

# Gesteinsklüfte und alpine Aufnahmegeologie.

Von J. Stiny.

(Mit 3 Textbildern).

Immer höher türmen sich die Berge des Schrifttums, das die Klüfte in ihren Beziehungen zum Gebirgsbau und zum Gewässernetz erörtert. Von weit älteren Veröffentlichungen abgesehen, hat sich besonders W. Salomon<sup>1)</sup> mit seinen Schülern um die Wiederbelebung der wissenschaftlichen Anteilnahme an den Gesteinsklüften bemüht. Einen fesselnden Beitrag zur Frage der Klüfte hat uns neulich C. Stieler<sup>2)</sup> beschert; hier wolle auch das bezügliche Schrifttum nachgeschlagen werden, soweit es nicht in den andern erwähnten Schriften bereits angezogen erscheint. Lesenswert sind auch die Arbeiten von A. Ebert<sup>3)</sup> und M. Weber.<sup>4)</sup> Die Abhängigkeit der Talrichtung von den Gesteinsklüften hat jüngst W. Panzer<sup>5)</sup> behandelt. Ungerecht wäre es, über all den vielen Klufforschungen des Namens H. Cloos zu vergessen, der ja, wie wenige andere vor ihm, die Gesteinsklüfte für die Lösung von Fragen des Gebirgsbaues weitgehend ausgewertet hat.

Während so in den deutschen Mittelgebirgen die Begeisterung für die Untersuchung der Klüfte neu erwacht ist, bleibt es in unseren Alpen noch verhältnismäßig ruhig und nur wenige Geologen beschäftigen sich hier eingehender mit diesen Fragen, obwohl gerade die Klüfte, wie mir scheint, neben anderen Mitteln, wie zum Beispiel den Sanderschen Gefügeforschungen, uns einen gangbaren Weg zur Verfeinerung unserer Feldaufnahmen weisen. Ich messe schon seit etwa drei Jahren an verschiedenen Punkten der Alpen die Gesteinsklüfte und suche die gewonnenen Ergebnisse statistisch auszuwerten.

In dieser Richtung gab neulich J. Pia<sup>6)</sup> ausführliche und wertvolle Anregungen. Wenn ich auch in der Berechnung der „Gefaltetheit“ usw. nicht so weit gehen möchte als Pia, dem vergleichsweise einfach gebaute Gebiete als Grundlage gedient haben, so möchte ich doch auch andererseits auf den großen Wert der statistischen Forschungsverfahren für die Kluffmessung ganz besonders nachdrücklich hinweisen, weil diese strengen Arbeitsweisen alles Gefühlsmäßige ausschalten, eine verlässliche Richtschnur geben und mit dazu beitragen, unsere geologische Wissenschaft immer schlußschärfer (exakter) zu gestalten. Eine vortreffliche Anleitung zur statistischen

1) Z. B. in „Grundzüge der Geologie“, Stuttgart 1922, S. 130 ff.

2) Stieler C. Ein Beitrag zum Kapitel „Klüfte“. Zentralblatt für Min. usw., 1922, S. 664 ff und S. 703 ff.

3) Ebert A. Beiträge zur analytischen Tektonik, Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 1923, S. 46 ff.

4) Weber M. Bemerkungen zur Bruchtektonik, Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 1923, S. 184 ff.

5) Panzer W. Talrichtung und Gesteinsklüfte, Petermanns Mitteilungen, 1923, Heft 7/8, S. 153 ff.

6) Pia J. Untersuchungen über die Tektonik der Lessinischen Alpen. Denkschrift des Naturhistorischen Museums in Wien, Band 2, Reihe 2, 1923.

Behandlung wissenschaftlicher Fragen findet man bei E. Czuber,<sup>1)</sup> dessen Büchlein, leicht verständlich geschrieben, auch einem mathematisch weniger Geübten entgegenkommt.

Die ausgeführten Messungen, gegen 3000 an der Zahl, haben ergeben, daß die Klüfte in unseren Alpen allen möglichen Streichrichtungen folgen, wenn man die Richtungswinkel eines größeren Gebietes gesammelt betrachtet. Erträgliche Streuungen ergeben sich erst dann, wenn man die Werte einer in sich abgeschlossenen, einheitlichen Scholle für sich betrachtet. Und selbst da ist man anfangs sehr peinlich überrascht, wie sehr die Streichrichtungen der Klüfte selbst in einem und demselben Steinbruche auseinanderlaufen.

Bei näherem Nachdenken allerdings wird man zugeben müssen, daß sich die Klüfte gar nicht anders verhalten können. Als Auslösungen von Spannungserscheinungen treten sie besonders gerne dort auf, wo das Gestein die geringste Widerständigkeit besitzt; diesen Flächen geringeren Widerstandes folgen sie, wobei sie bald auf weite Erstreckung schnurgerade verlaufen, bald windschief werden wie ein sich werfendes Brett, bald auch unter mehr oder minder großem Winkel aus einer in die andere Richtung überspringen. Nur dann, wenn unsere Gesteine völlig gleichartig gebaute Massen wären, könnten wir auf eine ziemliche Regelmäßigkeit der Klüfte hoffen.

Dieses strengen Regeln gänzlich abholde Verhalten der Klüfte in den Ostalpen zwingt uns zu einem sehr gewissenhaften und vorsichtigen Vorgehen bei ihrer Beurteilung. Vor allem dürfen wir nur tastend Örtlichkeit für Örtlichkeit prüfen. Dann genügen aber weiters nicht zwei oder drei Messungen in einem Aufschlusse; man liefe dabei Gefahr, nach dem bloßen Augenmaße ein paar zufällige Werte zu messen anstatt brauchbare Durchschnittsrichtungen.

Will man sicher gehen, dann ist es in Anlehnung an die von J. v. Pia für die Faltung vorgeschlagenen Verfahren unbedingt nötig, auf kleinem Raume eine möglichst große Anzahl von Klüften zu messen und aus den erhaltenen Werten das arithmetische Mittel zu errechnen. Ich bediene mich dabei einer Übersicht, wie sie tieferstehend für die Klüfte im Töllermoarsteinbruche bei Kapfenberg abgedruckt ist. Aus den erhaltenen Fallwinkeln und Streichungsrichtungen der Klüfte bildet man die Mittelwerte; man kann dann weiters die Streichrichtungen in eine Kluftröse nach Art der Abb. 1 eintragen. Der hier vorgeschlagene Weg mag manchem etwas langwierig erscheinen; der Feldgeologe hat es aber in der Hand, ihn dort, wo es ihm tunlich erscheint, zu kürzen. Die aufgewendete Zeit macht sich stets reichlich belohnt; ein einziger Steinbruch, nach jeder Richtung hin geologisch genau untersucht, gibt einen besseren Einblick in die geologischen Verhältnisse einer Gegend, als ein halbtägiger Marsch durch ein steinbruchloses Gebiet.

Der oben hervorgehobene Umstand, daß die Gesteinsklüfte in unseren Alpen bisher noch selten eine zusammenhängende Bearbeitung erfahren haben, ermutigt mich zur Veröffentlichung meiner bisherigen Beobachtungen. Ich gehe dabei den Weg der Aufleitung, indem ich von den Beobachtungen aus allgemeine Schlüsse zu gewinnen trachte; vielleicht darf dieser Vorgang der häufig beschrittenen Ableitung im vorliegenden Falle vorgezogen werden.

<sup>1)</sup> Czuber E. Die statistischen Forschungsmethoden. Wien 1921 (Seidel u. Sohn).

## 1. Die Klüfte im Töllermoarsteinbruche.

In den kleinen hart nebeneinander liegenden Steinbrüchen unweit des „Töllermoar“ (Meierhof des Gutsbesitzers Aug. Kraft) wurden im unteren Triaskalk (Semmeringkalk) 111 Klüfte gemessen (vgl. die Übersicht und Abb. 1). Aus den erhaltenen Werten wurde ein mittlerer Neigungswinkel der Klüftflächen von  $75^\circ$  errechnet; mehr als zwei Drittel (80) aller Klüfte fallen steiler als  $70^\circ$  ein, sanfter als  $50^\circ$  bloß zwei; wüßte man nicht schon von älteren Aufnahmen <sup>1)</sup> her, daß man sich in einem Gebiete brechender Bauanlage befindet, so müßte das steile Einfallen der Klüfte zu ähnlichen Vermutungen führen.

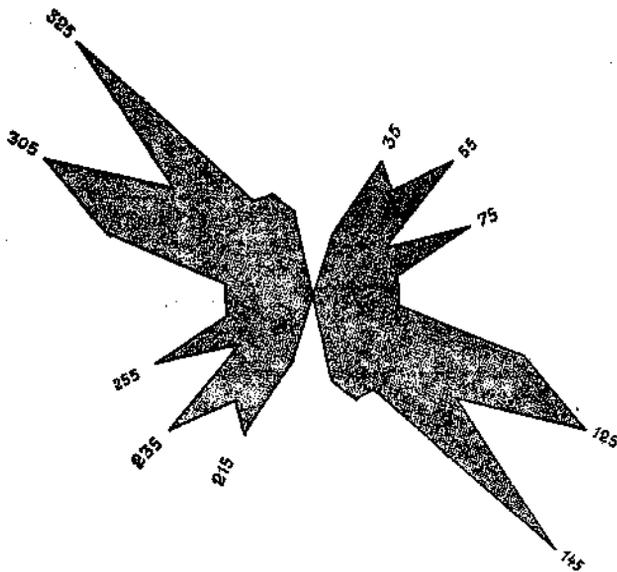


Abb. 1. Töllermoarsteinbruch. Streichen der Klüfte.

In dieser Anschauung wird man bestärkt, wenn man das mittlere Streichen der Scharen des Klüftnetzes mit jenem der benachbarten, bereits erhobenen Störungslinien vergleicht.

Es treten vier Scharen von Klüften auf; die Hauptklüfte streichen  $118^\circ$ — $298^\circ$  und  $152^\circ$ — $332^\circ$ , die Nebenreihen  $45^\circ$ — $225^\circ$  und  $76^\circ$ — $256^\circ$ . Wir vermerken bei der ersten, daß sie ungefähr gleichläuft dem Lamingtale zwischen Kathrein und Schörgendorf ( $126^\circ$ — $306^\circ$ ), der Linie Deuchendorf—Buchmeier (Südadsturz des Föhrenberges,  $110^\circ$ — $190^\circ$ ) und der durch den unteren Töllermoargraben ziehenden Bruchlinie ( $111^\circ$ — $191^\circ$ ). Die zweite Klüftschar zeigt ähnlichen Verlauf wie der nahe westliche Grenzrand der Parschluger Senke ( $137^\circ$ — $217^\circ$ ), die Geierkogellinie ( $159^\circ$ — $339^\circ$ ) <sup>2)</sup> und die Bruchlinie westlich des

<sup>1)</sup> Gaulhofer K. und Stiny J. Die Parschluger Senke. Mitteilung der geologischen Gesellschaft, Wien 1912, Heft 4, S. 324 ff.

<sup>2)</sup> Vergleiche Jahresbericht der geologischen Bundesanstalt für 1923, Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1924, Heft 1, S. 27.

Klüftung im Töllermoarsteinbruche.

