

Versuche über Suspensionen. I.

Von

G. Bodländer in Clausthal¹.

Die Vorgänge bei der Sedimentation durch Absetzen fein vertheilter unlöslicher Substanzen aus ihren Suspensionen in Wasser sind noch nicht in dem Maasse Gegenstand der Untersuchung geworden, als der Bedeutung dieser Vorgänge für die Entstehung der klastischen Gesteine entspricht. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Bildung der mechanischen Niederschläge aus den wässerigen Suspensionen erfolgt, ist bestimmend für die Entfernung der klastischen Gesteine von ihrem Muttergestein, ferner für die Structur der Gesteine, namentlich dafür, ob die Gesteine gleich- oder verschiedenkörnig sind, und endlich für die Festigkeit der entstehenden Gesteine. Die Geschwindigkeit des Absetzens ist aber ihrerseits hauptsächlich abhängig von der Grösse, der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der suspendirten Substanzen, von dem Bewegungszustande des Wassers, von der Temperatur desselben und namentlich von der Beschaffenheit der im Wasser gelösten Stoffe. Über den letzterwähnten Einfluss liegen vereinzelte Angaben in der Literatur vor²;

¹ Im Auszuge mitgetheilt in den Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen. 1893. Nr. 7. 267—276.

² TH. SCHEERER, Einige Beobachtungen über das Absetzen aufgeschwemmter pulverförmiger Körper in Flüssigkeiten. Pogg. Ann. 82. 419. 1851. — CH. SCHLOESING, Sur la précipitation des limons par des solutions salines très-étendues. Compt. rend. 70. 1345. 1870. — ADOLF MAYER, Über die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absatzungs-

es fehlt aber eine zusammenhängende Reihe messender Untersuchungen, in denen der Einfluss verschiedener im Wasser gelöster Substanzen auf die Geschwindigkeit des Absetzens suspendirter Stoffe quantitativ verfolgt wird sowohl hinsichtlich der Mengen der gelösten als auch der suspendirten, resp. durch den Zusatz zum Absetzen gebrachten Stoffe.

1. Für die Versuche, durch die ich diese Lücke auszufüllen mich bemühte, war es, um unnöthige Complicationen auszuschliessen, wichtig, Suspensionen einer chemisch einheitlichen Substanz zu benützen. Als solche wurde das Kaolin gewählt, da, wegen der grossen Verbreitung dieser Substanz als Bestandtheil wichtiger klastischer Gesteine, wie der Thone, Thonschiefer und Schieferthone, die an ihr gewonnenen Resultate zur Aufklärung geologischer Fragen beitragen konnten.

Das von TH. SCHUCHARDT in Görlitz bezogene geschlämmte Kaolin war von rein weisser Farbe, frei von Sand und enthielt keine im Wasser löslichen Bestandtheile. Durch Behandlung mit Salzsäure wurde aus dem Kaolin eine 0,37% Calciumcarbonat entsprechende Menge Kalk und eine Spur Magnesia extrahirt. Da das Auswaschen von überschüssiger Säure und von Calciumsalzen erhebliche Schwierigkeiten bereitete und ein auch nur kleiner Rest nicht entfernter löslicher Substanz die Suspension stärker beeinflusste als der kohlen saure Kalk, so wurde nur für einen Theil der Versuche durch Säuren gereinigtes Kaolin angewandt; für die meisten diente das ungereinigte Präparat. Von demselben wurde eine grössere Menge mit ausgekochtem destillirtem Wasser zu einem mässig dicken Brei angerührt und aus diesem wurden durch Verdünnung mit Wasser die für die einzelnen Versuche dienenden Suspensionen bereitet. Um den Einfluss verschiedener Bedingungen, namentlich der Zusätze löslicher Stoffe zu den Suspensionen, auf die Geschwindigkeit des Absetzens festzustellen, wurde die Menge des Kaolins, welches in einer Sus-

verhältnisse thoniger Erden. Forschungen auf d. Geb. d. Agriculturphysik von E. WOLLNY. II. Heft 3. 1879. (Nur im Auszuge zugänglich.) — CARL BARUS, Subsidence of fine solid particles in liquids. Bull. of the United States Geol. Survey. Nr. 36. 1886. Vgl. auch CARL BARUS und E. A. SCHNEIDER, Über die Natur der colloidalen Lösungen. Zeitschr. f. physik. Chemie. 8. 285. 1891.

pension vor und nach dem unter bestimmten Bedingungen erfolgten Absetzen enthalten war, quantitativ bestimmt. Diese Bestimmung erfolgte in einigen Versuchen durch Eindampfen eines bestimmten Volumens der Suspension — 20 ccm — und Wägung des Rückstandes nach gelinder Erwärmung, eventuell unter Abzug der nicht flüchtigen Zusätze zum Wasser. In den meisten Versuchen wurde die Kaolinmenge indirect durch Wägung eines bestimmten Volumens der Suspension bei bekannter Temperatur in einem SPRENGEL'schen Pyknometer von ca. 20 ccm Inhalt festgestellt. Ist d die Dichte des suspendirten Kaolins, so verdrängen x Gramm desselben x/d Gramm Wasser, erhöhen also das Gewicht der Suspension gegen das Gewicht des gleichen Volumens Wasser von der nämlichen Temperatur um

$$z = x - \frac{x}{d}$$

Gramm. Es ist also

$$x = z \frac{d}{d-1}.$$

Zur Bestimmung der Dichte des angewandten Kaolins wurde von einer bestimmten Suspension unter lebhaftem Schütteln eine Probe von 20 ccm mit der Pipette und eine zweite mittelst eines mit Ansatzrohr versehenen Pyknometers abgesaugt und in der ersten Probe der Kaolin-gehalt durch Wägung nach dem Eindampfen bestimmt, in der zweiten nach Eintritt constanter Temperatur und Einstellung auf die Marke, die Gewichtszunahme gegen das mit Wasser von gleicher Temperatur gefüllte Pyknometer ermittelt.

20 ccm der Suspension enthielten, wie durch die Wägung festgestellt wurde, 0,3678 g Kaolin. Ein bei 16,4° gefülltes Pyknometer wog mit reinem Wasser 36,7468 g, mit Suspension 36,9739 g. Der Inhalt des Pyknometers betrug bei 16,4° 20,5882 ccm, demnach enthielt die in demselben befindliche Suspension 0,3786 g Kaolin und die Dichte des letzteren ist $= \frac{0,3786}{36,7468 + 0,3786 - 36,9739} = 2,50$. Dieser Werth bezieht sich auf mässig lufthaltiges Wasser; er wurde zur Berechnung des Kaolin-gehaltes in den Suspensionen angewandt, weil auch diese nicht luftfrei erhalten werden konnten, wiewohl zu ihrer Bereitung immer ausgekochtes Wasser verwendet wurde.

