

Ueber das Grundwasser der Donau.

Von Eduard Sueß.

(Siehe eine Karte.)

In einem dem ersten Bande der Oesterr. Revue eingeschalteten Aufsätze (1863, IV. S. 262—272) „Ueber den Lauf der Donau“ hatte ich mir die Aufgabe gestellt, die aufbauende oder vielmehr aufschüttende Kraft des Stromes seiner zerstörenden Wirkung entgegenzuhalten und namentlich zu zeigen, wie der Strom, so oft er aus felsigem Gerinne in die aus minder festem Boden gebildeten Weitungen tritt, durch die Rotation der Erde nach rechts gebrängt wird. Die Folgen dieser mechanischen Einflüsse, mögen sie nun bildender oder zerstörender Art sein, sind so auffallend, daß sie in ihren wesentlichen Zügen sogar auf jeder Schulkarte von Mitteleuropa wahrgenommen werden können. Eine andere Reihe von Erscheinungen von nicht geringerer theoretischer und noch größerer praktischer Bedeutung, nämlich die Art und Weise, wie der große Strom gespeist wird, läßt sich jedoch nicht so leicht an der Oberfläche verfolgen. Die außerordentliche Ausdehnung seines Wassergebietes, die Thatfache, daß durch ihn der größte Theil der Niederschläge der Mitte unseres Welttheiles nach Südosten abgeführt wird und daß ihm ganz insbesondere die Abflüsse der nördlichen und östlichen Abhänge der Alpen zukommen, ist allerdings allgemein bekannt; aber die Art und Weise, wie diese Abflüsse sich zur Bildung des Stromes vereinigen, ist es noch keineswegs. Nur ein Theil derselben kommt in offenen Gerinnen, z. B. als Inn, Enns oder Raab herab, um sich bald mit größerer, bald mit geringerer Wassermenge in die Donau zu ergießen; ein anderer, sehr bedeutender Theil nähert sich aber in viel langsamem, unterirdischem Laufe, als sogenanntes Grundwasser, dem gemeinsamen Bette.

Damals, im J. 1863, lagen außer den bekannten Beobachtungen Pettenkofer's über die Schwankungen des Grundwassers unter München und einigen nicht bedeutenden Angaben über den Stand desselben unter Wien keine nennenswerthen Angaben über das Grundwasser der Donau vor. Ich mußte mich darauf beschränken, die allgemeinen Erscheinungen zu kennzeichnen, welche man in Bezug auf das Grundwasser

und insbesondere in Bezug auf sein Ansteigen landeinwärts, z. B. durch Delesse in Paris kennen gelernt hatte, und auf den Einfluß hinzuweisen, den die geringere Niederschlagsmenge der ungarischen Tiefebene auf die dortige Menge des Grundwassers haben mag. „Wollte jemand — wurde damals gesagt (S. 272) — sich z. B. die Mühe nehmen, längs einer Anzahl von Bahnlinien mit Hilfe des Nivelements derselben die genauen Höhen der Wasserstände in den Stationsbrunnen zu erheben, so würde er zwischen Theiß und Donau wahrscheinlich eine nicht unbedeutende Erhebung derselben über die Wasserstände der Flüsse finden.“

Seit jener Zeit sind drei an verschiedenen Punkten unternommene Beobachtungsreihen bekannt geworden, welche geeignet sind, diese Frage aufzuheben, und welche mich veranlassen, neuerdings auf diesen Gegenstand zurückzukommen. Zunächst hat mir Prof. Pettenkofer eine Reihe von Brunnenmessungen längs der Bahnlinie München-Rosenheim mitgetheilt, als einen sehr wesentlichen Beitrag zu unserer Kenntniß von der Fortbewegung des Wassers unter der bayerischen Hochebene, dessen Veröffentlichung jedoch billigerweise dem verdienten Forscher selbst vorbehalten bleiben muß. In zweiter Linie liegen die zahlreichen Messungen des Niveau's und der Schwankungen des Grundwassers der Gegend von Neunkirchen und Neustadt vor, welche im Auftrage der Gemeindevertretung von Wien durchgeführt worden sind. Endlich ist durch die glütige Vermittelung des Hrn. Directors Ruppert von Seite der Ingenieur-Genieure der k. k. priv. Staatsbahn auf der beiläufig 13 1/2 Meilen langen Strecke Pest-Szolnok, also von der Donau bis zur Theiß, das Niveau der einzelnen Brunnen gegen die Schienen ermittelt und am 12 December 1864 eine gleichzeitige Messung der Wasserstände dieser Brunnen, vierundachtzig an der Zahl, vorgenommen worden.