Einfallen														Streichen	
magn.	Winkel					Fälle	magn.	Winkel					Fälle	astronom.	Fälle
	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			
8—17	.	.	.	.	.	.	188—197	.	.	.	2	2	4	91—100	4
18—27	.	.	1	1	.	2	198—207	.	.	1	1	.	2	101—110	4
28—37	.	.	2	2	2	6	208—217	.	.	1	1	2	4	111—120	10
38—47	.	.	.	.	1	1	218—227	.	1	1	3	8	13	121—130	14
48—57	.	.	.	2	1	3	228—237	.	.	1	1	3	5	131—140	8
58—67	.	.	6	3	4	13	238—247	.	.	1	.	2	3	141—150	16
68—77	.	.	1	2	1	4	248—257	.	.	.	.	1	1	151—160	5
78—87	1	.	1	3	.	5	258—267	.	.	.	.	.	.	161—170	5
88—97	.	.	.	2	.	2	268—277	.	.	.	.	2	2	171—180	4
98—107	.	.	.	.	.	.	278—287	.	.	.	.	.	.	181—190	.
108—117	.	.	.	.	.	.	288—297	.	.	.	.	.	.	191—200	.
118—127	.	.	.	1	1	2	298—307	.	.	1	.	.	1	201—210	3
128—137	.	.	1	1	1	3	308—317	.	.	1	1	2	4	211—220	7
138—147	.	.	.	3	2	5	318—327	.	.	.	.	1	1	221—230	6
148—157	1	2	.	1	3	7	328—337	.	.	2	.	.	2	231—240	9
158—167	.	1	.	1	.	2	338—347	.	.	.	1	1	2	241—250	4
168—177	.	.	.	2	3	5	348—357	.	.	1	2	.	3	251—260	8
178—187	.	.	.	.	1	1	358—367	.	1	2	.	.	3	261—270	4
	2	3	12	24	20	61		.	2	12	12	24	50		
								2	3	12	24	20	61		111
								2	5	24	36	44	111		

Landhauses Kraft ( $150^{\circ}$ — $330^{\circ}$ ). Die dritte erinnert an die untere Teigitschlinie ( $46^{\circ}$ — $226^{\circ}$ ) und die Packerlinie ( $46^{\circ}$ — $226^{\circ}$ ), die vierte an den Aflenzersenkungsstreifen ( $68^{\circ}$ — $248^{\circ}$ ), die Mürztallinie ( $58^{\circ}$ — $238^{\circ}$ ) u. a. m.

Von den gemessenen 111 Klüften fallen 50 gegen die westliche, 61 gegen die östliche Hälfte der Windrose ein. Ich möchte dieser ungleichen Verteilung keine allzugroße Bedeutung beimessen; die Natur ist niemals die untertänige Dienerin von Regeln. Man kann aber den Gedanken nicht ganz abwehren, daß in diesem Verhalten sich das staffelartige Absinken der Schollen des Gebietes gegen NO ausdrücken könnte.

Vorhandene Rutschstreifen fallen zumeist in der Verflächungsrichtung ein, besonders häufig gegen SO, entsprechend den im ganzen besser ausgebildeten Klüften mit dem Streichen  $56^{\circ}$ — $236^{\circ}$ . Daneben kommen aber auch gar nicht so selten sölilige und flach einfallende Rutschstreifen vor. Sie nehmen im allgemeinen mit wachsender Zerstückelung des Kalkes zu; längs Streifen stärkerer Zerrüttung wird außerdem der Verlauf der Klüfte viel unregelmäßiger; ja in Fällen außerordentlicher Zerhackung des Gesteins durch nahe nebeneinanderliegende Klüfte scheinen die Schnitte gänzlich regellos zu verlaufen; bei den eingetretenen Schollenbewegungen verschieben sich die einzelnen Gesteinsbruchstücke nicht mehr gleichsinnig wie größere, durch regelmäßige Klufflächen getrennte Blöcke, sondern verschieben sich in den verschiedensten Richtungen gegeneinander, wahllos verlaufende Rutschstreifen zurücklassend. Wenn sich auch selbst in diesem Falle die Gesamtbewegung der Scholle zerteilt in eine Summe von Einzelverschiebungen, so kann man doch hier aus diesen Kleinbewegungen wegen ihre Regellosigkeit nicht mehr zurückschließen auf den Bewegungssinn des Ganzen; hier versagt die Kluffmessung.

## 2. Die Klüfte in den Steinbrüchen am linken Törltafer zwischen St. Martin (Kapfenberg) und Siebenbrunn.

In den Steinbrüchen N. des „Rötfeldes“ bei Kapfenberg wurde nur eine kleine Anzahl (37) von Klüften gemessen. Die erhaltenen Ergebnisse haben daher eine entsprechend geringe Beweiskraft.

Auch hier ist das mittlere Einfallen der Klüfte sehr steil ( $76^{\circ}$ ); mehr als zwei Drittel aller Klüfte verflachen unter einem Winkel von mehr als  $80^{\circ}$  oder stehen gar saiger. Auf zwei gegen NNW ( $343^{\circ}$ ) einfallenden Schrägflächen liegen die Rutschstreifen genau in der Fallrichtung der Klüfte, gleichsinnige Feinbewegungen andeutend; in einem andern Falle weisen auf einer unter  $45^{\circ}$  gegen  $100^{\circ}$  O fallenden Kluffläche die Rutschstreifen gegen  $155^{\circ}$  SSO. Zumeist jedoch fallen die Rutschstreifen gleichsinnig mit dem Kluffverflachen steil ein. In stärkeren Zerrüttungsstreifen verlaufen die Schnitte und die Rutschstreifen regellos nach allen Richtungen.

Dem Streichen nach lassen sich drei Kluffscharen trennen, welche Winkel von  $44^{\circ}$ ,  $73^{\circ}$  und  $63^{\circ}$  miteinander einschließen. Die eine Schar ( $78^{\circ}$  streichend) läuft annähernd der Murlinie zwischen Leoben und Bruck ( $70^{\circ}$ ) und dem Leingrabenbruche ( $93$ — $273^{\circ}$ ) gleich, die zweite ( $5^{\circ}$ ) paßt sich gewissen Laufstrecken des Törlbaches und der Mürz im Durchbruchstale zwischen Kapfenberg und Bruck und der Buchmeierlinie ( $3^{\circ}$ — $183^{\circ}$ , O-Absturz des Hinterkogels und des Steinholzes) an, und die dritte ( $321^{\circ}$ ) weist Beziehungen zur Verwerfung beim Landhause

Kraft (330°) und zu einer der beiden Klufscharen im Töllermoarsteinbruche (332°) auf.

Alles deutet darauf hin, daß die jugendlichen Klüfte in den Semmeringkalken N des Rötfeldes gleich jenen im Töllermoarsteinbruche mit der (übrigens älteren) Faltung nichts zu tun haben, sondern der Ausbruch annähernd lotrechter Schollenverstellungen (hier Verwerfungen) sind.

### 3. Klüftung in Granitbrüchen von Mauthausen.

Begeben wir uns, um unser vorläufiges Ergebnis nachzuprüfen, in ein mustermäßiges Schollenland, wie es der Südrand der böhmischen Masse ist.<sup>1)</sup>

Im sogenannten Poschacherbruche, unweit des Bahnhofes Mauthausen unterteilen überaus steile (im Mittel 80°!) Klüfte die Granitmasse. Die vorhandenen drei Scharen von Klüften streichen 1°—181° (N—S), 53°—233° (SW—NO) und 125°—305° (SO—NW); sie bilden also Winkel von 52°, 72° und 124°, 56° miteinander.

#### Klüftung in den Steinbrüchen nördlich von Kapfenberg (Rötfeld).

		E i n f a l l e n							Fälle	Streichen (astronom.)
magnetisch		Neigungswinkel								
		21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90		
8—17	188—197	.	.	.	1	.	.	2	3	91—100
18—27	198—207	.	.	.	.	.	.	1	1	101—110
28—37	208—217	.	.	.	.	.	.	.	.	111—120
38—47	218—227	.	.	.	.	1	.	.	1	121—130
48—57	228—237	1	.	.	.	.	.	2	3	131—140
58—67	238—247	.	.	.	.	.	.	2	2	141—150
68—77	248—257	.	.	.	.	.	.	2	2	151—160
78—87	258—267	.	.	.	.	.	.	.	.	161—170
88—97	268—277	.	.	.	.	.	.	2	2	171—180
98—107	278—287	.	.	1	.	1	.	1	3	181—190
108—117	288—297	.	.	.	.	1	.	1	2	191—200
118—127	298—307	.	.	.	.	.	.	.	.	201—210
128—137	308—317	.	.	.	.	.	.	.	.	211—220
138—147	318—327	.	.	.	.	.	.	1	1	221—230
148—157	328—337	.	.	.	.	.	.	2	2	231—240
158—167	338—347	.	.	.	1	.	.	2	3	241—250
168—177	348—357	.	1	1	.	.	.	2	4	251—260
178—187	358—367	.	.	.	.	.	2	6	8	261—270
		1	1	2	2	3	2	26	37	

Wir können diese Kluftrichtungen zwanglos kaum einer Faltung zuordnen; am ehesten vielleicht noch die SW—NO streichende Schar, obwohl auch diese auf das Mühlviertler Gesteinsstreichen nicht genau senkrecht steht.

<sup>1)</sup> Vgl. Nowack E., Studien am Südrand der Böhmisches Masse. Verhandlungen der Geologischen Staatsanstalt 1921, Heft 2.

## Mauthausen, Poschacher Granitbruch.

E i n f a l l e n								Streichen
Richtung		Steigungswinkel					Fälle im ganzen	
		41-50	51-60	61-70	71-80	81-90		
8-17	188-197	.	.	1	.	.	1	91-100
18-27	198-207	.	.	1	.	.	1	101-110
28-37	208-217	.	.	.	1	3	4	111-120
38-47	218-227	.	.	.	3	21	24	121-130
48-57	228-237	.	.	.	.	4	4	131-140
58-67	238-247	.	.	.	1	1	2	141-150
68-77	248-257	.	.	.	.	1	1	151-160
78-87	258-267	.	.	.	2	.	2	161-170
88-97	268-277	.	.	.	2	.	2	171-180
98-107	278-287	.	.	.	1	8	9	181-190
108-117	288-297	.	.	.	.	2	2	191-200
118-127	298-307	.	.	.	.	.	.	201-210
128-137	308-317	.	.	1	.	2	3	211-220
138-147	318-327	1	.	.	1	2	4	221-230
148-157	328-337	1	.	.	3	4	8	231-240
158-167	338-347	.	1	.	.	3	4	241-250
168-177	348-357	.	.	1	.	.	1	251-260
178-187	358-367	.	.	.	.	.	.	261-270
		2	1	4	14	51	72	

## Granitbruch westlich des vorigen.

E i n f a l l e n								Streichen	
Richtung		Steigungswinkel					Fälle im ganzen		
		31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			81-90
8-17	188-197	.	.	.	2	.	.	2	91-100
18-27	198-207	.	.	.	1	.	.	1	101-110
28-37	208-217	.	.	1	2	.	.	3	111-120
38-47	218-227	.	.	.	1	.	.	1	121-130
48-57	228-237	.	.	.	.	1	2	3	131-140
58-67	238-247	.	.	.	.	1	7	8	141-150
68-77	248-257	.	.	.	.	.	1	1	151-160
78-87	258-267	.	.	.	.	.	2	2	161-170
88-97	268-277	.	.	.	.	1	1	2	171-180
98-107	278-287	.	.	.	.	.	.	.	181-190
108-117	288-297	.	.	1	.	.	.	1	191-200
118-127	298-307	.	.	1	.	.	.	1	201-210
128-137	308-317	.	.	.	4	2	1	7	211-220
138-147	318-327	.	.	.	.	4	.	4	221-230
148-157	328-337	2	.	.	.	.	.	2	231-240
158-167	338-347	2	.	.	.	2	2	6	241-250
168-177	348-357	.	1	.	.	.	.	1	251-260
178-187	358-367	.	.	.	.	.	.	.	261-270
		4	1	3	10	11	16	45	

Viel befriedigender erklärt sich das Klufnetz, wenn wir annehmen, daß die Lassen vorwiegend beim jungtertiären bis eiszeitlichen Aufstiege der Schollen aus der Tiefe entstanden sind.<sup>1)</sup> Wir stellen dann bald fest, daß die Klüfte annähernd jenen Randbrüchen gleichlaufen, welche längs der Eisenbahn im Osten etwa  $8^{\circ}$ — $188^{\circ}$ , im SO etwa  $69^{\circ}$ — $249^{\circ}$  und im SSW etwa  $126^{\circ}$ — $306^{\circ}$  streichen. So nebenbei sei erwähnt, daß die Erdbebenstoßlinie Kindberg—Schärding etwa  $134^{\circ}$ , die Donaulinie (Abbruch der böhmischen Masse zur bayerischen Donaubene) rund  $124^{\circ}$ , die Linie Aschach—Fadingersattel  $136^{\circ}$  und die Halterbachlinie  $59^{\circ}$  streicht.

