

Schwager, A. (1893): Hydrochemische Untersuchungen im Bereich des unteren bayerischen Donaugebietes. – Geogn. Jh., 6:67–105, 6 Tab.

## Hydrochemische Untersuchungen im Bereich des unteren bayerischen Donaugebietes.

Von

**Adolf Schwager.**

Die Stoffe, welche die natürlichen Wässer ausser den normalen Bestandtheilen, der chemischen Verbindung von zwei Raumtheilen Wasserstoff und einen Raumtheil Sauerstoff, führen, nennen wir ihren Gehalt.

In erster Linie sind unter diesem Gehalt die gelösten, mineralischen Stoffe zu verstehen, und es besteht kein Zweifel, dass ihre Herkunft fast ausschliesslich auf jene Erdmassen zu beziehen ist, die ein Wasser während seines Laufes berührt hat.

Es ist weiter bekannt, dass natürliches Wasser, ein und derselben Stelle entnommen, oft sehr wechselnden Gehalt aufweist, was bei der Voraussetzung, dass der Contact zwischen Wasser und durchzogener Erdschicht der gleiche geblieben sei, nur in Änderungen, die sich an das Wasser selbst knüpfen, liegen kann.

Diese finden wir, ausser in später näher zu kennzeichnenden Verhältnissen, unschwer in den wechselnden Mengen von Wasser, die sich in Thätigkeit gesetzt zeigen, und ferner in den, durch die Jahreszeit zumeist beeinflusst, schwankenden Temperaturen, unter welchen Wasser und Erde in Gegenwirkung gelangen.

Wollen wir daher den Gehalt des Wassers aus verschiedenen Erdschichten in den aussichtsvollsten Vergleich setzen, so sind wir genöthigt, die vorgenannten Hauptlösungsbedingungen in thunlichster Übereinstimmung zu wählen, d. h. wenn eine Reihe von Wasserproben zu untersuchen und zu vergleichen ist, diese möglichst gleichzeitig zu nehmen, und ferner zu einer Jahreszeit, in welcher die Vertheilung der Niederschläge die geringste Verschiedenheit aufweist, und dies wird nur in einer niederschlagsarmen Periode zutreffen.

Als, auf mein Ersuchen, mir von der Leitung der geologischen Abtheilung des königlichen Oberbergamtes der Auftrag wurde im Frühjahr 1892 die Wässer aus dem unteren bayerischen Donaugebiet zu untersuchen, war der besonders günstige Fall eingetreten, dass in dem ganzen in Betracht kommenden Zuflussgebiet durch anhaltend warme Witterung der Winterschnee entweder vollständig geschmolzen war, oder sich nur in den höheren und höchsten Lagen noch vorfand. Ferner war es mindestens vier Wochen vorher im ganzen Gebiet zu keinen nennenswerthen Niederschlägen gekommen, und endlich war



trotz des andauernd warmen, sonnigen Wetters, selbst in den geschütztesten Lagen, die Vegetation noch sehr wenig fortgeschritten; somit konnte auch dieses, gewiss keinesfalls zu vernachlässigende Moment auf den Gehalt der betreffenden Wässer nicht örtlich ändernd einwirken.

Der Hauptzweck des folgenden Berichtes soll nun sein, im Rahmen des oben genannten Flussgebietes die Beziehungen des mineralischen Gehaltes seiner Hauptwasseradern zu dem geologischen Aufbau ihrer Abstammungsgebiete und mithin seinen mineralischen und chemischen Bestand, zu verfolgen.

Das engere Beobachtungsfeld umfasst die Donau von der Naabmündung bei Regensburg bis zum Austritt aus Bayern. Da aber die Donau oberhalb der Naab ein wichtiges Glied der Beobachtungsreihe selbst bildet, sei bei Besprechung der, in den allgemeinsten Umrissen zu gebenden Übersicht über die orographische, geologische und hydrographische Gliederung, das gesammte Donaugebiet bis zur Landesgrenze in Betracht gezogen.

### **Begrenzung, Ausdehnung und Gliederung des Donaugebietes bis zur Landesgrenze.**

Ohne uns in Einzelheiten zu verlieren, kann hier nur der natürlichen Begrenzung durch Gebirgszüge gedacht werden. Anschliessend sind die Grenzflussgebiete genannt. Die Hauptflüsse derselben geben die generelle Abfallrichtung der umschliessenden Landestheile.

Die Grenzlinie unseres Gebietes fällt nur nach S. und NO. mit den Höhenrücken von Gebirgszügen, den Alpen und dem ostbayerischen Grenzgebirge zusammen. (Bemerkenswerth ist, dass die Hauptrichtung der Donau, bis zum Regensburger Knie, parallel den Alpen und von da an mit dem ostbayerischen Grenzgebirge gleich gerichtet verläuft, sonach von den grössten Erhebungen im Strombereich beeinflusst erscheint.) Der schwankende Verlauf der Wasserscheide in und an dem Jura Höhenzug lässt nur bedingt von einem nordwestlichen Abschluss durch dieses Gebirge sprechen.

Das Gebiet der oberen Donau wird in seiner ganzen westlichen und dem grössten Theil seiner nördlichen Ausdehnung von jenem des Rheines umspannt, dem sich in nordöstlicher Richtung das Gebiet der Elbe anschliesst; Ströme, deren Hauptabflussrichtung nach Norden gerichtet ist. Im Osten und einem Theil des Südens schliesst die Donau an das eigene untere Gebiet, das dem östlichen Binnenmeer, dem schwarzen Meer, tributär ist, und nur an schmaler Stelle des Südens treten Po und Etsch als Zuflüsse zum Mittelmeer an unser Gebiet heran.

Bis zur Landesgrenze hat die Donau von einer Fläche, die 76,904,7 km<sup>2</sup> umfasst, die abfliessenden Wasser gesammelt. Hiervon entfallen auf bayerische Gebietstheile 48,148 km<sup>2</sup> gleich 62,61 % des ganzen betrachteten Flusssystemes und 68,83 % des rechtsrheinischen Bayerns.

Mit Einschluss des kleinen Schwarzwald-Antheils sind es vier Gebirgszüge, welche die äussere Gestaltung des Gebietes beeinflussen. Das ist, im westlichen Ursprungstheil der Schwarzwald, mit der mittleren Höhe von 600 m über der Rheinebene\*) und einer in NO. gestellten Hauptrichtung.

\*) Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg von STEINMANN und GRAEFF, 1890.



Das folgende nördliche Ufer der Donau wird fast ausschliesslich vom grössten Theil der fränkisch-schwäbischen Juraplatte unter Beitritt kleiner Keuperflächen und anschliessend vom Westabfall des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges eingenommen. Erstere mit der Durchschnittshöhe von etwa 475 m über dem Meere und 175 m absoluter Höhe und der Hauptrichtung NO. zu NON., und letzteres mit der mittleren Höhe von 570 m über dem Meere\*) und nordwestlicher Hauptrichtung.

Das rechte oder Südufer der Donau gehört mit wenigen Ausnahmen dem Alpensystem an. Nur kleine Strecken, besonders im Beginn und am Ende des betrachteten Laufes, fallen den nordwärts gelegenen Gebirgszügen zu. So zu Beginn jener Theil der schwäbischen Juraplatte, der nach der Durchquerung zum rechten Ufer der Donau fällt, dann übergreifende Stücke des Jura bei Neuburg und Regensburg, ebenso der Urgebirgsthail der Passauerecke, dem böhmisch-bayerischen Grenzgebirge zugehörig.

Der Alpenantheil zerfällt wieder in die dem Hochgebirge nordwärts vorgelagerte Hochfläche mit einer mittleren relativen Höhe von 500 m, welche an der Donau selbst, im Durchschnitt, bis etwa auf 400 m fällt. Die mittlere absolute Höhe der Hochebene mag etwa 100 m betragen.

Endlich das Hochgebirge mit der Durchschnittshöhe von 1500 m über dem Meere und vorwiegend ostnordöstlich gerichteten Streichen.

Eine ungefähre Berechnung der Flächenantheile nach Gebirgszugehörigkeit ergab für das gedachte Donauebiet folgende Zahlen:

Schwarzwald . . . . .	0,7 %
Juragebirge . . . . .	19,8 „
Ostbayerisches Grenzgebirge . . . . .	12,5 „
Alpengebiet . . . . . 67 %	{ Alpenvorland . . 36,5 „
	{ Alpenhochgebirge . 30,5 „
	<hr/> 100,0

Wir sehen aus diesen Zahlen, dass die Hauptmasse des Abflussgebietes, der Fläche nach schon zu mehr als zwei Drittel nach dem Süden gelegen ist.

Bei Betrachtung der Höhenverhältnisse tritt diese herrschende Stellung des Hochgebirges und seines Vorlandes noch klarer hervor.

Der Tiefenpunkt des Gebietes liegt etwa bei 280 m über dem Meere und fällt nur wenig unter die mittlere Höhe des Continents von 290 m.

Berechnen wir aus den oben gegebenen Höhenangaben und den eben angeführten Flächen- das Massenverhältniss genannter Theile über dem gegebenen Tiefenpunkt, so kommen wir zu folgenden Zahlen:

Procentischer Massenanteil der Gebirgszüge und ihrer angegliederten Theile am Aufbau des Donauebietes bis zur Landesgrenze (vom Niveau des Endpunktes gerechnet):

\*) l. c. S. 41, l. c. S. 43.



Schwarzwald . . . . .	0,40 ‰
Juraplatte . . . . .	7,12 „
Ostbayerisches Grenzgebirge . . . . .	6,86 „
„Hochfläche“ . . . . .	15,20 „
Alpenhochgebirge . . . . .	70,42 „
	<hr/> 100,00

Diese Werthe lehren, dass die Masse der „Hochfläche“ jener der nördlich gelegenen Landstriche schon die Waage hält und weiter sprechen sie eindringlich von der erdrückenden Wucht des Alpenhochlandmassivs gegenüber den sonstigen Theilen der oberen Donau.

### Geologischer Bestand.

Wird mit der Geologie eines Theiles der Erdrinde der gesammte Werdegang seiner unorganischen Theile dargestellt, der Auf- und Abbau seiner Schichten bis zur gegenwärtigen Gestalt, dann ist verständlich, dass das heutige Oberflächenbild eines Landes, nämlich seine Orographie, vom geologischen Standpunkt aus als das Schlussergebniss der gesammten geologischen Vorgänge betrachtet, uns zugleich den Wechsel dieses Werdens nach Maass des Verbliebenen, in allgemeinsten Zügen den geologischen Bestand enthüllen muss.

Demgemäss sehen wir die im vorigen Abschnitt genannten Höhen und ihre organisch angegliederten Theile aus Gebilden einer ihrer Höhenlage oder gegenseitigen Stellung entsprechend gleichen Zeit zusammengesetzt, oder bei besonders wechselndem geologischen Aufbau diese innere Verschiedenheit auch durch das Äussere der Gestaltung zum Ausdruck gebracht.

Die äussersten und höchsten Theile des Donaugebietes bis zur Landesgrenze gehören mit Ausnahme des den Northwest-Abschluss bildenden Jura, dem Urgebirge an; Schwarzwald, ostbayerisches Grenzgebirge und die centralen und höchsten Theile der Alpen werden, soweit sie in unseren Betrachtungskreis fallen, vorherrschend von den ältesten Gesteinsarten, Gneiss und Granit aufgebaut, denen sich nur im Alpengebiet in fast ebenbürtiger Entwicklung jüngere Bildungen, die hier als Gesteine der Phyllitgruppe zu bezeichnen sind, hinzugesellen. Der Rest des Alpenhochgebirges, der wie ein schützender vielfacher Mantel, nach Aussen in sinkender Höhe sich um die inneren Theile schlägt, gehört in der Hauptmasse viel jüngeren Bildungen an, und zwar sind die triadischen Stufen zumal, und unter diesen der Keuper zumeist entwickelt. Der herrschenden Mineralbetheiligung (Kalk und Dolomit) entsprechend hat man diesen äusseren Randtheil der Alpen kurz Kalkalpen genannt. Der restliche äusserste Saum dieser Zone gegen die Hochebene hin fällt noch jüngeren Gebilden zu, unter welchen Kreide und älteres Tertiär hauptsächlich zu nennen sind.

Das Juragebirge, als nordwestlich abschliessender Höhenzug unseres Gebietes, gehört im Hauptstock dem Malm an. Das Dach bilden westlich wenig entwickelte jüngere, im Osten etwas stärker vortretende cretacische Bildungen von zumeist sandigem Charakter. Der Sockel wird aufgebaut durch Dogger- und Liasschichten, diese treten aber nur im nordwestlichen Theil des Gebirges zu Tage und finden sich spärlich in unserem Gebiete vor.



Die Grundmauern des Jura stehen in der obersten Trias, im Keuper, der ebenso in seinem bloß nordwestlichen und nordöstlichen Zutagetreten in schmalen Zungen hier in Betracht fällt.

Was die mineralische Zusammensetzung dieses Höhenzuges anbelangt, so wird sein Haupttheil, der Malm, fast nur von Kalk (und Dolomit) aufgebaut und auch stärker entwickelte Glieder der übrigen Schichtenreihen, mit Ausschluss des hier weniger in Betracht kommenden Keupers\*), führen Kalk entweder als Haupt- oder in den sie zusammensetzenden Mergeln als sehr bedeutenden Nebenbestandtheil, so dass wir hier fast noch mit mehr Recht als bei den vorgenannten Nebenzonen der Alpen von einem Kalkgebirge sprechen können.

Die sichtbaren Theile der Hochfläche gehören dem jüngeren Tertiär und dem Diluvium an. Ersteres, die Grundstufe, setzt sich hauptsächlich aus Geröllen, Sanden, sandigen Mergeln etc., zusammen, während die diluviale Decke in erster Linie aus wechselnden Gerölllagen besteht, denen sich untergeordnet feinere Schutt- und Fluthgebilde, wie Sand, mergeliger Thon und Lehm in schwankenden Mengen beigemischt zeigen, oder zu selbstständigen, mächtigeren Zwischen- und Auflagerungen anwachsen.

Zur Verbreitung dieser Erdmassen wäre zu bemerken, dass die tertiäre Grundlage am Fusse des Hochgebirges und dann gegen den Donaurand zu in wachsendem Maasse sich an der Zusammensetzung der zu Tage tretenden Schichten betheiligt, und weiter die diluvialen Massen in ihrer Gesamtheit am Gebirgsrand rasch zum Maximum der Mächtigkeit anschwellen, um gegen die Donaulinie hin in der Entwicklung stetig abzufallen.

Die petrographische Beschaffenheit der eben genannten geologischen Glieder lässt über ihre fast ausschliessliche Abstammung aus den Alpen keinen Zweifel und tragen insbesondere die diluvialen Gebilde den Stempel dieser Herkunft in unverkennbaren Zügen an sich; wie in gleicher Weise die Hauptvertretung von dolomitischen, dann kalkigen und Mergel-Gesteinen auf eine ähnliche Vertheilung dieser Gesteinsarten in dem Hauptabstammungsgebiete, in den Kalkalpen, hinweist.

Der procentische Flächenantheil der eben petrographisch gekennzeichneten Formationen wurde in folgenden Annäherungswerthen gefunden:

Urgebirge	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Schwarzwald} \dots\dots\dots 0,34 \\ \text{Ostbayerisches Grenzgebirge} \dots\dots 11,48 \\ \text{Centralalpen} \dots\dots\dots 11,40 \end{array} \right\}$	23,22 %
Alpenantheil von den ältesten paläolithischen Schichten bis einschliesslich dem älteren Tertiär		19,08 "
(Mit geringen Ausnahmen Bestandtheil der Kalkalpen)		
Jungtertiär und Diluvium (mit Einschluss der Alluvionen)		
der Hochfläche		36,34 "
Malm (mit Einschluss der östlichen Kreidedecke)		12,74 "
	Rest	8,62 "
		<hr/> 100,00 %

\*) Sind im fränkischen Keuper, besonders im oberen, selbständig entwickelte bedeutendere Kalk- oder Dolomitlagen kaum zu nennen, so ist dennoch der Kalkgehalt seiner Wässer, selbst nach Abzug des fast nie fehlenden Gypses, oft noch bedeutend höher als der aus reinen Kalkformationen. Die grosse Oberflächendarbietung der meist sehr durchlässigen Schichten, wie die feinvertheilte Kalkführung, mögen die Hauptgründe dieser daselbst hervorzuhelenden Erscheinung sein. A. a. O. S. 82.



Der zuletzt angeführte Rest setzt sich zusammen aus den nordöstlich unter dem Malm hervortretenden Dogger und Lias, den anschliessenden kleinen Keuperflächen die noch in unser Gebiet fallen, wie aus den zwischen Urgebirge und Malm liegenden kleinen Partien von Rothliegendem, Keuper, Kreide und Tertiär, und schliesslich jenem triadischen Mantelstück des Schwarzwaldes, das noch zum Donauebiet fällt.