Enthielt die Suspension gelöste Stoffe, so wurde deren Gewicht von dem Gewicht der Suspension nach einer Correctur für das verdrängte Wasser in Abzug gebracht. Zur Berechnung dieser Correctur dienten die Dichten der verdünntesten wässerigen Lösungen der Substanz, über welche

Angaben vorliegen. Bei der in den meisten Fällen äusserst geringen Menge gelöster Substanz konnten ungenaue Werte für das Volumen der Substanz in Lösungen das Resultat kaum merklich beeinflussen.

Zwei unter ganz gleichen Bedingungen mit denselben Suspensionen gefüllte und gleich lange stehen gelassene Gläser gaben bei der Probenahme durch Pyknometer oder Pipette nicht genau gleiche Kaolingehalte, sondern wiesen Abweichungen bis zu 5 mg in 20 ccm auf. Die Ursache dieser Erscheinung mag wohl sein, dass auch beim sorgfältigsten Mischen während des Eingiessens sich die suspendirte Substanz in beiden Gläsern nicht ganz gleich vertheilte. Um die hieraus entspringende Unsicherheit aufzuheben, wurden von jeder Probe einer Versuchsreihe je zwei Gläser gefüllt und zwar so, dass hinter einander zuerst ein Glas von jeder Probe gefüllt wurde, darauf in umgekehrter Reihenfolge die zweiten Gläser. In derselben Weise wurden nach Ablauf der Versuchszeit die Proben abpipettirt und die Durchschnittwerthe des Kaolingehalts je zweier zusammengehöriger Proben ermittelt. Es wurde dadurch bewirkt, dass der Zeitverlust beim Einfüllen und bei der Probenahme auf die Durchschnittswerthe keinen Einfluss übt. Als Zeit des Einfüllens resp. der Probenahme wurde das Zeitmittel zwischen Beginn und Ende der Operation angesehen.

Für die Entnahme vergleichbarer Proben aus Suspensionen, die längere Zeit unter bestimmten Bedingungen ruhig gestanden hatten, war es wichtig, dass die Proben aus immer gleicher Tiefe entnommen wurden, weil bei längerem Stehen die Menge des Kaolins mit der Tiefe zunimmt.

Eine Suspension, die nach kräftigem Schütteln in 20 ccm 0,8560 g Kaolin enthielt, wurde in drei 20 cm hohe Cylinder gefüllt und diese blieben eine Stunde lang bei 18,5° ruhig stehen. Es wurden sodann aus allen drei Cylindern Proben entnommen, wobei die Spitze der Pipette in den ersten Cylinder 4,5 cm tief unter die Oberfläche der Flüssigkeit getaucht und dann fixirt wurde, in den zweiten 9 cm, in den dritten 13,5 cm. Es enthielten je 20 ccm der Suspension aus dem ersten Cylinder 0,6430 g, aus dem zweiten 0,7710 g und aus dem dritten 0,8400 g.

In allen folgenden Versuchen wurde die Pipette resp. das Ansatzrohr des Pyknometers immer 4,5 cm tief unter den ursprünglichen Spiegel der Flüssigkeit getaucht. Das An-

saugen erfolgte in allen Versuchen gleichmässig langsam, um ein Aufrühren der Suspension möglichst zu vermeiden. Der Bodensatz befand sich immer mehr als 4 cm tiefer als die Spitze der Pipette und konnte deshalb niemals beim Ansaugen aufgerührt werden.

2. Durch einige vorläufige Versuche sollte festgestellt werden, mit welcher Geschwindigkeit sich die Suspensionen von Kaolin in Wasser absetzten, wenn dieselben keinen Zusatz von löslichen Substanzen erhielten. Es wurden deshalb mit derselben Suspension mehrere Gläser gefüllt und nach Ablauf bestimmter Zeiten immer aus je zweien derselben Proben entnommen.

Versuch I. Temp. 20,5°.			
Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 ccm K	$\frac{K_o - K_t}{t}$	$\frac{\log K_o - \log K_t}{t}$
0	0,4109 g		
30	0,3745	0,00121	0,00134
60	0,3336	0,00129	0,00151
120	0,2682	0,00119	0,00154
180	0,2439	0,00093	0,00126
405	0,1380	0,00067	0,00117
1425	0,0420	0,00027	0,00076

Versuch II. Temp. 19,5°.			
Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 ccm K	$\frac{K_o - K_t}{t}$	$\frac{\log K_o - \log K_t}{t}$
0	0,2062 g		
20	0,1832	0,00115	0,00257
55	0,1611	0,00082	0,00177
105	0,1486	0,00055	0,00135
135	0,1388	0,00050	0,00127
165	0,1306	0,00046	0,00120
325	0,1148	0,00028	0,00078
445	0,1061	0,00022	0,00065

Versuch III. Temp. 18,3°.			
Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 ccm K	$\frac{K_o - K_t}{t}$	$\frac{\log K_o - \log K_t}{t}$
0	0,1462 g		
20	0,1379	0,00042	0,00127
50	0,1265	0,00039	0,00126
110	0,1116	0,00032	0,00107
180	0,1000	0,00026	0,00092
270	0,0931	0,00020	0,00065

Versuch IV. Temp. 15,5°.

Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 cem K	$\frac{K_0 - K_t}{t}$	$\frac{\log K_0 - \log K_t}{t}$
0	0,1869 g		
30	0,1720	0,00050	0,00120
75	0,1532	0,00045	0,00115
135	0,1376	0,00037	0,00028

Versuch V. Temp. 15,5°.

Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 cem K	$\frac{K_0 - K_t}{t}$	$\frac{\log K_0 - \log K_t}{t}$
0	0,3821 g		
30	0,3478	0,00114	0,00136
75	0,3137	0,00090	0,00114
135	0,2871	0,00070	0,00092

Es ergibt sich aus der Inconstanz der Werthe $\frac{K_0 - K_t}{t}$, dass die in der Zeiteinheit gefallene Menge Kaolin abnimmt, je länger die Suspension steht, d. h. je mehr Kaolin bereits ausgefallen ist. Wenn die Geschwindigkeit der Ausfällung proportional wäre der in jedem Zeittheilchen suspendirten Menge Kaolin, so müsste $\frac{\log K_0 - \log K_t}{t}$ constant sein. Diese Werthe bleiben in der That innerhalb der ersten Zeit in jedem Versuche nahezu unveränderlich, nehmen aber beim weiteren Fortschreiten des Absetzens schnell ab. Der Grund scheint darin zu suchen zu sein, dass, wie der Augenschein lehrt, in der Suspension zweierlei Arten von Partikelchen enthalten sind: kleine Krystallschüppchen, die der bewegten Suspension einen seidenartigen Glanz verleihen, und eine erdige Substanz. Die Schüppchen setzen sich zuerst ab, die erdige Substanz bleibt sehr lange suspendirt und es ist möglich, dass jede der beiden Classen für sich dem logarithmischen Gesetz gemäss sich ablageret, dass aber in einem Gemisch beider Classen wegen der Verschiedenheiten der Constanten und der Verschiedenheit der Mischung in jedem Moment das Gesetz sich nicht erkennen lässt. Um dies zu prüfen, wurde eine grössere Menge Kaolin in Wasser suspendirt und, nachdem die Suspension so lange gestanden hatte, bis die schuppigen Theile sich fast völlig abgesetzt hatten, wurde

die überstehende Trübe abgehebert und ohne Zusatz in verschiedenen Gläsern stehen gelassen.

