

Über  
Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden.

Von  
Adam Piwowar.

---

Die Zertrümmerung der Gesteine durch Verwitterungsvorgänge können wir in eine primäre: Zerfallen des Felsens, — eine sekundäre: weitere Verarbeitung der Trümmer, teilen, wozu dann noch die Erosion des Felsens durch Wasser mit Trümmern hinzukommt. Der Fels als solcher erträgt stets eine steilere Böschung als der Schutt, in den er sich durch Verwitterung auflöst. Die abgetrennten Trümmer stürzen deshalb ab bis an den Fuss des Felsgehänges und bleiben dann auf flacherem Boden, Talboden oder Terrassen, liegen, als auf einem Umladeplatz, so lange nicht fließendes Wasser sie ergreift. Die Felszertrümmerung in den Hochgebirgen der gemässigten Zone ist nur in geringerem Grade durch chemische Verwitterung bedingt, mechanische Zertrümmerung durch Frost, Temperaturwechsel, Pflanzenwurzeln herrschen vor. Die Trümmer sind, bevor sie von fließendem Wasser oder von Gletschern verarbeitet werden, meist eckig und kantig.

Durch Nachbrechen übermaximal steiler Stellen entstehen, stets weiter aufwärts greifend und nach oben sich verzweigend, die Steinschlagfurchen und Steinschlagrinnen. An deren Fuss häuft sich der Steinschutt an. Einzelne von einander gut isolierte Steinschlagrinnen leiten den Schutt an einzelne Stellen am Fusse des Steilgehänges. Hier schüttet er sich auf, nach aussen in allen Richtungen abrutschend unter der Maximalböschung, die der Schutt erträgt. Dadurch entsteht ein Schuttkegel, dessen Spitze immer höher in die Steinschlagrinne hinaufwächst, dessen Basis sich immer weiter kreisförmig auf dem Talboden ausdehnt und dessen Mantellinie in allen Richtungen die gleiche Böschung aufweist.

Kommt Gesteinsschutt am Fusse eines Gehänges aus vielen einzelnen nahe beisammen liegenden Steinschlagrinnen, so verwachsen die verschiedenen sich bildenden Schuttkegel nach unten mehr und mehr zur zusammengesetzten Schutthalde.

Stürzen die Trümmer zerstreut herab längs dem ganzen Fuss eines Gehänges, so entsteht eine Schutthalde. Bricht auf einen Schlag eine grosse Masse von Trümmern zur Tiefe, so entsteht eine Schuttablagerung von ganz anderer Form, ein Trümmerstrom, an welchem Schuttmaximalböschungen sich gar nicht messen lassen.

Der einzelne Schuttkegel, die aus vielen Schuttkegeln zusammengesetzte Schutthalde und die eigentliche Schutthalde zeigen die gleichen Böschungs-Erscheinungen, wenn sie aus gleichem Material gebildet sind. Je mächtiger der Schuttkegel wächst, desto mehr weitet sich die Abrissnische aus, aus welcher der Schutt stammt. Je mächtiger die Schutthalden wachsen, desto mehr weicht das Gehänge zurück, das den Schutt geliefert hat. Es kann allmählich dazu kommen, dass der Schuttmantel den Berg ganz umhüllt und sogar schliesslich der Gipfel unter seinen eigenen Schutt taucht („Stadium der Schutthaldenböschungen“, Heim).

Wir behandeln hier nur diejenigen Schuttkegel, deren Oberfläche nicht durch fliessendes Wasser geböscht wird, sondern bei denen die Materialaufschüttung in Luft, nicht in Wasser stattfindet. Wirkung von Durchnässung ist deshalb nicht ausgeschlossen. Auch kann über den „trockenen“ Schuttkegel ausnahmsweise einmal ein Bach fliessen, ohne dass er dadurch zum Wildbachschuttkegel wird, welcher letzteren wir bei unserer Betrachtung ganz ausschliessen.

Herr Prof. Heim machte mich darauf aufmerksam, dass über die Böschungen der trockenen Schuttkegel und Schutthalden, d. h. also derjenigen, die ohne fliessendes Wasser aufgeschüttet sind, wohl viele vereinzelt Angaben bestehen, aber noch niemals zusammenhängende Messungen über die Abhängigkeit vom Gesteinsmaterial, von der Grösse der Trümmer, der Sturzhöhe etc. ausgeführt worden sind, und er entwarf ein Programm der Gesichtspunkte, nach welchen ich die nachfolgenden Beobachtungen ausgeführt habe, die freilich noch keineswegs abschliessend sind und noch in vielen

Richtungen ergänzt werden sollten. Er hat selbst mir stets mit seinem Rate geholfen und an der Arbeit Anteil genommen.

Das Gefälle der Mantellinie der Schuttkegel und Schutthalden wurde gemessen durch Anvisieren mit einem  $\frac{1}{2}$  m langen Lineal, an welchem ein in Grade geteilter Kreisbogen mit Libelle befestigt war.

Die Beobachtung ergab, dass ungefähr das oberste Achtel der ganzen Mantellinie eines Schuttkegels etwas steiler und die untersten zwei Achtel etwas flacher sind als die mittleren fünf Achtel. Die Mantellinien erscheinen deshalb im grossen ganzen etwas konkav. Die stärkere Böschung der Spitze ist durch das stete konzentriertere frische Aufschütten mittelst kleinerer Trümmer bedingt. Die schwächere Böschung am Fusse des Schuttkegels wird durch die Widerstände erzeugt, welche der flache Talboden dem herunterrollenden Block entgegenhält. Die mittlere Region,  $\frac{5}{8}$ , geben die konstantesten gesetzmässigsten Böschungswerte. An diese werden wir uns im folgenden hauptsächlich halten.