Dieser Annahme widerstreiten auch die Beobachtungen auf den Harnischen nicht. Da und dort tragen diese annähernd wagrechte Rutschstreifen; wir wissen aber bereits, daß Rutschkritzler schon bei Bewegungen von wenigen Millimetern (oder Zentimetern) entstehen können und messen derartigen Einzelfällen keine entscheidende Bedeutung bei, wenn die Mehrzahl der Rutschstreifen steil einfällt. Dies ist aber hier im Poschacher Bruche der Fall.

Nur wenig abweichend sind die Ergebnisse der Messungen im nächsten großen, etwas weiter westlich gelegenen Steinbruche. Hier beträgt der mittlere Einfallswinkel zwar noch  $71^{\circ}$ , neben der erdrückenden Mehrheit der sehr steilen Verflächungen kommen aber auch einzelne viel sanfter ( $33^{\circ}$ — $38^{\circ}$ ) geneigte Lassen vor. Die mittleren Streichrichtungen der Klufscharen sind  $36^{\circ}$ — $216^{\circ}$ ,  $63^{\circ}$ — $243^{\circ}$  und  $138^{\circ}$ — $318^{\circ}$ ; die NS-Schar des Potschacher Steinbruches ist hier ersetzt durch eine andere, beträchtlich gegen NO verschwenkte. Auch diese Beobachtung können wir mit der Vorstellung eines Zusammenhanges zwischen Faltung und Klüftung schwer vereinbaren. Viel eher paßt sie zu der hier vertretenen Anschauung, daß die Klüftung des untersuchten Gebietes durch die Auslösung von Spannungen entstanden ist, welche brechender Bauplan (oder auch Verbiegungen) in den Gebirgsmassen hervorgerufen haben. Die Abweichungen zwischen den beiden Brüchen zeigen aber auch deutlich, daß man bei den Klufuntersuchungen nur dann zu wissenschaftlich brauchbaren Werten gelangen kann, wenn man engbegrenzte Räume einzeln für sich vermißt.

#### 4. Der Serpentinsteibruch von Traföb.

Der bekannte Serpentin von Traföb bei Kirchdorf (S von Bruck an der Mur) fällt in dem aufgelassenen, großen Steinbruche an der Bundesstraße unter  $38^{\circ}$ — $59^{\circ}$  gegen  $137^{\circ}$ — $165^{\circ}$  S O bis S S O.

Ordnet man die Werte der 59 Klufmessungen in die tieferstehende Übersicht ein, so fällt vor allem auf, daß die O bis S O ( $90^{\circ}$ — $150^{\circ}$ ) streichenden Klüfte im Mittel steil ( $70^{\circ}$ ) einfallen und überwiegend gegen N bis N O verflachen, während die S bis S W ( $190^{\circ}$ — $240^{\circ}$ ) streichenden Schnitte minder steil (im Mittel  $65^{\circ}$ ) geneigt sind und weitaus vorherrschend gegen W bis NNW ( $280^{\circ}$ — $340^{\circ}$ ) einfallen. Man ist versucht, an eine ursächliche Wechselbeziehung zum Schiffall-Hochlantschzuge zu denken, der ja als alte Versenkung paläozoischer Schichten in eine altkristalline Umgebung aufzufassen ist und bei seinem jugendlichen Wiederaufstiege die von ihm abfallenden Klüfte erzeugt haben könnte.

<sup>1)</sup> Vgl. Stiny J., Hebung oder Senkung? Petermanns Mitteilungen, 1924, Heft 9/10.

Die wenigen beobachteten Rutschstreifen, weisen in der Fallrichtung der Klüfte nach abwärts. Längs Verwerfungen sieht man örtlich starke Schieppungserscheinungen; hier und bei Faltungen der Serpentinbänke zeigt sich ganz deutlich, daß sich die Klüfte um die Biegungen der Bänke nicht kümmern, sondern sie richtungstreu durchschneiden; die Klüftung ist mithin unabhängig von der Faltung und zugleich auch jünger als diese.

Es lassen sich drei Hauptkluftrichtungen,  $11^{\circ}$ — $191^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ — $250^{\circ}$ ,  $111^{\circ}$ — $291^{\circ}$  unterscheiden; nebenher läuft noch eine untergeordnete,  $145^{\circ}$ — $325^{\circ}$  streichende. In diesem Zusammenhange sei daran erinnert, daß die Murlinie zwischen Bruck und Leoben  $70^{\circ}$ , die Trasattel-Eisenpaßlinie  $79^{\circ}$ , die Furche Gabraungraben-Eyweggsattel  $50^{\circ}$ , die Linie der Sättel *S* der Hochalm  $63^{\circ}$  und die untere Bärnschütz  $58^{\circ}$  streicht. Die erste Klufschär findet Begleiter in der Buchmeierlinie ( $3^{\circ}$ — $183^{\circ}$ ), die dritte in der Palten-Liesinglinie ( $104^{\circ}$ ), dem Südabsturze des Föhrenberges ( $110^{\circ}$ ), der unteren Töllermoargrabenlinie ( $111^{\circ}$ ) und einer Hauptkluftrichtung im Töllermoarsteinbruche, die vierte endlich im Rötelstein-Schiffallabsinken gegen S-W ( $158^{\circ}$  Streichen), in der Linie beim Landhause Kraft ( $150^{\circ}$ ) usw.

### 5. Die Klüftung im Kristallin südlich von Bruck an der Mur und im Floning—Zöbererhöhh-Zuge.

Im Kristallin südlich von Bruck an der Mur streichen die Klüfte unter steilen Winkeln verflächend, hauptsächlich  $123^{\circ}$ — $303^{\circ}$  und  $164^{\circ}$ — $344^{\circ}$ . Die erste Schär zeigt Beziehungen zur Lamingtallinie ( $126^{\circ}$ ), zur Störungslinie im unteren Töllermoargraben ( $111^{\circ}$ ), und zum Föhrenbergsüdabsturz ( $110^{\circ}$ ), die zweite aber zur Töllermoarschluchtlinie ( $160^{\circ}$ ); zur Geierkogellinie ( $159^{\circ}$ ) und zum Rötelsteinabsinken (rund  $158^{\circ}$ ). Ich möchte besonders auf die Beziehungen zur Geierkogellinie hinweisen, da die neueren geologischen Untersuchungen in der Umgebung von Bruck an der Mur gezeigt haben, daß diese aus dem Törlgraben herabstreichende Störungslinie sich noch ein gutes Stück weit südlich von Bruck auffällig bemerkbar macht und in einer annähernd gleichgerichteten Sprungschar im Hochlantschgebiete (Buchebensattel, Absinken des Rötelsteins und des Schiffalls, Murchbruch zwischen Schiffall und Rötelstein) wieder aufzuleben scheint.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen möchte ich gleich an dieser Stelle unterstreichen, daß an Baulinien zum Vergleiche nicht bloß echte Bruchlinien herangezogen werden, sondern auch andere, auf lotrechte Verstellungen zurückführbare Linien, wie Schichtabbeugungen u. dgl.

Im Kristallin des Törlgrabens (vgl. die tieferstehende Übersicht) fallen die Klüfte sehr steil, im Mittel unter  $72^{\circ}$ , ein; das Verflächend ist vorwiegend gegen die östliche Hälfte der Windrose gerichtet, vielleicht entsprechend der in diesem Sinne erfolgenden Tiefschaltung der Gebirgserhebung gegen den Sattel von Pogusch (Floning 1584 m, Zöbererhöhh 1487 m, Schreinerkogel 1422 m, Roßkogel 1369 m, Hocheck 1325 m).

Die deutlicher hervortretenden drei Klufschären streichen  $13^{\circ}$ — $193^{\circ}$ ,  $84^{\circ}$ — $264^{\circ}$ ,  $130^{\circ}$ — $310^{\circ}$ . Die erste zeigt eine nahe Beziehung zu einer im Serpentin von Traföß wohl ausgeprägten ( $11^{\circ}$ — $191^{\circ}$ ), zur Buch-

Klüftung im Steinbruche von Traföß.

Einfallen														Streichen			
Richtung magn.	Neigungswinkel						im ganzen	Richtung magn.	Neigungswinkel						im ganzen	Richtung	Fälle
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			
8— 17	.	.	.	.	1	.	1	188—197	.	.	.	1	1	.	2	91—100	3
18— 27	.	.	.	.	2	4	6	198—207	.	.	.	.	.	.	.	101—110	6
28— 37	.	.	.	1	3	1	5	208—217	.	.	.	.	1	.	1	111—120	6
38— 47	.	.	.	.	.	2	2	218—227	.	.	.	.	1	.	1	121—130	3
48— 57	.	1	.	.	.	.	1	228—237	.	1	.	.	.	.	.	131—140	1
58— 67	1	1	1	.	.	.	3	238—247	.	.	.	.	.	.	.	141—150	3
68— 77	.	.	1	.	.	.	1	248—257	.	.	.	.	.	.	.	151—160	1
78— 87	.	.	.	.	.	.	.	258—267	.	.	.	.	.	1	1	161—170	1
88— 97	1	.	.	.	.	1	2	268—277	.	.	.	.	.	1	1	171—180	3
98—107	.	.	1	.	.	.	1	278—287	.	.	.	1	.	.	1	181—190	2
108—117	.	.	.	.	.	.	.	288—297	.	.	1	.	2	.	3	191—200	3
118—127	.	.	.	.	.	.	.	298—307	.	.	1	1	.	.	2	201—210	2
128—137	.	.	.	.	.	.	.	308—317	.	1	1	.	.	.	2	211—220	2
138—147	.	.	.	.	.	.	.	318—327	.	.	1	.	.	.	1	221—230	1
148—157	.	.	.	.	.	.	.	328—337	.	1	1	3	.	.	5	231—240	5
158—167	.	.	.	.	.	.	.	338—347	.	1	.	2	1	.	4	241—250	4
168—177	.	.	.	1	1	.	2	348—357	.	1	1	2	2	.	6	251—260	8
178—187	.	.	.	.	2	.	2	358—367	.	.	.	1	2	.	3	261—270	5
	2	2	3	2	9	8	26		.	4	6	11	10	2	33		
									2	2	3	2	9	8	26		
									2	6	9	13	19	10	59		59

Klüftung im Flöning--Zöbererhöh-Zuge.