Versuch VI. Temp. 20,5°.

Zeit in Minuten t	Kaolin in 20 ccm K	$\frac{K_0 - K_t}{t}$	$\frac{\log K_0 - \log K_t}{t}$
0	0,0970 g		
30	0,0946	0,000080	0,000363
125	0,0869	0,000080	0,000382
190	0,0817	0,000080	0,000392
430	0,0656	0,000073	0,000395

Es folgt aus diesem Versuche, dass bei gleichmässiger Beschaffenheit der suspendirten Theile die Geschwindigkeit des Absetzens mit der Zeit weniger abnimmt; es lässt sich nach den Zahlen der letzten und vorletzten Tabelle noch nicht entscheiden, ob sich in der Zeiteinheit immer gleich viel Kaolin absetzt oder ein der suspendirten Menge proportionaler Theil. Die weitere Untersuchung dieser Frage bleibt späteren Versuchen überlassen.

Aus Suspensionen, die Kaolintheilchen verschiedener Grösse aber in demselben Verhältniss gemischt enthalten, setzt sich das Kaolin proportional der in der Volumeneinheit enthaltenen Menge ab. Dies ergibt sich aus Versuchen, in denen Kaolin mit Wasser zu einer etwas dickeren Suspension angerührt, und von dieser ein Theil mit Wasser verdünnt wurde. Liess man dann beide Suspensionen neben einander in einer Reihe von Gläsern sich gleichzeitig absetzen und entnahm zu verschiedenen Zeiten Proben der dickeren und dünneren Suspension, so blieb das Verhältniss des in der dickeren Suspension suspendirten Kaolins zu dem in der verdünnteren Suspension enthaltenen nahezu constant.

Zeit in Minuten	0	30	75	135	
Dickere Suspension	0,3821	0,3478	0,3137	0,2871	g in 20 ccm
Dünnere Suspension	0,1869	0,1720	0,1532	0,1376	„ „ „ „
Verhältniss der dünneren zur dickeren Suspension	2,04	2,02	2,05	2,08	

Zeit in Minuten	0	89	0	83
Dickere Suspension	0,3923	0,2965	0,3538	0,2984
Dünnere Suspension	0,2004	0,1544	0,1745	0,1478
Verhältniss	1,95	1,92	2,03	2,02

Diese Proportionalität zwischen dem Gehalt einer Suspension an Kaolin und der Menge der in gleicher Zeit abgesetzten Substanz gilt nur für Suspensionen, die aus einem genau gleichartigen Ausgangsgemisch bereitet wurden und gleich lange Zeit ruhig stehen blieben. Die an verschiedenen Tagen bereiteten Suspensionen setzten nicht ihrem Gehalt proportionale Mengen Kaolin in gleicher Zeit ab, sondern das Verhältniss der in der gleichen Zeit abgesetzten Menge zum ursprünglichen Kaolingehalt variierte innerhalb ziemlich erheblicher Grenzen, ohne dass ein Einfluss der Zimmertemperatur oder anderer Nebenumstände sich eindeutig erkennen liess. Wahrscheinlich änderte sich das Verhältniss der grösseren zu den kleineren Partikeln in den einzelnen Suspensionen. Schon geringe Änderungen hierin mussten grossen Einfluss ausüben, weil ein grösseres Partikel sich nicht nur schneller absetzt, sondern auch wegen seines höheren Gewichtes das quantitative Ergebniss stärker beeinflusst. Dass Temperaturerhöhung die Geschwindigkeit des Absetzens vermehrt, ergab sich aus besonderen Versuchen, in welchen dieselbe Suspension bei Zimmertemperatur und in einem durch einen Thermoregulator auf constante Temperatur erhaltenen Wasserbade stehen gelassen wurde. Es fielen z. B. aus einer Suspension, die 0,1959 g Kaolin in 20 ccm enthielt, nach 89 Minuten langem Stehen bei 15° 0,0424 g und bei 53° 0,0545 g. Die Erhöhung der Temperatur um 38° vermehrte also die Geschwindigkeit des Absetzens um 28,5 %.

3. Für diejenigen Versuche, in denen der Einfluss eines in Wasser löslichen Zusatzes auf die Geschwindigkeit der Klärung untersucht werden sollte, musste, um die Resultate von dem wechselnden Einfluss der Dauer des Absetzens, der Mischung des Kaolins und der Temperatur unabhängig zu machen, jede nach dem Zusatz eines löslichen Stoffes eintretende Klärung verglichen werden mit der Klärung, die dieselbe Suspension unter sonst gleichen Bedingungen ohne Zusatz erlitt. Es wurde deshalb für jede Versuchsreihe eine grössere Menge Kaolinsuspension durch Vermischen einer gewissen Menge Kaolinbreis mit ausgekochtem und bei Luftabschluss erkalteten Wassers hergestellt. Unter stetem Umrühren wurden abgemessene Mengen dieser Suspension mit

den zu prüfenden Flüssigkeiten versetzt; sowohl zu der ohne Zusatz zu verwendenden Controllösung als zu den Proben, die einen geringeren Zusatz erhalten hatten, wurde so viel Wasser gegeben, dass in gleichem Volumen aller die gleiche Kaolinmenge enthalten war. In der oben beschriebenen Weise wurden die einzelnen Proben in cylindrische Standgefäße (Pulvergläser) von 9,3 cm Höhe und 3,7 cm Durchmesser eingefüllt; jedes Glas erhielt eine Füllung von 80 ccm, die bis nahe unter den Rand reichte. Die Gefäße wurden dicht neben einander in gleichmässig temperirtem Raume auf einem vor Erschütterungen geschützten Tisch aufgestellt. Etwa 3 Minuten nach dem Einfüllen wurde aus zwei mit der zusatzfreien Controlflüssigkeit gefüllten Cylindern je eine Probe zur Bestimmung des Kaolingehaltes entnommen und etwa 90 Minuten später aus zwei anderen Cylindern, die gleichfalls mit Controlflüssigkeit gefüllt waren, und aus den übrigen, welche die mit löslichen Stoffen versetzten Suspensionen enthielten. Die Probenahme erfolgte in der auf S. 150 angegebenen Reihenfolge.