## Die hydrographischen Verhältnisse.

Die lehrreichen Veröffentlichungen der obersten Baubehörde\*) setzen uns in Stand, an der Hand ihrer graphischen Darstellung und den gegebenen Zahlenbelegen, das Wesentliche und Wissenswerthe der Hydrographie unseres Gebietes in möglichster Kürze wiederzugeben.

Die im Folgenden angeführten Zahlen sind jenen Publicationen entnommen oder mit deren Hilfe berechnet.

### Niederschlagsmengen und deren Vertheilung.

Ein Blick auf die ombrometrische und hydrographische Karte genügt, um uns den nahen Zusammenhang von Oberflächengestaltung und Niederschlagsvertheilung erkennen zu lassen.

Der herrschenden Masse der Alpen fallen auch die höchsten Niederschlagszahlen zu, und dies trotz ihrem ostnordöstlich gerichteten Hauptstreichen, welches der vorwiegenden Windrichtung nur schwach gegengestellt erscheint.

Vom Fuss des Gebirges bis zur vordersten Kammhöhe steigen die Zahlen, welche die Höhe der jährlichen Niederschläge in mm angeben, in rascher Folge von 1100 bis nahe auf 2300, dem Maximum der Alpen, an. Die inneren Gebirgsteile zeigen, gegenüber der Windprallseite, sehr verringerte Werthe. Es bewegen sich z. B. die Niederschlagszahlen des oberen Innthales, soweit es dem Urgebirge zufällt, nur zwischen 700 bis 1500, wobei die oberen Grenzzahlen noch dazu nur für ganz kleine Strecken Geltung besitzen.

Auf der Hochfläche beträgt die Regenhöhe 600 bis 1100 mm. Die Regenlinien (Linien gleicher Niederschlagshöhe) erscheinen dem Alpenrand gleich gerichtet.

Von den nördlicheren Theilen der oberen Donau sind nur die Schwarzwaldtheile und das ostbayerische Grenzgebirge durch höhere Regenzahlen (900—1400) ausgezeichnet. Wir sehen diese Gebirgszüge nicht bloß durch die Höhenlagen, den geologischen Aufbau, nun auch durch die Niederschlagsmenge in nahe Beziehung zueinander gebracht. Als letztes Glied erscheint der Jurahöhenzug mit den geringsten Niederschlagszahlen von 600 bis 800. Diese wenig verschiedenen Werthe deuten nicht bloß auf ungetheilte, gleichwerthige Erhöhung, noch mehr, ihr Zusammenschluss zu Regenlinien, die den Jura umkreisen, zeigt in seinem Verlauf viel weniger Anlehnung an den umschlossenen Gebirgskörper, als viel-

\*) Ombrometrische und hydrographische Übersichtskarte des Königreichs Bayern (rechts des Rheins), 1885.

Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern, eine hydrographische Beschreibung der Hauptflussgebiete. München 1886.



mehr an die benachbarten grossen Höhenzüge. Ein Anklang an die nahen genetischen Beziehungen des Jura zu diesen und seiner nächsten Umgebung, seine wenig selbständige Stellung gegenüber denselben.

### Fliesswasservertheilung.

Flussgebiete	Flächen- Inhalt in km <sup>2</sup>	Mittlerer Jahres- Abfluss in m <sup>3</sup>	Procent. Antheil des Flussgebietes am oberen Donaugebiet,		Jährliche Nieder- schlags- höhe in mm	Abfluss- coefficient
			der Fläche nach	dem Ab- fluss nach		
Donau bis zur Iller . . . . .	5378,2	65,45	7,00	4,59	—	—
Iller . . . . .	2227,7	79,96	2,90	5,61	1529,06	0,742
Lech . . . . .	4328,3	119,60	5,62	8,39	1330,93	0,690
Isar . . . . .	9039,3	182,42	11,75	12,79	1183,75	0,538
Inn . . . . .	26045,2	686,36	33,86	48,15	1126,90	0,74
Altmühl . . . . .	3181,6	23,89	4,13	1,60	610	0,39
Naab . . . . .	5450,5	62,88	7,08	4,41	758	0,48
Regen . . . . .	2854,5	38,00	3,78	2,67	874	0,48
Ilz . . . . .	839,2	15,67	1,09	1,10	1227	0,48
Erlau . . . . .	217,5	3,50	0,28	0,25	1050	0,48
Rest . . . . .	17341,3	146,66	22,51	10,44	—	—
Donau bis zur Landesgrenze	76904,7	1425,39	100,00	100,00	1000,22	0,585

Um nur Einiges, was diese Zahlen besagen, in Worte zu fassen, sei folgendes hervorgehoben:

Dem Inn fällt ein Drittel von der ganzen Zuflussfläche der oberen Donau (wie wir das Gebiet derselben bis zum Austritt aus Bayern nennen wollen) zu. Sein Antheil am Abfluss steigt aber fast bis zur Hälfte der Gesamtmenge.

Inn, Isar, Lech und Iller, die Hauptabflüsse der Alpen, betheiligen sich mit 54,13 Flächen- und 74,94 Abflussprocent am betrachteten Donaugebiet. Es ist zu ersehen, dass sich die Abflussmengen sehr viel mehr dem Massen- als dem Flächenverhältniss der Zuflussgebiete anschliessen.

Setzen wir die Zuflussflächen = 1, so erhalten wir für die Wasserführung oben genannter Flüsse folgende Werthe: Iller 1,93; Lech 1,49; Inn 1,42; Isar 1,09; Ilz 1,01; Erlau 0,89; Regen 0,70, Donau vor der Iller 0,66; Naab 0,62; Altmühl 0,39; Rest 0,46. Diese Zahlen bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

### Untersuchungsgang.

Bei der Wahl der Probegefässe, ihrer Vorbereitung, Füllung u. s. f. wurde in der gleichen Weise verfahren, wie in der vorhergehenden Abhandlung über die Fichtelgebirgswässer des Näheren berichtet ist. \*)

\*) AD. SCHWAGER, Untersuchungen von Quell- und Flusswasser aus dem Fichtelgebirge etc. Geogn. Jahreshäfte, 1891.



Ehe wir aber an die eigentliche Untersuchung herantreten, sei der Wahl der Schöpfungspunkte und deren Bedeutung mit einigen Worten gedacht.

Der tiefste Ort der Entnahme von Wasser der Donau liegt 12 km unterhalb Passau, also nicht am eigentlichen Austritt aus Bayern, auf den sich die Angaben über Ausdehnung des Zuflussgebietes u. s. w. und später zu gebende Erläuterungen beziehen. Doch ist der weiter abwärts liegende Zufluss von so geringer Bedeutung, dass diese Berechnungen trotzdem noch ihre Geltung behalten.

Der Schöpfungspunkt im Inn liegt unter der Brücke an der Seilfähre in Passau, jener der Ilz unter der Brücke in Hals. Bei allen Nebenflüssen war mein Streben dahin gerichtet, den Schöpfungspunkt möglichst an den Hauptstrom heranzurücken, doch immer so, dass eine diesbezügliche Einflussnahme auf den Wassergehalt entschieden ausgeschlossen wurde.

Donauaufwärts liegen die weiteren Entnahmestellen der Wasserproben: knapp unter dem Kettensteg in Passau, bei Oberwinzer oberhalb Regensburg und endlich an der Seilfähre bei Prüfening.

Alle Proben sind der Oberflächenmitte der Flussläufe entnommen\*), eine Vorsicht die geboten erscheint, will man nicht Gefahr laufen bei der Untersuchung Ergebnisse zu erhalten, die dem Durchschnittsgehalt des Flusslaufes gar nicht entsprechen.

Dies gilt besonders für die Donau, welche in unserem Fall je rechts- und linksseitig aus geologisch völlig verschiedenen Gebieten Zuflüsse erhält. Aus dem Süden die wasserreichen Alpenflüsse, die ihrem hochgelegenen Ursprung und der Wasserführung gemäss rasch fliessende Gewässer sind, während die hier in Betracht gezogenen nördlichen Zuflüsse fast ausschliesslich dem ostbayerischen Urgebirge entstammen, somit aus verhältnissmässig kleinem Gebiet, mit viel getheiltem Abfluss. Ihr Gefälle, im Maximum schon nicht sehr bedeutend, sinkt zu Ende meist so stark, dass sie mit tragem Lauf münden.

Daher kommt es, dass die nördlichen Zuflüsse der Donau, einmal schon durch die überragende Masse des schnellfliessenden Hauptstromes, und vermehrt noch durch die Hochgebirgszuflüsse, zur Seite gedrängt werden, und erst nach langem Lauf mit dem Wasser des Hauptstromes sich inniger vermengen.\*\*\*) So ist bei Hochwasser das dunkle Wasser des Regens noch 25 km unter seiner Mündung in der Donau bei Wörth bemerkbar, und ähnlich kann man bei allen diesen dunkelgefärbten Zuflüssen aus dem böhmisch-bayerischen Grenzgebirge die Beobachtung machen, dass ihre Wassermassen sich nach erfolgter Mündung noch lange Zeit am Nordufer der Donau durch ihre Färbung als mehr oder weniger unvermischt erkennen lassen.

Diese Thatsachen sind sichtlich bei der Probenentnahme für die METZGER'sche Abhandlung: „Beiträge zur Kenntniss der hydrographischen Verhältnisse des

---

\*) Eigentlich wäre der sogen. „Stromstrich“, die Linie der grössten Geschwindigkeit, jene Stelle, an welcher man die innigste Mengung der Wassertheilchen annehmen müsste. Doch würde die Entnahme der Stromstrichproben sehr viel mehr Zeit und Vorbereitungen beansprucht haben.

\*\*) Auch ist anzunehmen, dass der Unterschied im specifischen Gewicht, bedingt durch den ungleichen Gehalt der aufeinander treffenden Wässer, ein Hinderniss ihrer raschen Mengung darstellt.



bayerischen Waldes. Inaug.-Dissert. Erlangen, 1892\* nicht genügend berücksichtigt worden.

Nur um einiges herauszugreifen: für die Donau oberhalb Regensburg ist die Rückstandszahl 0,2580 g, für jene unterhalb dieser Stadt mit 0,1000 g angegeben! Ebenso für die Donau oberhalb Passau 0,1122 und unterhalb 0,1440. Noch unzweifelhafter als aus diesem unnatürlichen Wechsel der Rückstände, erhellt die unrichtige Probeentnahme bei Vergleichung der Einzelbelege der betreffenden Analysen. Es ist erwiesen, dass die Differenzen dieser Angaben auf keinen Fall nur aus einer Zeitverschiedenheit, und mithin aus wechselnder Wasserführung der Flüsse, sondern nur in unrichtiger Wahl der Schöpfungspunkte und überdies, nicht angegebener Zeitverschiedenheit erklärt werden können.

### Feldbeobachtung.

Diese betrifft die Farbe, die Temperatur und die Menge des Wassers.

Der Sachlage entsprechend, könnten diese Wahrnehmungen bezüglich der Farbe nur flüchtige sein, sie fanden aber durch spätere Untersuchungen eine solche Ergänzung, dass es gestattet sei in kurzen Bemerkungen auf dieselben einzugehen.

Im scharfen Contrast zu den südlichen Zuflüssen und der Donau selbst, welche eine vorherrschend bald bläulich-grüne, bald mehr grünlich-blaue Färbung besitzen, welche nur durch die wechselnde Farbe der Sinkstoffe mehr oder minder verändert oder ganz ausgelöscht erscheint, steht, wie wir schon oben gesehen, die Farbe der nördlichen Zuflüsse.

Diese, fast ausschliesslich dem Urgebirge entstammend, zeigen alle die gelblich-braune Färbung von Wässern, die hervorragend reich an organischen Stoffen sind.

Ich hatte bei genannter Untersuchung der Fichtelgebirgswässer Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass besonders auffällig gefärbte Wässer auch eine reichliche Entwicklung von niederen Pflanzen zeigen und unter diesen besonders viel Diatomeen, und brachte diese Thatsache theilweise mit der wechselnden Farbe, dann den hohen Kieselgehalt der Wässer der archäolithischen Stufe mit diesem augenfälligen Wachsthum von Kieselpanzerpflanzen in ursächlichen Zusammenhang.

Nach der verzeichneten Farbenabstufung der von mir untersuchten Waldwässer ergab sich folgende aufsteigende Reihe: Naab, Regen, Erlau, Ilz und als das dunkelste, jenes des Rachelsees. Es ist auffällig, wie hier mit der Menge des Fliesswassers und Länge des Laufes die Farbe abschwächt, um bei nahezu ruhendem Wasser das fast unmittelbar von Quellen gebildet wird, am augenfälligsten zu werden.\*)

Die Beantwortung der Frage nach der Ursache der verschiedenen Färbung der natürlichen Wässer wurde in letzter Zeit durch die Abhandlung F. Boas\*\*)

\*) Es sei hier gleich die Analyse des Rachelseewassers angeschlossen, die an einer von mir am 14. September 1891 gesammelten, freilich nur 0,5 Liter betragenden Probe ausgeführt wurde. In 1000 g sind enthalten in  $\frac{1}{10}$  mg: 37 SiO<sub>2</sub>; 15 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8 CaO; 7 MgO; 16 K<sub>2</sub>O; 32 Na<sub>2</sub>O; 26 Cl; 36 SO<sub>3</sub>; 8 CO<sub>2</sub>; 113 Organisches und Wasser. Summe 300.

\*\*) F. Boas, Beiträge zur Erkenntniss der Farbe des Wassers. \*Inaug.-Dissert. Kiel 1881.



und nicht zum mindesten durch die beige-schlossene umfassende Sichtung der einschlägigen Literatur gefördert.

Hier wird darauf hingewiesen, dass schon H. DAVY als Erster die blaue Farbe des chemisch reinen Wassers erkannte, und die verschiedenen Abstufungen und Änderungen dieser Grundfarbe auf feinst vertheilt, suspendirte organische Materie zurückführte, welcher Ansicht sich spätere Forscher, unter welchen als die namhaftesten BUNSEN, BEETZ, WITTSTEIN zu nennen sind, ergänzend anschlossen.

F. SCHÜTT hat sich in neuester Zeit in seinem „Pflanzenleben der Hochsee“ im selben Sinne geäußert, und Peridineen und Diatomeen als die vorherrschende Ursache speciell der wechselnden Färbung der Meereswasser erklärt.

In dieser Ansicht der Abhängigkeit der Farbe der natürlichen Wässer, soweit sie nicht durch suspendirte, mineralische Bestandtheile beeinflusst erscheint\*), von der organischen Materie ihres Gehaltes, bin ich auch durch eine weitere Beobachtung bestärkt worden.

Alle untersuchten Alpenwässer, zu welchen in beschränktem Sinne, die Donau auch zu zählen ist, zeigen, von schwebenden Mineraltheilchen befreit, entschieden blaugrüne Farbe.

Wird ihr Abdampfrückstand mit sehr wenig Wasser behandelt, so geht alle organische Substanz mit nur wenig unorganischen Salzen erneut in Lösung. Diese besitzt aber immer eine ausgesprochene gelbe Färbung.

Was liegt nun näher, als anzunehmen, dass durch dieses Gelb das Blau des reinen Wassers bald in Blaugrün oder ausgesprochenes Grün umgewandelt wird? Das physikalische und chemische Verhalten des organischen Gehaltes der Wässer, welche möglichst von allen schwebenden Theilen befreit sind, lässt schliessen, dass wir es hier nicht so sehr mit organisirten Körpern zu thun haben, als mit rein chemischen Verbindungen.

Wir schliessen hieraus, dass die niedere Pflanzenwelt wohl zum guten Theil der mittelbare Grund der Färbung der natürlichen Wässer ist, der unmittelbare aber dem gefärbten Zellplasma derselben zufällt, welches nach dem Absterben der einzelnen Zellen vom Wasser in Lösung geführt wird und die ursprünglich sekundäre nun zur primären Färbung gestaltet.

Nur so können wir uns die leichte Wasserlöslichkeit dieses färbenden Prinzipes erklären, wie auch dass scheinbar mit nichts Organischem in Berührung getretene Quellwässer sich als gefärbt erweisen.

Dem verschiedenen Gefälle zumeist entsprechend führen die Alpenflüsse wechselnde Mengen schwebender Mineraltheile. Am stärksten erscheinen in der Beobachtungszeit die Farbe des Inn an der Schöpfstelle von diesem schwebenden Gehalt verändert.\*\*\*) Schmutzig hellröthlich-grau schießen seine Wogen zu Thal.

Die Isar führt in derselben Zeit gar viel weniger Sinkstoffe, doch ist ihre ursprünglich bläulich-grüne Farbe ganz verdeckt von den vorherrschend licht-

\*) VON GÜMBEL, Geologie von Bayern. II. S. 264. Siehe auch: Unters. v. Quell- u. Flusswasser. S. 40.