Einfällen															Streichen			
Richtung	Winkel					Fälle	Richtung	Winkel								Fälle	Richtung	Fälle
	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			
8—17	.	.	.	2	1	3	188—197	.	.	.	1	.	.	.	1	2	91—100	5
18—27	.	.	.	.	1	1	198—207	.	1	.	.	.	.	.	.	1	101—110	2
28—37	.	.	.	.	.	.	208—217	.	.	.	.	.	.	.	.	.	111—120	.
38—47	1	1	1	1	1	5	218—227	.	.	1	.	.	2	1	4	121—130	9	
48—57	.	.	.	1	1	2	228—237	.	.	.	.	.	.	1	1	2	131—140	4
58—67	.	.	.	.	.	.	238—247	.	.	.	.	.	.	.	.	.	141—150	.
68—77	.	1	.	1	.	2	248—257	.	.	.	.	.	.	.	.	.	151—160	2
78—87	.	.	.	.	2	2	258—267	.	.	.	.	.	.	.	.	.	161—170	2
88—97	.	1	.	.	.	1	268—277	1	.	.	.	.	.	.	.	1	171—180	2
98—107	.	.	.	1	.	4	278—287	.	.	.	.	.	.	1	2	3	181—190	7
108—117	.	.	1	1	.	2	288—297	.	.	.	.	.	.	.	1	1	191—200	3
118—127	.	.	.	.	2	2	298—307	.	.	.	.	.	.	.	.	.	201—210	2
128—137	.	.	.	1	.	1	308—317	.	.	.	.	.	.	2	2	2	211—220	3
138—147	.	.	1	.	1	2	318—327	.	.	.	.	.	.	1	1	1	221—230	3
148—157	.	1	.	.	.	1	328—337	.	.	.	.	.	.	.	.	.	231—240	1
158—167	.	.	.	.	1	1	338—347	.	.	.	.	.	.	1	1	2	241—250	3
168—177	.	.	.	.	2	2	348—357	.	.	.	.	.	.	2	2	2	251—260	4
178—187	1	1	1	.	.	2	358—367	.	.	.	.	1	.	.	1	1	261—270	3
	2	5	3	8	15	33		1	1	1	1	1	2	4	11	22		55
								.	.	.	2	5	3	8	15	33		
								1	1	1	3	6	5	12	26	55		

meierlinie ( $3^{\circ}$ — $183^{\circ}$ ), zur Stampferlinie (Teigitschgebiet,  $16^{\circ}$ — $196^{\circ}$ ), zur Linie Feldkirchen-Rossegg ( $16^{\circ}$ — $17^{\circ}$ ) usw.

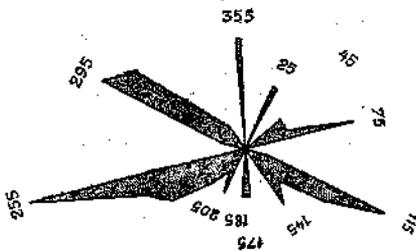
Die zweite weicht nur wenig von der Eisenpaß—Trasattellinie ( $79^{\circ}$ ), mehr von der Linie Brück—Leoben ( $70^{\circ}$ ) und von dem Aflenzer Senkungstreifen ( $68^{\circ}$ ) ab; Anklänge an die Leingrabenlinie ( $93^{\circ}$ ) und eine Linie beim Landhause Kraft ( $93^{\circ}$ ) sind nicht zu verkennen.

In der dritten aber erkennen wir die Lamingtallinie ( $126^{\circ}$ ), die Hierzmannelinie im Teigitschgebiet ( $130^{\circ}$ ), die eine Mineralquelle führende Linie Teigitsch—Stainz ( $126^{\circ}$ ) und verschiedene Kärntner Linien (s. w. u.) wieder.

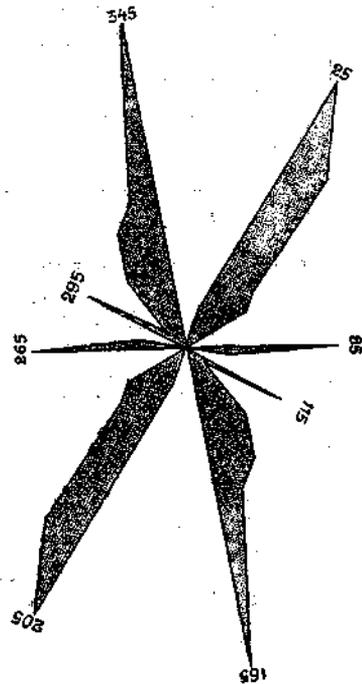
## 6. Die Klüftung in der Umgebung des Forstsees.

(O von Velden am Wörthersee).

Auch in der Umgebung des Forstsees (Kärnten) fällt, wie die untenstehende Übersicht zeigt, der überwiegende Teil der Klüfte sehr steil ein. Das Verflächen weist in der großen Mehrzahl der Fälle auf die westliche Hälfte der Windrose hin. Das Gestein selbst — mehr oder minder stark phyllitisierter Glimmerschiefer — fällt im Mittel aus über 30 Messungen unter  $37^{\circ}$  gegen  $177^{\circ}$  S ein; es sieht aus, wie wenn eine mächtige Schieferplatte zum Wörthersee herabgebeugt worden wäre. Dabei kam es zu zahlreichen Zerrüttungen und Gesteinszerreibungen längs Flächen,



Forstsee. Einfallen der Klüfte.



Forstsee. Streichen der Klüfte.

Abb. 2.

die mit der Schieferung annähernd oder völlig gleichlaufen (Gleit-zerrüttungen). Aber auch eine Unzahl von Klüften und Schnitten barst bei den Schollenverstellungen auf; wie wenig dabei faltende Bewegungen und wie sehr brechende, ungefähr lotrecht sich auswirkende Bewegungen die Hand im Spiele hatten, zeigen u. a. auch die vielen, auf den Klüftflächen steil nach abwärts weisenden Rutschstreifen.

Zudem laufen auch die Klüfte bekannten, größeren Störungslinien (Verwerfungen usw.) ziemlich weitgehend gleich. Von den erkennbaren vier Scharen streichen die zwei Hauptkluftrichtungen  $33^{\circ}$ — $213^{\circ}$  und  $149^{\circ}$ — $329^{\circ}$ , die mehr untergeordneten aber  $87^{\circ}$ — $267^{\circ}$  und  $115^{\circ}$ — $295^{\circ}$ .

Wir erinnern uns, daß z. B. die Erzgänge von Flatschach bei Knittelfeld (Steiermark)  $30^{\circ}$ — $45^{\circ}$  streichen (dabei sehr steil gegen NW einfallend), die Golderzgänge der Hohen Tauern etwa  $23^{\circ}$ , die Katschberglinie rund  $16^{\circ}$ , die Erdbebenlinie Feldkirchen—Rossegg etwa  $16^{\circ}$ , die Packer-Störungslinie (Koralpengebiet) etwa  $46^{\circ}$ , die Linie Tarvis—Arriach rund  $46^{\circ}$  und der Steilabbruch der Hohen Wand (N. Ö.) etwa  $35^{\circ}$ .

Mit der zweiten Kluftschar haben annähernd gleiches Streichen: die Lavantlinie ( $149^{\circ}$  oben,  $157^{\circ}$  unten), die Pölslinie ( $138^{\circ}$ ), die Linie Nörring—Afritz—Treffen ( $139^{\circ}$ ) u. a. m.

Mit der dritten Kluftrichtung stimmen ungefähr überein: das Wörthersee-Nordufer zwischen Velden und Pörtschach (rund  $72^{\circ}$ ), die Babenlinie Klagenfurt—Völkermarkt ( $76^{\circ}$ ), die Störungen im Fohnsdorfer Tertiär ( $75^{\circ}$ — $255^{\circ}$  streichend mit Einfallen gegen SSO) u. a. m. Das Zurücktreten dieser Kluftschar ließe vermuten, daß der Nordhang des

#### Die Klüftung in der Umgebung des Forstsees.

E i n f a l l e n							Streichen		
Richtung (magn.)	Winkel			Richtung (magn.)	Winkel			astronom.	Fälle
	< $50^{\circ}$	steiler als $50^{\circ}$	zu- sammen		< $50^{\circ}$	> $50^{\circ}$	zu- sammen		
8-17	.	.	.	188-197	.	2	2	91-100	2
18-27	.	.	.	198-207	.	.	.	101-110	.
28-37	.	3	3	208-217	.	2	2	111-120	5
38-47	.	.	.	218-227	.	1	1	121-130	1
48-57	.	2	2	228-237	.	2	2	131-140	4
58-67	.	2	2	238-247	.	4	4	141-150	6
68-77	.	2	2	248-257	.	5	5	151-160	7
78-87	3	2	5	258-267	.	10	10	161-170	15
88-97	.	.	.	268-277	.	.	.	171-180	.
98-107	.	.	.	278-287	.	.	.	181-190	.
108-117	.	1	1	288-297	.	1	1	191-200	2
118-127	.	7	7	298-307	.	7	7	201-210	14
128-137	1	3	4	308-317	.	6	6	211-220	10
138-147	.	2	2	318-327	.	2	2	221-230	4
148-157	1	2	3	328-337	.	1	1	231-240	4
158-167	.	.	.	338-347	.	.	.	241-250	.
168-177	.	.	.	348-357	.	.	.	251-260	.
178-187	.	2	2	358-367	1	4	5	261-270	7
	5	28	33		1	47	48		81
					5	28	33		
					6	75	81		

Wörthersees zwischen Velden und Töschling mehr durch eine Schichtniederziehung (Kniefalte) als durch Verwerfungen gebildet worden ist.

Als Begleiter der vierten Kluftchar könnten gelten: Drau—Möllinie (118°), Millstätterseelinie (120°) Wörtherseeufer zwischen Gurlitsch und Militärschwimmschule (114°), Südabsturz des Ulrichsberges (110°), Linie Teigitsch—Stainz (126°), Bleiberg—Petelin (118°), Metaubachlinie (126°), Abbruch des Schottkogels gegen das Klagenfurter Becken (125°).

### 7. Die Klüfte am Kreuzberge bei Klagenfurt.

Der Chloritschiefer des Kreuzberges NW von Klagenfurt zeigt ausgezeichnete Klüftung. Von den Kluftflächen fallen

2·22 v. H. unter	21—30°	}	17·77 v. H.
4·44 " " "	31—40°		
11·11 " " "	41—50°		
13·33 " " "	51—60°		
22·22 " " "	61—70°		
28·89 " " "	71—80°	}	82·22 v. H.
17·78 " " "	81—90°		

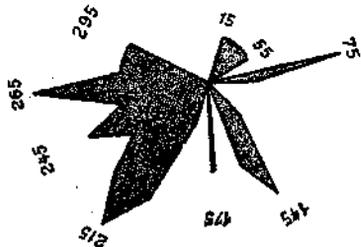
ein.