4. Bezüglich der Einwirkungen auf Kaolinsuspensionen lassen sich alle in Wasser löslichen Stoffe in zwei Gruppen theilen, in solche, die schon in sehr kleinen Mengen eine schnelle, fast vollständige Klärung bewirken und in solche, die, auch in den grössten Mengen zugesetzt, wirkungslos sind. Zu den klärenden Stoffen gehören alle, die in wässriger Lösung elektrolytische Leiter sind, zu den nicht klärenden gehören die Nichtleiter. Einzelne schlechte Leiter bilden den Übergang zwischen beiden Gruppen.

Von einer Suspension, die in 100 ccm 1,1088 g Kaolin enthielt, wurden je 155 ccm versetzt mit je 6 ccm Wasser, Methylalkohol, Aethylalkohol, Isobutylalkohol, Aethyläther und einer Lösung, von der 1 ccm 0,23 g Rohrzucker enthielt. Nach 69 Minuten langem Stehen bei 21,7° enthielten 100 ccm der Suspensionen, welche einen Zusatz erhalten hatten, von:

Wasser	0,8900 g Kaolin
Methylalkohol	0,8940 „ „
Aethylalkohol	0,8975 „ „
Isobutylalkohol	0,9445 „ „
Aethyläther	0,9285 „ „
Rohrzucker	0,9325 „ „

Eine Klärung der Suspensionen war also durch die vergleichsweise sehr grossen Mengen der Zusätze nicht bewirkt worden; im Gegentheil scheinen die Zusätze zum Theil — vielleicht durch die Vergrösserung der Zähigkeit — das Absetzen zu verzögern. Eine Klärung der Kaolinsuspensionen wurde ausser durch die erwähnten auch durch folgende Stoffe nicht herbeigeführt: Acetaldehyd, Paraldehyd, Aceton, Traubenzucker, Milchzucker, Phenol, β -Naphthol und Anilin. Die organischen Säuren, auch Pikrinsäure, deren Salze, sowie Salze der organischen Basen, wirkten ihrem Charakter als Elektrolyte entsprechend klärend auf die Suspensionen ein.

5. Bei allen klärenden Stoffen ergab sich, dass die klärende Wirkung nicht proportional ist der Menge des Zusatzes. Von jedem Stoffe konnten bis zu einer bestimmten Grenze Zusätze zur Suspension gegeben werden, ohne dass die Suspension nach längerem Stehen weniger Kaolin enthielt, als eine unter sonst gleichen Bedingungen aufgestellte zusatzfreie Suspension. Zusätze über jene Grenze hinaus bewirkten dann eine Klärung, die um so vollständiger ausfiel, je weiter die Grenze überschritten war. In der folgenden Tabelle sind einzelne Versuche mitgetheilt, aus denen die Existenz eines Grenz- oder Schwellenwerthes der Einwirkung ersichtlich ist; die Auswahl ist eine willkürliche, da alle klärenden Substanzen dasselbe Verhalten zeigen.

Tabelle I.

Zugesetzte Substanz	Dauer des Ab- setzens	Temp.	100 ccm der Suspension enthalten		
			Zusatz		Kaolin, nach dem Absetzen
	Minuten		mg	mg-Aequiv.	g
Salzsäure (HCl) 100 ccm Suspension ent- halten vor dem Ab- setzen (Nullpunkt) 0,8875 g Kaolin	90	17,8°	0	0	0,6795
			0,7274	0,020	0,6585
			0,9092	0,025	0,6735
			0,9819	0,027	0,6020
			1,0819	0,030	0,4415

Zugesetzte Substanz	Dauer des Ab- setzens	Temp.	100 ccm der Suspension enthalten		
			Zusatz		Kaolin, nach dem Absetzen
	Minuten		mg	mg-Aequiv.	g
Schwefelsäure $\frac{1}{2}(\text{H}_2\text{SO}_4)$ Nullpunkt 1,0365 g	70	20,5	0	0	0,7760
			0,5880	0,012	0,7490
			0,6860	0,014	0,7690
			0,7840	0,016	0,7740
			0,8575	0,0175	0,7725
			0,9065	0,0185	0,7590
			1,2250	0,025	0,6935
			1,3720	0,028	0,6075
			1,4210	0,029	0,4780
			Phosphorsäure $\frac{1}{3}(\text{H}_3\text{PO}_4)$ Nullpunkt 1,1110 g	88	17,5
3,2560	0,1110	0,8560			
3,7429	0,1276	0,8650			
4,2339	0,1443	0,8980			
4,5672	0,1554	0,8830			
4,8840	0,1665	0,8355			
5,2096	0,1776	0,2950			
5,5352	0,1887	0,0985			
11,7216	0,3996	0,0440			
Baryumhydroxyd $\frac{1}{2}[\text{Ba}(\text{OH})_2]$ Nullpunkt 0,9230 g	104,5	19,0			
			2,1347	0,0250	0,7135
			2,9886	0,0350	0,7250
Kaliumhydroxyd (KOH) Nullpunkt 0,9820 g	99	13,6	0	0	0,8000
			7,1570	0,1556	0,7775
			9,5427	0,2075	0,6505
Zinksulfat $\frac{1}{2}(\text{ZnSO}_4)$ Nullpunkt 1,0030 g	88,5	21,2	11,9283	0,2593	0,3465
			0	0	0,7595
			1,4104	0,0184	0,7385
Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) Nullpunkt 1,0665 g	89	17,3	1,8805	0,0245	0,2900
			0	0	0,7975
			5,3300	0,0667	0,8215
			10,6600	0,1333	0,7785
			15,9900	0,2000	0,7640
			21,3200	0,2667	0,6940
			26,6500	0,3333	0,2350

Die Thatsache, dass erst oberhalb einer gewissen Concentrationsgrenze eine Einwirkung des Zusatzes auf die Sus-

pensionen erkennbar wird, könnte bei den Säuren durch eine Abstumpfung derselben durch den kohlen-sauren Kalk erklärt werden, sodass erst nach Auflösung desselben die freie Säure zur Geltung käme. Eine ähnliche Erklärung würde aber für die Basen und für die neutralen Salze nicht aufgestellt werden können und auch für die Säuren ist sie nicht ausreichend, da spätere Versuche mit gereinigtem, von Calciumcarbonat freiem Kaolin dieselbe Erscheinung bei Säuren, Basen und Salzen ergaben.

Es giebt also für jeden, Kaolinsuspensionen klärenden Körper einen Schwellenwerth der Concentration, unter welchem er ohne Einfluss auf die Suspension ist, während oberhalb des Schwellenwerthes die klärende Einwirkung rasch mit der Concentration zunimmt.

