

Die Schlammförderung und Geschiebeführung des Raabflusses.

Von J. Stiny.

Die Schlammförderung von Flüssen bildete bereits wiederholt den Gegenstand von Untersuchungen und Berechnungen. P e n c k ¹⁾ hat einige Ergebnisse der Ermittlung des Schlammgehaltes des Wassers verschiedener Flüsse und Ströme übersichtlich zusammengestellt; es hat sich ergeben, daß die Schlickführung auch bei demselben Gewässer sehr wechselt je nach der Jahreszeit beziehungsweise je nach der Wasserführung. F o r c h h e i m e r ²⁾ und andere haben gefunden, daß die Schlammförderung mit der vierten oder fünften Potenz der Strömungsgeschwindigkeit wachse. R. B. B u c k e y ³⁾) hat durch Ermittlung des Schlammgehaltes in verschiedenen Tiefen des Jutleyflusses gefunden, daß der Schlickgehalt der Flüsse mit der Tiefe zunimmt. S i n g e r ⁴⁾, S t e i n e r t ⁵⁾, Z i e g l e r ⁶⁾ und das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften liefern weitere Angaben über die Sinkstoffführung von Gewässern. Die Fachschriftsteller sind alle darüber einig, daß die Schlammführung der Flüsse und Ströme über den Rahmen bloß geographischer oder geologischer Bedeutung hinaus großen Wert für die technische Betätigung besitzt, weil von ihr die Wirkungskdauer so mancher Bauten, wie z. B. jene von Talsperren usw., in hohem Maße abhängt. Es schien mir daher keine überflüssige Arbeit zu sein, die Schlammführung des Raabflusses durch Entnahme von Proben im Weichbilde der Stadt Feldbach (Oststeiermark) zu ermitteln; leider stand mir für die Aus-

¹⁾ A. P e n c k, Morphologie der Erdoberfläche, 1. Teil. Stuttgart 1894.

²⁾ Ph. F o r c h h e i m e r, Hydraulik. Leipzig 1914, S. 490 ff.

³⁾ R. B. B u c k e y, Irrigation Pocket Book. London 1911, S. 97 (angeführt nach F o r c h h e i m e r a. a. O.).

⁴⁾ M. S i n g e r, Über Flußregime und Talsperrenbau in den Ostalpen. Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, Jahrgang 1909, S. 797 ff. Ferner: Das Rechnen mit Geschiebemengen. Zeitschrift für Gewässerkunde, XI. Bd., S. 239 f.

⁵⁾ M. S t e i n e r t, Die geographische Bedeutung der Talsperren. Inauguraldissertation, Dresden 1911.

⁶⁾ P. Z i e g l e r, Der Talsperrenbau. Berlin 1900. Hier auch weitere Angaben über das einschlägige Schrifttum.

führung derartiger Beobachtungen nur der verhältnismäßig kurze Zeitraum von etwa $1\frac{3}{4}$ Jahren zur Verfügung.

Tabelle 1.
Tagesmittel der Wasserstände des Raabflusses bei Feldbach
im Jahre 1917.