Die beiden letztgenannten Beobachtungsreihen stehen in einem sehr glücklichen Gegensatze zu einander. Im ersten Falle, bei Neunkirchen und Neustadt, hat man eine Gegend vor sich, deren hydrographische Verhältnisse unter dem unmittelbaren Einflusse des Hochgebirges stehen; im anderen Falle befindet man sich mitten in der ungarischen Niederung, fern von jedem Gebirge, zwischen zwei großen Flüssen. Versuchen wir es nun, die Ergebnisse beider zu vergleichen.

Die Niederung von Neunkirchen und Neustadt, welche gewöhnlich als das Steinfeld von Neustadt bezeichnet wird, bietet in ihren physikalischen Verhältnissen große Aehnlichkeit mit der Welser Haide, der südbayerischen Ebene, der Bresse im östlichen Frankreich, dem Schuttlande von Ober-Italien und bis zu einem gewissen Grade auch mit der Maffer Haide im westlichen Tirol. Obwohl minder ausgebehnt, als alle die eben genannten Gebiete, besteht auch das Steinfeld bis zu einer nicht unbedeutenden Tiefe hinab aus Geschieben, welche, in einer früheren Zeit aus den Alpenthälern herausgeführt, in der Gestalt sehr flacher Regel vor den Mündungen dieser Thäler aufgeschüttet worden sind. Hier sind es insbesondere zwei solche Regel, deren Scheitel bei Neunkirchen und bei Wöllersdorf die Thäler der Schwarzza und der Pfesting als jene bezeichnen, aus welchen ihr Material bezogen wurde.

Unter dieser losen Masse bewegt sich nun eine bedeutende Wassermenge der Donau zu und fließt in ähnlicher Weise unter Neustadt hin, wie ein Theil des Grundwassers der südbayerischen Ebene unter München hinfließt. Die größere Nähe des

Hochgebirges läßt jedoch hier nur geringere Verspätungen in dem Anlangen der alpinen Zuflüsse eintreten, als in München, und darum tritt auch hier der Zusammenhang mit den Jahreszeiten deutlicher hervor. Man pflegt ziemlich allgemein anzunehmen, daß von dem jährlichen Niederschlage einer Gegend beiläufig ein Drittel durch Verdunstung und Pflanzenwuchs aufgezehrt werde, ein Drittel in offenen Gerinnen sofort abfließe und nur das dritte Drittel in den Boden versinke, um sich als Grundwasser fortzubewegen. Diese Voraussetzung beruht auf einigen Versuchen, welche in Paris angestellt wurden und welche sich gründen auf einen Vergleich der Ergiebigkeit der Seine mit dem Niederschlage, der ihr Zusickerungsgebiet trifft. Die Niederung von Paris liegt jedoch jedem Hochgebirge fern; sie besteht stellenweise aus wenig durchlässendem Boden, welcher daher mehr Wasser an der Oberfläche abfließen läßt, und ist auch mit einer, wenn nicht üppigen, so doch sehr zusammenhängenden Pflanzenbedeckung bekleidet. Keines dieser Merkmale trifft, sei es in München, sei es in Wels oder in Neustadt zu, und auf der rechten Seite der Donau, welche den Alpen zugeführt ist, empfängt dieselbe eine jedenfalls verhältnißmäßig viel größere Menge von Grundwasser als die Seine in der Niederung von Paris.

In dem uns eben vorliegenden Falle ist die Sache besonders klar. Im Hochgebirge, das zum großen Theil aus sehr zerklüftetem Kalkstein besteht, erfolgt die bei weitem größere Menge des Niederschlages nicht in der Gestalt von Regen, sondern in der Gestalt von Schnee; eine Pflanzenbedeckung fehlt den höheren Regionen fast gänzlich; der offene Abfluß von den Hochplateau's, z. B. vom Schneeberge ist durch einen großen Theil des Jahres Null; die Folge von all' diesem ist eine bei weitem bedeutendere Infiltration als im Becken der Seine, und der mächtigste Abfluß dieser Gebirge, die Schwarzg, bildet sich aus dem in Menge am Fuße der Kalkgebirge hervorquellenden Grundwasser.