6. Der Schwellenwerth ist eine für jeden Körper charakteristische Grösse und für die Vergleichung der einzelnen Stoffe nach ihrer Wirksamkeit auf Suspensionen wäre eine genaue Kenntniss dieses Werthes am meisten geeignet. Da sich aber zwischen mehreren unter ganz gleichen Bedingungen aufgestellten Suspensionen gewisse, wenn auch kleine Unterschiede im Kaolingehalt ergeben, so lässt sich die Grenze nicht scharf ermitteln, an welcher sich ein Einfluss eines Zusatzes eben bemerkbar macht. Sicherer schien es, für den Vergleich einen etwas höheren Grad der Klärung zu wählen.

Lässt man auf Suspensionen verschiedenen Kaolingehaltes die gleiche Menge eines durch das Calciumcarbonat, welches dem Kaolin anhaftet, nicht veränderlichen klärenden Stoffes einwirken, so ist die klärende Wirkung verschieden, je nach der Menge des Zusatzes und der Dauer der Einwirkung. Grössere Zusätze oder kleinere bei längerer Einwirkung klären Suspensionen verschiedenen Kaolingehaltes bis zu einem gleichen Grade, d. h. so dass die suspendirt bleibende Menge des Kaolins unabhängig ist von dem Anfangsgehalt. Zuweilen wird sogar die Suspension, die zu Beginn mehr Kaolin enthalten hatte, durch den gleichen Zusatz so verändert, dass sie bei Schluss des Versuches weniger Kaolin enthält, als die zu Beginn schwächere Suspension. Bei geringeren, den Schwellenwerth nur wenig übersteigenden Zusätzen und kürzerer Dauer des

Absetzens ist aber die aus der Suspension gefällte Menge Kaolin annähernd proportional derjenigen Menge, die ohne Zusatz ausfällt, so dass in zwei Suspensionen verschiedenen Kaolingehaltes das Verhältniss der Kaolinmengen in beiden Suspensionen zu Beginn des Versuches, nach dem Absetzen ohne Zusatz und nach dem Absetzen mit Zusatz nahezu constant bleibt. Da die Schwellenwerthe nur wenig überschritten werden sollten, wurden deshalb diejenigen Mengen der wirksamen Stoffe verglichen, deren Zusatz bewirkt, dass eine Suspension nach längerem Stehen doppelt so viel Kaolin absetzt, als bei gleich langem Stehen ohne Zusatz. Die Versuchsdauer war gewöhnlich 90 Minuten, die Menge des in 100 ccm suspendirten Kaolins betrug zu Anfang eines jeden Versuches etwa 1 g; nach 90 Minuten langem Stehen ohne Zusatz hatten sich 0,2—0,25 g Kaolin abgesetzt. Die Menge des in der Suspension zu Beginn enthaltenen Kaolins und die Zeitdauer des Absetzens konnten innerhalb gewisser Grenzen variiren, ohne dass bei dem gewählten Maassstabe die Zahlen für die Wirksamkeit der einzelnen Substanzen sich änderten. Der hier für die Vergleichung gewählte Maassstab ist vielleicht theoretisch nicht der richtigste; indessen sind die Mengen der einzelnen Stoffe, welche Kaolinsuspensionen schnell klären, von einander so verschieden, dass die Reihenfolge der nach der Klärfähigkeit geordneten Stoffe unverändert bleiben würde, auch wenn die Klärfähigkeit nach irgend einem anderen Maasse gemessen worden wäre. Ein Vorzug des gewählten Vergleichungspunktes ist, dass bei demselben einer geringen Vermehrung des Zusatzes eine starke Vermehrung der klärenden Wirkung resp. des ausgefällten Kaolins entspricht.

Die Temperatur, bei der sich die Einwirkung der klärenden Stoffe vollzieht, beeinflusst deren Wirksamkeit nur wenig. Ohne Zusatz löslicher Stoffe setzt sich, wie oben gezeigt wurde, Kaolin in der Wärme etwas schneller ab als in der Kälte. Wurden gleiche Mengen eines klärenden Stoffes zu Suspensionen verschiedener Temperatur gegeben, so war eine durch Temperaturerhöhung bewirkte Erhöhung der Klärfähigkeit nur dann deutlich erkennbar, wenn auch eine geringe Vermehrung des Zusatzes bei gleichbleibender Temperatur eine starke Klärung herbeigeführt hätte. Eine

Temperaturerhöhung um 30—40° vermehrte die klärende Wirkung von so viel Substanz, als bei gewöhnlicher Temperatur dem Schwellenwerth entsprach, gar nicht; nur wenn der Schwellenwerth bei gewöhnlicher Temperatur überschritten war, vermehrte eine Temperaturerhöhung um 30—40° die klärende Wirkung etwa um eben so viel wie eine Vermehrung der zugesetzten Menge um 10% bei gleichbleibender Temperatur. Dies trat namentlich in Versuchen mit Chlorcalcium und Chlormagnesium hervor; bei Kaliumnitrat und Chlorammonium war diese die Klärfähigkeit verstärkende Wirkung der Temperaturerhöhung noch geringer. Es konnte deshalb bei den Versuchen über den Einfluss der verschiedenen Leiter auf die Klärung der Suspensionen von der Innehaltung einer in jedem Versuch gleichen Temperatur Abstand genommen werden. Die Versuche wurden bei Zimmertemperaturen von 14—20° angestellt und es wurde nur darauf geachtet, dass die Suspensionen vor Beginn jeden Versuches Zimmertemperatur besaßen und dass letztere sich während des Versuches nicht änderte.

7. In der nachfolgenden Tabelle II sind die wirksamen Stoffe nach den in Milligramm-Aequivalenten ausgedrückten Mengen geordnet, die, zu 100 ccm Suspension gesetzt, deren Kaolingehalt doppelt so stark erniedrigen als blosses Absetzen ohne Zusatz in gleicher Zeit. Die von den einzelnen Substanzen dafür nöthigen Mengen wurden nie durch Extrapolation, sondern immer nur durch Interpolation innerhalb möglichst enger Grenzen berechnet, wenn nicht die Versuchsbedingungen direct den gesuchten Werth ergaben. Bei dem zum Vergleich gewählten Klärungsgrade nimmt die Klärung sehr rasch bei geringer Vergrößerung des Zusatzes zu und deshalb führt die Interpolation zu sehr genauen Vergleichswerthen. Tastversuche ergaben zuerst die Grenzen, innerhalb derer einerseits eine Einwirkung überhaupt stattfindet und diese andererseits nicht zu stark ist. Zwischen diesen Grenzen liegende wechselnde Mengen wurden dann von jeder Substanz zu drei bis vier Proben zugesetzt und deren Einwirkung wurde quantitativ bestimmt. Zur Controle wurden in anderen Versuchen diejenigen Mengen verschiedener Substanzen, welche die doppelte der spontanen Fällung bewirkten, gleichzeitig zu verschiedenen Proben derselben Suspension gesetzt und ihre Wirkung verglichen.