### Messungen der Böschung natürlicher trockener Schuttkegel.

#### I. Massige, dichte, glatt, aber eckig und splittrig-brüchige Gesteine.

Das für meine Beobachtungen günstigste Material der Art ist der Hochgebirgskalk (Malmkalk) der ostschweizerischen Alpen. Es wurden von mir die zahlreichen frischen und rasch wachsenden Schuttkegel rings um den Mürtchenstock herum und diejenigen hinter Mollis im Kt. Glarus gemessen. Die Schuttkegel sind am grossblockigsten, wenn die Schichten, von denen sie stammen, dem Abhang fast parallel laufen, kleinblockiger, wenn der Absturz quer zu den Schichtfugen erfolgt. Wo die oberen Teile der Schuttkegel recht regelmässig ausgebildet sind, bemerkt man, dass die Mittellinie des Schuttkegels 2 bis 4° steiler ist als die seitlichen Mantellinien dem Felsgehänge entlang. Oft liegt in den oberen Teilen der Schuttkegel Lawinenschnee bis in den Herbst hinein. Kleine Bäche, die nur ausnahmsweise aus den Sammelrinnen des Felsens kommen, haben manchmal mehr oder weniger tiefe Furchen in den sonst trockenen Schuttkegel eingespült und von unten hat sich oft Vegetation auf den Halden angesiedelt.

a. Kahle oder fast kahle, frisch wachsende Schuttkegel.

Die einzelnen Messungen an den nachstehend nummerierten Schuttkegeln geben folgende Böschungen:

Kahle oder fast kahle Schuttkegel an der Westseite des Mürtschenstocks, in Meerhöhen von 1400 bis 1800 m gelegen, gegen Westen sich ausbreitend.

Nr. 1: kleinrümmerig . . . . .	30°
2: etwas bewachsen, grobtrümmerig . . . . .	32°
3: oben feinrümmerig, unten grober, mit Vegetationsstreifen . . . . .	33°
4: Blöcke oben 5 bis 10, unten 5 cm Durchmesser, im oberen Teil . . . . .	36°
im unteren Teil . . . . .	35°
5: oben feinrümmerig, unten grober, mit Bachfurchen, oben bis 37°, mittlerer Teil 29°, im Mittel . . . . .	33°
6: kahl, regelmässig . . . . .	29°
7: kahl, unregelmässig in Trümmergrösse . . . . .	29°
8: frisch, regelmässig . . . . .	33°
9: „ Trümmer faust- bis kopfgross . . . . .	32°
10: „ . . . . .	29°
11: oben 5 bis 10 cm grosse, unten kopfgrosse Blöcke, oben . . . . .	33°
unten . . . . .	32°
12: faust- bis kopfgrosse Trümmer, unten bis 2 m Durchmesser . . . . .	33°

Kahle oder fast kahle Schuttkegel an der Südostseite des Mürtschenstocks 1800—2000 m hoch gelegen.

13: regelmässiger Kegel, nach Grösse gemischtes Material, unten riesige Blöcke . . . . .	28°
14: faust- bis kopfgrosse Trümmer . . . . .	33°
15: sehr regelmässig in lebhaftem Wachstum . . . . .	32°
16: sehr regelmässig in lebhaftem Wachstum . . . . .	32°
17: oben feinrümmerig, unten grosse Blöcke . . . . .	31°

Kahle oder fast kahle Schuttkegel aus Malmkalk an der Ostseite des Mürtschenstocks, 1500 bis 2200 m ü. M. gelegen.

18: wechselnde Schuttgrösse, klein bis 1 m . . . . .	34°
------------------------------------------------------	-----

19: ganz kahl, oben 30°, unten 28°, unten grosse Blöcke, im Mittel . . . . .	29°	
20: frisch, lebhaft wachsend, kleintrümmerig . . . . .	35°	
21: an der Spitze von der Sturzwand frei ab- stehend, unten mit Wasserfurchen . . . . .	30°	
22: oben faust- bis kopfgrosse Blöcke, unten solche von 2—5 m Durchmesser, oben . . . . .	34°	
	unten . . . . .	30°
23: oben 33°, in der Mitte 28°, im Mittel . . . . .	30° 30'	
24: grosser Schuttkegel im nördlichen Teil der Meerenalp . . . . .	33°	

Kahle Schuttkegel von Hochgebirgskalk südlich Mollis im  
Linthtal.

25: Bergsturz südlich Mollis bis zum Talboden grobblockig . . . . .	32° 30'
26: Schuttkegel hinter dem Krähenberg etwas be- wachsen . . . . .	33°
27: kleinblockig von Faust- bis Kopfgrösse . . . . .	33°
28: ähnlich Nr. 27 . . . . .	32°
29: „ „ . . . . .	30°
30: „ „ . . . . .	30°
31: „ „ . . . . .	34°

Alle diese Böschungen sind ohne Zweifel für die betreffenden Bedingungen maximale. Die obigen Zahlen weisen als steilste mittlere Mantellinie bei einem kahlen Schuttkegel aus Hochgebirgskalk 35½°, als geringste 28°, als Mittel aller Messungen 31° 47' 56", d. i. rund 32°, auf.

b. Ältere grösstenteils oder ganz bewachsene Schuttkegel  
von Hochgebirgskalk.

Westabhang des Mürtchenstocks.

32: oben 38°, unten 36°, Mittel . . . . .	37°
33: „ 35°, „ 26°, „ . . . . .	30° 30'
34: „ 38°, „ 34°, „ . . . . .	36°
35: Schuttkegel bewachsen . . . . .	34°
36: Schuttkegel getrept durch Weidgang . . . . .	31°

## Ostabhang des Mürtschenstocks.

37: stark bewachsen . . . . . 34°

Die mittlere Böschung bewachsener Schuttkegel aus Hochgebirgskalk ergibt sich aus den Beobachtungen an den Schuttkegeln 32 bis 37 zu 33° 45'.

Die mittlere Böschung aller 37 von mir gemessenen Hochgebirgskalkschuttkegel beträgt 32° 5' 40".

## II. Sandig rauh anwitternde Gesteine.

Schuttkegel von solchen Gesteinen beobachtete ich aus rostig angewittertem Liaskalk mit durch ausgewittert vorstehenden Quarzkörnern rauhen Flächen. Sie sind, besonders unten, etwas bewachsen und liegen an dem Linthanschnitt im Bergsturzgebiet östlich der Linth zwischen Ebnenda und Schwanden.