Das mittlere Verflachen der Schnitte beträgt daher 66°. Streichen und Einfallsrichtung ergeben sich aus der tieferstehenden Übersicht:

Einfallen der Klüfte				Streichen	
Stunde (magnetisch)	Fälle	Gegenstunde (magnetisch)	Fälle	Fälle	(astronom.)
8—17	.	188—197	.	.	91—100
18—27	1	198—207	1	2	101—110
28—37	1	208—217	3	4	111—120
38—47	1	218—227	4	5	121—130
48—57	1	228—237	3	4	131—140
58—67	1	238—247	2	3	141—150
68—77	.	248—257	3	3	151—160
78—87	3	258—267	2	5	161—170
88—97	1	268—277	4	5	171—180
98—107	.	278—287	2	2	181—190
108—117	.	288—297	2	2	191—200
118—127	.	298—307	2	2	201—210
128—137	.	308—317	.	.	211—220
138—147	1	318—327	.	1	221—230
148—157	3	328—337	.	3	231—240
158—167	2	338—347	.	2	241—250
168—177	.	348—357	.	.	251—260
178—187	2	358—367	.	2	261—270
	17		28	45	
			17		
			45		

Weitaus der größte Teil der Klüfte fällt steil gegen S bis W ( $190^{\circ}$ — $290^{\circ}$ ) ein, der Rest vorwiegend gegen NO bis O; dies läßt sich mit der vorgeschobenen Lage des Kreuzberges am Nordrande der Klagenfurter Ebene recht gut vereinbaren, dagegen kaum mit der Anschauung, daß Faltung die Ursache der Klüftung sei.

Die Hauptklüfte streichen  $175^{\circ}$ — $355^{\circ}$  und  $126^{\circ}$ — $306^{\circ}$ , die Nebenklüfte  $85^{\circ}$ — $265^{\circ}$  und  $57^{\circ}$ — $237^{\circ}$ . Wir vermerken zwei deutliche Abweichungen von den am nahen Forstsee festgestellten Richtungen, entsprechend der weitgehenden Auflösung des Grundgebirges in einzelne, sich verschieden verhaltende Schollen auf eine Entfernung von wenig mehr als 15 km.



Kreuzberg. Einfallen der Klüfte.

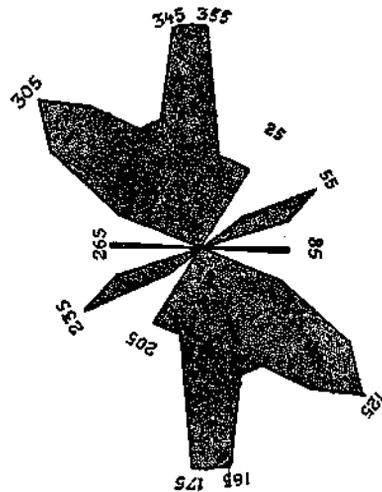


Abb. 3.

Kreuzberg, Klüftrose. Streichen der Klüfte.

Mit den errechneten Klüftscharen haben ungefähr gleiches Streichen:

1. Millstätterseelinie ( $120^{\circ}$ ), Nebenklüfte am Forstsee ( $115^{\circ}$ ), Drau—Mölllinie ( $118^{\circ}$ ), Wörthersee-Nordufer im Osten ( $114^{\circ}$ ), Bleiberg—Petelin ( $118^{\circ}$ ), Metaubachlinie ( $126^{\circ}$ ), Abbruch des Schottkogels gegen die Klagenfurter Ebene ( $125^{\circ}$ ), Linie Teigitsch—Stainz ( $126^{\circ}$ ), Südabsturz des Ulrichsberges ( $110^{\circ}$ ), Linie Feldkirchen—Moosburg ( $131^{\circ}$ ), Kreuzberg—Hermagor ( $133^{\circ}$ ), Lamingtallinie zwischen Kathrein und Schörgendorf ( $126^{\circ}$ ), Föhrenberg-Südabsturz ( $110^{\circ}$ ), eine Klüftschar im Töllermoarsteinbruche u. a. m.;

2. Abfall der Kalvarienbergscholle bei Klagenfurt ( $164^{\circ}$ ), Törltallinie ( $160^{\circ}$ ), Geierkogellinie ( $159^{\circ}$ ), Rötelsteinabsinken ( $158^{\circ}$ ), Töllermoargrabenschlucht ( $160^{\circ}$ ) u. a. m.

3. Störungen im Fohnsdorfer Tertiär ( $75^{\circ}$ ), Klagenfurt—Völkermarkt ( $76^{\circ}$ ), Wörthersee-Nordufer im Westen ( $72^{\circ}$ ), Leingrabenlinie ( $93^{\circ}$ ).

4. Mur—Mürzlinie ( $52^{\circ}$ ), Wagreinerfurche ( $54^{\circ}$ ), Packerlinie ( $46^{\circ}$ ), Waldheimatlinie ( $50^{\circ}$ ) u. a. m.

## 8. Die Klüfte in der Umgebung des Millstättersees.

Das Gebirge um den Millstättersee herum ist in zahllose Schollen zerlegt; sowohl die Seefurche als auch das Drautal sind, wie ich in einer eigenen Arbeit demnächst beweisen zu können hoffe, gewaltige, junge Senkungstreifen. Die in diesem Gebiet erhobenen viele Hunderte von Klüftwerten dürfen daher nicht zusammengeworfen werden, sondern müssen gruppenweise untersucht werden. Örtlich zeigen sich in der Umgebung des Millstättersees stärkere Faltungserscheinungen; die Klüfte aber streichen unbekümmert um sie unabgelenkt durch und beweisen so nicht bloß ihre Unabhängigkeit von der Faltung, sondern wohl auch ihr jüngeres Alter. Daß auch Gleitzerrüttungen

im Gebiete sehr häufig sind, gehört weiter nicht hierher. Das Streichen der Klüfte ändert sich dort, wo die geologische Erhebung oder die geologische Schlußfolgerung die Grenzfläche (Grenzlinie) einer Scholle erwarten läßt.

Einfallen der Klüfte							Streichen								
Richtung magn.	Winkel					Fälle	Richtung magn.	Winkel			Fälle	astronom.	Fälle		
	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			41-50	51-60	61-70				71-80	81-90
78—87	2	.	1	1	1	5	258—267	.	.	.	1	.	1	161—170	6
88—97	2	3	1	.	1	7	268—277	.	.	.	2	.	2	171—180	9
98—107	.	.	.	2	1	3	278—287	.	.	1	1	2	4	181—190	7
	4	3	2	3	3	15		.	.	1	4	2	7		22
								4	3	2	3	3	15		
								4	3	3	7	5	22		

Die Klüftung N von Seeboden.

Einfallen der Klüfte							Streichen									
Richtung magn.	Winkel					Fälle	Richtung magn.	Winkel			Fälle	astronom.	Fälle			
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			81-90	31-40	41-50				51-60	61-70	71-80
8—17	.	.	.	.	.	1	188—197	.	.	.	.	.	1	91—100	2	
18—27	.	.	.	1	.	1	198—207	.	.	.	.	1	1	101—110	2	
28—37	.	.	.	.	.	.	208—217	.	.	1	1	.	2	111—120	2	
38—47	.	.	.	.	1	1	218—227	.	.	2	4	.	6	121—130	7	
48—57	.	.	.	.	.	.	228—237	1	1	.	2	.	4	131—140	4	
58—67	.	.	.	1	1	2	238—247	.	.	4	3	2	2	141—150	13	
68—77	.	.	.	.	.	3	248—257	.	1	1	4	3	.	9	151—160	12
78—87	.	.	.	.	.	.	258—267	.	.	3	2	1	1	7	161—170	7
88—97	.	.	.	.	.	.	268—277	.	.	1	2	1	2	6	171—180	6
98—107	.	.	.	.	2	2	278—287	.	.	1	1	1	1	4	181—190	6
108—117	.	.	.	1	2	2	288—297	.	2	1	1	.	2	6	191—200	11
118—127	.	.	.	1	5	3	298—307	.	2	1	1	.	1	5	201—210	14
128—137	.	.	.	.	.	2	308—317	.	.	.	.	.	2	2	211—220	4
138—147	.	1	.	.	3	.	318—327	.	.	.	1	.	8	9	221—230	13
148—157	.	.	.	1	1	1	328—337	.	.	.	1	3	2	6	231—240	9
158—167	.	.	.	.	.	.	338—347	.	.	.	.	2	.	2	241—250	2
168—177	.	.	.	.	1	1	348—357	.	.	1	.	.	.	1	251—260	2
178—187	.	.	.	.	.	.	358—367	.	.	.	.	1	1	2	261—270	2
	.	1	.	5	14	14			1	6	16	23	15	23	84	
						34			1	1	5	14	14	34		118
									1	7	16	28	29	37	118	

Prachtvoll ausgeprägt sind die Klüfte in einem aufgelassenen kleinen Steinbruche auf dem Oberfratresberge bei Spittal a. d. Drau; sie zerschneiden den harten, gesunden, unter  $63^\circ$  gegen  $26^\circ$  NNO fallenden Glimmerschiefer nach schnurgeraden, ebenen, wie mit dem Messer scharf geschnittenen Flächen. Man kann deutlich zwei Scharen unterscheiden, die  $105^\circ$ — $285^\circ$  bzw.  $10^\circ$ — $190^\circ$  streichen und im Mittel unter  $68^\circ$  verflachen. Die eine von ihnen läuft dem Lieserdurchbruche ( $7^\circ$ ) annähernd gleich, die andere der Drau—Möllinie ( $118^\circ$ ).

Gut ausgebildet ist die Klüftung auch N von Treffling. Es wurde hier nur eine Klufthar gemessen, wie die nebenstehende Übersicht zeigt. Die zweite Schar war der Messung nicht so gut zugänglich, ein Umstand, der bei Klufthmessungen vielleicht nicht immer entsprechend beachtet wird; in manchen Aufschlüssen treten nämlich rein zufolge ihrer Lage gewisse Kluftharen deutlicher hervor als andere, die dann in geringerer Zahl gemessen werden und ein falsches Bild über die Klufthverteilung geben können. Die obenerwähnte Klufthar im Glimmerschiefer N Treffling fällt im Mittel unter  $68^\circ$  ein und streicht  $175^\circ$ — $355^\circ$ ; ungefähr

#### Klüftung zwischen Dellach und Döbriach.

Einfallen der Klüfte											Streichen					
Richtung magn.	Winkel					Fälle	Richtung magn.	Winkel					Fälle	astronom.	Fälle	
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			81-90	31-40	41-50	51-60	61-70				71-80
8—17	.	.	.	.	.	.	188—197	1	.	1	.	.	.	2	91—100	2
18—27	.	.	2	1	.	1	198—207	.	.	.	.	.	1	1	101—110	5
28—37	1	1	1	1	1	2	208—217	.	.	1	.	.	.	1	111—120	8
38—47	.	.	.	1	4	3	218—227	.	4	1	1	.	1	7	121—130	15
48—57	.	.	.	.	.	.	228—237	.	.	1	.	.	.	1	131—140	1
58—67	.	.	1	3	.	.	238—247	1	.	.	.	2	.	3	141—150	7
68—77	.	.	.	3	.	1	248—257	.	.	.	1	.	.	1	151—160	5
78—87	.	.	1	1	.	1	258—267	1	.	.	.	.	.	1	161—170	4
88—97	.	.	.	1	.	1	268—277	.	.	.	.	1	1	2	171—180	4
98—107	.	.	.	.	3	2	278—287	.	2	.	.	2	1	5	181—190	10
108—117	.	.	.	1	.	.	288—297	.	.	.	1	.	.	1	191—200	2
118—127	.	1	1	.	1	1	298—307	.	.	.	.	1	.	1	201—210	5
128—137	.	.	.	.	2	4	308—317	.	.	1	.	.	1	2	211—220	8
138—147	.	.	.	.	3	.	318—327	.	.	.	.	.	.	.	221—230	3
148—157	.	.	1	1	.	2	328—337	.	1	.	.	.	1	2	231—240	6
158—167	.	.	.	.	2	1	338—347	.	.	.	.	.	.	.	241—250	3
168—177	.	.	1	.	.	.	348—357	.	.	.	.	.	.	.	251—260	1
178—187	.	.	.	.	.	1	358—367	.	.	.	.	.	.	.	261—270	1
	1	2	8	13	16	20							60			
								3	7	5	3	5	7	30		90
								1	2	8	13	16	20	60		
								4	9	13	16	21	27	90		

in derselben Richtung bricht der Tschirweger Nock gegen die Tiefenfurche Traschischk—Seeboden ab.