Tabelle II.

Zugesetzte Substanz		100 ccm der Suspension enthalten	
Name	Formel ¹	mg	mg-Aequiv.
Bleiacetat	$\frac{1}{2}(\text{Pb}[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2]_2)$	1,369	0,01085
Kupfervitriol	$\frac{1}{2}(\text{CuSO}_4)$	0,939	0,01180
Silbernitrat	(AgNO_3)	2,228	0,01313
Kaliumthonerde-Alaun	$\frac{1}{4}(\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 + 12\text{H}_2\text{O})$	1,833	0,01540
Zinksulfat	$\frac{1}{2}(\text{ZnSO}_4)$	1,728	0,02147
Salpetersäure	(HNO_3)	1,564	0,02490
Eisenammon-Alaun	$\frac{1}{4}(\text{NH}_4\text{Fe}[\text{SO}_4]_2 + 12\text{H}_2\text{O})$	3,353	0,02780
Salzsäure	(HCl)	1,018	0,02800
Trichloressigsäure	$(\text{C}_2\text{Cl}_3\text{O}_2\text{H})$	4,767	0,0293
Schwefelsäure	$\frac{1}{2}(\text{H}_2\text{SO}_4)$	1,445	0,0295
Baryt	$\frac{1}{2}(\text{BaO}_2\text{H}_2)$	3,560	0,04167
Ammonthonerde-Alaun	$\frac{1}{2}(\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 + 12(\text{H}_2\text{O}))$	5,821	0,0515
Chlorcalcium	$\frac{1}{2}(\text{CaCl}_2)$	3,120	0,0563
Chlormagnesium	$\frac{1}{2}(\text{MgCl}_2)$	2,711	0,05747
Magnesiumsulfat	$\frac{1}{2}(\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O})$	13,350	0,1088
Oxalsäure	$\frac{1}{2}(\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2)$	6,66	0,148
Phosphorsäure	$\frac{1}{3}(\text{H}_3\text{PO}_4)$	5,542	0,170
Kaliumhydroxyd	(KOH)	9,562	0,2083
Salmiak	(NH_4Cl)	12,28	0,2300
Ammoniumnitrat	(NH_4NO_3)	22,66	0,2833
Kaliumnitrat	(KNO_3)	30,47	0,302
Natriumhydroxyd	(NaOH)	15,99	0,4001
Chlorkalium	(KCl)	30,60	0,412
Chlornatrium	(NaCl)	32,39	0,555
Ammoniumsulfat	$\frac{1}{2}([\text{NH}_4]_2\text{SO}_4)$	101,14	0,5383
Kaliumsulfat	$\frac{1}{2}(\text{K}_2\text{SO}_4)$	220,00	2,537
Natriumcarbonat	$\frac{1}{2}(\text{Na}_2\text{CO}_3)$	405,60	7,540
Ammoniak	(NH_3)	365,20	17,5613

Aus den Zahlen dieser Tabelle ergibt sich, dass auf die geprüfte Kaolinsuspension die sauer reagirenden Salze, resp. diejenigen, die nicht ohne hydrolytische Spaltung in Säure und Base stark erwärmt werden können, die stärkste Klärwirkung ausüben; es folgen erst die starken, dann die schwachen Säuren, die fixen Basen, die neutralen Salze und zuletzt das

¹ Die Gewichte beziehen sich auf wasserfreie oder wasserhaltige Substanz, je nachdem in der Klammer die entsprechende Formel angeführt ist; die Brüche vor der Klammer bezeichnen den Bruchtheil des Moleculargewichtes, der als Aequivalentgewicht angenommen wurde.

Ammoniak, ohne dass eine Körperclassen von der anderen scharf getrennt wäre. Qualitative Versuche mit zahlreichen anderen, verschiedenen Körperclassen angehörig Substanzen bestätigten, dass die Salze der starken Säuren mit schwachen Basen — namentlich die Salze der Schwermetalle — die stärkste Klärwirkung ausübten. Wenn das Leitungsvermögen die Klärfähigkeit bedingte, müssten die starken Mineralsäuren die erste Stelle einnehmen. Dass dies nicht der Fall ist, wird darauf zurückzuführen sein, dass die Säuren nicht vollständig als solche zur Wirkung gelangten, sondern zum Theil durch das Calciumcarbonat, das dem Kaolin anhaftet, neutralisirt wurden. Die von dem Kaolin abfiltrirte Flüssigkeit enthielt, wenn Säuren zur Klärung angewandt waren, immer freie Säure, aber weniger als angewandt worden war und daneben das entsprechende Calciumsalz. Auf die hydrolytisch spaltbaren Salze wirkt in den grossen Verdünnungen das Calciumcarbonat bei gewöhnlicher Temperatur wahrscheinlich nur wenig ein und deshalb wird ihre Wirkung nicht abgeschwächt. Um die störende Einwirkung des Calciumcarbonats zu umgehen, wurde eine Entfernung desselben versucht.

8. Bei der Reinigung des Kaolins durch Behandlung mit überschüssiger Salzsäure bot die Entfernung der letzten Reste von Säure und Chlorcalcium durch Filtration oder Decantation Schwierigkeiten, weil das Kaolin in je reinerem Wasser es suspendirt war, sich um so schwieriger absetzte und trübe durch's Filter ging. Ein Hilfsmittel fand sich in der Anwendung von Kohlensäure, die, schon unter geringerem als Atmosphärendruck im Wasser gelöst, Kaolinsuspensionen rasch klärt. Durch wiederholtes Auswaschen mit reinem Wasser, Einleiten von Kohlensäure und Decantiren gelang es, alle Chlorverbindungen von dem Kaolin zu trennen; die Kohlensäure wurde zuerst durch Decantiren mit Wasser, zuletzt durch Einleiten von kohlensäurefreier Luft verdrängt.

Die Ergebnisse der mit der reinen Kaolinsuspension angestellten Versuche sind in der Tabelle III niedergelegt.

Tabelle III.