In der Ebene können diese Verhältnißzahlen eben so wenig Anwendung finden, denn auch hier ist die Vegetation kümmerlich, der Boden sehr durchlässig und ein offenes Abfließen stärkerer Niederschläge an der Oberfläche kommt fast gar nicht vor.

Die hier unter der Niederung vorhandene Menge von Grundwasser entsteht also auf dreierlei Weise, nämlich erstens durch unterirdische directe Zusickerung von Grundwasser aus dem Fuße des Gebirges, zweitens durch den Verlust, den die Wässer erleiden, welche in offenem Gerinne aus den Alpen hervorkommen, und drittens durch den Niederschlag, welcher direct die Niederung trifft und von ihr absorbiert wird. Diese drei Arten der Speisung des Grundwassers sind je nach den Jahreszeiten nicht auf dieselbe Weise vertheilt. Die unterirdischen Zusickerungen aus dem Fuße des Gebirges dürften das ganze Jahr hindurch ein ziemlich gleiches Maß einhalten, da sie als die tiefsten und folglich constantesten Ausflüsse des Quellsystemes der Alpen angesehen werden können. Der Verlust der offenen Gerinne ist dagegen zu verschiedenen Zeiten ein sehr verschiedener. Er erreicht bei weitem sein höchstes Maß zu der Zeit, wenn im Hochgebirge das Thauwetter des Frühjahres eintritt und Hochwässer in demselben erscheinen; er wird um so bedeutender sein, je bedeutender die Hochwässer sind, also je rascher das Thauwetter eingetreten und je weniger Zeit zur Infiltration im Gebirge

geblieben ist. Seine Menge muß im Sommer sehr abnehmen; im Winter mag sie fast auf Null herabgehen.

Der Einfluß des directen Niederschlages zeigt sich hauptsächlich in zwei getrennten Zeitperioden, nämlich im Frühjahr, wenn die Schneedecke der Niederung thaut, und während der häufigeren Regen des Spätsommers. Wenn man einen tiefer liegenden Punct, wie z. B. Neustadt, mit einem höher liegenden wie Neunkirchen vergleichen will, darf man nicht vergessen, daß von einem Regensfalle, welcher die Niederung betroffen hat, nur jener Theil unter Neunkirchen hinzieht, welcher oberhalb dieses Ortes infiltrirt wurde, während unter Neustadt allmählich, vielleicht durch mehrere Wochen, der gesammte Niederschlag einer ausgedehnteren Fläche und zuletzt auch jener passiert, der unter Neunkirchen hingegangen war. Aus diesem Grunde schon muß unter tiefer liegenden Stellen der Niederung eine größere Beständigkeit im Niveau des Grundwassers, oder richtiger eine Verlängerung jeder einzelnen Schwankung angenommen werden. Ein noch viel wichtigerer Grund dafür, daß die Veränderungen des unterirdischen Wasserstandes thalwärts abnehmen, liegt aber in der Verbreiterung des Gebietes, wodurch zugleich das unsichtbare Gerinne des Grundwassers breiter wird, was nothwendigerweise eine Abnahme des Maßes der Schwankungen zur Folge haben muß. Der Bericht der Wiener Wasserversorgungs-Commission, welchem diese Angaben entnommen sind, zeigt daher auch, daß in Neunkirchen vom Juni gegen den Januar Differenzen des Wasserstandes im Betrage von nahezu 42 Fuß vorkamen, während dieselben thalwärts immer geringer wurden und bei Neustadt auf 3 Fuß und noch weniger sanken.