\*\*) Zur Zeit der Probeentnahme führte die Donau unterhalb Passau 0,0408 g, der Inn in Passau 0,0709 g, die Donau in Passau 0,0165, dieselbe oberhalb Regensburg 0,0125 und bei Prüfening kaum nennenswerthe Mengen schwebender Stoffe im Liter Wasser. Ihre Zusammensetzung siehe Anal. Tabelle II.



röthlich-braunen Schlammtheilchen. Die Wellen welche die Donau oberhalb Passau zu Thale wälzt, lassen schon durch das Gelbbraun ihrer Schlammtheile das ursprüngliche Blaugrün hervorschimmern und je weiter wir Donau aufwärts wandern — mit Ausnahme der Mündungsstellen der Alpenzuflüsse —, umso sieghafter bricht dieser blinkende Farbenton aus dem Wasser hervor. Oberhalb Regensburg zeigt sich das Wasser der Donau nur mehr leicht getrübt. \*)

Zu gleicher Zeit lassen die Waldflüsse fast keine, oder verschwindend geringe Mengen schwebender Theile erkennen, und ihre dunkeln Wässer heben sich umso wirkungsvoller von den hellen Farbentönen der Alpenflüsse ab.

### Die Wassermengen.

Die zeitlich und örtlich genaue Bestimmung dieses in der Wasserstatistik so wichtigen Factors, besonders an grösseren Wasserläufen, ist von je, selbst dem geschulten Techniker als eine schwierige Aufgabe erschienen, und so muss es doppelt freudig empfunden werden, dass von berufenster Stelle für die Hauptflüsse Bayerns ziffermässige Angaben vorliegen, die sich auf jahrelang fortgeführte Ermittlungen stützen. \*\*)

Im Rückschluss an die Feldbeobachtung konnte dergestalt für die einzelnen Probestellen der zeitige Abfluss mit erwünschter Genauigkeit aus den vorliegenden Daten entnommen oder berechnet werden.

Wie der Pegelstand des Inn in Passau genau „Mittlerer Wasserstand“ angezeigt hatte, so ergaben andere Ablesungen, von diesem Stand wenig abweichende Wasserhöhen, und auch Berechnungen an den sonstigen Probestellen, mit Hülfe der eben genannten Angaben oder aus eigenen Messungen, Zahlen die dem mittleren Wasserstand der betreffenden Stelle entsprechen mochten.

Die wenig bedeutenden thatsächlichen Abweichungen von dieser Annahme nehmen den weiter unten zu gebenden Berechnungen kaum ihren Werth.

Es sind somit für alle Punkte, die hier angeführt sind, die amtlichen Zahlen für „mittleren Wasserstand“ eingesetzt, oder aus solchen berechnet worden.

Dieser „mittlere Wasserstand“ entspricht „dem arithmetischen Durchschnitt der Jahresabflüsse nach langjähriger Beobachtung“.

### Die Temperatur

der Fliesswasser stellt sich dar als Product jener der umgebenden Luft und des Bodens. Quellwässer, die eben dem Schoosse der Erde entsprungen, zeigen somit meist annähernd die mittlere Jahrestemperatur des Ursprungortes, d. h. Bodentemperatur. Je länger diese Abflüsse als Tagwässer der herrschenden Lufttemperatur ausgesetzt sind, werden sie von dieser beeinflusst erscheinen und dies am meisten, wenn reichliche Niederschläge als Oberflächenwasser mit ausgesprochener Lufttemperatur in sie gelangen.

\*) Ein Zeichen, dass die Sinkstoffe der aufwärts einmündenden Alpenflüsse Lech und Iller bis hierher grösstentheils zum Fallen gebracht sind oder die Schneeschmelze in diesem Hochgebirgsthail eine geringe war.

\*\*) Siehe „Die hydrographischen Verhältnisse“ S. 72.



Wie oben erwähnt ist, war der Beobachtungszeit eine mehrwöchige niederschlagslose Periode vorangegangen und doch konnten, genährt von der Winterfeuchtigkeit, die Abflussmengen als mittlere angesehen werden.

Wir werden daher die Beobachtungszeit mit Recht als jene betrachten dürfen, in welcher das Maximum des Untergrundabflusses stattfand, d. h. die Flüsse fast reines Quellwasser führten.

Demgemäss sehen wir die gefundenen Zahlen sich in sehr engen Grenzen bewegen und hauptsächlich von der Grösse und Ausdehnung, dann der Durchschnittsbodenwärme des Abflussgebietes und endlich dem Gefälle der Flüsse zumeist beeinflusst.

Wenn die Zahl  $9,8^{\circ}\text{C.}$  der untersten Donau ausgeschlossen wird, da entsprechend dem Rückgang von der Tagestemperatur der Vortage mit 14 auf  $7,7^{\circ}\text{C.}$ , auch jene des Wassers an gedachter Flussstrecke erfolgt sein muss, so verbleiben Werthe die zwischen  $10,0^{\circ}$  und  $11,8^{\circ}\text{C.}$  liegen.

Das kälteste Wasser zeigt der Inn. Sein Abflussgebiet ist das höchst gelegene, seine Wassermassen sind der ihm begegnenden Donau fast gleich, die Geschwindigkeit, entsprechend dem Gefälle, die grösste unter den betrachteten Flüssen.

Das nächst wärmere Wasser führt die Donau oberhalb der Naab. Die grosse Wassermenge bedingt keine derselben entsprechende Temperaturerhöhung, da der Hauptzufluss aus den erhöhten, somit kälteren Alpen stammt. Es folgen: die Ilz mit  $10,3^{\circ}\text{C.}$ , die Naab mit  $10,7^{\circ}$ , Regen mit  $11,2^{\circ}\text{C.}$  Wasserwärme.

Der Regen als wärmster der genannten drei Waldflüsse zeigt im Unterlauf das kleinste Gefälle ( $0,046\text{‰}^*$ ), die kältere Naab besitzt im Unterlauf das Gefälle  $0,26\text{‰}$ , und als kältester Wasserlauf erscheint die Ilz mit dem stärksten Gefälle von  $0,51\text{‰}$  im Unterlauf.

Als wärmste Glieder der Gesamtreihe schliessen: die Donau in Passau und die Erlau. Die Donau hat normal von oben nach unten mit der Stromlänge anwachsend  $10,2$ ,  $11,0$  und  $11,5^{\circ}\text{C.}$  gezeigt.

Dass die Erlau als kleines Waldflüsschen die höchste Temperatur aufweist, mag in der öfteren künstlichen Stauung an ihrem Unterlauf, und der nach N. und W. geschützten Lage ihres Hauptlaufes gelegen sein.

### Die chemische Untersuchung.

Die Bemerkungen die ich in Bezug auf den Gang der Analyse, Einzelbestimmungen, Ermittlung der Constitution unter dieser Aufschrift der Bearbeitung der Fichtelgebirgswässer angeschlossen hatte, behalten hier ihre Gültigkeit und allenfallsige Änderungen oder Erweiterungen der Untersuchungsart sollen an geeigneter Stelle kurz Erwähnung finden.

Ehe wir die Einzelbestimmungen der unten angefügten Analysentabelle I einer vergleichenden Durchsicht unterziehen, wird es zweckdienlich erscheinen, die allgemeinen, natürlichen Lösungsbedingungen unter welchen Wasser und Boden in Wechselwirkung zu stehen kommen, in ihren Grundzügen flüchtig zu betrachten.

\*) Siehe GÜMBEL, a. a. O. S. 48—52.



## [ Allgemeine Lösungsbedingungen der natürlichen Wässer.

Das Wasser. Als ersten Factor bei der Lösungsarbeit einer Flüssigkeit müssen wir das Verhältniss ihrer Menge zu jener des Lösungskörpers ansehen. Bei einem Übermaass derselben gegenüber der zu lösenden Substanz wird leicht eine Grenze zu denken sein, über welche hinaus das absolute Maass des Gelösten, in einer gegebenen Zeit, sich gleich bleibt.

Bei der Einwirkung der Meteorwässer auf die Erdschichten, in welchem Fall meist verhältnissmässig wenig Wasser zu grossen Erdmassen in Beziehung tritt, ist anzunehmen, dass mit steigender Menge stets auch steigende Wirkung gepaart auftritt.

Als Beweis für die summarisch höhere Wirkung grösserer Wassermengen kann gelten, dass die Verschiebung der Zahlen für die Fliesswasserrückstände bei Nieder- und Hochwasser sich in viel engeren Grenzen vollzieht, als jene der entsprechenden Wassermassen.

Nach eigenen Beobachtungen beträgt der Isarrückstand nächst München bei kleinstem Niederwasser etwa 2400, dem bei Hochwasser im äussersten Fall 1800  $\frac{1}{10}$  mg im Liter gegenüberstehen. Das Verhältniss der führenden Wassermengen ist aber 1:30 und darüber. Die Lösungsabfuhr der Isar bei Nieder- und Hochwasser verhält sich daher wie 1:22 und mehr.

Ein weiteres wichtiges Moment, unter welchem Flüssigkeit und Körper aufeinander wirken, bildet die Temperatur.

Wird die Wärme als Molekularbewegung gedeutet, so muss die steigende lebendige Kraft derselben bei erhöhter Wärme für feste Körper eine erhöhte Löslichkeit, bei Flüssigkeiten aber eine vermehrte Lösungsfähigkeit zur Folge haben.

Liefert uns das tägliche Leben auch hunderte für ein Beispiel zur Geltung dieses Satzes, so sei nicht unerwähnt, dass es, wenn auch meist bei weiter auseinander liegenden Temperaturen, manche Ausnahme hierfür giebt. Ich erinnere nur an das bekannte Verhalten des Gypses.

In den engen Grenzen der natürlichen, gewöhnlichen Wärmeverschiebung in unserem gegebenen Fall (in welchen Wärmegrenzen auch der Gyps noch eine steigende Löslichkeit aufweist) werden die Ausnahmen jedenfalls sehr beschränkt sein.

Als Wärmequellen sind, kurz gefasst, nur drei zu nennen. Die Sonnen-, die Erdwärme und jegliche aus Körperbewegung entstandene Molekularbewegung, d. h. entwickelte Wärme, im weitesten Sinne des Wortes, die Bewegungswärme.

Als Beispiele für die Wirkung der Wärme von verschiedener Herkunft können folgende gelten:

Die Verwitterung der Gesteine, in der Hauptsache unter Vermittelung des Wassers sich abspielende Vorgänge, ist in den Tropen die stärkste.

Die Mineralquellen, erwiesenermaassen aus grösserer Erdtiefe stammend, in welchen steigende Temperaturen herrschen, zeichnen sich durch grösseren Gehalt vor den Wässern der obersten Erdkruste aus.

Die vorangeführte Thatsache der so viel grösseren Lösungsarbeit der Hochwässer gegenüber dem Niederwasser, wo sonach Leistung und Zeit in geraden Gegensatz zu stehen kommen, wird nicht allein als Massen- oder



Mengenwirkung aufzufassen sein, sondern es ist anzunehmen, dass die höhere Temperatur hier auch ein gut Theil Arbeit mitgethan, entweder als gegen die Erdoberfläche wirksame Sonnenwärme oder als in Wärme umgesetzte Bewegung; denn es ist bekannt, dass stark bewegte Flüssigkeiten vielfach lösender wirken, als wenig bewegte oder ruhende, welche Erscheinung des Weiteren doch nur durch gedachte Umsetzung leicht erklärt werden kann.

Wenn wir die Gesamtwirkung einer Wärmeverschiebung auf die Lösungskraft des Wassers in's Auge fassen, so werden auch jene Factoren die gegen eine Änderung des bestehenden Zustandes wirksam sind, nicht ausser Acht zu lassen sein, das ist die specifische Wärme.

Ist die specifische Wärme der Bodenschichten im Allgemeinen fünfmal geringer als die des Wassers und diese letztere mit Ausnahme des Wasserstoffs überhaupt die grösste, so lässt sich schon aus diesem Hinweis die im Einzelnen noch eingehendere Bedeutung dieser Verhältnisse für unsere Frage leicht ermessen.

Ein summarischer Ausdruck der klimatischen, d. h. speciell Wärmeerscheinungen eines Erdpunktes, liegt ausgesprochen in der mittleren Jahrestemperatur, welche mit der mittleren Bodentemperatur tieferer Erdschichten und der Durchschnittswärme der in dieser Beziehung constantesten Quellen eines bestimmten Gebietes nahe zusammenfällt.

Der innige Zusammenhang dieser Werthe legt uns die Bedeutung der Temperaturbestimmungen bei vergleichender Untersuchung von Quell- oder Flusswasser nahe.

Da wechselnder Druck nicht bloß auf die einfache Wasserlöslichkeit eines Körpers verändernd wirkt, sondern die Aufnahmefähigkeit des Wassers an Gasen, zumal der Kohlensäure im directen Verhältniss zu diesem steht, wird auch dieser Factor gebührend in Rechnung zu setzen sein. Als Druck-Abarten kommen in Betracht: der atmosphärische Druck, der Druck überstehender, zusammenhängender Wassermassen. Attraktion, innere Reibung, Oberflächenspannung etc. fallen im Grunde genommen ebenfalls unter die Druckerscheinungen, wenn auch ihre Wirkung im Einzelnen schwer nachweisbar sein wird.

Die Rückstandszunahme von Quell- und Fliesswasser in petrographisch wenig verschiedenen Zuflussgebieten nach, der Oberfläche folgend, tieferen Lagen, trifft nicht bloß mit der durch Verdunstung, Aufsaugung, chemische Bindung u. s. w. gegen den Niederschlag verminderten Abflussmenge, längeren Wirkung und der höheren Temperatur zusammen; sondern es haben hier die mit der Tiefe zunehmenden Pressungen oben erwähnter Art gewiss ihr gut Theil an der berührten grösseren Arbeitsleistung des Wassers.

Für die Lösungsfähigkeit des Wassers erscheint ferner sein „sonstiger Gehalt“ sehr bedeutsam.

Als Erstlingsform der bewegten, natürlichen Wässer sei der Gehalt der Niederschläge zunächst in Betracht gezogen.

Mit Ausnahme von feinsten Staubtheilchen, sowohl mineralischer, wie organischer Abkunft, von flüchtigen chemischen Verbindungen, als welche in erster Linie Salpetersäure, Ammoniak, Schwefel- und Salzsäure zu gelten haben, begegnen wir in dem Niederschlagswasser den Gasen der Luft: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure.



Der indifferente Stickstoff fällt fast ganz ausser Betracht, aber schon der Sauerstoff, zwar nicht selbst lösend, aber leicht zu neuen chemischen Verbindungen geneigt, fördert durch diese chemischen Wandelungen die Lösungskraft des Wassers bedeutend, was endlich von der Kohlensäure ganz besonders gilt.

Die grosse chemische Verwandtschaft der Kohlensäure, zumal gegenüber den alkalischen Erden und den Alkalien, befähigt ihre wässerige Lösung jene Stoffe rasch in Verbindungen von grösserer Wasserlöslichkeit überzuführen. Da wenigstens einer der genannten Stoffe selten einem erdbildenden Minerale fehlt, und die erhöhte Wirkung des kohlensäurehaltigen Wassers sich nicht bloss auf Kalk, Magnesia, Alkalien als Hauptbestandtheile führende Erdmassen beschränkt, sondern diese Stoffe oft auch aus innigeren Gemengen, und selbst bei geringem Gehalt auslaugt und mit diesem Vorgang zugleich das ganze chemische wie mechanische Gefüge der angegriffenen Mineralsubstanz gelockert erscheint, so wird es klar, dass der Kohlensäuregehalt der Wässer deren Wirkungskraft fast auf alle Gesteinsarten in ganz bedeutendem Maasse erhöht.

Die häufige Eisenockerfärbung der obersten und durchlässigsten Erdschichten zeigt uns nicht bloss dadurch die Wanderung und Wandlung des Eisens im Gefolge des einsickernden Meteorwassers, sie giebt auch Zeugniß von der mächtig verändernden Wirkung des das Wasser begleitenden Sauerstoffs.

Die Arbeitsleistung der kohlensäurehaltigen Wässer wird uns in dem reichen mineralischen Gehalt der Sauerlinge und in den oft so mächtigen Kalktuffablagerungen vor Augen geführt. Die Voraussetzung zur Bildung der letzteren liegt in dem Kohlensäuregehalt ihrer Mutterwässer, die jene Kalkmassen in Lösung brachten, um durch irgendwie bewirkten Verlust der lösenden Kohlensäure, dieselben wieder zum Absatz zu bringen.

Von weiterem Einfluss auf die Lösungskraft des Niederschlagwassers muss sein Gehalt an den angeführten, flüchtigen, chemischen Verbindungen sein, welchen wir kurz als zufälligen Gehalt bezeichnen wollen.

Als ungesättigte Salzbilder, oder der Umsetzung geneigte chemische Complexe, ist ihre leichte Einwirkung auf die Erdstoffe eine verständliche.