N von Seeboden streichen die Klüfte bei sehr steilem Einfallen (71°) im Mittel 19°—199° und 155°—335°, weniger gut entwickelte Scharen auch 49°—229° und 122°—302°. Auffällig ist, daß fast drei Viertel aller gemessenen Klüfte gegen die Westhälfte der Windrose verflachen; sollte darin das Absinken der Mittelgebirgsflur nördlich des Millstättersees gegen den Tiefenstreifen Seeboden—Traschischk zum Ausdruck gelangen?

Die erste Kluftchar läuft ungefähr dem unteren Teil der Lieserlinie (21°) gleich, ebenso der durch Klüftung vorgezeichneten Schlucht des Riegersbaches (17°) nördlich Millstatt. Die dritte erinnert an die Mur—Mürzlinie (52°), die Waldheimatlinie (50°) u. a. m. Die zweite weicht nur wenig von der Afritzer Linie (139°), der Lavantallinie (149°—157°), dem Abbruche der Kalvarienbergscholle (164°) u. a. ab. Die vierte Kluftchar aber ist richtungsgleich der Drau—Mölltallinie (118°), der Millstätterseefurche (120°), der Linie Bleiberg—Petelin (118°), der Metaubachlinie (126°) u. a. m.

Millstättersee — Nordufer zwischen Gritschach und Millstatt.

E i n f a l l e n										Streichen							
Richtung	Winkel						Fälle	Richtung	Winkel						Fälle		
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90		Fälle	
8—17	1	.	.	.	.	.	1	188—197	.	.	1	5	.	.	6	91—100	7
18—27	.	.	.	.	.	.	.	198—207	.	.	.	3	.	.	3	101—110	3
28—37	.	1	.	3	6	1	11	208—217	.	1	.	.	.	.	1	111—120	12
38—47	.	.	.	.	4	3	7	218—227	.	1	.	.	.	.	1	121—130	8
48—57	.	.	.	.	.	.	.	228—237	.	.	.	.	.	.	.	131—140	.
58—67	.	.	.	.	.	.	.	238—247	.	.	.	.	.	.	.	141—150	.
68—77	.	.	.	.	.	1	1	248—257	.	.	.	.	.	.	.	151—160	1
78—87	.	.	.	.	.	.	.	258—267	.	.	.	1	.	1	161—170	1	
88—97	.	.	.	.	.	.	.	268—277	.	.	1	.	2	1	171—180	4	
98—107	.	.	.	.	.	.	.	278—287	.	.	.	.	1	1	2	181—190	2
108—117	.	.	.	.	.	.	.	288—297	.	.	.	1	.	2	3	191—200	3
118—127	.	.	.	1	.	2	3	298—307	.	.	.	2	4	3	9	201—210	12
128—137	.	.	.	.	.	2	2	308—317	.	1	1	1	1	.	4	211—220	6
138—147	.	.	.	.	.	.	.	318—327	.	.	.	.	6	1	7	221—230	7
148—157	.	.	.	.	1	.	1	328—337	.	.	.	2	.	1	3	231—240	4
158—167	.	.	.	.	.	.	.	338—347	1	.	.	.	.	.	1	241—250	1
168—177	.	.	.	.	.	.	.	348—357	.	.	.	.	.	1	1	251—260	1
178—187	.	.	.	.	.	3	3	358—367	.	.	.	1	.	1	1	261—270	4
	1	1	.	4	11	12	29		1	3	3	14	16	10	47		
									1	1	.	4	11	12	29		
									2	4	3	18	27	22	76		

Abweichend ist die Klüftung am südlichen Seeufer in der Umgebung von Seebrücken. Von einer Fortsetzung des Seebodener Tiefenstreifens ist hier wohl nichts mehr wahrzunehmen. Die Klüfte fallen sehr steil (durchschnittlich unter  $71^\circ$ ) vorwiegend nach der östlichen Hälfte der Windrose ein; gut entwickelt sind Scharen, welche  $23^\circ$ — $203^\circ$  und  $122^\circ$ — $302^\circ$  streichen, während eine dritte nach  $79^\circ$ — $259^\circ$  mehr zurücktritt. Das Schichteinfallen wechselt stark.

Die erste Klufthchar entspricht der unteren Lieserlinie, bzw. dem Lieserdurchbruche zwischen Seebach und Spittal und der gegen Westen zunehmenden Tieferschaltung der Blöcke, in welche der Seerücken (Riegel zwischen Drautal und Millstättersee) zerfällt. Die zweite aber läuft mit der Seefurche und der Drau—Möllinie genau gleich. Vorhandene Rutschstreifen fallen steil mit dem Kluffverflächen ein.

Am Nordufer des Millstättersees zwischen Gritschach und den westlichsten Häusern von Millstatt wurden 76 Klüfte gemessen (vgl. die tieferstehende Übersicht). Trotz örtlich stark wechselnden Einfallens der Glimmerschiefer streuen die Werte auch nicht mehr wie anderswo. Der

Millstättersee — Südufer unweit Seebrücken.

E i n f a l l e n														Streichen			
Richtung	Winkel						Fälle	Richtung	Winkel						Fälle	Richtung	Gälle
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90			11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70			
8—17	.	.	1	.	.	1	188—197	.	.	.	.	.	.	.	.	91—100	1
18—27	3	.	.	.	1	4	198—207	.	.	.	.	.	.	.	.	101—110	4
28—37	.	1	1	1	.	2	208—217	.	.	.	.	.	.	.	.	111—120	5
38—47	2	3	.	3	.	8	218—227	.	.	.	.	.	.	.	.	121—130	8
48—57	1	.	.	.	.	1	228—237	.	.	.	.	.	1	1	131—140	2	
58—67	.	.	.	.	1	1	238—247	.	.	.	.	.	2	2	141—150	3	
68—77	.	.	.	.	.	.	248—257	.	.	.	.	.	.	.	151—160	.	
78—87	.	.	.	.	1	1	258—267	.	.	.	.	.	.	.	161—170	1	
88—97	.	.	.	.	1	1	268—277	.	.	.	.	2	2	4	171—180	5	
98—107	.	.	.	1	1	2	278—287	.	.	.	.	.	1	1	181—190	3	
108—117	.	.	.	1	2	3	288—297	.	.	.	.	.	4	4	191—200	7	
118—127	.	.	.	1	2	3	298—307	.	.	.	1	2	2	5	201—210	8	
128—137	.	.	1	4	4	9	308—317	.	.	.	1	4	5	5	211—220	14	
138—147	.	.	1	.	1	2	318—327	.	.	1	.	.	1	1	221—230	3	
148—157	.	.	.	1	.	1	328—337	.	.	.	.	.	.	.	231—240	1	
158—167	.	.	.	.	.	.	338—347	.	.	.	.	1	.	1	241—250	1	
168—177	.	.	.	2	.	2	348—357	.	.	.	.	.	.	.	251—260	2	
178—187	.	1	1	.	.	2	358—367	.	.	.	.	.	.	.	261—270	2	
	6	5	4	7	9	15	46	.	.	.	4	4	16	24		70	
								6	5	4	7	9	15	46			
								6	5	4	11	13	31	70			

mittlere Einfallswinkel beträgt 72° (vorwiegend gegen die Westhälfte der Windrose gerichtet), das Streichen der Hauptklüfte 27°—207° und 118°—298°, jenes einer Nebenschar 92°—272°.

Wir erkennen unschwer die Richtungsgleichheit der Hauptscharen mit der Seefurche und der Möll—Draulinie sowie mit der unteren Lieserlinie wieder.

Um Millstatt herum streichen bei steilem Verflächen (durchschnittlich 71°) die Hauptklüfte 170°—350°, 26°—206° und 103°—283°, eine Nebenschar 61°—241°.

Von den beiden annähernd N—S streichenden Hauptscharen paßt sich die eine der unteren Lieserlinie an; nach ihr ist im großen und ganzen die Schlucht des Riegersbaches eingegraben und ihr folgen auch die eigenartig einspringenden Buchtränder des Sees beim Pesentheiner im Norden und beim Lagerhof im Süden. Die dritte Hauptklüft aber weicht von der Seefurchenlinie ein wenig gegen Osten ab; es ist verlockend, damit auch die kleine Verschwenkung des Mittelgebirgsabbruches gegen den See bei Millstatt in Verbindung zu bringen; die

**Klüfte bei Millstatt.**

Einfallen der Klüfte											Streichen					
Richtung magn.	Winkel					Fälle	Richtung magn.	Winkel					Fälle	astronom.	Fälle	
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			81-90	31-40	41-50	51-60	61-70				71-80
8—17	.	.	.	1	.	1	188—197	.	.	1	1	.	2	4	91—100	5
18—27	.	.	.	1	.	1	198—207	.	.	.	.	.	.	.	101—110	1
28—37	.	.	.	.	1	1	208—217	.	.	.	.	.	.	.	111—120	2
38—47	.	.	.	.	.	.	218—227	.	.	.	1	.	.	1	121—130	1
48—57	.	.	.	.	.	.	228—237	.	.	.	.	.	.	.	131—140	.
58—67	.	.	.	.	.	.	238—247	.	.	.	.	.	.	.	141—150	.
68—77	.	.	.	.	.	.	248—257	.	.	.	.	1	.	1	151—160	1
78—87	.	.	.	.	.	.	258—267	.	1	.	2	4	1	8	161—170	8
88—97	.	.	2	.	3	2	268—277	.	1	.	2	.	2	5	171—180	12
98—107	.	.	.	.	.	.	278—287	.	.	.	.	.	.	.	181—190	.
108—117	.	.	.	1	.	1	288—297	.	.	.	.	.	.	.	191—200	1
118—127	.	.	.	1	.	2	298—307	.	1	.	.	1	.	2	201—210	5
128—137	.	.	1	.	.	1	308—317	.	.	.	.	.	.	.	211—220	2
138—147	.	.	.	.	1	1	318—327	.	.	.	.	.	.	.	221—230	1
148—157	.	.	.	.	1	1	328—337	.	.	.	1	.	.	1	231—240	2
158—167	.	.	.	2	1	3	338—347	.	.	.	.	.	.	.	241—250	3
168—177	.	.	.	.	.	.	348—357	.	.	.	.	1	.	1	251—260	1
178—187	.	.	.	.	.	.	358—367	.	.	.	.	.	.	.	261—270	.
	.	.	3	6	7	6		.	3	1	7	7	5	23		45
								.	3	6	7	6	22			
								.	3	4	13	14	11	45		

Streichrichtung der Klüfte von Oberfratres ( $105^\circ$ ) lebt nach längerer Unterbrechung gewissermaßen hier wieder auf.