Diese große Masse von Grundwasser besitzt nun von Neunkirchen aus ein Gefälle von 600—650 Fuß, von Neustadt aus ein Gefälle von etwa 350 Fuß bis zur Donau, und bewegt sich fortwährend gegen dieselbe. Ein Theil desselben kommt in tieferen Furchen des Steinfeldes, insbesondere unter den Namen Fische und Fische-Dagnitz zu Tage, während der größere Theil unterirdisch hinfließt. Je mehr sich das Grundwasser jedoch der Donau nähert und von den Alpen entfernt, um so mehr schwindet die Mächtigkeit der Schuttmassen des Steinfeldes, und in der Gegend von Fälling, Grammet-Neustiedl, Laxenburg u. s. f. tritt der wasserdichte Tegel, welcher das Bett desselben bildet, zu Tage. Weit und breit wird das Land von den zu Tage tretenden Wässern durchfeuchtet und stellenweise versumpft; große Quellen treten z. B. in der Nähe des Ortes hervor, welcher den bezeichnenden Namen „Moosbrunn“ trägt, und hier erst wird in größerem Maße Wasser durch Verbunstung und Pflanzenwuchs aufgezehrt. Ein beträchtlicher Theil des Grundwassers wird hier auch von den offenen Gerinnen z. B. der Fische, aufgenommen, und die Menge von Alpenwasser, welche erst an den Ufern der Donau selbst an's Tageslicht kommt, ist jedenfalls bedeutend geringer als die Menge desselben bei Neustadt.

Zufluß und Abfluß, Bewegung und Menge des Grundwassers sind also in diesem Gebiete eben so mannichfaltig, wie die Gestaltung und die Beschaffenheit, wie der Niederschlag und die Infiltration desselben. Man ahnt aus den Verspätungen, mit welchen einzelne unterirdische Zuflüsse unter einem bestimmten Beobachtungspuncte anlangen, warum in Miluchen, das vom Hochgebirge weiter entfernt liegt, keine

Uebereinstimmung der Schwankungen des Wasserstandes mit den Jahreszeiten nachweisbar war, und der Gegensatz zu der zweiten vorliegenden Reihe von Angaben, welche sich auf die Linie Pest-Szolnok bezieht, ist, wie gesagt, so grell als nur möglich. Hier giebt es keinen Ausfluß aus dem Fuße eines nahen Hochgebirges, hier keinen Verlust aus offenen Gerinnen, sondern nur die Speisung durch directen Niederschlag. Selbst dieser kann auf der ganzen Linie nicht höher als auf 18 Zoll angenommen werden, während die Punkte Semmering, Payerbach und Neunkirchen einen mittleren Niederschlag von fast 31 Zoll besitzen.

Von diesem geringen Niederschlage dürfte nun allerdings auch hier mehr als ein Drittheil in den Boden eindringen, und da dasselbe einerseits gegen die Donau, andererseits gegen die Theiß abfließt, muß sich zwischen beiden Flüssen, wie in dem früher angeführten Aufsatze gesagt wurde, eine Erhebung des Grundwassers über das Niveau beider Flüsse zeigen.

Die beifolgende Tafel, in welcher die Beobachtungen des 28 December 1864 graphisch eingetragen sind, bestätigt dies vollständig.

Der Nullpunct der Donau bei Pest liegt nach diesen gütigen Mittheilungen 50.909 Klafter über dem Meere und stand an dem Tage der Beobachtung des Wassers im Strome $0^{\circ}.187$ über Null, folglich in $51^{\circ}.096$ über dem Meere. Gleichzeitig fand man im Bahnhofe den Brunnenstand $52^{\circ}.941$, und in geringer Entfernung $56^{\circ}.05$, die Angabe von Delesse bestätigend, daß in der Nähe der Ströme das Ansteigen des Grundwassers beträchtlich sei. Außerhalb Pest folgt der Wasserstand in den Brunnen ziemlich gleichförmig dem Ansteigen des Bodens, so daß der tiefste Stand unter der Oberfläche $2\frac{1}{2}$ Klafter beträgt, und unter dem Wächterhause Nr. 224, auf der Höhe jenseits Steinbruch, steht dasselbe schon auf $68^{\circ}.356$, folglich nicht weniger als $105\frac{1}{2}$ Fuß über dem Donauspiegel, welcher beiläufig 7500° davon entfernt ist.

Jenseits dieser unterirdischen Wasserscheide sinkt das Grundwasser tiefer unter die Oberfläche, so daß man sogar einen Brunnen von fast 8° Tiefe antrifft. Vor der Station Vecses ist wieder ein tiefster Punct mit $61^{\circ}.048$ über dem Meere erreicht, und folgt von hier an abermals ein Ansteigen, so daß die Terrainsfurche zwischen Vecses und Üllő nicht mit der Tiefenlinie des Grundwassers zusammenzufallen scheint.

