einfluss

auf's Grundwasser diesem Zeitabschnitte eben nur zum Theil oder gar nicht mehr zu Gute kommen konnte. In der That sehen wir denn auch in 8 von jenen 9 Fällen, dass die entsprechenden Veränderungen des Grundwasserspiegels dann richtig im nächsten Vierteljahre zum Ausdruck gelangten. Nur im Sommer 1873 beobachteten wir ein entgegengesetztes Verhalten, welches auch nicht im nächsten Vierteljahre seine Ausgleichung fand; es rührt diess wahrscheinlich davon her, dass die Verminderung des Pegelstandes der Donau gegen das vorige Vierteljahr für das laufende, da sie erst in der 2. Hälfte desselben sich geltend machte, zur Entfaltung ihrer Wirkung zu spät kam, für das nächste aber durch ein vorübergehendes schroffes Ansteigen des Donaupegels im Beginne desselben in ihrer Wirkung gehemmt wurde.

Durch diese Nachweisungen ist unsrer Ansicht nach der Beweis vollständig dafür erbracht, dass die Schwankungen unseres Grundwassers direct von denen des Pegelstandes der Donau abhängig sind. Dabei ist es wohl selbstverständlich, dass damit nicht jeder directe Einfluss der atmosphärischen Niederschläge auf die Bewegung unseres Grundwassers ausgeschlossen werden soll; es geht eben nur daraus hervor, dass derselbe gegenüber dem Einflusse der Donau hier ganz zurücktritt.

Man darf sich nun nicht etwa denken, dass der äusserst variable Stand der Donau in dem unser Grundwassers einen im Einzelnen getreuen Ausdruck wiederfände. Es ist diess deshalb nicht möglich, weil die Abhängigkeit eines Seitengewässers vom Wasserstande des Hauptstroms, wie bereits oben angeführt wurde, im Verhältnisse zur Entfernung von demselben sich erheblich vermindert. Wenn wir uns daran erinnern, dass die Gesamtdifferenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande bei unserm Grundwasser nur 116 Cent. betrug, während sie bei der Donau 305 Cent., also mehr als das Doppelte betrug, so ist es einleuchtend, dass die zwischen diesen Extremen liegenden Schwankungen des Donaustandes nur in erheblich verringertem Maasse und überhaupt nur zum Theil in unserm Grundwasser zum Ausdruck kommen können. Rasch vorübergehende und dabei wenig beträchtliche Niveauveränderungen der Donau finden deshalb im Stande unseres Grundwassers keinen erkennbaren Ausdruck, wenn sie auch natürlich einen modificirenden Einfluss unter allen Umständen ausüben müssen. In andern Oertlichkeiten, welche der Donau näher als unser Brunnen gelegen sind, mögen noch

manche dieser Fluctuationen am Grundwasser zu beobachten sein, die dort nicht mehr erkennbar sind.

Recht deutlich und characteristisch zeigt sich dieser Unterschied in der Bewegung beider Wasserstände, wenn wir eine graphische Darstellung ihres beiderseitigen Verlaufes überblicken. *) Der in unruhigem Zickzack, meist in spitzen Winkeln auf- und absteigenden Curve des Donaupegels steht da in lebhaftem Contraste die ruhig und allmählig, in stumpfen Winkeln sich hebende und senkende, einer Bogenlinie öfters ähnliche Curve des Grundwassers gegenüber.

Es erübrigt nun nur noch, die Zeitdauer zu ermitteln, welche zwischen dem Eintritte der Niveauveränderungen der Donau und denen unseres Grundwassers liegt. Zu diesem Zwecke genügt ein Blick auf die eben erwähnten Curven, um zu erkennen, dass dieselbe in der Regel 1—1½ Monate beträgt; nicht selten jedoch treten die Veränderungen des Grundwasserstandes schon vor dieser Zeit, ja anscheinend gleichzeitig mit denen der Donau ein, wenigstens nach der Zeitangabe unserer obigen Tabellen. Man darf hier nicht vergessen, dass die dortigen Pegelzahlen für den 1. und 16. jeden Monats nur das Mittel aus den täglichen Pegelständen des vorausgangenen Halbmonats darstellen, woraus hervorgeht, dass auch bei anscheinender Gleichzeitigkeit der Bewegung beider Wasserstände (nach den Tabellen) die Pegelschwankung doch stets derjenigen des Grundwassers vorausging. Eine Vergleichung der täglichen Notirungen beider Wasserstände ergibt diess auch ganz bestimmt. Je beträchtlicher diese Schwankungen sind, desto rascher tritt ihr Einfluss auf's Grundwasser zu Tage und de to länger wirkt er auch fort. Daraus erklärt sich denn ferner die Beobachtung, dass, wenn auf eine intensive Pegelbewegung in rascher Abwechslung niedrige und höhere Pegelstände sich anreihen, diejenigen im entgegengesetzten Sinne ohne Wirkung auf's Grundwasser zu bleiben scheinen, während die gleichnamigen eine weitere Verstärkung der eingeleiteten Bewegung bedingen. Wir finden dem entsprechend auch, wenn wir die Summen der halbmonatlichen Pegelzahlen unserer 5 Jahre mit denen der entsprechenden Grundwasserzahlen vergleichen, dass der höchste Grundwasserstand nicht auf den höchsten Pegelstand vom 16. März, sondern auf den nach einigen Schwankungen erneuerten Anstieg des Pegels