Zwischen Dellach und Döbriach fällt die überwiegende Mehrzahl der Klüfte der Osthälfte der Windrose zu; vielleicht entspricht dies dem Abbruche des Mittelgebirges gegen das Döbriacher Tal zu. Der mittlere Fallwinkel beträgt  $69^\circ$ . Die langen Hauptklüfte streichen  $43^\circ$ — $223^\circ$  und  $117^\circ$ — $297^\circ$ ; untergeordnet erscheinen Richtungen  $3^\circ$ — $183^\circ$  und  $153^\circ$ — $333^\circ$ . Die verbreitetsten Klüfte folgen der Seefurche ( $120^\circ$ ) bzw. der Möll—Draulinie, wie nicht anders zu erwarten ist. Die zweite Schar läuft ungefähr dem Döbriachertale gleich ( $55^\circ$ ). Die letzte Klüftreihe hat den gleichen Verlauf wie die Linie des Glanzer Sattels ( $153^\circ$ ), welcher den Seerücken vom Mirnockstocke abtrennt. Auf Beziehungen zu Bruchlinien in entfernteren Gegenden sei nicht weiter eingegangen, sondern auf bereits früher Herangezogenes verwiesen.

Fassen wir zusammen, dann sehen wir, daß auch in der Umgebung des Millstättersees die Klüfte gewissermaßen Begleiter mehr oder minder ausgeprägter Störungslinien sind, deren Richtung sie nachahmen.

#### Klüfte bei der Hierzmannsperre.

Mittleres Einfallen des Gneises unter  $35^\circ$  gegen  $37^\circ$  NO.

Einfallen der Klüfte											Streichen						
Richtung magn.	Winkel					Fälle	Richtung magn.	Winkel					Fälle	astronom.	Fälle		
	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			81-90	31-40	41-50	51-60	61-70				71-80	81-90
8—17	.	.	.	.	.	.	188—197	.	.	1	.	1	1	3	91—100	3	
18—27	.	.	.	.	.	.	198—207	.	.	.	.	1	.	1	101—110	1	
28—37	.	.	.	.	.	.	208—217	.	.	.	4	6	1	11	111—120	11	
38—47	.	.	.	.	.	.	218—227	.	.	1	.	1	.	2	121—130	2	
48—57	.	.	.	.	.	.	228—237	.	.	.	.	.	1	1	131—140	1	
58—67	.	.	.	.	.	.	238—247	.	.	.	.	1	.	1	141—150	1	
68—77	.	.	.	.	.	.	248—257	.	.	.	.	.	1	1	151—160	1	
78—87	.	.	.	.	.	.	258—267	.	1	.	.	.	.	1	161—170	1	
88—97	.	.	.	.	.	.	268—277	.	.	.	.	.	.	.	171—180	.	
98—107	.	.	.	.	.	.	278—287	.	.	.	.	.	.	.	181—190	.	
108—117	.	.	.	.	.	1	288—297	.	.	.	.	.	5	5	191—200	6	
118—127	.	.	.	.	.	1	298—307	.	.	.	.	1	2	3	201—210	4	
128—137	.	.	1	.	.	1	308—317	.	.	.	.	2	1	3	211—220	4	
138—147	.	.	.	.	.	.	318—327	.	.	.	.	.	1	1	221—230	1	
148—157	.	.	.	2	2	4	328—337	.	.	.	.	.	1	1	231—240	5	
158—167	.	.	.	.	1	1	338—347	.	.	.	.	.	.	.	241—250	1	
168—177	.	1	.	.	.	1	348—357	.	.	.	.	.	.	.	251—260	1	
178—187	.	.	.	.	.	.	358—367	.	.	.	.	.	.	.	261—270	.	
	.	1	1	.	2	5	9		.	1	2	4	13	14	34		43
									.	1	1	.	2	5	9		
									.	2	3	4	15	19	43		

## 9. Die Klüftung im Teigitschgebiet.

Im Raume zwischen Köflach, Ligist-Modriach und Hirschegg wurden auf einer Fläche von kaum 100  $km^2$  weit über 1000 Klüfte gemessen. Von dieser umfangreichen Wertreihe seien dem Zwecke der vorliegenden Arbeit gemäß nur einige Kostproben geboten.

So fallen die Klüfte bei der geplanten Talsperre in der Hierzmannschlucht sehr steil (durchschnittlich unter  $75^\circ$ ) ein. Sie verteilen sich auf drei Scharen, welche  $60^\circ$ — $240^\circ$ ,  $119^\circ$ — $299^\circ$  und  $24^\circ$ — $204^\circ$  streichen.

Die erste, untergeordnete, läuft mit der Mürztallinie ( $58^\circ$ ) gleich. Die zweite findet Partner in der Möll—Draulinie ( $118^\circ$ ), der Millstätterseefurche ( $120^\circ$ ) und in vielen anderen bereits erwähnten Störungslinien Kärntens; sie fällt an dieser Stelle nur annähernd mit der „Hierzmannlinie“ ( $130^\circ$ ) zusammen, einer gewaltigen Schichtabbeugung gegen NO, da und dort mit Bruch verbunden, der im allgemeinen die Teigitschschlucht zwischen Edelschrott und Niesenbachmündung folgt. Die dritte Klüftschar geht ziemlich genau mit der „Stampferlinie“ ( $16^\circ$ ) gleich, längs welcher die Teigitschschlucht zwischen Edelschrott und Stampf an vielen Punkten eingeschnitten ist; so z. B. in der Nähe vom „Scherveitl“; sie erinnert auch an die untere Lieserlinie und andere Störungslinien Kärntens, die uns bereits früher begegnet sind.

Es mag wohl der Schichtniederziehung entsprechen, daß die Mehrzahl der Klüfte gegen SSW und SW einfällt.

Wie verfehlt es manchesmal wäre, selbst die auf gegenüberliegenden Uferstrecken gemessenen Werte behufs gemeinsamer Verarbeitung zusammenzuwerfen, zeigt das Beispiel der Teigitschlaufstrecke südlich des „Scherveitls“, unweit Straßenkilometer 47 (siehe tieferstehende Übersicht). Die beiden Ufer zeigen ganz verschiedenes Gesteinsverfläachen und gehören getrennten Schollen an; so das linksufrige Gelände zur Kreuzbergscholle, das rechtsufrige aber zum Herzogbergblock, der an seinem Nordwestende zur Teigitsch herabgebogen erscheint. Demgemäß fehlt auch den Klüften der beiden Uferlehnen die Übereinstimmung. Linksufrig ist z. B. eine  $169^\circ$ — $349^\circ$  streichende Schar gut ausgeprägt, die rechtsufrig völlig fehlt; sie ahmt in ihrer Richtung die Töritallinie und einige Kärntner Störungen (Sattel von Glanz, unteres Lavanttal u. s. w.) nach. Andererseits fehlt am linken Ufer die Reihe  $47^\circ$ — $227^\circ$  des rechten Gehänges, welche etwa der äußeren Teigitschklammlinie ( $46^\circ$ ), der Packerlinie ( $46^\circ$ ), der Mur—Mürzlinie ( $46^\circ$ ) u. a. folgt. Daß nicht das ungleiche Einfallen auf beiden Ufern, sondern die Zugehörigkeit zu sich verschieden verhaltenden Blöcken die Ursache des abweichenden Klüftstreichens ist, beweisen die starken Faltungen in der rechtsufrigen Bergflanke, welche von den jüngeren Klüften rücksichtslos und einheitlich durchschnitten werden.

Die Klüftmessungen bei der Langmannsperre betreffen einen Gesteinsblock, der sich mit seinem gleichförmigen NW bis NNW Verfläachen deutlich von seiner Umgebung abhebt, deren Gesteine wieder überwiegend nach NO und NNO einschließen. Dem entspricht auch eine Klüftentwicklung, die sich — wenigstens von den östlichen Nachbar-

gebieten — einigermaßen unterscheidet. Im übrigen erinnert die erste Kluffreihe ( $21^{\circ}$ — $201^{\circ}$ ) an die Stampferlinie ( $16^{\circ}$ ), die zweite ( $55^{\circ}$  bis  $235^{\circ}$ ), hauptsächlich vorwiegende, an die äußere Teigitschklamm (zwischen Langmannmühle und Krafthaus Arnstein,  $46^{\circ}$ ), die dritte ( $116^{\circ}$ — $296^{\circ}$ ) an die Hierzmannlinie ( $130^{\circ}$ ) bzw. die Möll—Draulinie, und die vierte ( $161^{\circ}$ — $341^{\circ}$ ) an die Törltallinie ( $160^{\circ}$ ), die Verwerfungen der Hohen Wand ( $165^{\circ}$  nach Bittner, Hernstein).

Mittleres Streichen der Klüfte im Teigitschgebiet.

Gesamtgebiet	Hierzmannklamm	Schervöitl linkes Ufer	Schervöitl rechtes Ufer	Langmannsperre	Unterwald	Äußere Klamm	Rollbahnstrecke
$27^{\circ}$ — $207^{\circ}$	$21^{\circ}$ — $201^{\circ}$	$29^{\circ}$ — $209^{\circ}$	$9^{\circ}$ — $189^{\circ}$	$21^{\circ}$ — $201^{\circ}$	$25^{\circ}$ — $205^{\circ}$	$16^{\circ}$ — $196^{\circ}$	$11^{\circ}$ — $191^{\circ}$
$60^{\circ}$ — $240^{\circ}$	$60^{\circ}$ — $240^{\circ}$		$47^{\circ}$ — $227^{\circ}$	$55^{\circ}$ — $235^{\circ}$			
$100^{\circ}$ — $280^{\circ}$	$119^{\circ}$ — $299^{\circ}$	$90^{\circ}$ — $270^{\circ}$	$67^{\circ}$ — $267^{\circ}$	$116^{\circ}$ — $296^{\circ}$	$102^{\circ}$ — $282^{\circ}$	$87^{\circ}$ — $267^{\circ}$	$84^{\circ}$ — $264^{\circ}$
$160^{\circ}$ — $340^{\circ}$		$169^{\circ}$ — $349^{\circ}$		$161^{\circ}$ — $341^{\circ}$			$142^{\circ}$ — $322^{\circ}$
Richtungsunterschiede							
$47^{\circ}$ $40^{\circ}$ $60^{\circ}$ $87^{\circ}$ $100^{\circ}$	$36^{\circ}$ $59^{\circ}$ $95^{\circ}$	$61^{\circ}$ $79^{\circ}$ $140^{\circ}$	$38^{\circ}$ $40^{\circ}$ $78^{\circ}$	$34^{\circ}$ $61^{\circ}$ $45^{\circ}$ $95^{\circ}$ $106^{\circ}$	$77^{\circ}$	$71^{\circ}$	$73^{\circ}$ $58^{\circ}$ $131^{\circ}$

Die Klüfte der Scharasbachklamm in Unterwald bei Ligist streichen etwas anders als die der nördlich anstoßenden Blöcke, welche von der äußeren Teigitschklamm bzw. von der Hilfsbahn (Rollbahn) für den Kraftwerksbau durchschnitten werden. Merkwürdigerweise scheint hier eine deutlicher ausgeprägte Kluffschar zu fehlen, welche der äußeren Teigitschlinie gleichliefe. Dies läßt darauf schließen, daß die unterhalb der Niesenbachmündung so ausgezeichnet entwickelte, mit starken Zerrüttungen verbundene Linie in dem ausgemessenen Gebiete bereits ausgesetzt hat. In allen drei Geländestreifen aber prägt sich die Stampferlinie ( $16^{\circ}$ ) ganz besonders deutlich aus (vgl. vorstehende Übersicht).