Monat	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Tag	Wasserstand in Zentimetern ober dem Nullpunkt des Pegels											
1.	82	65	62	86	61	35	29	24	41	27	88	39
2.	81	65	60	85	54	34	30	24	42	27	74	39
3.	75	69	58	88	60	34	28	23	44	26	69	39
4.	87	66	56	85	58	35	27	26	37	25	68	36
5.	83	64	55	78	60	33	30	25	33	24	57	27
6.	82	63	54	80	59	35	32	35	32	41	54	35
7.	80	60	57	95	57	33	31	27	30	41	50	37
8.	75	62	55	77	59	33	28	26	31	29	49	34
9.	69	62	68	64	57	36	26	25	36	30	76	34
10.	75	62	60	81	57	31	41	26	41	29	66	33
11.	69	64	63	88	55	26	37	33	36	31	116	30
12.	69	65	65	84	70	30	30	32	38	56	172	36
13.	70	61	69	80	60	35	30	30	43	42	123	34
14.	71	63	91	78	49	31	30	28	44	40	124	31
15.	68	64	86	122	52	28	29	27	40	38	87	30
16.	70	62	72	166	51	28	29	28	38	37	75	30
17.	142	65	64	110	50	28	50	28	35	40	67	31
18.	101	62	65	103	48	27	55	28	34	60	62	31
19.	116	58	66	91	49	28	34	26	31	60	58	30
20.	106	60	64	86	44	31	33	27	35	48	56	30
21.	93	65	66	81	39	29	42	28	30	45	52	30
22.	81	65	64	77	45	28	31	37	30	41	52	28
23.	79	64	63	73	43	27	30	32	28	40	49	29
24.	80	58	109	68	41	28	32	29	27	40	47	28
25.	76	59	306	66	42	29	28	28	27	39	45	32
26.	72	61	192	61	47	28	28	31	25	37	44	31
27.	70	62	142	62	43	27	29	34	27	36	42	29
28.	71	63	119	59	42	37	33	35	26	63	42	41
29.	71	—	104	58	40	33	23	32	25	90	42	33
30.	69	—	93	57	39	28	28	69	31	155	38	37
31.	66	—	87	—	39	—	25	42	—	119	—	35
Monatsmittel	80	77	85	80	51	31	32	30	34	47	68	33

Jahresmittel 648 12 = 54 cm.

Tabelle 2.

Häufigkeit und Benetzungsdauer der Raabwasserstände bei Feldbach im Jahre 1917.

Wasserstandsstufen	Häufigkeit	Benetzungsdauer	Wasserstandsstufen	Häufigkeit	Benetzungsdauer
	in Tagen			in Tagen	
Von 20—24 cm (einschl.)	5	365	Von 90— 94 cm (einschl.)	4	26
25—29	60	360	95— 99	2	22
30—34	57	300	100—104	2	20
35—39	35	243	105—109	2	18
40—44	28	206	110—114	2	16
45—49	11	179	115—119	5	14
50—54	10	168	120—124	2	9
55—59	23	158	140—144	2	7
60—64	38	135	155—159	1	5
65—69	25	97	160—164	1	4
70—74	14	72	170—174	1	3
75—79	10	58	190—194	1	2
80—84	12	48	305—309	1	1
85—89	10	36			

Als Grundlage der Schlammförderungsberechnungen dienten die Wasserstandsbeobachtungen, welche während der Jahre 1916 und 1917 mindestens fünfmal täglich am Pegel bei der Bahnhofzufahrtsstraßenbrücke in Feldbach abgelesen wurden; das hieraus errechnete Tagesmittel der Wasserstände im Jahre 1917 erscheint in der tieferstehenden Tabelle 1 wiedergegeben. — Aus der Tabelle 2 geht dann die Häufigkeit hervor, mit der gewisse Wasserstandsstufen im Beobachtungsjahr erreicht wurden; die Wasserstände wurden hierbei in Stufen von 5 zu 5 Zentimetern zusammengefaßt. Um den Schlammgehalt der ganzen, während des Jahres abgeflossenen Wassermenge errechnen zu können, müßte letztere ermittelt werden. Der Rechnung würde die bekannte Abflußformel $Q = vF$ zugrunde gelegt, in welcher Q die gesuchte Durchflußmenge, v die mittlere Geschwindigkeit und F den durchströmten Querschnitt bedeutet. Letzterer konnte aus dem Regulierungsprofil für jede Wasserstandsstufe beziehungsweise ihren Mittelwert leicht ziffermäßig ermittelt werden. Die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit für die verschiedenen Wasserstandsstufen erfolgte nicht rechnungsmäßig nach einer der vielen, mehr minder brauchbaren Formeln für die Bewegung des Wassers in Gerinnen, sondern im Wege des Versuches; es wurde die mittlere Wassergeschwindigkeit bei ver-

Tabelle 3.

Sogenannter gewöhnlicher Wasserstand: 45—49 cm.