Ich habe gefunden:

Nr. 1 . . . . .	33°	Nr. 6 . . . . .	35°
2 . . . . .	35°	7 . . . . .	34°
3 . . . . .	36°	8 . . . . .	34°
4 . . . . .	34°	9 . . . . .	34°
5 . . . . .	34°		

Mittel = 34° 20', Maximum = 36°.

### III. Kalksteine von mehr krystallinisch körnigem Bruch, massig, eckige Trümmer bildend.

Meine Beobachtungen über Gesteine von diesem Charakter beziehen sich vorwiegend auf den Schrattenkalk (Urgonien und Aptien) des Säntisgebirges. Ich bin von Schwendi-Wasserauen nach dem Seealpsee, dann über Meglisalp, Kellen, Rothsteinspass nach Schafboden, Thurwies und Wildhaus gegangen und habe auf diesem Wege alle Schuttkegel gemessen. Viele derselben bestehen aus reinem Schrattenkalk, häufig aber stellen sich Mischungen mit Neocomkalk, Neocomkieselkalk und anderen Kreidesteinen ein.

a. Frische, kahle, im oberen Teil völlig trockene Schuttkegel ergeben:

1 . . . . .	32°	5 . . . . .	34°
2 . . . . .	32°	6 . . . . .	32°
3 . . . . .	32°	7 . . . . .	33°
4 . . . . .	33°		
8: An Basis bis 4 m Blöcke . . . . .			34°
9: frischer regelmässiger Kegel, oben 34°, unten 31°, Mittel 33°, gemischt aus Schrattenkalk und Neocomien.			
10: etwas unregelmässig wellig . . . . .			32°
11 . . . . .			32°
12 . . . . .			32°
13: regelmässiger Kegel, unten verflacht auf 29°, Hauptböschung . . . . .			31°
14: regelmässig, aus Schrattenkalk und Neocomien gemischt . . . . .			32°
15: zur Hälfte aus Schrattenkalk, zur Hälfte Neocomien			33°
16: regelmässige Böschung von Gipfel bis Sohle . . . . .			31°
17: unten etwas verflacht, gemischter Schutt, etwas Wasserwirkung . . . . .			31°
18: kegelförmig . . . . .			31°
19: an der Passhöhe Rothsteinpass oolithischer grobblockiger Kalkstein . . . . .			33°
20: an der Passhöhe regelmässiger grosser grobblockiger Kegel . . . . .			32°

Die Messungen Nr. 1 bis 20 beziehen sich auf die Schuttkegel in Kellen am Nordabhang der Altmaankette östlich des Rothsteinpasses, die folgenden dagegen auf die Fortsetzung des gleichen Gehängefusses westlich des Rothsteinpasses.

21: gemischt nach Grösse und Material . . . . .	31°
22: ähnliches Material, etwas viel Neocomienmergel . . . . .	28°
23: gemischt, Schrattenkalk und Neocomien ziemlich viel rauher Neocomienkieselkalk, frisch wachsend, Trümmer 2 bis 20 cm . . . . .	34°
24: Grobblockig Schrattenkalk und Kieselkalk . . . . .	34°
25: Rein Schrattenkalk regelmässig . . . . .	30°

26: rasch wachsend, gemischt, verwittert . . . . .	30°
27: vor Schafboden, oben 30°, unten 26° . . . . .	28°
28: frisch, in Mitte etwas berast, grobblockig . . . . .	34°
29: regelmässig, gebogen, kleinbrockig . . . . .	32°
30: wellige Oberfläche, gemischtes Gestein . . . . .	33°
31: langer Kegel kleinblockig bis 4 m Durchmesser, oben 33°, mittlerer Teil 30° . . . . .	31° 30'
32: gemischtes Gestein, grobblockig . . . . .	36°
33: " " regelmässig . . . . .	36°
34: regelmässig, unten stark verflacht durch Stauung an gegenüberliegender Wand . . . . .	32°
35: grobblockig, zwischen zwei Felsen . . . . .	30°

Die 35 gemessenen aus Schrattenskalk allein oder aus Schrattenskalk mit Neocomien gemischt bestehenden kahlen Schuttkegel erweisen als

grösste Böschung . . . . .	36°
kleinste . . . . .	28°
mittlere Böschung . . . . .	32° 7' 42"

b. Ältere bewachsene Schuttkegel aus Schrattenskalk oder Schrattenskalk mit Neocomien im Sämtisgebirge haben folgende Zahlen messen lassen:

36: in Kellen, oben Graswuchs, unten Gebüsch, unten verflacht . . . . .	33°
37: zwischen Rothsteinpass und Schafboden . . . . .	32°
38 . . . . .	28°
39: hinter Langenbühl . . . . .	29°
40: unten mit Nadelholz bewachsen . . . . .	31°
41: unten stark verflacht, bewaldet, sehr regelmässig . . . . .	30°

Die mittlere Böschung der bewachsenen Schuttkegel aus Kreidesteinen des Sämtisgebirges beträgt nach diesen Messungen 30° 30'.

Die mittlere Böschung der Kreidekalk-Schuttkegel überhaupt, kahle und bewachsene ineinander gerechnet, ist 31° 52' 40".