Zugesetzte Substanz		100 ccm der Suspension enthalten	
Name	Formel	mg	mg-Aequiv.
Salpetersäure	(HNO ₃)	0,1008	0,0016
Trichloressigsäure	(CCl ₃ · CO ₂ H)	0,2595	0,0016
Chlormagnesium	$\frac{1}{2}$ (MgCl ₂)	0,0758	0,0016
Salzsäure	(HCl)	0,0618	0,0017
Essigsäure	(CH ₃ · CO ₂ H)	0,1020	0,0017
Bleiacetat	$\frac{1}{2}$ (Pb[CH ₃ · CO ₂] ₂)	0,2622	0,0017
Schwefelsäure	$\frac{1}{2}$ (H ₂ SO ₄)	0,0980	0,0020
Chininchlorhydrat	(C ₂₀ H ₂₄ N ₂ O ₂ · HCl + 2H ₂ O)	1,0450	0,0026
Chlorcalcium	$\frac{1}{2}$ (CaCl ₂)	0,1634	0,0029
Natriumnitrat	(NaNO ₃)	1,1320	0,0133
Ammoniakalaun	$\frac{1}{4}$ (AlN H ₄ [SO ₄] ₂ + 12H ₂ O)	1,5490	0,0136
Weinsäure	$\frac{1}{2}$ (C ₄ H ₆ O ₆)	1,0200	0,0136
Phosphorsäure	$\frac{1}{3}$ (H ₃ PO ₄)	0,5368	0,0183
Baryumhydroxyd	$\frac{1}{2}$ (BaO ₂ H ₂)	3,8205	0,0500
Oxalsäure	$\frac{1}{2}$ (C ₂ O ₄ H ₂)	16,6430	0,3700
Natriumhydroxyd	(NaOH)	47,3760	1,1856

Bei dem Vergleiche der Werthe dieser Tabelle mit den entsprechenden der Tabelle II zeigt sich, dass das gereinigte Kaolin gegen Säuren und Salze weit empfindlicher ist als das Calciumcarbonat enthaltende; Basen wirken aber auf die gereinigten Suspensionen erst in stärkerer Concentration klärend ein als auf die ungereinigten. Der Grund hiervon ist vielleicht, dass dem gereinigten Präparate trotz des sehr häufig wiederholten Auswaschens noch chemisch nicht nachweisbare Spuren Salzsäure oder Kohlensäure anhaften, deren Mengen unterhalb des Schwellenwerthes liegen und die deshalb die Bildung der Suspension nicht verhindern, deren Wirkung aber sich zu der geringer Zusätze von Säuren und Salzen addirt; von den Basen wird durch die anhaftende Säure eine gewisse Menge neutralisirt und deshalb ist ein stärkerer Zusatz von ihnen erforderlich um Klärung zu bewirken. Es ist auch möglich, dass die vorherige Behandlung mit überschüssiger Säure das Kaolinmolecül so weit auflockert, dass dasselbe einen Theil der Alkalien chemisch zu binden im Stande ist.

Welcher Ursache dies auch zuzuschreiben ist, die Thatsache selbst, dass minimale Zusätze zu den Suspen-

sionen eine starke Wirkung ausüben, ist beachtenswerth. Salzsäure wirkt noch in einer Verdünnung von 1 Theil in fast $1\frac{1}{2}$ Millionen Theilen Wasser deutlich auf die Kaolinsuspension ein und nicht viel grössere Concentrationen sind von Chlormagnesium, Schwefelsäure und anderen Säuren zur Klärung erforderlich.

9. Diese kleinen Mengen wirksamer Substanz lassen es ausgeschlossen erscheinen, dass eine chemische Einwirkung derselben auf das suspendirte Kaolin stattfindet. Die Menge des letzteren ist bis 10000 mal so gross als die Menge der Substanzen, welche seine Ausfällung bewirken. Auch würde die Verschiedenheit der klärend wirksamen Stoffe gegen eine chemische Einwirkung derselben auf das Kaolin sprechen. Es geht ferner aus vorläufigen Versuchen mit Suspensionen anderer Stoffe namentlich mit Tripel hervor, dass sie durch dieselben Substanzen, wie die Kaolinsuspensionen geklärt werden. Noch weniger kann man annehmen, dass eine Beschwerung des Kaolins durch die Absorption der aufgelösten Substanzen die mechanische Ursache der raschen Klärung der Suspensionen sei. Die Dichte des Wassers und seine Zähigkeit können nur in so minimaler Weise durch die Gegenwart der gelösten Stoffe modificirt sein, dass auch hierdurch nicht die Wirkung der Zusätze erklärt werden kann. Eher könnte man annehmen, dass zwischen dem Wasser und dem Kaolin eine gewisse schwache Anziehung besteht, vermöge welcher das Kaolin in der ungeklärten Suspension schwebend erhalten wird. Im Wasser gelöste Stoffe könnten vermöge ihrer stärkeren Anziehung dem Kaolin das lose gebundene Wasser entziehen und es dadurch zum Absetzen bringen. Will man aber allgemein die Existenz einer Anziehung zwischen gelöstem Stoff und Lösungsmittel zugestehen, so dürfte nicht nur den Elektrolyten eine solche Anziehung zum Wasser zugeschrieben werden, sondern auch Nichtleiter müssten dieselbe ausüben. Der Annahme einer Anziehung zwischen Kaolin und Wasser widerspricht aber die Thatsache, dass Nichtleiter keine Klärung der Suspensionen von Kaolin bewirken, auch wenn grössere Mengen von ihnen zugegen sind.

Dieser letztere Umstand macht einen Zusammenhang zwischen Klärfähigkeit und Leitfähigkeit

wahrscheinlich. Für diesen Zusammenhang spricht auch, dass, wie aus der Tabelle III hervorgeht, die besten Leiter, die starken Säuren, das stärkste Klärungsvermögen besitzen, während die schlecht leitenden Säuren, z. B. Phosphorsäure, auch geringe Klärwirkung ausüben. Ein sehr wichtiger Umstand ist ferner, dass die elektrolytisch einander äquivalenten Mengen der starken Säuren gleichen Einfluss auf die Suspensionen ausüben. Dass äquivalente Mengen Bleiacetat und Chlormagnesium dieselbe Wirkung ausüben, wie starke Säuren, kann wohl darauf zurückgeführt werden, dass in der äusserst starken Verdünnung diese Salze vollständig hydrolytisch gespalten sind und dass vorzugsweise die in ihnen enthaltene Säure zur Wirkung gelangt. Ähnliches kann auch für die übrigen stark wirkenden Salze angenommen werden, da dieselben schon in grösserer Concentration durch Erwärmung theilweise in Säure und Base zerfallen. Dass die Essigsäure sich den starken Säuren anschliesst, kann auf nahezu vollständige elektrolytische Dissociation in der enormen Verdünnung zurückgeführt werden. Dass, während nach Tabelle II die fixen Basen gut klären, der schlechte Leiter Ammoniak nur sehr wenig klärt, ist ein fernerer Beweis für den Zusammenhang zwischen Klärvermögen und Leitvermögen. Im Einzelnen treten allerdings mannigfache Abweichungen zwischen der Reihenfolge der nach der Leit- oder Klärfähigkeit geordneten Körper hervor; dieselben können nur zum Theil darauf zurückgeführt werden, dass die Klärfähigkeit in Verdünnungen untersucht werden konnte, in denen die Bestimmung der Leitfähigkeit versagt. Temperaturerhöhung bewirkt, wie oben gezeigt wurde, eine Verstärkung der Klärfähigkeit, aber diese ist weit geringer als zu erwarten war, wenn die Klärfähigkeit der Leitfähigkeit proportional ist. Es scheint, dass der mit der elektrolytischen Leitfähigkeit im Zusammenhang stehenden Klärfähigkeit andere Eigenschaften der zugesetzten Stoffe entgegenwirken, welche die Suspension zu erhalten geeignet sind. Wenn wir annehmen, dass die Elektrolyte dadurch klärend wirken, dass ihre Ionen Stösse auf die Kaolintheilchen ausüben, durch die dieselben zu grösseren rasch ausfallenden Aggregaten zusammengeballt werden, so könnten bestimmte Ionen oder nicht dissociirte