Beobachtungstag	Pegelstand in cm	Gewicht in Gramm der		Sinkstoffgehalt in Hundertstel	Anmerkung
		Wasserprobe	Sinkstoffe		
10. Sept. 1916	+ 143	850	0-0297	0-03495	Fallendes Hochwasser
23. März 1917	+ 327	857	0-313	0-037	Hochwasserscheitel
28. März 1917	+ 117	857	0-1368	0-016	Fallendes Hochwasser
16. April 1917	+ 166	830	0-0489	0-0589	—
8. August 1917	+ 40	795	0-0193	0-0024	} Trockenperiode
16. August 1917	+ 30	1635	0-0213	0-0013	
26. Oktober 1917	+ 63	820	0-060	0-0073	Nach leichtem Regen
29. Oktober 1917	+ 90	830	0-270	0-033	Nach heftigen Regengüssen
9. November 1917	+ 88	830	0-136	0-016	Kurz vor Scheitelstand nach Regenguß
12. November 1917	+ 180	830	0-713	0-086	Scheitelstand des Hochwassers
13. November 1917	+ 128	540	0-094	0-0174	Fallendes Hochwasser
13. November 1917	+ 119	580	0-110	0-0190	—
15. November 1917	+ 93	870	0-107	0-0123	—
16. November 1917	+ 73	1010	0-072	0-0071	—
17. November 1917	+ 71	1590	0-055	0-0035	—
5. Dezember 1917	+ 38	1540	0-009	0-00056	} Frostperiode
8. Dezember 1917	+ 34	1540	0-006	0-00039	
17. Jänner 1918	+ 33	900	0-021	0-00233	Tauwetter seit 1—2 Tagen
21. Jänner 1918	+ 45	750	0-027	0-00360	Starke Schneeschmelze (Höhepunkt)
24. Jänner 1918	+ 57	1530	0-038	0-00248	Schnee in der Ebene größtenteils schon weggeschmolzen

schiedenen Pegelständen wiederholt ermittelt, die erhaltenen Werte wurden sodann aufgetragen, nach ihnen eine ausgeglichene Schaulinie gezogen und aus dieser die Werte der mittleren Wassergeschwindigkeit für die verschiedenen Wasserstandsstufen abgelesen. Auf diesem Wege wurden für die Durchflussmengen bei verschiedenen Wasserständen Werte gewonnen, welche den tatsächlich abgeflossenen Wassermengen sehr nahe kommen dürften.

Weit einfacher als diese umständlichen Vorarbeiten gestaltete sich die Feststellung des Schlammgehaltes selbst. Wenig unterhalb der Oberfläche wurde eine Wasserprobe entnommen und ihr Eindampfungsrückstand genau gewogen; letzterer (vgl. Tab. 3) gibt die Menge des organischen und anorganischen Schlammes an. Der Gehalt der Flußtrübe an Resten tierischer und pflanzlicher Lebewesen ist gering; ihr durch Glühen zerstörbarer Anteil beträgt wenige Hundertstel der ganzen Schlammmenge, so daß man den Eindampfungsrückstand

Tabelle 4.

Wasserstandsstufen	v	F	Q sekundlich	Sinkstoffgehalt je m ³ in kg	Sinkstoffgehalt je Tag in t	Häufigkeit des Wasserstandes	Gesamt-sinkstoffgehalt des Wassers in t
20— 24	0.13	12.40	1.61	0.017	2.365	5.	11.8
25— 29	0.19	13.45	2.56	0.018	3.981	60	238.9
30— 34	0.27	15.25	4.12	0.020	7.119	57	405.8
35— 39	0.35	16.43	5.75	0.022	10.930	35	382.6
40— 44	0.44	17.62	7.75	0.025	16.740	29	485.5
45— 49	0.54	18.81	10.16	0.030	26.334	11	289.7
50— 54	0.63	20.00	12.60	0.038	41.368	10	413.7
55— 59	0.75	21.19	15.89	0.047	64.526	23	1484.1
60— 64	0.83	22.39	17.91	0.057	88.202	38	3351.7
65— 69	0.99	23.59	23.35	0.680	137.190	25	3429.8
70— 74	1.06	24.79	26.28	0.080	181.64	14	2543.0
75— 79	1.17	26.00	30.42	0.093	244.43	10	2444.3
80— 84	1.25	27.21	34.01	0.106	311.48	12	3737.8
85— 89	1.31	28.42	37.23	0.119	382.78	10	3827.8
90— 94	1.36	29.63	40.30	0.134	466.58	4	1866.4
95— 99	1.41	30.85	43.50	0.153	575.03	2	1150.1
100—104	1.45	32.07	46.50	0.173	695.05	2	1390.1
105—109	1.48	33.29	49.27	0.194	825.83	2	1651.6
110—114	1.52	34.51	53.45	0.216	978.82	2	1957.6
115—119	1.56	35.73	55.74	0.238	1146.2	5	5731.0
120—124	1.59	36.95	58.75	0.264	1340.1	2	2680.2
140—144	1.71	41.75	71.39	0.383	2363.5	2	4727.0
155—159	1.78	45.65	81.26	0.487	3419.1	1	3419.1
160—164	1.80	46.96	84.53	0.525	3834.3	1	3834.3
170—174	1.85	49.60	91.76	0.613	4859.8	1	4859.6
190—194	1.94	54.93	102.76	0.835	7413.6	1	7413.3
305—309	2.29	87.12	199.51	0.835	14393.3	1	14393.8