## IV. Krystallinisch körnige, massige und eckig brüchige Silicatgesteine.

## Granite und Gneissgranite.

Granitische Schutthalden und Schuttkegel habe ich gemessen im Fellital, Pörtlialp, Etlital, Göschenertal, am Gotthardpass und an verschiedenen Stellen im Reusstal. Es sind die massigen Gesteine besonders benützt worden, es finden sich dabei allerdings hie und da auch Mischungen mit mehr oder weniger protoginisch geschieferten Graniten und Gneissen. Im allgemeinen sind diese granitischen Schuttkegel viel grossblockiger als diejenigen des Kalkgebirges. Die Trümmer sind scharfkantig und wenig verwittert, meist noch chemisch anscheinend frisch. Bei den granitischen Schuttkegeln begegnen wir der Tatsache, dass die bewachsenen Schuttkegel flacher sind als die kahlen — also gerade umgekehrt wie beim reinen Kalksteinschutt. Daran ist wohl zum Teil die bedeutendere Grösse der Trümmer, zum Teil auch ihr unverwitterter frischer Zustand schuld. Erst recht alt gewordene und durch Verwitterung und Wasserwirkung etwas verflachte Schuttkegel können vom Pflanzenteppich überzogen werden.

a. An unbewachsenen mehr oder weniger frisch gebildeten Granitschuttkegeln habe ich folgende Neigungen der Oberfläche gemessen:

1: Fellital ziemlich kleinblockig	36°
2: " " " " " " " "	36°
3: " " " " " " " "	37°
4: " " " " " " " "	38°
5: " " " " " " " "	36°

Während im hinteren Teil des Fellitales die Felsgehänge 50 bis 60° steil sind, bilden an deren Fuss die zahlreichen Schuttkegel von beiden Talseiten mit Verflachung unten zusammenstossend einen ausgerundeten Taltrog — durch Schuttauffüllung, nicht durch Gletscheraushoblung! Hier messe ich an granitischen Schuttkegeln:

6 . . . 37°	10: sehr frisch und rasch wachsend . 37°
7 . . . 36°	11: " " " " " " . 40°
8 . . . 36°	12: " " " " " " . 40°
9 . . . 35°	

Im hintersten Teile des Fellitales gegen die Fellilücke folgen mächtige grobblockige Schuttkegel:

13 . . . . . 37°      14 . . . . . 38°

15: sehr regelmässig, frisch, grobblockig, bei der  
Fellilücke . . . . . 36°

Am westlichen Talgehänge des Fellihintergrundes grob-  
blockige Schuttkegel:

16 . . . . . 36°      17 . . . . . 34°

18: aus Rientallücke, sehr rasch wachsend aus hellem  
Granit, die Blöcke nach unten stets grösser . . . . . 43°

19: Wicheltal Nordseite 35°      22: Fellital linksseitig . . . . . 36°

20 . . . . . 40°      23 . . . . . 32°

21 . . . . . 38°      24 . . . . . 36°

25 . . . . . 34°

26 . . . . . 36°

27: Fellital weitere Schuttkegel . . . . . 36°

28: „ Gebiet der Pörtlinische sehr frisch grob-  
blockig aus weissem Granit . . . . . 36°

29: ebenso . . . . . 37°

30: unten verflacht . . . . . 32°

31: Pörtlilücke rechts regelmässig . . . . . 38°

32: „ frisch stark wachsend, weit in den Tal-  
boden hinausgehend . . . . . 36°

33: ebenso . . . . . 36°

34: benachbarter Kegel . . . . . 36°

35 . . . . . 36°

36: hinter Pörtlilücke, Material nach unten gross-  
blockig . . . . . 36°

Die gemessenen Schuttkegel 1 bis 36 liegen alle in Höhen von 1800 bis 2600 m. Oft bleiben Lawinen auf ihnen während des Frühsommers liegen; dies scheint ohne Einfluss auf ihre Böschung zu sein.

37: Etlzitalgebiet, Felleligletscher, Böschung der grob-  
blockigen Granitmoräne . . . . . 36°

38: Wallmoräne rechtsseitig . . . . . 36°

39: Schuttkegel über den Moränen bei 2570 m . . . . .	36°
40: anderer Schuttkegel ebendort . . . . .	36°
41: Etzlihintergrund rasch wachsend, kleintrümmerig . . . . .	36°
42: ebenso, ganz kahl, kleinblockig . . . . .	37°
43: Kreuzliberg im Etzligebiet aus tiefen Felsnischen hervorwachsend . . . . .	37°
44: Kreuzliberg unten verflacht bis 34°, Mittel . . . . .	38°
45: " . . . . .	38°
46: " unten verflacht bis 32° . . . . .	36°
47: " . . . . .	36°
48: Hintergrund Etzlital, Übergang zum Kreuzliberg . . . . .	39°
49: sehr regelmässig . . . . .	38°
50: Gebiet der Mittelplatten . . . . .	40°
51: " " " . . . . .	39°
52: " " " . . . . .	40°
53: Göschenertalgebiet beim Wintergletscher . . . . .	41°
54: " " " . . . . .	41°
55: " " Kehlengletscher . . . . .	35°
56: " " " . . . . .	37°
57: " Südseite . . . . .	36°
58: " " . . . . .	36°
59: " " . . . . .	39°
60: Schöllenen, gegenüber Urnerloch, grobblockiger Granit . . . . .	37°
61: Bätzberggebiet . . . . .	37°
62: " kleinblockig . . . . .	38°
63: " Furkaegg . . . . .	36°
64: Gotthardhöhe . . . . .	37°
65: " . . . . .	36°
66: Riental bei Göschenen grobblockiger Protogin . . . . .	37°
67: " " " . . . . .	36°
68: an Bahnlinie zwischen Göschenen und Wasen . . . . .	36°
69 . . . . .	36°

Aus obigen 69 Messungen ergibt sich für granitische eckige Trümmer eine höchste Schuttkegelböschung von 43° und eine mittlere von 36° 51' 18". Wenn wir sorgfältig diejenigen Schuttkegel davon ausscheiden, welche eine Beimengung von schiefrigen Trümmern haben, so kommt das Mittel auf 37 bis 38°.

b. An bewachsenen und zugleich grösstenteils durch Verwitterung und innere Wasserwirkung verflachten Schuttkegeln im Granitgebiete wurden beobachtet:

1:	Fellital, oben Gras, unten Gebüsch	35°
2:	" " " " " " " "	33°
3:	" mit Bachfurchen	31°
4:	" " " " " " " "	34°
5:	" " " " " " " "	32°
6:	" unterer Teil, mit Bachwirkung	30°
7:	" " " " " " " "	30°
8:	" " " " " " " "	30°
9:	Etlital, Hintergrund ganz bewachsen	35°
10:	" vorderer Teil, mit Wasserwirkung	28°
11:	" " " " " " " "	34°
12:	" " " " " " " "	32°
13:	" " " ohne Wasserspuren	38°
14:	" " " berast	36°
15:	Gotthard Guspistal berast	36°
16:	Val Tremola	36°

Die mittlere Böschung bewachsener granitischer Schuttkegel ist darnach 33°, das heisst 3° bis 4° geringer als die Böschung der frischen noch kahlen Kegel.