Ueber Üllő und Monor steigt nun der unterirdische Wasserspiegel stetig wieder an, bis er unter dem Wächterhause Nr. 246 vor Pilis den höchsten beobachteten Stand von $73^{\circ}.659$ über dem Meere oder $135\frac{1}{8}$ Fuß über dem gleichzeitigen Donaustande zeigt. Dieser Punct liegt etwa 23,750 Klafter von der Donau und 29,250 Klafter von der Theiß entfernt. Da ferner der Nullpunct des Theißpegels in Solnok $41^{\circ}.584$ über dem Meere liegt und gleichzeitig der Wasserstand daselbst $+0^{\circ}.5$ war, ergiebt sich eine Niveau-Differenz dieses höchsten Rückens des Grundwassers von $189\frac{1}{8}$ Fuß gegen den gleichzeitigen Wasserstand der Theiß.

Von hier an verrathen die Beobachtungen ein nahezu ununterbrochenes Herabsinken der Brunnenstände bis zur Theiß. An einer Stelle nur, etwa auf halbem Wege zwischen den Stationen Alberti-Tersa und Czegled, erfolgt durch eine Furche der Oberfläche ein Herabbrücken des Wasserspiegels im Betrage von etwa $1^{\circ}.3$, um welches Maß derselbe jenseits dieser Furche wieder ansteigt.

In Tzegled beträgt die Meereshöhe der Brunnenstände noch über 51 Klafter und ist hier die eigentliche Alluvial-Ebene der Theiß erreicht. Auch unter dieser führt der Wasserspiegel fort sich gegen den Fluß hin langsamer, doch mit äußerster Regelmäßigkeit zu senken. Dieses Herabstinken dauert durch $3\frac{3}{4}$ Meilen, wie achtzehn gleichförmig vertheilte Beobachtungen lehren, fort, bis in Szolnok der letzte Beobachtungspunct mit $44^{\circ}.04$ erreicht ist, unweit von einem gleichzeitigen Wasserstande von nur $42^{\circ}.084$ im Theißflusse.

Durch diese Erhebungen der Herren Ingenieure der k. k. priv. Staatsbahn ist also in einem viel größeren Maßstabe als zuvor die Abdachung des Grundwassers in einer Ebene, und zwar zwischen zwei großen Flüssen festgestellt worden. Abgesehen von dem allgemeinen Wibe, welches sich daraus ergiebt, treten auch die Aufgaben hervor, welche hier zu verfolgen wären, um zu einer genaueren Kenntniß der einschlagenden Erscheinungen zu gelangen. Zu diesem Ende wären nach meiner Ansicht die Brunnen der beiden Scheitelpuncte bei dem Wächterhause Nr. 224 zwischen Steinbruch und Becses, und bei Nr. 246 zwischen Monor und Bilis, so wie der Tiefpunct bei Becses von Zeit zu Zeit zu messen, wobei man aller Wahrscheinlichkeit nach an letzterem Puncte geringere Schwankungen antreffen würde, als bei den beiden ersteren, und wären dann die Resultate mit der Menge und Art des vorhergegangenen Niederschlages zu vergleichen.

Obwohl die absolute Höhe des höchsten Rückens des Grundwassers über beiden Flüssen eine so beträchtliche ist, ergiebt sich doch aus der Länge der ganzen Beobachtungslinie, daß die thatsächliche Neigung der oberen Fläche desselben nur äußerst gering ist. Erscheint ja doch der Boden selbst, unter welchem diese Unebenheiten sich bergen, dem bloßen Auge geradezu als eine ebene Fläche.