Gesamtsumme im Jahre 1917 78120.6 t.

mit einem geringen Fehler zugleich als Menge der Mineralstoffe betrachten kann, welche der Fluß schwebend mit sich führt. Man hat es um so weniger nötig die Menge der organischen Stoffe vom Eindampfungsrückstand abzuziehen als man ja die mittlere Schlammführung eines Gewässers durch Messung nahe unterhalb der Wasseroberfläche ohnedies zu klein erhält. Der Sinkstoffgehalt auf den Raummeter Wassers bezogen und mit der Tageswassermenge multipliziert, ergibt dann die tägliche Schlammführung des Flusses bei den verschiedenen Wasserständen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen führt die Tabelle 4 vor, in welcher die nicht unmittelbar beobachteten Werte interpoliert und überhaupt alle Ziffern nach einer Schaulinie ausgeglichen erscheinen.

Aus den angestellten Untersuchungen geht folgendes hervor:

Die jährliche Schlammführung des Raabflusses ist eine außerordentlich große. Sie betrug während des verhältnismäßig niederschlagsarmen Jahres 1917 rund 78.120 Tonnen oder, die Dichte des lufttrockenen Schlammes zu 2·4 angenommen, 32.550 m³. Für das weit regenreichere Jahr 1916 errechnet sie sich auf ähnliche Weise⁷⁾ mit 166.822 Tonnen oder 69.510 m³, also mit einem mehr als doppelt so großen Betrage. Das Mittel beider Jahreswerte beträgt 51.030 m³ oder 122.471 Tonnen.

Die bedeutende Schwankung in der Schlammführung des Raabflusses je nach dem Niederschlagsreichtum eines Jahres wird verständlich, wenn wir aus den Werten der Tabelle 4 feststellen, wie sehr der Sinkstoffgehalt vom Pegelstande abhängt. Wir sehen z. B. wie das ungefähr 6 Tage andauernde Hochwasser vom 24. bis einschließlich 29. März 1917 allein 26.838 Tonnen Schwebstoffe mit sich führte, also mehr als ein Drittel bei Sinkstoffführung während des ganzen Jahres 1917, in dem sich freilich ein ähnlich bedeutender Hochstand der Raab nicht mehr wiederholte. Das Verhältnis zwischen Pegelstand und Schlammführung wechselt sehr stark und entspricht nach den angestellten Beobachtungen nicht den theoretisch geforderten Formeln (v^2h^{-1} nach Forchheimer oder U^6 nach E. F. Deacon⁸⁾). Der Grund für diese von vornherein zu erwartende Erscheinung liegt wohl darin, daß das Wasser der Flußgerinne wohl selten mit Schlamm gesättigt ist und die Menge der schwebend mitgeführten Stoffe nicht von dem Wasserstande beziehungsweise von der Geschwindigkeit allein abhängt. Dies zeigt der außerordentlich geringe Sinkstoffgehalt des Raabflusses zur Zeit des Hochwasserscheitels am 23. März 1917 besonders deutlich; damals betrug er bei einem Pegelstande von 327 cm nur 0·037 v. H., also wenig mehr als nach einem heftigen Oktoberregen am 29. Oktober 1917 bei einem Pegelstande von 90 cm und einer Sinkstoffführung von 0·033. Allerdings waren bei Eintritt des Märzhochwassers die hochgelegenen Teile des Raabeinzugsgebietes noch mit Schnee bedeckt und konnten daher dem Flusse zwar Schmelzwasser, aber wenig Schlamm zuführen. Abgesehen von solchen Ausnahmefällen zeigen sich aber noch andere Abweichungen in der Sinkstoffführung bei annähernd gleicher Wassermenge, welche die Feststellung einer mittleren Schlammmenge für einen gewissen Wasserstand sehr erschweren. Als Regel kann gelten, daß die Schlammführung — gleicher Pegelstand vorausgesetzt — bei steigendem Hochwasser größer ist als bei sinkendem Wasserspiegel.