#### V. Kieselige Konglomerate, Sernifit.

Die Messungen 1 bis 5, welche ich an Sernifitschutthalden machen konnte, beziehen sich auf die sogenannte Rotrisi bei Ennenda. Die Schutthalden sind meistens mit Wald oder mit Rasen und Gebüsch bewachsen.

1:	kleine und grosse Trümmer gemischt	35°
2:	" " " " " "	36°
3:	" " " " " "	35°
4:	" " " " " "	36°
5:	" " " " " "	36°

Weitere Sernifitschuttkegel konnten an den Gehängen des Sernftales und seiner Seitentäler (Krauchtal) gemessen werden:



20: teils kahl, teils bewachsen . . . . .	34°
21: beim Aufstieg von Biasca nach Forcella di Lago .	34°
22 . . . . .	34°
23 . . . . .	34°
24 . . . . .	34°
25: im Val Leventina bewachsen . . . . .	34°
26: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	34°
27: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	34°
28: " " " " nahe Giornico . . . . .	34°
29: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	34°
30: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	34°
31: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	34°

Wir treffen bei den Gneissen auf eine erstaunliche Regelmässigkeit. Unter 31 Messungen erhalten wir 28 mal die Zahl 34, die deshalb als typisch für Gneiss gelten kann. Diese Zahl ist zugleich die Maximale, nur 3 mal haben wir bloss 33° gemessen, das Mittel ist 33° 54' 11".

b. Alte bewachsene und durch Wasserwirkung etwas verflachte Gneisschuttkegel.

1: Gegend von Malvaglia im Val Blenio . . . . .	32°
2: " " " " mit Wasserrinnen . . . . .	32°
3: " " südlich Biasca . . . . .	32°
4: " " " " " " " " " " " " " " " " " "	33°
5: bei Pollegio im Val Leventina . . . . .	32°
6 . . . . .	32°
7 . . . . .	33°
8: nördlich Pollegio mit Wasserfurchen . . . . .	32°
9: ebenso . . . . .	33°

Die mittlere Böschung bewachsener Gneisschuttkegel ergibt sich darnach zu 32° 20'.

B. Glimmerschiefer.

Beobachtungen über Glimmerschieferschuttkegel stellte ich an im Gebiete von Biasca am Nordwestabhang bei Torrentebasso und -alto, hinter der Forcarella di Lago und in Val Pontirone. Der Glimmerschiefer bildet hier die höheren Regionen des Gebirges.

Die Schuttkegel liegen über 2000 m über Meer. Die Trümmer sind viel flacher tafelförmig als bei den Gneissen, aber hie und da mit Gneiss etwas gemischt.

1:	frisch gebildet, kleintrümmerig	30°
2:	" " " " " "	30°
3:	" " " " " "	31°
4:	" " " " " "	30°
5:	" " sehr regelmässig	30°
6:	" " Trümmer von wechselnder Grösse	30°
7:	" " " " " "	30°
8:	" " Sericitglimmerschiefer	30°
9:	" " " " " "	30°
10:	" " " " " "	30°
11:	" " " " " "	29°
12:	" " " " " "	29°
13:	" " " " " "	29°
14:	" " " " " "	31°
15:	" " stark wachsend, kleintrümmerig	31°
16:	" " " " " "	32°
17:	" " " " " "	32°
18:	" " " " " "	31°
19:	" " " " " "	30°
20:	Hintergrund von Val Pontirone	29°
21:	durch Wasser verflacht	28°
22:	grobtrümmerig tafeliger Schutt	30°
23:	" " " " " "	30°
24:	über Mazzorino	30°
25:	" " " " " "	30°

Die Glimmerschieferschuttkegel sind im Durchschnitt 4° flacher als die Gneisschuttkegel. Die grösste Böschung fand ich zu 32°, die geringste zu 28°, die gewöhnlichste zu 30°, das Mittel aller Beobachtungen ergibt 30° 4' 48".

## VII. Schiefrige dichte (glattflächige) Gesteine.

### Tonschiefer, Bündnerschiefer.

Die nachfolgenden Messungen sind im Hintergrunde des Val Lugnetz an den Abhängen des Piz Terri, sodann im Gebiete des







charakteristisch abgerundeten, dem normalen und gewöhnlichsten entsprechenden Zahlen notieren, wie sie sich ergeben nach Weglassen von Fällen, die offenbar Besonderheiten enthalten.

Gestein	Schuttkegelböschung			
	Grösste	Geringste	Mittlere	Normaltypische
<b>Tonschiefer</b> (Bündnerschiefer, frisch und kahl)	30°	26°	27° 41'	27 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °
Bündnerschiefer mit Calcit und Quarz			29° 40'	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °
(Desgleichen bewachsen)			20° 30'	20 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °)
<b>Glimmerschiefer</b>	32°	28°	30° 4' 48"	30°
<b>Dichter Kalkstein</b> (Hochgebirgskalk)	35 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °	28°	31° 47' 56"	schwach 32°
(Desgleichen bewachsen)	37°	32°	33° 45'	34°)
<b>Körnige und unreine Kalksteine</b> (Kreide des Säntis)	36°	28°	32° 7' 42"	stark 32°
(Desgleichen bewachsen)			30° 30'	30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °)
<b>Gneiss</b>	34°	33°	33° 54' 11"	34°
(Desgleichen bewachsen)			32° 20'	32 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °)
<b>Unreiner Kalksandstein</b> (Lias)	36°	33°	34° 20'	34 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °
<b>Sernift</b> (altes quarzreiches Konglomerat)	36°	34°	35° 24'	35 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> °
<b>Granit</b>	43°	32°	36° 51' 18"	37°
(Desgleichen bewachsen)				33°)