Die Abwässer grösserer Culturstätten weisen diesen zufälligen Gehalt nebst seinen Abkömmlingen in besonders reichem Maasse auf.

Es wäre noch zu untersuchen, welchen Einfluss der schon aufgenommene, mineralische Gehalt der natürlichen Wässer auf das weitere Lösungsvermögen derselben auszuüben im Stande ist.

Diese, vorzüglich für erdinnere Vorgänge, Mineral-Um- und Neubildung, hochwichtige Frage auch nur in aller Kürze hier zu besprechen, fehlt der Raum. Es wird sich später Gelegenheit bieten, im Rahmen vorliegender Arbeit, einen oder den andern Punkt näher zu berühren.

Noch sei der möglichen Beimengung organischer, belebter, wie unbelebter Stoffe im Wasser gedacht. Ihre Gegenwart macht sich nicht nur einerseits im Kohlensäurebedarf, andererseits durch Kohlensäurebildung und -Abscheidung bemerkbar, ihr Einfluss auf den Gehalt der Wässer wird weiter auch durch Mineralstoffaufnahme und -Abgabe bethätigt (Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse zum Theil).



### Abhängigkeit der Lösungsarbeit von der Beschaffenheit der zu lösenden Substanz.

Diese ist einmal in der chemischen Zusammensetzung, das andere mal in ihrem physikalischen Zustand gegeben.

Die eingehendere Verfolgung der Stoffwanderung im Erdinnern lässt uns erkennen, dass es kaum Gesteinselemente, noch weniger Gemenge derselben giebt, welche nicht durch das Wasser selbst, oder unter Beihülfe der schon von ihm aufgenommenen Stoffe, Veränderungen erfahren würden.

Diese Veränderungen bestehen in Stoffverlust durch directe Lösung, Umsetzung zu neuen, im ersteren Sinne gekennzeichneten Verbindungen, oder Zersetzung und folgender Lösung.

Der Verlauf all dieser Processe fusst auf dem Chemismus des betroffenen Körpers, in herrschendem Maasse auf seiner elementaren Zusammensetzung, und weiter in der besonderen atomistischen Verkettung dieser Grundstoffe.

Für weitere Strecken der Erde lehrt uns die Geologie nicht blos den Wechsel der Gesteine in ihren grossen Verbänden, den Stufen und Schichten, Stöcken und Gängen kennen; indem sie uns die Einzelglieder, die Mineralien nennt, welche die Gesteine bilden, führt sie uns zugleich ihre innerste Wesenheit, den chemischen Aufbau vor Augen.

Neben dem chemischen Bestand ist die physikalische Beschaffenheit eines Körpers von grossem Einfluss auf seine Löslichkeit.

Ohne näher auf die nach Gestalt (ob krystallinisch oder amorph), noch der Ursache nach geschiedene Aggregation (chemische oder mechanische) auf Härte, Festigkeit etc. einzugehen, so wichtig sich diese im Einzelnen für die Lösungsfrage gestalten, sei des körperlichen Zustandes nur so weit gedacht, als er sich in wechselnder Flächendarbietung ausspricht.

Je grösser die Angriffsfläche ist, die ein Körper der Einwirkung darbietet, d. h. in je kleinere Theile er getrennt erscheint, desto weitere Wege stehen dem Eindringen einer Flüssigkeit offen, umso leichter wird er der unter den gegebenen Umständen möglichen Lösung verfallen.\*)

Bei den Erdschichten kann diese Angriffsfläche eine ursprüngliche, bei Bildung derselben gegebene sein (Mineral-, Trümmer-Aggregation) oder sie erscheint durch die Einwirkung der Atmosphärien (Verwitterung), durch fliessendes Wasser verändert (Auswaschungen u. s. w.). Sie wird erweitert durch die lösende Kraft des Wassers (Auslaugung) oder es liegen ihr Bewegungsvorgänge zu Grunde (Schieferung, Sprünge, Klüfte etc.).

Neben diesen geologischen Ursachen ist es die organische Welt, welche, wenigstens in den ihr zugänglichen Oberflächenschichten, diese Angriffsfläche mächtig zu verändern, die Kraft besitzt.

Die, für grössere Erdmassen schwer zu ermittelnde Wasserfassung (das Maximum der Wasseraufnahmefähigkeit) oder, im beschränkterem Maasse, die

---

\*) Es ist wohl zu beachten, dass nicht jede Möglichkeit der Lösung auch zur Abfuhr durch die Fliesswässer führt, wie wir des weiteren an einigen Beispielen ersehen werden.



Bestimmung der Untergrundabflussmengen eines gegebenen Gebietes, lassen noch am besten diese physikalischen Verhältnisse im Allgemeinen beurtheilen.

Von ausschlaggebender Bedeutung für jede Arbeitsleistung, so auch für unsere, gilt die Zeit der Kraftäusserung.

Ist die Menge des zur Wirkung gelangenden Wassers durch die Niederschlagshöhe gegeben, so gewahren wir zunächst, dass die zeitliche Vertheilung der Niederschläge schon von grösstem Einfluss auf ihre Lösungswirkung sein, und zwar der gleichen Vertheilung die grösste Wirksamkeit zukommen muss.

Die zunächst getroffenen Oberflächenschichten nehmen, je nach Fassungsvermögen, einen Theil des Niederschlagwassers auf, ein Theil wird oberflächlich abzufließen streben.

Die Wasserfassung der getroffenen Schicht, wie die Neigung ihrer Oberfläche zum Horizont geben die ersten Bedingungen für die längere oder kürzere Einwirkung dieser Wässer.

Sahen wir mit der Wasserfassung einer Schicht das Maximum der wirksamen Sickerwasser gegeben, so wird die hier nur in Betracht fallende Abflussmenge schon vom ersten Eindringen in den Untergrund an durch die Verdunstung und capillare Aufsaugung der Schichten beeinflusst. Wir sehen somit einen Theil des Wassers in seiner Wirkung zeitig beschränkt; dies im Ganzen um so mehr, je langsamer das Wasser sich zur Tiefe bewegt, d. h. je geschlossener seine Mineraltheile erscheinen, je geringer und gleichvertheilter die Wasserfassung der leitenden Schicht ist.

Ist in der Folge nur mehr von der Bewegungsart des Untergrundwassers die Rede, so erscheint es verständlich, dass mit dieser auch die Zeit der Einwirkung gegeben ist.

Das Bewegungsmaximum des absinkenden Wassers ist bei gleichem Widerstand lothrecht, nach der Schwerkraft, bei örtlich vermindertem Widerstand, nach diesem gerichtet und bei erhöhtem Widerstand tritt eine Stauung des Wassers ein.

Die am Erdbau vorwaltend beteiligten Absatz- oder Schichtgesteine zeigen nach der Schichtfläche meist die geringste Widerstandsfähigkeit gegen Kraftwirkung, d. h. vermindert enge Aneinanderlagerung der Gemengtheile, demgemäss sehen wir die in ihnen bewegten Wässer meist dieser Richtung folgen.

Bei der so selten normalen Lage der Schichten ist daher die Grösse ihrer Neigung zum Horizont vom wesentlichen Einfluss auf die Beweglichkeit der circulirenden Wässer.

Folgt auf eine Schicht mit grosser Wasserfassung eine solche mit geringer, so sahen wir eine Stauung des absinkenden Wassers eintreten, welche unter Umständen zu grösseren Wasseransammlungen führt; die Bewegung wird eine gehemmte, sie kommt zum Stillstand, oder seitlicher Abfluss und endlicher Austritt führt zur Quellbildung: die Lösungsarbeit in der Teufe ist beendet.



15./4. 1892	Donau 12 km unterhalb Passau. 283 m.	(Bis z. Austritt d. Reich) Urgebirge . . . 23,22 % Kalkalpen . . . 19,08 Hochfläche . . . 36,34 Malm . . . 12,74 Rest . . . 8,62	1425,39	9,8	1835	39	8	Sp.	1	—	630	186	29	44	40	155	Sp.	626	57	1	19
					99,94	2,12	0,44	—	0,05	—	34,33	10,13	1,57	2,39	2,17	8,44	—	34,11	3,11	0,05	1,03



**Der chemische Befund. \*)****Vertheilung der Einzelbestandtheile.**

**Kieselsäure.** Im absoluten Gehalt ergibt sich folgende absteigende Reihe:

Erlau 105 \*\*); Ilz 82; Regen 63; Donau oberhalb Regensburg 48; Inn 46; Donau unterhalb Passau 39; Donau in Passau 39; Naab 35; Donau vor der Naab 33; Isar 28.

Den grössten Gehalt an Kieselsäure bieten die Wässer aus dem Urgebirge auf, also jene, die aus Gebieten mit fast ausschliesslichem Silikatbestand stammen. Der kleinste Gehalt findet sich in der Isar und der Donau vor der Naab, Flussläufe deren Gebiete die geringste Betheiligung von Silikatgemengtheilen in ihren geologischen Gliedern aufweisen.

Der relative Gehalt an  $\text{SiO}_2$  in den verschiedenen Wasserrückständen bewegt sich fast genau in der gleichen Folge wie der obengenannte, und beträgt im kieselsäurereichsten Rückstand des Ilzwassers 27,34 % um in jenem der Isar bis auf 1,37 % zu sinken.

**Thonerde.** Es folgen im absoluten Gehalt derselben: Erlau 34; Regen 21; Ilz 20; Isar 20; Donau vor der Naab 16; Naab 9; Donau oberhalb Regensburg 9; Donau in Passau 9; Donau unterhalb Passau 8; Inn 7.

Im Ganzen folgt die  $\text{Al}_2\text{O}_3$  der Vertheilung der  $\text{SiO}_2$ .

Weist dieser Gleichlauf auf verwandte Abstammung zurück, so wird aber in seinem schwankenden Verlauf zugleich angedeutet, dass die anfänglich im Quellwasser innigere chemische Verkettung \*\*\*) nun meist gelöst und beide Stoffe neuen Einflüssen gegenüber sich, weil getrennt, verschieden verhalten.

Es ist zu vermuthen, dass die Kieselsäure leicht die Beute von Organismen des offenen Fliesswassers wird, die ihrer zum Aufbau bedürfen, und hiermit ihr Gehalt in den grossen Wasserläufen stetig abnimmt, während bei der Thonerde, als dem organischen Leben gegenüber mehr indifferentem Stoff, und ihrem sinkenden Gehalt vielleicht mehr auf mechanische Kräfte, Sedimentation, zu denken wäre. †)

**Titansäure.** Zu ihrem Nachweis sei folgendes bemerkt: Die möglichst eingeeengte (0,01—0,02  $\text{cm}^3$ ) schwefelsaure Lösung des von Kieselsäure befreiten Ammoniakniederschlags, giebt Gelegenheit mittels Wasserstoffsperoxyd auf Titansäure zu prüfen.

\*) Das Untersuchungsquantum betrug für jedes Objekt **1,5 Liter**. Die Untersuchungen wurden im chemischen Laboratorium der geognostischen Landesuntersuchung ausgeführt.

\*\*) Diese Zahlen geben den betreffenden Gehalt von 1000 g Wasser in  $\frac{1}{10}$  mg an.

\*\*\*) Die Wässer der Ilz und Erlau zeigen einen Überschuss von Alkali, dessen Bindung nur an  $\text{CO}_2$  oder  $\text{SiO}_2$  gedacht werden kann. Die Reaction dieser Wässer schliesst aber grössere Mengen erstgenannter Art aus. Es verbleibt daher nur die Annahme der Kieselsäurebindung, welche wir an den Fichtelgebirgswässern ebenso gegen den Ursprung zu in wachsendem Maasse nachweisen konnten.

†) Der frei gelöste oder doch nur locker an Kieselsäure gebundene Thonerdegehalt der Wässer, der in keinem Fall gänzlich fehlt und besonders in den Quellwässern des Urgebirges zu bedeutenden Mengen anschwillt, mahnt an die kaum geschlossene, aber wohl überflüssige Controverse, ob die geringen Thonerdemengen, die bei Gebrauch von Aluminiumgegenständen dem menschlichen Organismus möglicherweise zugeführt werden, schädlich wirken könnten.



Zeigt sich die Lösung, aufgesogen in einem etwa 1 mm weiten Glasfaden im durchfallenden Lichte ursprünglich gefärbt, so erzielt man durch Erhitzen mit einem Stäubchen übermangansaurem Kali leicht eine völlig farblose Flüssigkeitssäule, in welcher die geringste Neufärbung deutlich wahrgenommen werden kann.

Auf diese Weise wurde es mir möglich noch 0,000001 g  $\text{TiO}_2$  sicher zu erkennen und in allen hier untersuchten Wässern Spuren derselben nachzuweisen. \*)

Die so erhaltene gelbbraune Färbung der untersuchten Lösung ergab aber deutlich verschiedene Abstufungen in der Stärke und ich habe versucht durch wechselnde Abkürzung des Zeichen Spur, im Maasse dieser Abkürzung, auch die Abnahme der bestimmten Menge anzudeuten.

Wässer, die entweder in ihrer Schlammführung schon relativ bedeutende Mengen von Titansäure erkennen lassen, oder solche, in dessen Abflussgebieten man auf ein reichlicheres Vorkommen dieses Stoffes schliessen kann, sind auch hier durch deutliche Spuren gekennzeichnet, wie die meisten der angeführten, bis auf die Donau vor der Naabmündung und die Isar, welche entsprechend der mineralischen Zusammensetzung ihrer Abstammungsgebiete nur schwache Spuren von Titansäure aufweisen.

Versuche von DOELTER \*\*) haben die verhältnissmässig leichte Löslichkeit der Titansäure im reinen Wasser dargethan und so ist es nicht verwunderlich diesen Stoff in weiter Verbreitung in den natürlichen Wässern zu finden, und nur die Stärke seines Auftretens werden wir für abhängig ansehen müssen, einmal von der absoluten Menge und dann der wechselnden Bindung seines Vorkommens im betreffenden Abflussgebiete.

Eisenoxydul, Eisenoxyd. Die wenig bedeutenden Mengen Eisen, welche die grösseren Wasserläufe führen, sind auf die leichte Abscheidbarkeit dieses Stoffes aus seiner natürlichen Lösung zurückzuführen.

Auch unsere Untersuchungen leiten zu diesem Ergebniss, und die geringen Unterschiede der Befunde erlauben nicht auf diese weitere Schlüsse zu bauen.

Dasselbe kann vom Mangan gesagt werden, welches zudem in den verfügbaren Probemengen nur in wenigen Fällen sicher nachweisbar war.

In Bezug auf den Eisengehalt sei noch Eines erwähnt.

Die allgemeine Annahme geht dahin, das kohlensaure Eisenoxydul als die gewöhnlichste Lösungsverbindung anzusehen, ausnahmsweise noch die Bindung an Phosphor-, Schwefelsäure oder organische Säuren.

Bei Behandlung von stark eisenhaltigem Gesteinspulver mit Wasser bei höherer Wärme fand ich, dass stets grössere Mengen von Eisen in Lösung gingen, ohne dass an eine der oben genannten Lösungsverbindungen zu denken war. Auch von DOELTER angestellte Versuche ergaben die Löslichkeit von Eisenoxyd in reinem Wasser. \*\*\*)

Es wird anzunehmen sein, dass bei längerer oder irgendwie gestalteter Einwirkung von Wasser auf Eisenoxyd unter Umständen eines jener Hydrate

\*) Die Reaction ist sehr charakteristisch und giebt das Wasserstoffsuperoxyd nur noch mit Molybdänsäure ähnliche Färbungen. Ist daher deren Gegenwart ausgeschlossen, so hat die auftretende Farbenreaction gewiss als untrüglicher Nachweis der Titansäure zu gelten.

\*\*) C. DOELTER, Allgemeine chemische Mineralogie.

\*\*\*) C. DOELTER, Allgemeine chemische Mineralogie.



Anal. Tab. II. Sand, Schlamm und schwebende Theile der unteren bayerischen Donau und ihrer Hauptzuflüsse.