Das Jahresmittel des Wasserstandes der Raab im Jahre 1916 betrug 64, im Jahre 1917 nur 54 cm; multipliziert man die diesen

⁷⁾ Von einer Wiedergabe der Beobachtungswerte in Tabellen wurde abgesehen.

⁸⁾ Wiedergegeben nach Forchheimer, a. a. O.

Wasserstandsstufen entsprechenden täglichen Schlammengen mit 365, so erhält man die Werte von 32.193 Tonnen beziehungsweise 15.100 Tonnen. Die wirkliche jährliche Sinkstoffführung der Raab ist mithin rund fünfmal größer als die mit Hilfe des mittleren jährlichen Wasserstandes ermittelte.

Legt man der Berechnung den sogenannten gewöhnlichen Wasserstand zugrunde, so erhält man für das Jahr 1916 den Wert von 23.542 Tonnen, für 1917 dagegen 9612 Tonnen; hier schwanken mithin die Grenzen zwischen ein Siebentel und ein Achtel der tatsächlichen Schlammführung.

Das Einzugsgebiet des Raabflusses mißt bis zur Beobachtungsstelle im Weichbilde von Feldbach rund 683 km² an Flächeninhalt. Es entfällt somit auf den Geviertkilometer Niederschlagsgebiet eine Schlammmenge von 747 Raummetern, welche alljährlich vom Flusse talwärts getrieben wird oder, anders ausgedrückt, das Einzugsgebiet der Raab würde bei flächenhafter Verteilung des Abtrages durch die Sinkstoffführung des Flusses jährlich um 0·0747 mm erniedrigt werden.

Beachtung verdient auch das Verhältnis der von dem Raabflusse schwebend mitgeführten Schlammmenge zur Menge des am Grunde des Bettes fortgestoßenen Geschiebes oder, wie man eigentlich besser sagen sollte, zur Geröllmenge. Es wäre nicht nötig, hier bei dieser Gelegenheit auf die Art der Fortbewegung von Gesteinstrümmern in Flußbetten einzugehen, wenn nicht R. Hoernes⁹⁾ vor kurzem wieder eine Anschauung geäußert hätte, welche eine Rückkehr zu älteren, bereits verlassenem bedeuten würde. E. Sueß¹⁰⁾ hat nämlich behauptet, daß die „Steine am Grunde des fließenden Wassers durch die Strömung fortgeschoben werden“. Ihm folgte Lorenz v. Liburnau¹¹⁾, welcher auch gleich Sueß auf diese schiebende Fortbewegung die flachrundliche Form der meisten Geschiebe zurückführt. Sueß dürfte dabei aus G. Leonhard¹²⁾ geschöpft haben, wengleich sich dieser nicht so bestimmt und scharf ausspricht wie jener. Demgegenüber sagt E. Brückner¹³⁾ kurz und treffend, daß die Bewegung des Geschiebes „ein Fortrollen unter dem Stoße des Wassers“ ist. Derselben Anschauung sind, um nur einige Namen zu nennen, A. Penck¹⁴⁾, Schoklitsch¹⁵⁾ und Forchheimer (a. a. O.). Ich selbst konnte

⁹⁾ R. Hoernes, Gerölle und Geschiebe. Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1911, S. 267 ff.