Es bleibt hervorzuheben, dass sich die Zahlen obiger Tabelle, welche sich auf die kahlen Schuttkegel von Bündnerschiefer, Glimmerschiefer, Gneiss, Granit, dichte und körnige Kalksteine beziehen, auf ein ziemlich ausreichendes Zahlenmaterial beziehen, während die Zahlen über Sernift über viele bewachsene Schuttkegel noch ungenügend sind. Über eine ganze Anzahl anderer Gesteine (Sandsteine verschiedener Art, Mergel, Dolomite, Gips, Serpentin, andere krystalline Silicatgesteine) sind erst noch Beobachtungen anzustellen. Es handelt sich hier nur um einen Anfang. Immerhin geht aus demselben klar hervor, dass bei den Schuttkegelböschungen mehr Variation, aber auch in der Variation mehr Gesetzmässigkeit zu finden ist, als man zuerst vermuten möchte.

### Böschungsmessungen an künstlichen Schuttkegeln.

Unsere bisherige Untersuchung hat sich auf die natürlichen Schuttkegel bezogen. Zum Vergleiche sollten auch noch die Böschungen künstlicher Aufschüttungen herbeigezogen werden.

#### A. Schuttkegel aus künstlich hergestelltem Schlagschotter (eckige Bruchstücke).

1. Feiner Kalksand und Kalkstaub durch Quetschmaschine aus den petrographisch sehr wechsellvollen, vorherrschend kalkigen Sihlgeröllen gewonnen (Baumaterialfabrik Aussersihl). Die sechs Messungen ergaben:  $38^{\circ}$ ,  $39^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ , woraus Maximum =  $39^{\circ}$ , Mittel =  $37^{\circ} 40'$  hervorgeht.
2. Feiner Schlagschotter und Sand ohne Staub. Die sechs Messungen ergaben:  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ . Das Mittel ist  $34^{\circ} 50'$ , das Normale und zugleich das Maximum ist  $35^{\circ}$ .
3. Trockener eckiger grober Kalksand ergab  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , Maximum  $35^{\circ}$ , Mittel  $34^{\circ} 12'$ .
4. Schlagschotter der Baumaterialfabrik Aussersihl aus Sihlgeröllen mit Maschine hergestellt, Korndurchmesser 5 bis 25 mm ergab  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , Maximum  $35^{\circ}$ , Mittel  $34^{\circ} 10'$ .
5. Scharfeckiger Schlagschotter von 10 bis 25 mm Korndurchmesser aus Kies, Hardau Zürich:  $35^{\circ}$ ,  $36^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $36^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $36^{\circ}$ , Maximum  $36^{\circ}$ , Mittel  $35\frac{1}{2}^{\circ}$ .
6. Schlagschotter aus Linthkies 20 bis 40 mm Korndurchmesser:  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , Mittel  $34\frac{1}{2}^{\circ}$ .
7. Kalkschlagschotter von 5 bis 10 cm gemengt mit etwas feuchter toniger Erde (Hafen Enge):  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , Maximum  $34^{\circ}$ . Mittel  $33^{\circ} 20'$ .
8. Grober Kalksand, 5 bis 10 mm Korngrösse bei Netstall:  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ , Maximum  $35^{\circ}$ , Mittel  $34\frac{1}{2}^{\circ}$ .
9. Eckiger, schwach an den Kanten gerundeter Schlagschotter mit Staubbeimengung Linthufer bei Netstall:  $35^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ , Mittel  $34^{\circ} 15'$ .
10. Trockener Schlagschotter aus der Sihl, oft eine Seite der Trümmer noch rund (Baumaterialfabrik), ergab in fünf Experimenten und Messungen stets  $33^{\circ}$ .

Das Mittel, nach Ausscheidung der extremen Fälle Nr. 1 und 10, ergibt  $34^{\circ} 25'$ .

B. Künstliche Schuttkegel aus gerundeten Trümmern.

1. Gewaschener Kalksand von 2 bis 5 mm (Filterstation Zürich III):  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ , Mittel  $31^{\circ} 1/2^{\circ}$ .
2. Feiner Kies mit Sand, Kiesgrube Hardau Zürich III:  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ , Mittel  $31^{\circ} 15'$ .
3. Gerölle von 10 bis 40 mm, Kiesgrube Hardau:  $31^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ , Mittel  $31^{\circ} 20'$ .
4. Gerölle von 5 bis 30 cm Durchmesser, Kiesgrube Hardau:  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , Mittel  $30^{\circ} 1/2^{\circ}$ .
5. Suhlgerölle 20 bis 50 cm Durchmesser (Baumaterialfabrik Zürich III):  $30^{\circ}$ ,  $29^{\circ}$ ,  $29^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $29^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , Mittel  $29^{\circ}$ ,  $34' 17''$ , Maximum  $30^{\circ}$ .
6. Suhlgerölle 25 bis 50 cm Durchmesser:  $30^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ , Mittel  $30^{\circ} 50'$ .
7. Gerölle 5 bis 20 cm mit feinem Sand gemischt (Kiesgrube Hardau):  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ , Mittel  $32^{\circ} 10'$ , Maximum  $33^{\circ}$ .
8. Gerölle 3 bis 10 cm mit etwas toniger Erde gemischt (Hardau):  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ , Mittel  $32^{\circ} 40'$ , Maximum  $33^{\circ}$ .
9. Gerölle 2 bis 5 cm mit toniger Erde vermischt (Hardau) ergab in sechs Messungen an verschiedenen Stellen stets  $32^{\circ}$ . Mittel aus den Beobachtungsreihen 1 bis 9 =  $31^{\circ} 26'$ .