Bezeichnung u. s. w.	Verhältniss von CaO : MgO (CaO = 100)		% CaO u. MgO im führenden Wasser		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub> MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Cl	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O+ Org.	Summe
	Flöss- schutt*)	Wasser														
Naabschlamm, rothbraun, Chlorophyll-reich, Cu-haltig. Spec. Gewicht 2,653.	43,1	46,87	26,18	12,27	55,56	20,23		2,44	1,35	4,48	1,06	—	—	2,72	12,06	99,90
Donausand oberhalb Regensburg, schwach röthlich - braun. Spec. Gewicht 2,672, Raum-Gewicht 1,460.	25,49	26,18	37,20	9,74	67,80	3,65	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,90 TiO <sub>2</sub> 0,21	10,40	2,86	0,92	0,36	0,04	0,03	10,87	1,01	100,50
Regenschlamm, röthlich-braun, unter 0,5 mm. Spec. Gewicht 2,653, Raum-Gewicht 1,412.	24,59	38,89	14,10	5,48	79,14	9,48	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3,00 TiO <sub>2</sub> 0,37	1,36	0,70	2,42	1,01	—	—	0,62	2,46	100,56
Isarschlamm, schwach röthlich-braun. Spec. Gew. 2,740, Raum-Gewicht 1,260.	27,78	28,19	33,94	9,53	16,98	6,44	1,40	29,73	8,25	0,14	0,28	—	Sp.	32,52	4,47	100,21
Schwebende Theile der Isar bei Hochwasser.	27,72	28,19	33,94	9,53	18,10	7,62	2,14	28,33	7,86	0,58	0,59	—	—	29,52	5,24	99,98
Donausand vor Passau, schwach röthlich- braun. Spec. Gewicht 2,708, Raum- Gewicht 1,448.	30,37	27,03	36,07	9,75	51,07	9,15	1,87	13,60	5,07	1,64	0,94	0,05	0,14	15,01	1,96	100,50
Schwebende Theile der Donau in Passau (in einem Liter: 0,0165 g).	39,94	27,03	36,07	9,75	18,18	7,07	3,53	18,20	7,57	6,54	3,20	—	—	21,68	14,03	100,00
Ilzschlamm, feinsten, licht rothbraun. Spec. Gewicht 2,657, Raum-Gewicht 1,460.	20,59	60,00	5,00	3,00	51,81	18,22	4,53	1,13	1,74	4,78	1,67	—	—	0,75	15,45	100,08
Innschlamm, licht röthlich-braun, grau. Spec. Gewicht 2,761, Raum-Gewicht 1,475.	31,67	29,57	33,61	9,94	62,65	10,25	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,25 TiO <sub>2</sub> 0,75	9,23	2,55	1,59	1,26	—	—	5,91	1,59	100,03
Schwebende Theile des Inn (0,0709 g im Liter Wasser).	34,41	29,57	33,61	9,94	49,04	13,10	5,70	15,10	5,41	3,55	1,86	—	—	15,25	1,79	100,80
Donauschlamm unterhalb Passau, 1 m über dem Wasserspiegel, licht röthlich, braun, grau. Spec. Gew. 2,761, Raum-Gewicht 1,408.	30,68	29,52	34,33	10,13	58,50	9,52	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,08 TiO <sub>2</sub> 0,10	9,84	4,05	2,12	1,63	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,25	9,20	1,79	100,88
Schwebende Theile der untersten bayer. Donau (0,0408 g im Liter Wasser).	41,12	29,52	34,33	10,13	30,19	15,60	5,20	15,84	6,93	3,32	1,63	—	—	18,76	2,51	99,98

\*) Das Verhältniss von CaO : MgO im Flössschutt bezieht sich auf den Carbonatgehalt desselben.



gebildet wird, deren Wasserlöslichkeit schon längere Zeit bekannt ist\*), und wir somit auch das Eisenoxyd zu den möglichen Bestandtheilen der natürlichen Wässer zählen dürfen.

### Alkalische Erden.

Kalkerde. Vertheilung dem absoluten Gehalt nach: Donau oberhalb der Naab 775; Donau oberhalb Regensburg 760; Donau in Passau 725; Isar bei München 690; Donau unterhalb Passau 630; Inn 558; Naab 288; Regen 54; Erlau 44; Ilz 15.

Der höchste Kalkgehalt findet sich in der Donau vor der Naabmündung. Das Zuflussgebiet besteht, nach den in Analysentabelle I verzeichneten Angaben mit Ausnahme von 0,98 %, die dem Schwarzwald-Urgebirge zuzurechnen sind, fast ausschliesslich aus Kalk als Hauptbestandtheil führenden geologischen Gliedern.

Die nächst kalkreichste Probe stellt die Donau oberhalb Regensburg. Die Abnahme des Kalkes ist durch die vorhergehende Einmündung der Naab, deren Bezugsgebiet fast zur Hälfte dem Urgebirge angehört, erklärt. Es folgt die Donau in Passau, Isar und dann die Donau unterhalb Passau.

Dass die Isar, als Vertreterin der rein alpinen Abflüsse und zwar mit Ausschluss des Urgebirges, hier erst nach der Donau in Passau folgt, hat seinen Grund darin, dass die angeführte Analyse sich nicht auf eine Probe an der Mündung des genannten Flusses bezieht, sondern als Ersatz die Analyse des Isarwassers nächst München bei mittlerem Wasserstand herbeigezogen werden musste.

Nach Dr. BRUNNER und Dr. EMMERICH führt die Isar bei Plattling (nahe der Mündung) 809 bis  $826\frac{1}{10}$  mg Kalkerde im Liter\*\*), sie würde folglich mit diesem Gehalt in unserer Reihe die erste Stelle einnehmen.

Es ist gewiss, dass eine mit den anderen gleichzeitig an genannter Stelle entnommene Probe entsprechend höheren Gehalt und besonders einen solchen an Kalk aufgewiesen hätte, dessen Höhe eine flüchtige Berechnung annähernd geben soll.

Die Donau oberhalb Regensburg führt  $432\text{ m}^3$  Wasser und besitzt  $760\frac{1}{10}$  mg Kalkgehalt im Liter. Nach der Mündung des Regen mit  $38\text{ m}^3$  Wasser und 54 Kalkführung muss letztere im Hauptfluss auf 700 gefallen sein. Um nun die Steigerung auf 725 in Passau herbeizuführen, müssen die  $244\text{ m}^3$  Wasser, welche die weiteren Zuflüsse der Donau zwischen Regensburg und Passau bilden, und von welchen die Isar mehr als Zweidrittel liefert, einen Durchschnittskalkgehalt von  $772\frac{1}{10}$  mg im Liter aufweisen. Jene Zahl entspräche also dem mittleren Gehalt der unteren Isar und zeigt sich annähernd gleich mit jenem der Donau vor der Einmündung der Naab.

Bei näherem Vergleich der Abflussgebiete von der Donau vor der Naab und der Isar an der Mündung, finden wir im ersteren Fall einen Antheil der Kalkalpen und seines Vorlandes zu 62,79 %, welcher sich bei der Isar gleich 100 % stellt.

\*) Gmelin-Kraut, III, 312.

\*\*) Diesen entsprechen, nach Angabe, die Rückstandsmengen 2486 und 2050 (die sich daher auffälliger Weise umgekehrt wie die angeführten Kalkmengen verhalten). Diese Rückstandsmengen, wie die verzeichnete Temperatur von  $+1^\circ$  deuten auf Niederwasser, also Rückstand über Mittel. Zeitschrift für Biologie.



Das ausseralpine Zuflussgebiet der genannten Donaustrecke setzt sich aus den weiteren 31,85 % Malm, 4,38 % zumeist Keuper und 0,98 % Urgebirge zusammen.

Haben die Abflüsse dieser Formationen zusammengenommen, trotz ihrer theilweise beschränkten Kalkführung, jene der alpinen Gewässer nach bewirkter Mengung im Hauptstrom nicht herabzudrücken vermocht, so werden wir schliessen müssen, dass der Malm als Hauptvertreter dieser Gruppe, nebst einzelnen Keuperschichten, Wässer von gleichem, wenn nicht grösserem Kalkreichthum führen, als jene der Kalkalpen und ihrer Vorstufe.

Die Untersuchungsergebnisse an Quellwässern des fränkischen Keupers\*) führen im Allgemeinen, zu Folge des meist bedeutenden Gypsgehaltes dieser Wässer, sehr hohe, bis 8673 reichende Kalkzahlen\*\*) an. Die Angaben von M. LECHLER\*\*\*) über einige Keuperwässer aus dem in Betracht gezogenen Gebiet, können als weitere Bestätigung obiger Folgerung gelten.

Unterhalb Passau sehen wir die Kalkerdezahl der Donau von 725 plötzlich auf 630 herabgehen. Die knapp unter Passau erfolgte Mündung des mit der Donau in Passau fast gleich wasserreichen Inn, mit nur 558 Kalkerde, hat diese Minderung bewirkt.

Analysen Tabelle V.

Bezeichnung	Die Schwemmenteile der Flussläufe enthalten:				Geologische Abstammung		
	% Carbo- nate.	Ca CO <sub>2</sub>	Mg CO <sub>2</sub>	Ca O : Mg O Ca O = 100			
Donausand unter Passau	20,75	73,50	26,50	30,68	68,16 %	Kalkformat.	23,22 Urgeb.
Innsand in Passau . .	12,77	72,82	27,18	31,67	66,34 „	„	33,66 „
Donauschlamm vor Passau	32,48	73,68	26,32	30,37	70,93 „	„	15,70 „
Donausand oberh. Regens- burg . . . . .	23,67	76,94	23,06	25,49	81,95 „	„	9,20 „
Naabschlamm . . . . .	5,81	66,40	33,60	43,10	20,18 „	„	49,88 „
Regensand . . . . .	1,40	77,60	22,40	24,59	0,41 „	„	92,48 „
Ilzschlamm . . . . .	0,75	80,50	19,50	20,59	—		100,00 „
Isarsand bei München .	70,41	75,40	24,60	27,78	100,00 „	„	—

Der Antheil von Kalkformationen am Inngebiet ist der kleinste (66,34 %, neben dem grössten Urgebirgsantheil von 33,66 %, siehe Anal. Tab. V) gegenüber den verschiedenen in Betracht gezogenen Donaustrecken und besonders der Isar, die, wie wir gesehen, nur aus solchen Zuflüssen erhält.

Nehmen wir den Meistgehalt der Isar an Kalkerde mit 800 an, so müsste der Inn, bei  $\frac{1}{3}$  geringerem Antheil an den Kalkalpen und ihrer Vorstufe, einen solchen von 533 aufweisen. Die bestimmte, wenig grössere Führung mag auf

\*) A. SCHWAGER, Untersuchungen von Quell- und Flusswasser etc., Jahreshäfte 1891, S. 82.

\*\*) Unter Kalk-, Rückstandszahl ist immer der betreffende Gehalt von 1000 g Wasser in  $\frac{1}{10}$  mg zu verstehen.

\*\*\*) M. LECHLER, Die chem. und hydrogr. Verhältnisse der fränk. Keuperformation, Inaug.-Diss. Erlangen, 1892. Diese Schrift theilt folgende Analysenbefunde mit: Wörnitz 2908 Rückstd., 837 Ca O, Altmühl 3947 Rückstd., 1148 Ca O. Leider fehlt die nähere zeitige und örtliche Festlegung für die Probepunkte.



das häufigere Einbrechen von Kalk- und dolomitischen Lagen in den jüngeren krystallinen Schiefern des Inngebietes zurückzuführen sein.

Berechnen wir aus dem Kalkerdegehalt der Donau, unter Beiziehung der gegebenen Wassermengen in und unterhalb Passau, jenen der inzwischen erfolgten Zuflüsse, so müsste derselbe 534 betragen. Nach Abzug der 25 m<sup>3</sup>, die, ausser dem Inn, sich bis zur bestimmten Stelle in die Donau ergiessen und deren Kalkzahl, entsprechend jener der Ilz und Erlau, auf etwa 20 zu veranschlagen ist, verbleibt für den Inn ein solcher von 553 (ermittelt 558). Desgleichen führt die Berechnung des Gehaltes der Donau unterhalb Passau nach Maass der nachgewiesenen Kalkerdemengen in Inn, Ilz, Erlau zu der Zahl 634 (gefunden 630).

Die nahe Übereinstimmung dieser berechneten Werthe gegenüber den wirklich ermittelten giebt uns einmal die Gewissheit, dass die Angaben bezüglich der verschiedenen, in Rechnung gesetzten Wassermengen dem Thatbestand entsprechen müssen, so wie, dass an der gewählten Schöpfstelle unterhalb Passau auch wirklich eine innige Mischung der verschiedenseitigen Zuflüsse im Hauptfluss stattgefunden hatte.

Anlehnend an Vorstehendes sei bemerkt, dass anderentheils die Verschiebung im Kalkgehalt, wie sie die Analysentabelle I zwischen der Donau vor und nach der Naabmündung verzeichnet, nicht im Einklang steht mit der im letzteren Fall nach den gegebenen Daten, unter Annahme der völligen Vermischung beider Flusstheile, berechneten Kalkerdezahl.

Diesen Unterschied zu erklären giebt es nur zwei Auswege. Entweder ist das Naabwasser 5 km unter seiner Mündung (Donau oberhalb Regensburg) in Mitten des Flusslaufes mit jenem der Donau noch nicht völlig vermisch, welche Möglichkeit nach dem auf Seite 74 bemerkten, gegeben ist, oder die thatsächlich aufeinander getroffenen Wassermengen entsprachen nicht ganz den angenommenen Werthen. Bei Zusammenwirken beider Factoren ist die Erklärung besagter Erscheinung leicht gegeben.

Die nicht unwichtige Frage nach der Gehaltsbewegung im Flusskörper selbst, mag diese sie streifende Abschweifung berechtigt erscheinen lassen.

Nach dem Inn stellt sich die Naab als nächst kalkärmerer Flusslauf ein. Hier ist der Flussgebietsantheil des Urgebirges auf 49,38 % gestiegen und der Antheil am Kalkgebirge, vertreten durch Malm, bis auf 20,18 % gesunken.

Die Kalkzahl beträgt 288. Nehmen wir an, dass die Kalkführung von Malm-, oder Alpenkalken entstammenden Gewässern gleich gross sei (für die Isar hatten wir die abgerundete, höchste Kalkerdezahl 800 angenommen), so entsprächen den 20 % Malm 160 Kalkerde. Der bestehende Überschuss deutet auf die, mit dem Malm fast gleich stark auftretenden Keuperschichten im Naabgebiet.

Im Regen sehen wir den Kalkerdegehalt nur mehr mit 54 angegeben. Die verzeichneten Gebietsantheile von 0,41 % Malm und weiteren 7,11 %, zumeist Keuper, sind als die Hauptabstammungsschichten für diesen Gehalt anzusehen.

Die kalkärmsten Glieder der Untersuchungsreihe bilden die reinen Urgebirgswässer: Erlau und Ilz.



Bei fast gleichem petrographischen Aufbau der Zuflussgebiete ist es bemerkenswerth, dass der grössere Kalkgehalt der Erlau (44) gegen den gleichzeitigen der Ilz\*) ( $15\frac{1}{10}$  mg Kalkerde im Liter) mit sichtlicher Deutlichkeit auf das Einbrechen grösserer Lagen von körnigem oder Urkalk im Erlaugebiet hindeutet.

Bittererde. Der absolute Gehalt an dieser zeigt sich wie folgt vertheilt: Donau vor der Naab 213; Donau vor Regensburg 199; Donau in Passau 196; Isar 194; Donau unterhalb Passau 186; Inn 165; Naab 135; Regen 21; Erlau 9; Ilz 9.

Die völlig gleiche Vertheilung, welche hier die Bittererde mit jener vorgegebenen der Kalkerde aufweist, ist beachtenswerth.

Gleich auffallend gestaltet sich das wenig abweichende Verhältniss von Kalkerde zur Bittererde in den Schwemmtheilen zu jenem des führenden Wassers, wie es in der ersten und zweiten Spalte der Analysentabelle II (S. 87) zum Ausdruck gelangt. Die vorspringenden Ausnahmen bilden nur die Urgebirgswässer und dies verweist uns auf die erste Bedingung einer gleichlaufenden Vertheilung von Kalk- neben Bittererde in den Wässern: den gleichen Mineral-Ursprung.

Analysentabelle III giebt die Constitution der wesentlichen Bestandtheile der untersuchten Wässer.\*\*)

Die Erdalkalisalze sind dort nur als Carbonate und Sulfate vertreten und die Frage nach ihrer Herkunft leitet in weitaus den meisten Fällen zu den gleichen Grundverbindungen.

Gesteinsbildend treten sie als Kalk, dolomitischer Kalk, Dolomit, Mergel, Gyps u. s. f. auf. Die Überführung in den Gehalt der Wässer wird durch einfache Lösung\*\*\*) bewirkt, sie besteht in bedingter Lösung (einfach kohlensaurer Kalk und ebensolche Bittererde werden in die wasserlöslicheren doppeltkohlensaurigen Salze, Anhydrit durch Wasseraufnahme in geradezu [einfach-] löslichen Gyps übergeführt), oder endlich Umsetzungen haben ihre Neubildung und Folgelösung (Lösung zur Folge und in der Folge von chemischen Umsetzungen) bethätigt, wie in den reinen Urgebirgswässern.