Es ist als erwiesen anzunehmen, daß diese Erscheinungen nicht ohne Einfluß auf die Pflanzenbedcke der Oberfläche sind. Sehr häufig kann man in lehmigem, fein sandigem oder mergeligem Culturlande noch in 8 bis 10 Schuh Tiefe viele lebende Ausläufer von Wurzeln finden, welche hier nicht nur von einer gleichmäßigen Temperatur, sondern auch von einer viel beständigeren Feuchtigkeitsmenge umgeben sind. Die Oberfläche des Grundwassers in solchem Boden darf überhaupt nicht als eine nach oben scharf abgegrenzte gedacht werden. Hier wurden allerdings die Wasserstände in den einzelnen Brunnen, wie es Gebrauch ist, als gleichbedeutend mit der Oberfläche des Grundwassers angenommen, in der Wirklichkeit aber trifft der Brunnengraber in ähnlichen Bodenarten in geringerer Tiefe schon auf durchsenchtete Erde, und sammelt sich erst, nachdem er eine Strecke weit in immer feuchterem Boden fortgegraben, am Grunde seines Schachtes ein zusammenhängender Wasserspiegel. Eben diese obere, feuchte Zone des Bodens, welche eine scharfe Abgrenzung ihrer Breite nicht zuläßt, ist es aber, von welcher man anzunehmen hat, daß sie an vielen Puncten der ungarischen Niederung für den Pflanzenwuchs von Bedeutung ist. Sie nähert sich offenbar der Oberfläche des Bodens, so oft der Wasserspiegel in den Brunnen steigt, und entfernt sich von derselben, so oft er sinkt. Nach anhaltender Trockenheit und langem Mangel an Infiltration wird diese Feuchtigkeitszone tiefer liegen müssen. Es wird ihr Herabstinken aus früher erörterten Gründen wahrscheinlich zuerst, am längsten und am auffallendsten

von demjenigen Theile der Pflanzenbedeckung empfunden werden, welcher über den Scheitelpuncten des Grundwassers sich findet.

Die Oesterr. Revue hat in einer Reihe von eingehenden Aufsätzen die Ursachen der Dürre im ungarischen Tieflande besprochen und ist hiebei wiederholt auf den Einfluß des Grundwassers hingewiesen worden. So hat Prof. Peček*) ausbrüchlich das Vorkommen gewisser Däsen im trockenen Lande der Nähe des Grundwassers zugeschrieben und darauf aufmerksam gemacht, wie in verschiedenen Bodenarten durch den verschiedenen Grad der Capillarität das Grundwasser bald mehr, bald minder hoch gegen die Oberfläche gebracht wird. Eben so bespricht Prof. Hunfalvy**) das Grundwasser der Theiß und die schon von Marfigli beschriebene Grundfluth (földár), welche in einem zeitweiligen Aufsteigen des Grundwassers in Furchen der Oberfläche besteht. Thatsächliche Niveaubestimmungen desselben aus Ungarn könne ich jedoch nicht, und nur durch den Mangel desselben kann ich es mir erklären, daß man glauben konnte, daß Grundwasser durch eine weitere Strecke hin zuweilen aus dem Flusse landeinwärts sickert. Ein solcher Einfluß landeinwärts dürfte, wie das Ansteigen der Brunnenflände lehrt, niemals weit über das Einzugsgebiet des betreffenden Flusses reichen.

„Wenn“, sagt Babinet, ***) „schwache und arme Völkerschaften von einer meteorologischen Plage getroffen werden, beugen sie das Haupt, zählen sie ihre Verluste und stumpf ertragen sie die tyrannischen Fügungen der Natur, wie die Gesetze eines unwiderstehlichen Fatums. Nicht so ist es in einer mächtigen und stark organisirten Gesellschaft. Diese Landplagen sind für sie Warnungen. Sie untersucht die Ursachen des Uebels und bemüht sich, denselben zu begegnen.“

Zu diesen Studien wünschte ich gleichzeitig hiemit einen geringen Beitrag geliefert zu haben. Es mag aus demselben hervorgehen, daß äußerst geringe Senkungen der Oberfläche, welche in der weiten Niederung dem Auge vollkommen entgehen, einen viel höheren Grad von Fruchtbarkeit zeigen können, nicht etwa weil sich in ihnen Niederschläge sammeln, sondern weil hier die Oberfläche des Bodens der gleichförmig abdachenden Oberfläche des Grundwassers genähert ist, und daß jene Stellen, an welchen unterirdisch die Wässer sich theilen, wahrscheinlich am empfindlichsten von der Dürre betroffen werden.

*) Oesterr. Revue, 1864, II, 159, 157.

**) Oesterr. Revue, 1864, VII, 93.

***) Discours sur la sécheresse, les irrigations et les réboisements, prononcé à la séance annuelle des Cinq Académies, le 14 Août 1858.