C. Künstliche Schuttkegel vergleichend in der Luft und im Wasser aufgeschüttet gemessen.

1. Gesiebter, grober, abgerundeter Kalksand von 2 bis 5 mm Korngrösse mit 50 cm Fallhöhe aufgeschüttet ergab in der Luft:  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , Mittel  $31^{\circ} 15'$ ; im Wasser:  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $32^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$ ,  $33^{\circ}$ , Mittel  $33^{\circ}$ . Das aufgeschüttete Material ertrug also im Wasser  $1^{\circ} 45'$  mehr Gefälle, ohne abzurutschen.
2. Eine andere Probe abgerundeten Sandes ergab in der Luft als Mittel von acht Experimenten und Messungen:  $32^{\circ} 7' 30''$ ;

im Wasser als Mittel von acht Beobachtungen:  $33^{\circ} 52' 30''$ , Differenz  $1^{\circ} 45'$ .

3. Gesiebter grober scharfeckiger Kalksand 2 bis 5 mm aus  $\frac{1}{2}$  m Höhe aufgeschüttet ergibt in der Luft:  $36^{\circ}$ ,  $36^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ; im Wasser:  $38^{\circ}$ ,  $39^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $37^{\circ}$ ,  $38^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ . In der Luft ist das Mittel  $37^{\circ} 7' 30''$ , im Wasser  $38^{\circ} 45'$ , im Wasser also  $1^{\circ} 37' 30''$  steiler als in der Luft.
4. Eckiger grober Sand, andere Probe, ergab als Mittel von acht Beobachtungen bei Aufschüttung in der Luft:  $37^{\circ} 22' 30''$ , im stehenden Wasser:  $38^{\circ} 52' 30''$ , Differenz  $1^{\circ} 30'$ .

### Resultate.

Im folgenden sollen die Resultate, zu welchen die bisherigen Messungen geführt haben, zusammengestellt werden.

I. Die Maximalböschung des Schuttes, die Böschung, unter welcher er von den Steinschlagrinnen aus aufgeschüttet stehen bleibt, hängt am durchgreifendsten ab von der Bruchart, wie sie bedingt ist durch die Ablösungen im Felsen und die innere Textur und Struktur des Gesteines. Je massiger, eckiger, grobkörniger und rauhbrüchiger das Gestein, desto steiler häuft sich sein Schutt an, je plattiger oder schiefriger, je runderlicher, je feinkörniger oder dichter und infolge davon glattbrüchiger das Gestein ist, und je milder die Bruchflächen, desto kleiner wird die Böschung der Schuttkegel. Die Schuttkegelböschungen sind ein direktes Mass für die Reibung der Trümmer aneinander. Es springt dies am deutlichsten bei folgender Zusammenstellung unserer Messungen in die Augen:

Körnig — rauhbrüchig, massig:

Granite . . . . .	$37^{\circ}$
Seruffit . . . . .	$35\frac{1}{2}^{\circ}$
Kalksandstein (Lias) . . . . .	$34\frac{1}{2}^{\circ}$

Körnig — rauhbrüchig, schiefrig:

Gneisse . . . . .	$34^{\circ}$
Glimmerschiefer . . . . .	$30^{\circ}$

Dicht oder fast dicht glattbrüchig, massig:

Schrattenkalk (etwas körnig)	stark:	32°
Hochgebirgskalkstein (ganz dicht)	schwach:	32°

Dicht glattbrüchig und schiefrig:

Tonschiefer (Bündnerschiefer)		27 $\frac{1}{2}$ °
-------------------------------	--	--------------------

II. Gesteine von glatten Schieferungsflächen und plattigen Bruchstücken ergeben konstantere Schuttkegelböschungen als Gesteine von massigem Bruch ohne Schieferungsflächen. Wir erkennen dies sehr deutlich aus folgenden Zahlen:

Schiefrige Gesteine	Maximum	Minimum	Differenz
Gneiss	34°	33°	1°
Glimmerschiefer	32°	28°	4°
Tonschiefer	30°	26°	4°
Massige Gesteine			
Granit	43°	32°	11°
Hochgebirgskalk	35 $\frac{1}{2}$ °	28°	7 $\frac{1}{2}$ °
Kreidekalk	36°	28°	8°

Offenbar ist die grosse Regelmässigkeit in den Schuttböschungen der schiefrigen Gesteine dadurch bedingt, dass die Schieferungsflächen meistens von bestimmten Mineralien beherrscht werden und dadurch die Reibung sich mehr und mehr einem physikalisch einfachen Fall, z. B. Reibung von Glimmerspaltfläche auf Glimmerspaltfläche, nähert. Beim Gneiss ist dies am auffallendsten.

III. Wenn rauhrüchiger Schutt mit glattbrüchigem und massiger mit schiefrigem sich mischt, so erhält der Schuttkegel eine Böschung, welche zwischen den Böschungen liegt, welche den isolierten Komponenten angehört. Wir haben gefunden:

Bündnerschiefer allein	27° 41'
Mit Beimengung von Calcit, Quarz und Dolomit	29° 40'

Die Beimengung von ca.  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  körnigen massigen Brocken erhöht die Schuttböschung um 2°.

IV. Ich habe mir alle Mühe gegeben, in meinen Beobachtungsnotizen auf dem Terrain stets die Höhe und die Steilheit der

Sturzwand, an welche direkt der Schuttkegel sich anlehnt, anzugeben. Ich habe alle diese Notizen hier der Kürze halber weglassen dürfen, weil das Resultat der Betrachtung von diesem Gesichtspunkte aus fast negativ ist. Es hat sich gezeigt, dass die Höhe des Sturzes der Trümmer nur von sehr geringem Einfluss auf die Böschung des Schuttes ist. Hie und da, wo ich dicht nebeneinander Schuttkegel gleichen Materiales, den einen mit geringer, den anderen mit hoher Sturzwand, vergleichen konnte, schien es, dass wesentlich höhere Sturzwand einen um  $\frac{1}{2}$  bis höchstens  $1^\circ$  flacheren Schuttkegel erzeugt. Die grössere in dem stürzenden Stück sich anhäufende lebendige Kraft hält auf der Schutthalde auch bei geringerer Böschung den Stein noch in Bewegung. Aber der Faktor der Sturzhöhe ist von viel geringerer Bedeutung, als wir es erwartet hatten.