Auf letztgenannte Lösungsart ist in den meisten Fällen der Bittersalzgehalt der Wässer zurückzuführen. Die Leichtlöslichkeit und auch Unbeständigkeit der schwefelsauren Magnesia in gewissen Lösungsgemengen bedingt ihr seltenes

\*) Eine Probe der Ilz, vom 3. September 1891, ergab mir in 1000 g  $H_2O$ : 447 Rückstand, in demselben: 182  $SiO_2$ ; Sp.  $TiO_2$ ; 25  $Al_2O_3$ ; 3  $Fe_2O_3$ ; S.  $MnO$ ; 37  $CaO$ ; 14  $MgO$ ; 21  $K_2O$ ; 55  $Na_2O$ ; 35  $Cl$ ; 51  $SO_3$ ; Sp.  $P_2O_5$ . Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Chlor und Schwefelsäure erscheinen in diesem Herbstwasser (bei tieferem Wasserstand) gegenüber dem Frühjahrswasser bedeutend vermehrt.

\*\*) Über den Gang dieser Untersuchungen a. a. O., S. 44. Hervorzuheben wäre nur, dass bei der Bestimmung der Gyps menge, welche bei der Alkoholfällung unter den gewählten Umständen gelöst bleibt, die Temperatur wohl zu beachten, dieselbe möglichst niedrig und auf gleichem Stand zu halten ist.

\*\*\*) Der vermittelte Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand ist als Lösung zu bezeichnen. Geschieht dies ohne Zuthun eines zweiten Körpers von Aussen her, so kann der Vorgang unmittelbare Lösung benannt werden. Mit Hilfe einer Flüssigkeit (meist allein als „Lösung“ angesehen) würden wir die eigentlich mittelbare Lösung erhalten. Die Lösung eines Körpers durch eine Flüssigkeit, ohne jede chemische Änderung, würde dann mittelbare einfache oder kurz einfache Lösung zu nennen sein.



Bezeichnung	In 1000 g Wasser sind enthalten in $\frac{1}{10}$ mg:															
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Mn O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na Cl	K Cl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca CO <sub>3</sub>	Mg CO <sub>2</sub>	Organ. + H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Naab vor der Einmündung in die Donau	35	9	2	Sp.	S. Cu	Sp.	54	22	30	17	93	—	446	283	95	3
Donau vor der Naabmündung . . . . .	33	16	1	S.	S.	S.	34	9	34	60	116	—	1299	447	112	Na N O <sub>3</sub> 4
Donau oberhalb Regensburg . . . . .	48	9	1	Sp.	S.	S.	36	9	25	21	201	—	1209	418	56	—
Regen vor der Mündung . . . . .	63	21	3	Sp.	—	Sp.	12	24	50	4	—	—	96	44	—	—
Isar nächst München . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	257	—	—	—	—	—
Ilz vor der Mündung . . . . .	82	20	1	Sp.	Sp.	Sp.	4	11	59	11	—	—	27	19	57	Na <sub>2</sub> O 8 unver- bunden!
Erlau vor der Mündung . . . . .	105	34	1	Sp.	—	S.	28	4	59	25	—	—	78	19	101	Na <sub>2</sub> O 3 unver- bunden!
Donau in Passau . . . . .	39	9	1	Sp.	—	S.	30	10	56	37	215	—	1137	412	60	36
Inn in Passau . . . . .	46	7	2	Sp.	S.	S.	36	29	31	6	110	167	916	230	59	Na NO <sub>3</sub> 6
Donau unterhalb Passau . . . . .	39	8	1	Sp.	—	Sp.	52	18	12	27	190	36	986	365	57	Na NO <sub>3</sub> 31



Vorkommen in den Erdschichten. Der ausgewiesene Gehalt im Inn und dem entsprechend auch in der Donau unterhalb Passau (siehe Anal. Tab. III) wird demnach ebenso als Neubildung anzusehen sein.

Das Fehlen dieses Gehaltes in den anderweitig angeführten Alpenabflüssen verweist seinen Ursprung auf die, bloß dem Inngebiet zufallenden, Urgebirgsteile der Alpen. In den häufigen Schwefelkieseinsprengungen seiner jüngeren Glieder erkennen wir die Quelle der oberflächlich durch Oxydation des Schwefels leicht gebildeten Schwefelsäure, welche durch Einwirkung auf benachbarte dolomitische Lagen oder leicht zersetzbare Magnesiasilikate (Chlorit etc.) zur Bildung des Bittersalzes führt.

Bevor wir den Antheil besprochener Lösungsarten am Erdkaligehalt der Wässer und diesen wiederum erfolgreich mit dem mineralischen Aufbau ihrer Zuflussgebiete in Wechselbeziehung stellen können, erscheint es geboten, in Kürze das durch Versuche Bekannte über die Löslichkeit von Gyps, Kalk und Dolomit zusammen zu fassen.

Gyps. Die einfache Löslichkeit im Wasser, bei wechselnden Temperaturen, ist durch vielfache Versuche genau ermittelt. Es genügt uns zu wissen: Unter den natürlichen Bedingungen (der Temperatur und des Druckes) werden 2 g Gyps in 1000 g Wasser gelöst.

Kochsalz- und Salmiakgehalt\*), Gegenwart verschiedener Alkalisalze\*\*) erhöht diese Löslichkeit.

Kalk. Die einfache Löslichkeit desselben (ohne Beihülfe der Kohlensäure) beträgt nach verschiedenen Angaben und eigener Ermittlung im Höchstfall (nach anhaltendem Kochen) und im Durchschnitt 0,0350 CaCO<sub>3</sub> im Liter.\*\*\*)

Nach FRESSENIUS vermindert freies Ammoniak und kohlensaures Ammoniak diese Aufnahmefähigkeit bis ungefähr zur Hälfte.

Die Löslichkeit des Kalkes, mit Beihülfe der wassergelösten Kohlensäure ist der Gegenstand vielfacher Versuche gewesen.

Den kürzesten Ausdruck der allgemeinen Lösungsgesetze für Kalk allein, und bei Gegenwart von Kohlensäure gab SCHLÖSING (Compt. rend. 74, 1552; 75,70). Derselbe lautet: „Bei Gegenwart von überschüssigem CaCO<sub>3</sub> und einer Atmosphäre von constantem Kohlensäuregehalt löst das Wasser zugleich freie Kohlensäure, neutrales Carbonat und Dicarbonat. Die Auflösung der Kohlensäure erfolgt wie im reinen Wasser bei Abwesenheit von Carbonat und gemäss dem Absorptionsgesetz. Die Auflösung des neutralen Carbonates erfolgt wie im reinen Wasser bei Abwesenheit von Kohlensäure. Die Menge des Dicarbonates hängt für eine gegebene Temperatur von der Spannung der in der Gasatmosphäre enthaltenen Kohlensäure ab.“

Mehrfache Versuche ergaben ALF. COSSA für die Löslichkeit des Kalkes in Wasser, welches bei gewöhnlicher Temperatur unter normalem Druck mit Kohlensäure gesättigt war, die mittlere Zahl von 1 g CaCO<sub>3</sub> im Liter.†)

\*) TROMSDORF (N. Tr. 18, 1, 234).

\*\*) A. VOGEL (J. pr. Ch. 1, 196).

\*\*\*) A. W. HOFMANN (J. B. 1865, 171) giebt die einfache Löslichkeit des Kalkes zu 34 mg; WELTZIEN (An. Pharm. 136, 156) mit 36 mg CaCO<sub>3</sub> im Liter an.

†) ALF. COSSA, Ric. di Chim. min. Udine 1868.



Erwähnt sei die erhöhte Löslichkeit des Kalkes, insbesondere des frisch gefällten, bei Gegenwart von  $K_2SO_4$ ,  $KCl$  (G. MORVEAU),  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$  (HUNT). Eigene Versuche haben die erhöhte Löslichkeit von Kalk und Dolomit in kochsalzhaltigem Wasser dargethan\*).

Dolomit. COSSA giebt die, unter gleichen Umständen wie oben, bewirkte Lösung desselben zu etwa 0,5 g im Liter an. Die einfache Löslichkeit wurde von mir in einem Versuch zu 0,062 g im Liter gefunden.\*) Eine unter Einwirkung des gewöhnlichen  $CO_2$  Gehaltes der Luft und dem Wechsel der Temperaturen und Drucke des Tages, ein Jahr lang ausgesetzte Probe, lieferte das Lösungsmaximum von 0,111 g Carbonate im Liter. Einfache und bedingte Lösung zeigten die Zusammensetzung von Normaldolomit.

Die versuchte allgemeine, nicht einmal nach dieser Seite hin erschöpfende Erörterung der Lösungsbedingungen lässt deren grosse Mannigfaltigkeit, selbst unter natürlichen Verhältnissen, erkennen.

Einseitige Versuche, bei welchen oftmals die Hauptfactoren (es sei nur der zeitlichen Wirkung, oder der Flächendarbietung gedacht) nicht festgelegt sind, können demnach zur Beurtheilung ähnlicher Vorgänge im Felde nur in beschränktem Maasse dienen.

Die einfache Lösung stellt den kürzesten Weg beim Übergang des festen Moleküls in den Lösungszustand dar. Sie ist es, die gegebenen Falls zuerst in Erscheinung treten und auch gleicherweise ihre Grenze, den Sättigungsgrad erreichen wird. Dem entspricht der Gehalt an  $CaSO_4$  in den Quellwässern aus den Grundgypsschichten des fränkischen Keupers, welcher in einzelnen Fällen an die oben gegebenen 2 g im Liter heranreicht.

Die angeführte einfache Löslichkeit von Kalk und Dolomit erscheint den natürlichen Verhältnissen zu wenig angepasst und tritt auch in den gegebenen äussersten Werthen zu sehr hinter die aus den Ergebnissen der Analysen ersichtliche Feldwirksamkeit der bedingten Lösung der Erdcarbonate, sodass die Würdigung ihres Antheils am Gehalt der Wässer hier zurückgestellt werden muss.

Die Gehaltszahlen für Kalk- und Bittererdecarbonat der meisten untersuchten Wässer lehren, dass die überwiegende Menge derselben unter Beihülfe von  $CO_2$  aufgenommen wurde.

Die vorliegenden Maximalzahlen unserer Kalkgebiete, wie sie aus dem Durchschnittsgehalt der Quellwässer der Umgebung Münchens\*\*) und dann jener

\*) Von 1 g feingepulvertem Normaldolomit wurden bei Zimmertemperatur durch 1000 g 2,5% kochsalzhaltigem Wasser in zwei Stunden gelöst (bei Durchströmung): 0,1365  $CaCO_3$ ; 0,0896  $MgCO_3$  (= 60,37%  $CaCO_3$  und 39,63%  $MgCO_3$ ), desgleichen, aber unter  $CO_2$  Einleitung: 0,2125  $CaCO_3$  und 0,1399  $MgCO_3$  (= 60,30%  $CaCO_3$  und 39,70%  $MgCO_3$ ). Kalk, wie der erste Versuch angiebt behandelt, brachte 0,1651  $CaCO_3$ , unter  $CO_2$  Einleitung: 0,5590  $CaCO_3$  in Lösung. — Die einfache Wasserlöslichkeit des Dolomits, aber bei viel länger wärender Einwirkung bei Kochhitze, und jene unter  $CO_2$  Einleitung wurde zu 0,062 und 0,150 g Gelöstem mit Normaldolomitzusammensetzung ermittelt. Kalk gab die entsprechenden Werthe: 0,0240 und 0,5653  $CaCO_3$  im Liter.

\*\*) Der Durchschnittsgehalt von, auf Anal. Tab. IV verzeichneten 11 Quellwässern der nächsten Umgebung Münchens beträgt: 0,3263 g Rückstand im L. Dieser enthält 0,2630 Carbonate mit 75,84%  $CaCO_3$  und 24,16%  $MgCO_3$ .  $CaO : MgO = 100 : 27,08$ .



Anal. Tab. IV. Rückstandsmengen, Erdalkaliengehalt und Verhältniss von Kalk zur Bittererde einiger Wässer, besonders der Umgebung Münchens.

Zeit der Probenahme	Bezeichnung (Entfernung von München, Frauenkirche)	$\frac{1}{10}$ mg Rückstand in 1000 g Wasser	Procent-Gehalt des Rückstandes an		CaO : MgO (CaO = 100)
			CaO	MgO	
12./12. 1887	Isar (Reichenbachbr.) (1,25 km S.) Hochwasser . . . . .	1906	35,36	9,54	27,15
4./1. 1891	Isar (Giesing) (2,25 km SOSS.) . . .	2387	35,64	10,72	30,10
10./1. 1893	Isar (Reichenbachbr.) (1,25 km S.) .	2318	36,32	11,25	31,00
27./12. 1888	Isar (Grosshesselohe) (7,5 km SWS.) Niederwasser . . . . .	2486	33,99	10,83	31,90
14./12. 1890	Isar (Thalkirchen) (4,8 km SWS.) . .	2325	36,12	11,52	31,96
21./4. 1889	Inn bei Wasserburg (48 km W.) . .	2100	32,19	10,85	33,72
25./12. 1887	Isar bei Krün (76 km SWS.) . . .	1784	35,53	13,45	37,90
25./12. 1887	Loisach bei Garmisch (76 km SWS.)	2089	33,30	8,47	25,40
25./12. 1887	Partnach bei Partenkirchen (77 km SWS.) . . . . .	1823	28,08	9,38	33,40
7./9. 1888	Würm bei Leutstetten (19 km SW.)	1667	33,33	8,33	25,00
25./8. 1888	Glon bei Indersdorf (30 km NW.) .	2417	29,10	13,64	46,87
17./8. 1890	Amper 1 km westlich von Dachau (17 km NW.) . . . . .	2460	30,00	6,50	21,67
6./1. 1890	Sempt v. d. Schwillach bei Wifling (25 km NO.) . . . . .	2927	34,65	10,09	29,11
24./12. 1888	Würm bei Leutstetten (19 km SW.)	1870	29,56	10,43	35,29
25./4. 1888	Ableitungsstollen der Münchener Wasserleitung . . . . .	2797	38,89	10,31	26,53
23./12. 1877	Walchensee, aus 1,5 m Tiefe (60 km SWS.) . . . . .	1270	35,01	10,57	30,24
29./10. 1888	Wenz'sche Stollenquelle (7,1 km SWS.)	3031	36,81	9,54	25,90
27./12. 1888	" " (7,1 " " )	3245	33,11	8,78	26,50
23./6. 1889	Quelle nördlich von Schäftlarn (16 km SWS.) . . . . .	3490	36,55	11,03	30,20
5./5. 1889	Hachingerbachquelle (12 km SOS.) .	3120	32,78	7,78	23,75
14./12. 1890	Quelle bei der M. Klause (5,5 km SWS.)	2556	30,00	11,43	38,09
13./1. 1889	Brunnthalbach (2,4 km NO.) . . .	4717	30,71	7,88	25,70
13./1. 1889	" " bei Oberföhring (4,8 km NO.) . . . . .	3636	32,59	8,03	24,65
1./11. 1888	St. Emmeran-Mühlbach b. Oberföhring (6 km NO.) . . . . .	3186	35,63	7,98	22,38
27./12. 1888	Dritte Quelle südlich von Einsiedel (6 km SWS.) . . . . .	3237	36,50	9,50	26,02
27./12. 1888	Dritte Quelle südlich vom Kalkofen (6,8 km SWS.) . . . . .	3215	35,10	8,94	25,58
5./6. 1887	Quelle am Germaniabach (3,75 km NON.)	2460	36,55	11,03	30,20
21./5. 1888	Ebrachbach (35 km W.) . . . . .	4135	29,78	7,30	24,53
12./12. 1887	Lech bei Schongau (62 km SW.) . .	2300	34,43	10,26	29,79
12./12. 1887	Versuchsbrunnen in Schongau (62 km SW.) . . . . .	3216	34,90	10,20	29,18



im Bereich des Frankendolomits\*) gewonnen sind, zeigen in beiden Fällen, selbst gegen die vorangeführte Löslichkeit des Dolomits im kohlensäuregesättigten Wasser, um die Hälfte geringere Werthe.

Diese Thatsache kann, aus mancherlei Gründen, nicht wohl auf zeitlich unzulängliche Einwirkung zurückgeführt werden. Erstlich ist der Wechsel der Rückstandsmengen in den, zu verschiedensten Zeiten gesammelten Quellwässern der Umgebung Münchens kein so grosser, dass er nicht hinlänglich aus der Verschiedenheit der diluvialen Kieslagen ihres Ursprungs erklärt werden könnte. Beweisender erscheint die geringe Abweichung im Verhältniss von Kalk zur Bittererde — besonders bei der feststehenden, leichteren Löslichkeit des Kalkes — in diesen Quellwässern. Die obige Annahme wird aber zur Gewissheit, wenn wir dieselbe Erscheinung am Wasser der Isar bei Nieder- und Hochwasser gewahr werden\*\*), deren Gehaltszahlen in diesem Fall doch gewiss der denkbar zeitlich verschiedensten Wirkung entsprechen (siehe S. 95).

Wir müssen demnach, nicht blos diese, sondern die meisten Kalk-(Dolomit-) Wässer bezüglich ihres Gehaltes an Erdcarbonaten als nahezu gesättigte Lösungen ansehen, und nur in dem Mangel an grösseren Mengen überschüssiger Kohlensäure den Grund erblicken, warum hier die Lösungshöhen nicht an die Zahlen des erwähnten Versuches heranreichen.