Molecüle den BROWN'schen Molecularbewegungen vergleichbare Wirbelbewegungen in der Suspension hervorrufen, welche die Aggregate von Kaolintheilchen vertheilen und dadurch die Suspension längere Zeit erhalten. Durch ein solches Spiel entgegengesetzt gerichteter Kräfte könnte auch die Existenz der Schwellenwerthe erklärt werden. Vielleicht spielen auch die Ladungen der Jonen mit freier Elektrizität, oder die Neutralisation dieser Ladungen, wenn mehrere Jonen zu einem nicht dissociirten Molecül zusammentreten, eine Rolle bei dem Zustandekommen der Klärung. Es mag hier als auf eine vielleicht analoge Erscheinung darauf hingewiesen werden, dass nach Versuchen von IRVINE¹ Rauch, also eine Suspension von Kohletheilchen in Luft, durch elektrische Entladungen schnell zum Verschwinden gebracht wird, indem sich die Kohletheilchen zu grösseren Aggregaten zusammenballen, die rasch zu Boden fallen. — Ein genaueres Studium der Suspensionen und der Umstände, welche dieselben zu unterhalten und zu stören geeignet sind, wird vorangehen müssen, ehe der causale Zusammenhang der Klärfähigkeit mit der Leitfähigkeit wird aufgeklärt werden können.

10. Ausser mit Suspensionen einfacher Stoffe wurden auch Versuche mit Pochtrüben angestellt, die bei der Aufbereitung Clausthaler Erze entstehen. In denselben ist gepochtes Material der Clausthaler Erzgänge und ihres Nebengesteins in mehr oder minder feiner Vertheilung suspendirt; die Hauptmenge besteht aus dem Pulver von Grauwacke, Thonschiefer, Schwerspath und Kalkspath, neben wenig Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies. Diese in Quell- oder Flusswasser suspendirten Stoffe setzen sich in der Ruhe nur langsam ab und die feinsten Bestandtheile fast gar nicht. Bei Zusatz wenig grösserer Mengen von Säuren und Salzen, als zur Klärung von reinen Kaolinsuspensionen nöthig ist, erfolgt eine sehr rasche Klärung der Pochtrüben. Beim Absetzen ohne Zusatz fallen zuerst die grössten Theilchen aus, und erst später bildet sich über ihnen eine Schicht feineren Schlammes; unter dem Einfluss eines klärenden Zusatzes fällt das gesammte suspendirte Material fast gleichzeitig aus und im Sediment

¹ IRVINE, Journal of the Soc. of Chemical. Ind. 8. 377. 1889.

sind die einzelnen Bestandtheile nicht nach der Korngrösse geordnet. Als weiterer Unterschied des Absetzens ohne oder mit Zusatz ist noch hervorzuheben, dass im letzteren Falle der Niederschlag sich viel fester zusammenballt und schon nach kurzer Zeit einen beim Schütteln des Gefässes sich nicht verschiebenden Bodensatz bildet, während beim Absetzen ohne Zusatz der Niederschlag lange Zeit beweglich bleibt.

Diese Beobachtungen können vielleicht zur Aufklärung mancher geologischer Fragen beitragen. Ein ähnlicher Schlamm wie der in den Pochtrüben enthaltene wird durch die Flüsse dem Meere zugeführt. An der Mündung vermischt sich das süsse Wasser, in dem der Schlamm lange Zeit suspendirt bleibt, mit dem Meerwasser, wodurch demselben namentlich Chlormagnesium und Chlornatrium in einer zur schnellen Klärung mehr als ausreichenden Menge zugeführt werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Vorgang auf die Bildung von Deltas, Barren und Nehrungen einen grossen Einfluss ausübt. Unter sonst gleichen Bedingungen müssen ferner die beim Eintritt in das Meer sich bildenden Absätze in der Zusammensetzung und der Festigkeit sich von denen unterscheiden, die sich im süssen Wasser bilden. Nach den Beobachtungen mit Pochtrüben wäre zu erwarten, dass die Absätze im Meere Bestandtheile verschiedener Korngrösse nebeneinander enthalten, während bei den Absätzen im süssen Wasser eine Trennung grob- und feinkörniger Bestandtheile stattfinden müsste. Auch müssten klastische Gesteine, die sich im Meere gebildet haben, eine grössere Festigkeit besitzen, als solche, die in süssem Wasser entstanden sind. Freilich üben auf alle diese Verhältnisse andere Umstände, namentlich der Bewegungszustand des Wassers, der Druck bei und nach der Bildung des Gesteins und das Alter desselben einen wesentlichen Einfluss, so dass die Wirkung des Salzgehaltes des Wassers häufig verwischt werden wird; als mitbestimmender Factor wird aber auch dieser zu betrachten sein.

Nicht nur auf die Störung, auch auf die Entstehung der Suspensionen ist die Zusammensetzung des Wassers von Einfluss. Solche Stoffe, die klärend wirken, verhindern, wenn

sie im Wasser gelöst sind, dass dieses Suspensionen bildet. SCHLOESING hat darauf hingewiesen (a. a. O.), dass reines Wasser, weil es leicht mit erdigen Stoffen Suspensionen bildet, weit leichter die Abtragung der Verwitterungsrinde der Gesteine und der Humusdecke bewirkt, als solches, welches viel Kalk- oder Magnesiumsalze enthält. Wichtiger als der Gehalt an diesen Stoffen ist aber der an freier Kohlensäure, von der, wie oben gezeigt wurde, schon geringe Mengen die Klärung von Suspensionen bewirken. Der schützende Einfluss der Vegetation auf die Erhaltung der Ackerkrume entspringt demnach nicht nur aus mechanischen, sondern auch aus chemischen Ursachen, indem die durch die lebenden und die verwesenden Pflanzen gebildete Kohlensäure sich im fließenden Wasser löst und direct als freie Säure und indirect in Folge der Auflösung von Carbonaten dessen Fähigkeit, die Ackerkrume in Suspension zu bringen und somit fortzuführen, vermindert.

Clausthal, Mineralogisches Institut der Bergakademie, Februar 1893.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [1893_2](#)

Autor(en)/Author(s): Bodländer Guido

Artikel/Article: [Versuche über Suspensionen 147-168](#)