¹⁰⁾ E. Sueß, Der Boden der Stadt Wien. 1862, S. 64 und 65.

¹¹⁾ J. Lorenz v. Liburnau, Die geologischen Verhältnisse von Grund und Boden. 1888.

¹²⁾ H. Leonhard, Grundzüge der Geognosie und Geologie. 1835.

¹³⁾ E. Brückner in Hann, Hochstetter und Pokorny, Allgemeine Erdkunde. 1896, S. 260.

¹⁴⁾ A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894.

¹⁵⁾ A. Schoklitsch, Über Schleppkraft und Geschiebebewegung. Leipzig 1914.

mich bei zahlreichen Rinnsalen Tirols und der Steiermark sowie auch beim Raabflusse davon überzeugen, daß die Geschiebe auf der Sohle des Gewässers größtenteils gerollt und gewälzt werden, ja zum Teil vorwärts hüpfen und springen; untergeordnet kommen auch schiebende Bewegungen vor, doch gehen diese weniger unmittelbar vom Wasser als von anderen bewegten Steinen aus und zeigen sich daher noch am häufigsten beim sogenannten Geschiebebetriebe. Wenn die Gesteinstrümmer trotzdem in den Unterläufen von Flüssen und im Bette der Ströme so oft eine keilförmige Zuschärfung bei im allgemeinen rundlich plattiger Gesamtracht zur Schau tragen, so liegt dies zum Teil darin begründet, daß, wie J. Walther¹⁶⁾, A. Schoklitsch (a. a. O.) und auch Forchheimer (w. w. O.) richtig annehmen, die Schichtung, Schieferung und sonstigen Zusammenhangsminderungen der Gesteine wesentlichen Einfluß auf die Formausbildung der Gerölle und Geschiebe nehmen. Ich möchte ergänzend darauf hinweisen, daß die flachrundliche Form sich jedoch auch bei Gesteinen findet, bei welchen, wie z. B. bei den Quarzgeschieben des tertiären Laaerberg- und Arsenschotter sowie bei dem ungefähr gleichalterigen, gleichfalls zum großen Teil aus dem Tertiär stammenden Raabschotter¹⁷⁾ ein solcher Zusammenhang zwischen Formausbildung und schiefrig-plättchenartiger Tracht nicht angenommen werden kann. Hier setzt nun eine Beobachtung ein, welche im Raabflusse nach Hochwässern wiederholt gemacht wurde und auch anderwärts gewiß festzustellen sein wird. Nach stärkeren Hochgängen zeigten sich nämlich die Sand- und Schotterbänke förmlich gepflastert mit größeren flachen Kiesel; zog man dieselben gelegentlich der Schottergewinnung ab, so traten unter der oberflächlichen Schicht gröberes Geschiebe, Sand und Riesel zutage; das nächste Hochwasser ließ dann wiederum eine Panzerhaut größerer Kiesel zurück. Größere Hochwässer von derartiger Stoßkraft wiederholen sich nur wenige Male im Jahre. Die kleinen Hochwässer und Mittelwässer aber sind im allgemeinen nicht imstande, die Kieselpanzer der Sandbänke fortzutragen; sie treiben bloß eine Unmenge kleinen Kiesels und Sandes über die am Boden liegenden größeren Geschiebe hinweg und schleifen sie an dem der Bewegung zugekehrten Ende mehr ab als an der Leeseite, genau so, wie etwa die Gletscherbuckel an der der Eisbewegung entgegengesetzten Seite sanfter ansteigen und platt-

¹⁶⁾ Joh. Walther, Über die Ausbildung von Windkanten in der Lybischen Wüste. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 1911, S. 411.