Die vorstehenden allgemeineren Erörterungen gestatten, bezüglich ihrer Anwendung auf den vorliegenden geologischen Bestand, uns möglichst kurz zu fassen.

Das Lösungsverhältniss von Gyps zu jenem von Kalk und Dolomit stellte sich im Versuch wie 2 : 1 und 4 : 1. Die bei der Untersuchung gewonnenen Zahlen für letztere erheben das Verhältniss bis nahe an 10 : 1. Erwägen wir ferner die so viel raschere Löslichkeit von Gyps, so wird der ausgewiesene, scheinbar hohe Kalksulphatgehalt der Alpenflüsse kaum verwunderlich erscheinen, zumal, wenn wir die mächtig ausgedehnte Entwicklung des Keupers (neben einer spärlichen des Buntsandsteins) in den Alpen bedenken, auf dessen Gypseinlagerungen wir die Hauptmasse dieses Salzes beziehen müssen.

Von den, zur Untersuchung beigezogenen nördlichen Zuflüssen der Donau, ist nur die Naab durch bedeutenderen Gypsgehalt ausgezeichnet. Der nicht unbedeutliche Antheil von Keuper am Aufbau ihres Sammelbeckens findet hierdurch deutlichen Ausdruck.

Anfangs dieses Abschnittes wurde die grosse Übereinstimmung des Verhältnisses von Kalk- zur Bittererde im Gehalt der betrachteten grösseren Flussläufe gegen jenes in den betreffenden Schwemmtheilen hervorgehoben. Der daraus abgeleitete Hinweis auf gleichen Mineralursprung trifft in unserem Fall insofern zu, als die vorwiegende Bindungsart der Erdalkalien, sowohl im Wasser wie im Bezugsgebiet, jene an Kohlensäure ist.

\*) Die Angaben von GORUP-BESANEZ (Anal. Ch. ph. Suppl. 8,230) über 18 Wässer aus dem Bereich des Frankendolomits geben im Mittel: 0,2661 Rückstand, mit 0,2587 Carbonaten (64,59 %  $\text{CaCO}_3$ ; 35,41 %  $\text{MgCO}_3$ ).  $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 46,61$  (Normaldolomit: 54,35  $\text{CaCO}_3$ ; 45,65  $\text{MgCO}_3$ .  $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 71,44$ ).

\*\*) Das Verhältniss von  $\text{CaO} : \text{MgO}$  ( $\text{CaO} = 100$ ) in den Wässern der Umgebung Münchens giebt die Werthe 22,38 — 38,09. Die verzeichneten Isarrückstände bei Nieder- und Hochwasser bewegen sich zwischen 0,2486 und 0,1906 g im Liter, während das Verhältniss von  $\text{CaO} : \text{MgO}$  ( $\text{CaO} = 100$ ) nur zwischen 31,96 und 27,15 schwankt (Anal. Tab. IV).



Nehmen wir nun an, die Zusammensetzung der Carbonate in den abgeschwemmten Theilen, dem Schwemmschutt, entspreche vollkommen jener im Bezugsbestand (der Schwemmschutt wird dagegen, bei der grösseren Löslichkeit des Kalkes und in Folge der leichteren mechanischen Theilung des oft lockerkörnig entwickelten Dolomits, stets mehr oder minder, vorzüglich in den feineren Theilen, an Bittererde angereichert erscheinen; siehe das Verhältniss von  $\text{CaO} : \text{MgO}$  in den schwebenden Theilen und dem Sand der gleichen Stelle. Anal. Tab. II, S. 87), selbst dann ergibt sich, nach Abzug des Kalkerdeanteils, welcher als Gyps in unseren Wässern auftritt, dass der Gehalt derselben an Bittererdecarbonat, im Verhältniss zum Kalk, mindestens jenem im eigentlichen Ursprung gleichkömmt.

Diese auffällige Thatsache kann der oft hervorgehobenen leichteren, bedingten Löslichkeit des Kalkes wegen nicht im Lösungsvorgang begründet sein, nur nachfolgende Gehaltsänderungen können sie herbeigeführt haben.

Die Ausscheidung von (vorweg) Kalk an vielen Quellorten, und sonst an der Oberfläche der Erdschichten ist wohl eine oft beobachtete, aber keine stehende Erscheinung, um hieraus die eben berührte Thatsache genügend zu erklären.

Wir sehen uns gezwungen, den gleichen Vorgang in ausgedehnterem Maasse, als meist angenommen wird, auch für die tieferen Schichten gelten zu lassen, und finden in der häufigeren Neubildung von Kalkspath daselbst, wenigstens den Beweis der Möglichkeit hierfür.

Die Ursache der Kalkausscheidung ist zunächst im verminderten Lösungsvermögen, also Kohlensäureverlust des Wassers, zu suchen. Dieser Verlust wird vereinzelt durch die Lebenskraft der Pflanzen herbeigeführt, er kann von Wärme- oder Druckveränderungen herrühren; am häufigsten wird aber die Minderung im  $\text{CO}_2$  Gehalt mit der Abnahme der Wassermenge selbst zusammenfallen.

Daraufhin müssen wir als allgemeinsten Grund der Kalkausscheidungen, den Verlust am Lösungsmittel, den Wasserverlust ansehen.

Abgesehen von chemischer Bindung, welche im Kalkgebirge aber von keinem grossen Belang sein kann, ist dieser Verlust auf Änderungen im Aggregatzustand, vorweg die alltäglichste derselben, die Verdunstung zu beziehen.

Die Kalktuffablagerungen „zu Tage“ sind meist auf stark verbreiterte Verdunstungsflächen, solche im Bereich der Krume, nicht zuletzt auf die durch das Pflanzenwachsthum ganz bedeutend vermehrte, vermittelte Verdunstung mit zurückzuführen.

Dass dieser Übergang des Wassers in Gasform nicht blos in den obersten Erdschichten heimisch ist, sondern in ganz bedeutende Tiefen dringt, lehren die häufigen Mineralneubildungen dortselbst, welche in letzter Instanz auf Verdunstung des Wassers beruhen. Dieser Vorgang wird somit in der Erdtiefe an den Grenzen der flüssigen Ansammlungen so gut stattfinden, wie zu Tage, und ist anzunehmen, dass hierbei die capillare Aufsaugung, welche gerade im Erdinnern wirksam ist, durch die mächtig erweiterte, benetzte Fläche als stärkste Stütze dient.

Aber nicht blos der Übergang in den gasförmigen Zustand, auch jener in den festen, die Eisbildung, führt zu Gehaltsausscheidungen. So ist es mir in mehrfachen Versuchen mit Kalkwässern geglückt, die besonders in geologischer Beziehung beachtenswerthe Thatsache



festzustellen, dass durch Ausgefrieren und nachfolgende Wiederlösung fast nur  $\text{CaCO}_3$  ungelöst zurückbleibt.\*) Endlich kann der grössere Bedarf der Pflanzen an Kalk gegenüber jenem an Bittererde nicht unerwähnt gelassen werden.

Die Summe des Angeführten lautet dahin, dass die Bedingungen für eine fortgeschrittene Entkalkung der Wässer vielerorts gegeben sind und wir nur auf diesem Wege den hohen Bittererdegehalt der untersuchten Wässer, wie seinen augenfälligen, örtlichen Gleichstand erklären können.

Es mag noch bemerkt werden, dass sich aus der Höhe des Magnesiagehaltes der Fliesswässer gegenüber dem des Ursprungs, leicht der Umfang und die Grösse der vorausgegangenen Kalkausscheidungen entnehmen lässt.

Das Verhältniss der möglichen, blossen Umformung zur wirklichen Lösungsabfuhr für die löslichsten Elemente unter den wesentlichen, gesteinsbildenden Mineralien, bietet insofern geologisches Interesse, als uns hiermit auch die äusserste Grenze zwischen Neubildung und Lösungsabfuhr weniger löslicher Gesteinselemente klar vor Augen geführt wird.

Alkalien. Die Zusammenstellung nach absolutem Gehalt (in 1000 g Wasser) und im relativen (der Rückstandsmenge nach), giebt nachstehende Reihen:

Kali (absolut): Isar 33; Donau unterhalb Passau 29; Donau in Passau 26; Donau vor der Naab 24; Naab 23; Inn 22; Erlau 19; Donau oberhalb Regensburg 17; Regen 17; Ilz 13.

Kali (relativ): Regen 4,43 %; Ilz 4,33; Erlau 4,04; Naab 2,09; Isar 1,62; Donau unterhalb Passau 1,57; Inn 1,32; Donau in Passau 1,30; Donau vor der Naab 1,10 und Donau oberhalb Regensburg 0,83 %.

Natron (absolut): Isar 56; Inn 47; Donau unterhalb Passau 44; Erlau 44; Naab 42; Donau in Passau 35; Ilz 34; Donau oberhalb Regensburg 30 und Regen 28.

Natron (relativ): Ilz 11,34; Erlau 9,36; Regen 7,31; Naab 3,82; Inn 2,83; Isar 2,75; Donau unterhalb Passau 2,39; Donau vor der Naab 1,88; Donau in Passau 1,75; Donau oberhalb Regensburg 1,46 %.

Das Bemerkenswertheste dieser Zusammenstellung ist das Hervortreten der grösseren Flussläufe im absoluten Gehalt beider Alkalien, trotzdem ihre Zuflussgebiete, bei fehlendem oder doch sehr wechselndem Urgebirgsantheil, in ihrem sonstigen Bestand meist wenig alkaliführende Mineralien aufweisen.

Der relative Reichthum an Alkalien, welcher die vorzugsweise dem Urgebirge entstammenden Wässer auszeichnet, bietet demgegen nichts Auffälliges an sich.

Die Hauptmasse der Alkalien im Fliesswasser ist unzweifelhaft auf Feldspath oder von ihm abzuleitende Mineralien, zu beziehen. Von allen alkalireichen Mineralien, welche als wesentliche Bestandtheile der Gesteine auftreten, ist der Feldspath der am meisten verbreitete, am leichtesten der Zersetzung zugängliche. Seinem massigen Auftreten in den älteren Gesteinen steht das spärlichere, wenn

\*) Münchener Leitungswasser enthält: 0,2780 g Rückstand im Liter, welcher aus 71,29 %  $\text{CaCO}_3$  und 23,92 %  $\text{MgCO}_3$  ( $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 28,54$ ) besteht. Dieses Wasser hinterliess nach dem Ausgefrieren und folgendem Aufthauen die Rückstände: 1) vom Liter Wasser 0,0626 g Carbonate mit 97,85 %  $\text{CaCO}_3$  und 2,15 %  $\text{MgCO}_3$ . 2) 0,0828 Carbonatrückstand mit 96,98  $\text{CaCO}_3$  und 3,02 %  $\text{MgCO}_3$ .



auch getheilte, meist vorgeschrittener Zersetzung und Umwandlung verfallene Vorkommen in den jüngeren Schichten, besonders den Trümmergesteinen gegenüber.

Dass einem so vorbereiteten, vom Wasser oft leicht durchtränkbar Material unter Umständen grössere Mengen Alkali entzogen werden können als den Urgebirgs-gliedern, liegt auf der Hand.

Diese Erwägungen erklären aber immer noch nicht den Alkalireichthum von Flüssen, wie z. B. der Isar, deren Mineralbestand im Zuflussgebiet aus 70—90 % Kalk und Dolomit besteht und wo die Alkaliführung des Restes, der etwa auf Feldspath bezogen werden könnte, kaum 0,4 % beträgt.

Eingehendere Untersuchungen der erdbildenden Gesteinsmassen, welche, ihrem Mineralbestand nach, als alkalifrei gelten sollten, haben dennoch zum Nachweis von kleinen Mengen Kali und Natron, und, was besonders betont zu werden verlangt, in zumeist leicht löslicher Form, geführt.

So konnte ich in allen von mir untersuchten fränkischen Malmkalken und -Dolomiten, die sich in ihrer grossen Mehrheit als sehr reine, ohne besondere Silikatbeimengung versehene Carbonate zu erkennen gaben, diesen Gehalt feststellen. \*)

Aus dieser Thatsache ist die relativ nicht unbedeutende Alkaliführung eines Quellwassers des Frankendolomits\*\*) (der absolute Gehalt an Kali ist nicht viel geringer als jener der angeführten Urgebirgswässer) leicht verständlich und giebt ihr erweiterte Bedeutung.

Wie sich die Jurakalke und -Dolomite durch den Gehalt einfach löslicher Alkalien auszeichnen, so ist ein Gleiches für die verwandten alpinen Gesteine zu erwarten. Der oftmals nachgewiesene, nie fehlende, wie oben im fränkischen Malmquellwasser gleich auffällige Alkaligehalt in den Wässern der näheren Umgebung Münchens, haben diese Erwartung mir zur Gewissheit erhoben.

Wir müssen demnach, neben den als Folgelösung — Lösung zufolge von Zersetzung — zu bezeichnenden Hauptursprung der Alkalien im Fliesswasser, noch jenen durch einfache Lösung gewonnenen in Rechnung setzen. Da die Wirksamkeit letzterer Lösungsart sich weniger an die Zeit, als an die Ausdehnung der benetzten Fläche knüpft, so erscheint — bei Gegenwart dieser Salze in leicht löslicher Form — der Alkalireichthum von Wässern mancher, sehr durchlässiger Schichten (Keuper)\*\*\*)) und ferner auch grösserer Flussläufe zur Genüge erklärt.

Auf gleiche Weise ist der mit der Grösse der Flüsse wachsende, hier gewiss auch nicht fehlende, Antheil am Culturabfall zu deuten.

\*) von Gümbel: Geognost. Beschreib. d. fränk. Alb. S. 126, 128, 129, 130 und 136.

\*\*) Quelle aus weissem Jura (Dolomit) unterhalb der Rosenmüllerhöhle bei Muggendorf. Die Analyse ergab mir: 0,2479 g Rückstand in 1000 g  $H_2O$ , mit 56  $SiO_2$ , 19  $Al_2O_3$ , 1  $Fe_2O_3$ , 692  $CaO$ , 450  $MgO$ , 19  $K_2O$ , 27  $Na_2O$ , 22  $Cl$ , 89  $SO_3$ , 976  $CO_2$ , und  $128\frac{1}{10}$  mg Org. +  $H_2O$ ; oder in % des Rückstandes: 2,26  $SiO_2$ , 0,76  $Al_2O_3$ , 0,04  $Fe_2O_3$ , 27,92  $CaO$ , 18,15  $MgO$ , 0,76  $K_2O$ , 1,09  $Na_2O$ , 0,88  $Cl$ , 3,59  $SO_3$ , 39,37  $CO_2$ , 5,16 Org. +  $H_2O$ .  $CaO : MgO = 100 : 46,61$ ;  $K_2O : Na_2O = 1 : 1,42$ .

\*\*\*)) A. a. O. S. 83.



## Verhältniss von Kali zu Natron. \*)

Donau in Passau 1,35 (0,57); Donau unterhalb Passau 1,52 (0,76); Regen 1,65 (0,42); Donau oberhalb Regensburg 1,76 (0,39); Isar 1,70 (1,50); Donau vor der Naab 1,71; Naab 1,83 (0,24); Inn 2,14 (0,79); Erlau 2,32; Ilz 2,61 (0,35).

Die oft hervorgehobene Thatsache des grösseren Natrongehaltes der Wässer, gegenüber jenem an Kali, tritt auch hier und insbesondere an den Urgebirgswässern scharf zu Tage.

Um den nächst gelegenen Anhalt zur Beurtheilung der Alkaliverhältnisse in den Abflussgebieten zu gewinnen, wurden die Schwemmtheile der Flüsse der chemischen Analyse unterworfen (Anal. Tab. II S. 87). Aus den so gewonnenen Verhältnisszahlen ergibt sich nun die auffallende Thatsache, dass die kalireichsten Gebiete (jene des Urgebirges) die natronreichsten Wässer liefern!

Wie ist dies zu erklären?

Für's Erste sei bedacht, dass die für den Bezugsbestand angenommenen Werthe nur kurzerhand abgeleitete sind.

Die mineralische Zusammensetzung der Schwemmtheile wird zwar der Hauptsache nach qualitativ mit jener der Abstammstufen übereinstimmen, quantitativ aber örtlich sehr merkliche Abweichungen aufweisen.

Der Abtrennung der festen Erdtheile durch die Fliesswässer liegen zwei Arten von Kräften zu Grunde, chemische und mechanische. Unter ihrem Einfluss vollzieht sich die erste und alle folgende Scheidung der wasserbewegten Erdmassen, des gröberen, wie des feineren Schwemmschuttes.