V. Die Orientierung der Schuttkegel gegen Süd oder Nord, die gewissermassen verschiedenes Klima bedeutet, hat, so weit meine Beobachtungen reichen, keinen merklichen Einfluss auf die Schuttkegelböschungen. Das verschiedene Klima scheint mehr bloss das Tempo der Verwitterung als die Formen der Schuttanhäufung zu beeinflussen.

VI. Die Messungen an den künstlichen Schuttkegeln ergeben, dass die eckigen Trümmer, wie zu erwarten war, eine bedeutend steilere Böschung ertragen als die rundlichen.

Eckige Trümmer . . . . .	34° 25'
Gerundete Trümmer . . . . .	31° 26'
Mittlere Differenz . . . . .	2° 59'

Man kann also sagen, dass die Eckigkeit bei gleichem Material die Böschung um  $3^\circ$  vermehrt. Bei grobkörnigen Gesteinen, wie Granit etc., wird die Differenz zwischen Schlagschotter und Flussgeröllen sicher noch bedeutender sein. Je glatter gerundet die Stücke, desto mehr werden die Differenzen nach der Gesteinsart verschwinden, dafür dann vielleicht solche aus dem spezifischen Gewichte zur Geltung kommen.

VII. Die Bewachsung der Schutthalden und Schuttkegel hat einen wechselnden, doch niemals grossen Einfluss auf die Böschungen. Einzelne Gesteinsarten, wie z. B. manche Kalksteine,

haben in ihren bewachsenen Schuttkegeln eine grössere Böschung als bei den kahlen. Dies rührt von der Befestigung durch Wurzeln und von der Verkittung durch Humus her. Bei anderen, wie Graniten, Gneissen, ist die Böschung bewachsener Schuttkegel kleiner als bei den kahlen. Die älteren, schon etwas verflachten Schuttkegel sind stabiler, sie werden viel leichter bewachsen, weil sie schon in der Gesteinsverwitterung weiter vorgeschritten sind. Bei der allmählichen Böschungsabnahme älterer Schuttkegel scheint nicht nur Wasserspülung, sondern besonders auch ein allmähliches Zusammensinken, eine Art Sintern des Schutthaufens, im Spiele zu sein.

VIII. Wir beobachten, dass alle Schuttkegel, die wasserreich sind, etwas flacher werden als Schuttkegel des gleichen Gesteines ohne Wasser. Wir denken dabei nicht an Oberflächenwasser und Oberflächenspülung, sondern an das Wasser, das unter der Oberfläche im Innern vieler Schuttkegel zeitweise reichlich vorhanden ist. Schuttkegel, bei denen Oberflächenspülung die Böschung beeinflusst hat, haben wir ganz ausser Betracht gelassen. Das Wasser im Innern der Schuttkegel vermindert die Reibung der Gesteinstrümmer aneinander, ohne, wie bei Aufschüttung in gestautem Wasser, anhaltend einen Teil des Gewichtes zu tragen. Das Abgleiten der Stücke übereinander wird dadurch erleichtert und der Schuttkegel verflacht. Dabei zeigt sich, dass bei kleintrümmerigem schiefrigem oder plattigem Material die Wirkung des Wassers viel deutlicher ist als bei grobblockig massigen Trümmern, offenbar, weil bei ersterem die Berührungsflächen, auf welche Wasser reibungsvermindernd einwirken kann, grösser, der Druck der Gesteinsstücke aufeinander aber kleiner ist als beim letzteren. Beim Bündnerschiefer sind innerlich nasse Schuttkegel ca. 7° flacher als ganz trocken aufgeschüttete, bei Granit scheint die Differenz kaum einen Grad zu betragen.

IX. Die Trümmer ordnen sich bei fast allen Schuttkegeln recht deutlich nach ihrer Grösse, indem an der Spitze des Schuttkegels die kleineren und successive nach unten die grösseren Trümmer vorherrschen, und ausserordentlich grosse Blöcke oft noch über den Fuss des Schuttkegels hinausspringen. Die Schuttkegel ohne etwelche Zunahme in der Trümmergrösse nach unten



sind selten. Die Erklärung ergibt sich von selbst: Je grösser der stürzende Block, desto grösser seine lebendige Kraft, auf einer um so längeren Strecke auf dem Schuttkegel müssen Hindernisse wirken, bis er zum Stehen kommt.

X. Die durchschnittliche Grösse der Trümmer hingegen hat keinen merklichen Einfluss auf die Böschung des Schuttes. Es gibt viele Schuttkegel mit stark nach unten zunehmender Blockgrösse, deren Mantellinien sich im Profile als vollständig gerade Linien zeigen. Wir haben kleinblockige und grossblockige Hochgebirgskalkschuttkegel gemessen, ohne einen Unterschied zu finden, und ein Schuttkegel aus kleinem Gneisschutt hat  $34^{\circ}$  gerade wie derjenige aus Kubikmeter grossen Gneissblöcken. Auch bei den Experimenten mit Schlagschotter und mit Flussgeschiebe zeigte sich kein deutlicher Einfluss der Trümmergrösse. Beim grobblockigen Schuttkegel ist wohl die lebendige Kraft der Trümmer grösser, aber es ist dann auch das Bewegungshindernis grösser. Grosse und kleine Kugeln aus gleichem Material und mit gleicher Glättung ertragen übrigens auch nur die gleiche maximale Böschung.

XI. Durch Versuch und Messung habe ich gezeigt, dass verschiedene Materialien in stehendem Wasser aufgeschüttet etwa  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  Böschung mehr ertragen, als dieselben in der Luft angehäuft. Unter Wasser sollte die geringere Reibung flachere Böschung bedingen. Andererseits aber verliert im Wasser jedes Gesteinsstück so viel von seinem Gewichte, als das verdrängte Wasser wog. Bei vermindertem Gewicht erträgt die Schutthalde steilere Böschung. Unsere Messungen beweisen somit, dass der Einfluss des verminderten Gewichtsdruckes denjenigen der verminderten Reibung überwiegt. Es bleibt zu untersuchen, ob vielleicht stark tonige Gesteine ein anderes Verhalten ergeben.

---