¹⁷⁾ Der Raabschotter besteht nach meinen Ermittlungen aus 45 v. H. richtungslosem Quarz, 43 $\frac{1}{2}$ v. H. schwach geschieferten Quarziten, 2 $\frac{1}{2}$ v. H. Granitgneis, $\frac{1}{2}$ v. H. Kalk, 3 $\frac{1}{2}$ v. H. bituminösem beziehungsweise graphithältigem Quarz, $\frac{4}{10}$ v. H. Basalttuffen, $\frac{1}{10}$ v. H. Serpentin, $\frac{5}{10}$ v. H. Amphibolit, 1 v. H. Muskowitgneis, $\frac{1}{2}$ v. H. Riesenkorngneis, 1 v. H. Aplit und Aplitgneis, $\frac{1}{2}$ v. H. graphische Schiefer, $\frac{1}{2}$ v. H. Gneis.

gescheuert sind, während sie am unteren Ende steiler abfallen und der Glättung und Riefung entbehren. Werden dann solche Kiesel von Hochfluten weitergestoßen, so lagern sie sich beim Zuruhekommen meist so, daß sie dem Wasserangriffe den kleinsten Widerstand bieten, also mit dem stärker abgenutzten Ende nach oben, und das Spiel der allmählichen Zuschärfung wiederholt sich. Auf diese Weise kommt die keilförmig-plattige Gestalt der meisten Flußgeschiebe zustande; eine ursprüngliche Plättchenform wirkt dabei nur förderlich auf die Endgestaltung ein.

Was nun die jährliche Menge der vom Raabflusse nicht schwebend mitgeführten, sondern auf der Sohle fortgerollten und in springenden Bewegungsformen fortgestoßenen Massen anbelangt, so gelang es, dieselben wenigstens annähernd auf folgende Weise festzustellen. Gelegentlich der Arbeiten zur Regelung des Raabflußlaufes im Weichbilde der Stadt Feldbach wurde unterhalb der Schleppbahnbrücke über die Raab ein großes Beruhigungsbecken angelegt, dessen Sohlenverhältnisse ebenso beobachtet wurden als die Sohlenänderungen in der Regulierungsstrecke. Ungefähr am unteren Ende der Regulierungsstrecke arbeiteten zwei Eimerbagger von bekannter Leistung. Die Anlandungen unterhalb der Regulierungsstrecke vermehrt um die Menge des Baggergutes und vermindert um die aus der Regulierungsstrecke selbst abgetriebenen Sandmassen, ergeben die ungefähre Geschiebemenge aus dem Sammelgebiete, welche am Beobachtungspunkte den Flußlauf während der Beobachtungszeit passierte. Auf diese Art wurde erhoben, daß die Geschiebeführung der Raab

im Jahre 1916 rund 21.000 m³,
im Jahre 1917 rund 18.000 m³,

mithin im Jahresdurchschnitt 19.500 m³ betragen haben mag. Es ergibt sich daraus die beachtenswerte Tatsache, daß die Geschiebeführung des Raabflusses, eines sich tragen Laufes mit etwa 1—1½ vom Tausend Gefälle durch die Talauen windenden Gewässers von der Schlammförderung um mehr als das Doppelte übertroffen wird.

Zählt man die Menge der jährlichen Geröllfracht zur Schlammmasse, die durchschnittlich binnen Jahresfrist vom Raabflusse abgeführt wird, so erhält man die Ziffer von 70.530 m³; dieser Gesamtabtrag verteilt sich auf ein von fast 40 v. H. bewaldetes Sammelgebiet von 683 km² Größe. Die Abschwemmung beträgt daher 103·26 m³ je Geviertkilometer oder, mit anderen Worten, die durchschnittliche jährliche Erniedrigung des Sammelgebietes erreicht einen Wert von ungefähr 0·10326 mm. Diese Ziffer kommt jener Zahl am nächsten, welche B r ü c k n e r ¹⁸⁾ vom Amu Darja (0·120 mm jährliche Abtragung) angibt und fügt sich auch sonst nicht schlecht in die Reihe der von anderen Flüssen und Strömen bekannt gewordenen Abtragungsgrößen ein. Um das Sammelgebiet der Raab um 1 m zu erniedrigen, würde die Raab — das Gleichbleiben der Abtragsbedingungen vorausgesetzt — einen Zeitraum von etwa 9684 Jahren benötigen.

¹⁸⁾ E. B r ü c k n e r, Himmel und Erde, VI.