Betrachten wir jenen unseres Urgebirges. Er besteht aus Quarz, Feldspath (Orthoklas und Oligoklas) und Glimmer. Chemisch am veränderlichsten zeigt sich der Feldspath, ihm folgt in gleicher Hinsicht der Glimmer; den Schluss bildet der chemisch beständige Quarz. Die Theilbarkeit durch mechanische Kräfte, insbesondere aber noch unter Beihülfe der chemischen, ergibt die gleiche Folge. Diesem entspricht ihre Feldvertheilung.

Dem Ursprung zunächst, und diesem gemäss, herrscht meist der Quarzsand vor. Thalwärts wächst Glimmer und Feldspath und ihre Reste, bei stetig verfeinertem Korn, allmähig zu Hauptbestandtheilen an, bis zuletzt nur mehr der Feldspath im feinsten Thonschlamm sich vertreten zeigt.

Vorstehendes auf unsere Schlamm- und Sandproben angewandt, erlaubt den sichern Schluss, dass die Alkalisilicate und ihre Reste in denselben, durch das allmähige Zurückgehen des Quarzes, angereichert sein müssen. Der chemisch widerstandsfähigere, in seinen Alkalien fast nur kalihaltende Glimmer wird diesen Gehalt im allgemeinen besonders hervorheben, andererseits liegt aber die Möglichkeit vor, dass durch die Gegenwart von leichter verwitterbaren Feldspäthen mit vorwiegendem Natron wiederum der Natrongehalt des Flössschuttes vermehrt erscheint.

Für den Alkaligehalt der Wässer ist der Glimmer wenig ausschlaggebend (siehe „Lithion“), ferner dessen Menge in den betrachteten Sanden kaum so gross, dass wir durch dessen Ausscheidung im verbliebenen Rest (Feldspäthe etc.) das Natron etwa verdoppelt annehmen dürften. Und selbst nach dieser denkbar

\*) Die folgenden Zahlen geben den Natrongehalt der Wässer, wenn jener an Kali = 1 gesetzt wird. Die in Klammer beigefügten, in gleicher Weise diese Werthe für die entsprechenden Schwemmtheile.



äussersten Verschiebung des gefundenen, zu Gunsten des als wirksam angenommenen Alkaliverhältnisses würden die Ilz und Naab mehr als das dreifache und der Regen das doppelte von Natron gegen den Ursprung besitzen.

Der Innsand weist den meisten Glimmer auf, zeigt sich aber (ausser dem alkaliarmen Isarsand) verhältnissmässig am natronreichsten, muss daher von allen Proben den meisten Natronfeldspath führen. Da aber der Inn im relativen Natrongehalt von Ilz und Erlau überboten wird, kann im Natronfeldspath nicht die alleinige, wenn auch erwiesen vornehmste Ursache\*) der öfters schon erwähnten allgemeinen Thatsache liegen.

Wir hatten vorher den Ursprung der Alkalien im Fliesswasser auf einfache und Folgelösung bezogen. Da erstere meist nicht jenen Unterschied in den Mengen zwischen Kali und Natron zeigt, als letztere, so ist es verständlich, dass die Urgebirgswässer des bayerischen Waldes, welche nur unter dem Einfluss von Folgelösung stehen dadurch im Natrongehalt, im Gegenhalt zu den anderen, gehoben erscheinen müssen.

Diese Erscheinung ist aber noch auf zwei weitere, allgemeine Ursachen zurückzuführen. Die Absorptions- oder Haltungskraft der Krume für Pflanzennährstoffe, und unter diesen besonders für Kali, ist bekannt. Da nun grosse Flächen des Alpenlandes jeder Vegetation entbehren, gegenüber nur spärlichen Kahlflächen im ostbayerischen Grenzgebirge, so muss hier die Krume als Ganzes verhältnissmässig viel mächtiger entwickelt sein und demnach auch mehr Kali zurückhalten, als etwa im Inngebiet; die „Waldwässer“ natronreicher erscheinen als der Inn.

Endlich ist die Krume die Trägerin der Cultur. Diese, nur als Pflanzenwelt betrachtet, verlangt beträchtliche Mengen mineralischer Stoffe und unter diesen wieder vor allem Kali zum Gedeihen. Einige Zahlenangaben werden diese Verhältnisse anschaulicher gestalten als noch so viel Worte.

Aus dem Bestand, Zuwachs, specifischem Gewicht und Durchschnittsaschengehalt desselben berechnet sich der jährliche ungefähre Bedarf des Waldes im Bereich des ostbayerischen Grenzgebirges pr. km<sup>2</sup> an Mineralstoffen: 2500 kg, darunter 154 kg K<sub>2</sub>O; 393 kg CaO; 288 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Die Jahresabfuhr durch die Fliesswässer im Regengebiet beträgt pr. km<sup>2</sup>: 712 kg K<sub>2</sub>O; 2267 kg CaO. Bei der Ilz betragen diese Zahlen 765 (kg K<sub>2</sub>O) und 883 (kg CaO); bei der Erlau 943 (kg K<sub>2</sub>O) und 2185 (kg CaO); bei der Donau an der Landesgrenze 1684 (kg K<sub>2</sub>O) und 36821 (kg CaO). Beansprucht somit der Wald schon etwa  $\frac{1}{5}$  der Kalimenge, wie sie sich in den angeführten Urgebirgswässern findet, so ist das Kalibedürfniss bei gesteigerter Cultur ein noch sehr viel grösseres.

Das berechnete Verhältniss des Kali im Rothertrag von Wald, Wiese und Culturland\*\*) giebt folgende Werthe:

	Wald	Wiese	Culturland
Rothertrag nach Gewicht . . . . .	1	0,53	3,8
Asche . . . . .	1	3,40	15
Kali . . . . .	1	26	42,5
Phosphorsäure . . . . .	1	2	8,4
Kalk . . . . .	1	1,2	?

\*) Unters. v. Quell- und Flusswasser S. 71 ff.

\*\*) Es ist der Durchschnittsrothertrag etc. der 9 Culturpflanzen: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Erbsen, Lupinen, Rothklee, Kartoffeln, Zuckerrüben gemeint.



Aus diesen Zahlen geht mit Entschiedenheit hervor, dass mit höherer Cultur das Bedürfniss, besonders nach Kali mächtig ansteigt.

Die Nährsalze für die Pflanzenwelt sind als ursprünglicher Gehalt der Bodenwässer\*) anzusehen. Erweist sich jener der Fliesswässer zum guten Theil als unverbrauchter Restgehalt dieser Bodenwässer, dann ist klar, dass der Einfluss der Vegetation sich auch auf den Gehalt der offenen Abflüsse erstrecken muss, nur erscheinen gerade die hier behandelten Frühlingswässer am wenigsten geeignet an ihnen allein diese Beziehungen zu verfolgen. Nicht, als ob anzunehmen wäre, dass die gedachte Wirkung sich blos an die Vegetationszeit mit ihrem Höhepunkt, der Fruchtreife, auf's Engste anschliessen müsse; es ist vielmehr aus mancherlei Beobachtungen, besonders jenen, welche Rückschlüsse auf die Bewegungsart der Untergrundwässer erlauben, zu folgern, dass zeitlich, wie örtlich wechselnde, auf den Gehalt der Wässer wirksame Einflüsse, vorzüglich in den grösseren Sammelwässern, oft zu bedeutendem Ausgleich gelangen.

Auf alle Fälle steht aber fest, dass die Frühjahrswässer in ihrem Gehalt vom Pflanzenbedarf am wenigsten betroffen werden, und unter diesen wiederum am wenigsten (speciell in Bezug auf Kali), die Wässer der meist mit Wald bestandenen Urgebirgsteile. Beansprucht der Wald etwa vierzigmal weniger Kali als der Feldbau, und erscheinen die Abflüsse aus Gebieten seiner grössten Verbreitung dennoch viel natronreicher, als jene mit vorherrschender Feldcultur, dann kann zur Beobachtungszeit die Rückwirkung der Vegetation auf den Alkaligehalt der Wässer keine grosse gewesen sein.

Ist demnach aus all den vorher angeführten Gründen die anfangs so befremdlich scheinende Thatsache der hier stärksten Natronführung von Wässern aus dem Urgebirge nicht genügend erklärt, so kann nach dem eben gesagten, neben dem Hauptgrund, der leichteren Verwitterbarkeit der Natronmineralien gegen jene mit vorherrschendem Kali, nur die Haltungs-kraft der Krume für Kali als nächster Hauptfactor genannt werden.

Lithion. Die spectroscopische Prüfung der auf Anal. Tab. II S. 87 namhaft gemachten Schlammproben, führte in den meisten Fällen zum Nachweis dieses Stoffes.

Alle Proben, welche Urgebirgsschutt des ostbayerischen Grenzgebirges führen, zeigen sehr deutlich Lithiongehalt. Viel schwächer, aber immerhin erkennbar führt ihn der Innsand von Passau und jener, bei gewiss rein alpiner Abstammung, von Wasserburg.

Als Träger dieses Gehaltes ist ohne Frage der dunkle Eisenmagnesiaglimmer anzusprechen, der sich sowohl im hercynischen, wie alpinen Urgebirge als wesentlicher Gemengtheil der Gesteinsarten findet. Die reichliche Vertretung dieses Glimmers, besonders im Innsand, im Zusammenhalt mit der sehr schwachen Reaction gerade hier, deutet auf sehr wechselnden Lithiongehalt in den verschiedenen dunklen Glimmerarten hin.

Jeder Versuch, Lithion in den Alkalien der untersuchten Wässer nachzuweisen, schlug fehl. Die Prüfung geschah mit einem einfachen Bunsen-Spectroskop, und war es mir mit demselben möglich, nach wiederholter, genauer

\*) Es ist ersichtlich, dass hier unter dem engeren Begriff „Boden“ die oberste, mittelbar durch die Bodenwässer pflanzennährende Erdschicht gemeint ist.



Bestimmung, noch 0,000 000.01 g  $\text{Li}_2\text{O}$  nachzuweisen. Das Fehlen des  $\text{Li}_2\text{O}$  bis zu dieser Grenze, im Rückstand von je 1000 g Untersuchungswasser, giebt uns die Gewissheit, dass die dunkeln Glimmer sich nur spärlich am Gehalt der Wässer betheiligen.

Chlor.\*) Vertheilung desselben dem absoluten Gehalt nach: Naab 44; Donau unterhalb Passau 40; Inn 35; Donau oberhalb Regensburg 26; Donau oberhalb der Naab 25; Donau in Passau 23; Erlau 21; Regen 19; Isar 9; Ilz 7.

Das meiste Chlor führt die Naab, entsprechend dem grössten Antheil von fränkischem Keuper\*\*) am Zuflussgebiet. Ihr folgen die unterste Donau, dann der Inn mit 40 und 35 Chlor und erst an sechster Stelle erscheint die Donau in Passau; ein deutlicher Beweis, dass der Chlorgehalt der untersten Donau durch Verunreinigungen bei Passau erst auf die ermittelte Höhe gebracht wurde.

Bei den Alpenflüssen entspricht die Chlorführung nicht dem ersichtlichen Antheil an Keuper. Die procentische Betheiligung von Keuper am Inn- wie Isargebiet ist ziemlich gleich gross. Der Chlorgehalt von Inn und Isar verhält sich aber wie 4:1. Der alpine Keuper zeichnet sich somit in seinen Hauptgliedern gegen den fränkischen durch Chlorarmuth aus. Hierbei bleibt die Frage, ob die Hauptmenge des Chlors dem Keuper oder dem sehr viel schwächer entwickelten Buntsandstein entnommen ist, eine offene.

Schwefelsäure. Das Wichtigste fand schon bei den alkalischen Erden Erwähnung.

Phosphorsäure. Die entsprechende Behandlung des wässerigen Auszuges der Alkalischmelze von Thonerde und Eisen liess mit Molybdänlösung in allen Fällen, schon durch die eingetretene Färbung, die Gegenwart von  $\text{P}_2\text{O}_5$  erkennen. In zweifelhaften Fällen wurde die mikrochemische Reaction\*\*\*) zur Entscheidung beigezogen.

Der Bedarf der Cultur an  $\text{P}_2\text{O}_5$  schon in ihrer einfachsten Form, als Wald, gegenüber dem Gehalt der Fliesswässer an diesem Stoff, ist eine, aus den Belegen ersichtlich, ungemessen grössere. Nur die in diesem Fall erheblich hohe Haltungskraft der Krume kann als Stütze einer dauernden Culturfähigkeit des Bodens gelten.

Um beiläufig noch Eines zu erwähnen, erhellt aus Obigem um so mehr die hohe Bedeutung der Abfallstoffe (Streu), welche sich durch grösseren  $\text{P}_2\text{O}_5$  Gehalt vor den übrigen Pflanzentheilen auszeichnen, für eine erspriessliche Waldwirthschaft. Vom gleichen Gesichtspunkt aus wird zum Theil der Erfolg einer künstlichen andauernden Bewässerung (z. B. Wiesenbewässerung) der Culturen zu beurtheilen sein.

Von den noch unbesprochenen Einzelbestimmungen sei nur der Salpetersäure gedacht. Der plötzlich ansteigende Gehalt an  $\text{N}_2\text{O}_5$  in der Donau bei Passau und auch im Inn daselbst kann nur als Culturabfall jener Stadt gelten.

Rückstandsmengen. Das geologische Interesse wendet sich ganz besonders jenen natürlichen Wegen zu, auf welchen einem gegebenen Landestheil dauernde Einbusse am Bestande droht. Diese Wege sind durch die

\*) Über den Chlorgehalt d. fränkischen Keuperquellwässer s. a. a. O. S. 83.

\*\*) Die Bestimmung erfolgte nach Mohr in der möglichst eingeengten Probe, mit Hülfe einer Gewichtspipette.

\*\*\* K. HAUSHOFER, Mikroskopische Reactionen, Braunschweig 1885.



rinnenden Gewässer verzeichnet. Der Schwemmschutt den sie führen und ihr Lösungsgehalt bilden fast den einzigen möglichen Verlust für ein bestimmtes Gebiet. Die vorliegende Untersuchung hat uns mit dem Haupttheil dieses Verlustes, dem Lösungsgehalt der oberen Donau und ihrer Hauptzuflüsse, bekannt gemacht. Die Schlussworte sollen der Vertheilung dieses Gehaltes auf die Einzelgebiete gedenken.

Flussgebiet	Antheil in Procenten am Donaugebiet bis zur Landesgrenze		
	der Fläche nach	dem Abfluss nach	der Lösungs- abfuhr nach
	und ihr gegenseitiges Verhältniss.		
Donau oberhalb der Naabmündung . . . . .	35,06 1,00	25,86 0,74	30,63 0,87
Naab bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	7,08 1,00	4,41 0,62	2,64 0,37
Regen bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	3,78 1,00	2,67 0,71	0,56 0,15
Ilz bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	1,09 1,00	1,10 1,01	0,18 0,16
Erlau bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	0,28 1,00	0,25 0,89	0,06 0,21
Isar bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	11,75 1,00	12,79 1,09	14,62 1,24
Inn bis zur Einmündung in die Donau . . . . .	33,86 1,00	48,15 1,42	43,56 1,29

Den grössten Abfuhr\*)-Coefficienten zeigt der Inn, ihm folgt die Isar. Wir sehen, nicht dem löslichsten Bestand (Isar mit vorwiegendem Kalkbestand) entspricht die grösste Abfuhr, sie wird mit bedingt durch die Wasserabflussgrösse (Inn). Die Abfuhr der gesammten oberen Donau wird relativ nur von diesen zwei Flüssen überboten. Isar und Donau vor der Naab sind die einzigen Flussstrecken, welche höheren Abfuhr- als Abflusscoefficienten aufweisen (Gebiete mit fast ausschliesslich Kalkbestand). Bei der Naab sinkt dieses Verhältniss bis fast zur Hälfte, und die Wässer des nördlichen Urgebirges zeigen gegen den Abfluss bis  $\frac{1}{5}$  gesunkene Abfuhr. Der Verlust durch die lösende Kraft der Wässer ist im ostbayerischen Grenzgebirge sechsmal geringer als jener der ganzen oberen Donau und sogar achtmal kleiner als im Inngebiet. Wenn dieser Verlust sich zumeist in der Oberflächengestaltung ausgeprägt findet und im Maass der eben gegebenen Zahlen durch ungemessen lange Zeiträume mindestens in ungeschwächter Kraft angedauert hat, dann wird uns die so verschiedene äussere Gestaltung genannter Landestheile, wie sie sich wenigstens in ihren inneren Zügen dem heutigen Beschauer darbietet, schon aus diesem einen Grund leicht verständlich sein.

\*) Kurz Abfuhr für Lösungsabfuhr.



Ich hoffe mit vorstehenden, wenn auch vielfach aphoristischen Erörterungen, den Beweis erbracht zu haben, dass zusammenhängende und eingehendere Wasseruntersuchungen nicht bloß als erwünschte Ergänzung der sonstigen geologischen Forschung anzusehen seien; die practische Anwendbarkeit ihrer Ergebnisse liegt, wenn auch meist unausgesprochen, selbst hier vielfach nahe.

---