*) Siehe die Tafel.

vom 1. Juli folgte und zwar beträgt die Zeitdifferenz hier nur $\frac{1}{2}$ Monat (16. Juli). Dagegen trat der niedrigste Grundwasserstand in Folge des viel langsameren, ganz allmähigen Zurückgehens des Pegelstandes — Minimum 16. November — erst 2 Monate später ein — am 16. Januar. —

Nachdem wir hiemit den Verlauf und die Bedingungen unserer Grundwasserbewegung kennen gelernt haben, müssen wir noch mit wenigen Worten auf ein paar Punkte zurückkommen. Wir haben im Anfang bei Erwähnung der Volger'schen Theorie bemerkt, dass aus unserm Terrain überhaupt kein positiver Nachweis in dieser Richtung möglich sein dürfte. Der Grund ist jetzt hinlänglich klar: wenn das Grundwasser unmittelbar vom Stande der Donau abhängig ist, müssen sich die allenfallsigen minimalen Schwankungen desselben in Folge Niederschlags aus der Grundluft der Beobachtung vollständig entziehen. Auch bezüglich des 2. Punktes, nämlich der bedeutenden Hebung des Grundwasserspiegels seit dem Jahre 1876 sind wir jetzt genügend aufgeklärt; wir erkennen, dass nur der nach Höhe und Dauer gleich ungewöhnliche Pegelstand der Donau vom Februar bis März 1876 das Grundwasser auf jene abnorme Höhe hinaufstaute, von der es weder in diesem noch im nächsten Jahre auf seinen früheren Stand zurücksinken konnte. Es geht daraus die grosse und über Erwarten nachhaltige Wirkung der Hochwässer auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Untergrundes der angrenzenden Terrains hervor. —

Fragen wir uns nun, welche Schlüsse aus den Resultaten dieser Untersuchung auf die Grundwasserbewegung unserer Stadt im Allgemeinen gezogen werden können, so dürfte die Antwort folgendermassen lauten: Da die Stadt (mit ihrem Querdurchmesser) zwischen der Donau und unserem am höchsten Punkte derselben befindlichen Brunnen liegt, das Grundwasser in letzterem aber noch in directer Abhängigkeit vom Stande der Donau steht, so muss das Gleiche auch in den zwischenliegenden Stadttheilen der Fall sein. Diese Abhängigkeit muss um so grösser sein, die Fluctuationen des Donaupegels müssen sich um so vollständiger im Gange des Grundwassers wiederholen, je näher ein Punkt der Donau zu gelegen ist. In gleicher Weise muss auch ihr zeitlicher Eintritt mit der Annäherung an die Donau um so früher erfolgen. Locale Abweichungen durch die unterirdischen Terrainverhältnisse bedingt, sind jedoch möglich und wahrscheinlich. Vorläufig ist

uns über dieselben gerade in den am meisten interessirenden Stadttheilen gegen die Donau zu am wenigsten bekannt, ebenso sind weitere Grundwasserbeobachtungen bisher hier nicht gemacht worden. Zudem fehlt es noch immer an einem genauen Nivellement der Oberfläche und speciell der uns hier interessirenden Brunnen, ohne welches allenfallsige Grundwasserbeobachtungen nicht in Vergleich gezogen werden können.

Wenn wir daher kein vollständigeres Bild unserer hiesigen Grundwasserverhältnisse entwerfen konnten, sondern uns damit begnügen mussten, diese Erörterungen auf einen einzelnen beschränkten Theil der Stadt zu beziehen, so lag die Schuld eben in jenen beiden Mängeln, deren zukünftige Beseitigung einstweilen anzustreben bleibt.

Zum Schlusse fassen wir die Hauptergebnisse unserer Untersuchung in folgenden Sätzen zusammen:

- 1) Der mittlere Gang unseres Grundwassers correspondirt mit dem mittleren Gange der Regenhöhe.
- 2) Die Schwankungen der Regenhöhe haben jedoch keinen direct bestimmenden Einfluss auf die Schwankungen unseres Grundwassers.
- 3) Dagegen stehen Pegel- und Grundwasserhöhe in directer Beziehung zu einander.
- 4) Mit der Zu- oder Abnahme des Pegelstandes der Donau steigt oder fällt — unter gewissen Beschränkungen — auch der Grundwasserstand.
- 5) In Folge der verlangsamten Circulation im Boden treten diese Niveauveränderungen an unserem Grundwasser in der Regel erst 1—1½ Monate nach denen der Donau ein; je bedeutender die Stauung, desto schneller aber ihr Eintritt.

Regensburg, im August 1878.

Dr. Fürnrohr.