Wirft man sämtliche im Teigitschgebiete gemessenen Kluffwerte zusammen, wie dies in der tieferstehenden Übersicht geschehen ist, so steht man anfangs verwirrt vor der nicht erwarteten Tatsache, daß alle Streichrichtungen vertreten sind. Die

1—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130	131—140	141—150	151—160	161—170	171—180
14	98	90	108	59	71	61	52	59	61	60	64	23	21	31	50	50	60

Klüfte streichen nach allen Richtungen, so daß man fast versucht wäre, über die Kluffausmessung überhaupt den Stab zu brechen. Man darf aber nicht übersehen, daß man mit der Zusammenfassung der auf einer Fläche von rund  $100 \text{ km}^2$  erhobenen über 1000 Werte an sich einen groben Verstoß begangen hat; man darf nicht erwarten, daß die Spannungen in einem verhältnismäßig so großen Gebiete überall durchaus gleich waren und in gleicher Weise zur Auslösung gelangten. Schält man übrigens aus der anfangs verwirrenden Ziffernreihe vernünftigerweise Zusammengehöriges heraus, so erhält man für das mittlere Streichen Werte, die nicht einmal gar so unmöglich sind, nämlich  $27^{\circ}$ — $207^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ — $240^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$ — $280^{\circ}$ ,  $160^{\circ}$ — $340^{\circ}$ .

## 10. Die Klüftung in der Vellachschlucht.

Während die Klüftmessungen in den bisher betrachteten Gebieten als Erfolg nicht unwillkommene Verfeinerungen unserer Feldaufnahmen brachten, versagten die Ausmessungen in den obertriadischen Gesteinen der Vellachschlucht zwischen Miklauzhof und Rechberg völlig. Die Klüfte fallen hier scheinbar wahllos nach allen Richtungen ein und die einzige ablesbare Regel scheint bloß die zu sein, daß die Klüfte in den gequälten Falten der Schichtplatten annähernd senkrecht auf den Schichtgrenzen stehen; das bedingt aber bei den nach allen Himmelsrichtungen zielenden Achsen der Faltungen ein Verflächen der Klüfte unter allen denkbaren Neigungswinkeln nach allen Richtungen der Windrose.

Wir haben schon einmal ein Versagen der Klüftmessung kennengelernt; dies tritt nämlich dort ein, wo die Zerteilung der Gebirgsmasse zu einer völligen Zerrüttung geführt hat. Dies mag z. T. auch für den vorliegenden Fall zutreffen; z. T. aber möchte ich die Ursache für das eigenartige Verhalten der Klüfte in der Vellachschlucht in einem anderen Umstande suchen.

Die Gebiete, die wir bisher auf ihre Klüfte untersuchten, besaßen einen jungen Bruchbauplan, der über einen älteren Faltungs- (bzw. Überschiebungs-)Bauplan gearbeitet war. Den jugendlichen Schichtverstellungen (Walmungen, Verbiegungen, brechenden lotrechten Bewegungen) haben wir die Klüfte dieser Gebiete zugeordnet. Am Nordrande der Karawanken aber stehen wir an einem Geländestreifen, längs welchem das ältere Gebirge in junger Zeit noch über Jungtertiär geschoben worden ist; vielleicht wandert die Faltenstirne der Karawanken heute noch langsam gegen Norden. Die Bewegungen mit vorwiegend wagrechter Teilrichtung sind von jenen mit vorherrschend lotrechter Teilrichtung noch nicht überwältigt worden. Darin dürfte meines Erachtens das Versagen der Klüftmessung in der Vellachschlucht hauptsächlich begründet sein.

### Schlußfolgerungen.

Ziehen wir aus den bisher in den Ostalpen durchgeführten Klüftmessungen — von denen die vorstehenden Mitteilungen nur Proben geben können — Schlüsse, so können wir sagen, daß die Klüfte hier wohl vorwiegend Zerrungs- und Gleiterscheinungen sind. Wir pflichten in diesem Punkte Schwinner<sup>1)</sup> vollständig bei. Die Gleitbewegungen (Verschiebungen nach Schichtfugen und Schieferungsflächen) erzeugen die Bankungsklüfte (in der vorliegenden Arbeit nur gestreift) und rufen oft weitgehende Wanderungen von Massenteilchen hervor; so z. B. in den Falten. Die Dehnungen aber führen zum Aufreißen jener Klüfte, welchen in den vorstehenden Untersuchungen ganz besonders nachgegangen wurde.

<sup>1)</sup> Schwinner R., Scherung, der Zentralbegriff der Tektonik. Zentralbl. f. Min. usw. 1924, Heft 15, S. 469—479.

Streichen der Klüfte		Richtungs- unterschied		Streichen der Klüfte		Richtungs- unterschied		Streichen der Klüfte		Richtungs- unterschied								
45	225	} 31°	} 73°	13	193	} 71°	} 117°	3	183	} 40°	} 114°							
76	256			} 42°	} 76°			84	264			} 46°	43	223	} 74°			
118	298							} 34°	130				310	117		297		
152	332								153				333	153		333		
5	185	} 73°	} 136°			33	213		} 54°	} 82°	23		203	} 56°		} 99°		
78	258			} 63°	(44°)	87	267				} 28°	79	259		} 43'			
141	321					} 52°	} 124°	115				295	} 34°				122	302
1	181							} 72°				57					237	} 28°
53	233	} 72°	85						265	} 41°		61		241		} 42°		
125	305		} 37°	} 112°	126				306		} 49°	103		283	} 67°			
36	216				} 75°	175	355		} 30°			} 103°	170	350			} 36°	
63	243					} 75°	19	199					} 73°	24				204
138	318	} 59°					} 99°	49		229				} 33°		} 106°		60
11	191		} 40°	} 75°				122		302	119				299			
70	250				} 35°			155	335									
110	290																	
145	325																	

Es leuchtet ohneweiters ein, daß die Klüftung von der Gesteinsbeschaffenheit sehr stark abhängig ist; dies hat u. a. Lehmann<sup>1)</sup> betont. Man vergleiche da nur z. B. die regellose und ungemein kleinmaschige Zerhackung des Ramsaudo- loms (Gesäuseberge!) mit den viel regelmäßiger zerklüfteten Kalken (Reiflinger- kalk, Dachsteinkalk). Dabei entscheidet nicht der gegenwärtige Grad der Sprödigkeit, sondern der Gesteinszustand zur Zeit der Auslösung der Spannungen; ich kenne z. B. in der Gemeinde Unterwald bei Ligist eine Quarzlinse (Restlösung eines Riesen- korngranitdurchbruches), welche deutliche, ebene, z. T. sehr scharfe Schnitte aufweist, die unmöglich sehr lange nach der gänzlichen Erstarrung der Kieselsäure gebildet sein können. Der Quarz muß in noch<sup>2)</sup> halbweichem Zustande unter Druck gekom- men sein.

In den meisten der bisher auf Klüftung untersuchten Alpengegenden sind die Klüfte der Ausdruck brechenden und biegenden Bauplanes (hier im Gegensatz zur Faltung gemeint). Darauf weist ihr steiles Einfallen und ihr mit bekannten Störungslinien gleichgerichteter Verlauf. Die lotrechten Verstellungen sind hier der mehr in der Tiefe vor sich gegangenen, wahrscheinlich mehr von Gleitklüften begleiteten Faltung nachgehinkt. Gewisse Klufrichtungen tauchen gleich den entsprechenden Bruchlinien und Abbeugungsachsen an den entferntesten Punkten der Ostalpen auf; so, um nur ein Beispiel zu nennen, der Ost-südostabbruch der Hohen Wand (N. Ö.), in der Umgebung des Millstättersees. So ist über große Teile der Ostalpen ein Netz von Klüften gespannt, dessen Maschenfäden hier ungleiche Richtung zeigen, dort aber wieder einander gleichlaufen, nicht unähnlich dem krausen dichten Fäden- gewimmel einer zierlichen Häkelei. Man hat bisher, namentlich in Deutschland, die Klüftung in zu große Abhängigkeit von der Faltung bringen wollen. Ich glaube gezeigt zu haben, daß diese Anschauung für weite Gebiete der Alpen nicht gilt, will aber keinesfalls in das Gegenteil verfallen und jeden Zusammenhang zwischen

<sup>1)</sup> Lehmann K., Die Gesteinsklüfte des östlichen Harzvorlandes. Geologisches Archiv, Bd. I, Heft 1, 1923, S. 14 ff.

<sup>2)</sup> Oder wieder (?).

Faltung und Kluftbildung leugnen. In gewissen Gebieten können und müssen Klüfte sicherlich beim Faltungsvorgange aufreißen; so sind z. B. gerade die Umbiegungsstellen von Mulden und Sätteln Orte stärkerer Zerrung.

Wir werden weiters, worauf meines Wissens zuerst Lehmann K. (a. a. O.) hinwies, in steiler gestellten Faltenstücken flacheres und in sanfter geneigteren Faltenausschnitten steileres Klüfteverflächen feststellen können. Dies dürfte aber meines Erachtens hauptsächlich nur für die vielen Fälle zutreffen, in denen Falten sich im freien Kräftespiel entwickeln können, wie z. B. bei oberflächennahem Bauplane. Ampferer und andere haben uns mit den schön geschwungenen Faltenwellen gewisser Gebiete der nördlichen Kalkalpen bekanntgemacht; abgleitende Schichtplatten nahmen solchen herrlichen Faltenwurf an; hier ist das Aufreißen von Zerrungsklüften ohneweiters möglich. Leider habe ich in den Kalkalpen noch viel zu wenig Kluftmessungen ausgeführt, um auch über solche Baupläne etwas aussagen zu können. Die Gesäuseberge z. B. sind allerdings, wie ich mich überzeugt habe, der Kluftmessung durchaus zugänglich; hier haben wir allerdings Schollen vor uns, die in jugendlicher Zeit sehr kräftig gehoben worden sind.

Für unmöglich aber halte ich es, daß uns Klüfte in Räumen erhalten worden sind, deren Schichten eine Faltung in größerer oder mittlerer Tiefe erlitten haben, wie z. B. im alpinen kristallinen Grundgebirge. Hier dürfte — und darin stimme ich mit Schwinner (a. a. O.) wohl im wesentlichen überein — die Faltung nicht durch wagrechtes Zusammenschieben der Schichten, sondern durch Gleitung entstanden sein. Rissen dennoch da und dort vorübergehend andere Klüfte auf, so wurden sie bald wieder geschlossen. Den Beweis für diese Auffassung des Faltungsvorganges in weiten Gebieten sehe ich erstlich in der überaus großen Zahl von Gleitzerrüttungen kleineren bis größten Stils und zweitens in der Art der Durchspritzung des Gesteins. Über ausgedehnte Räume sehen wir oft keinen einzigen Quergriff; alle Aplite-, Riesenkorngnit- und Pegmatitlinsen sind den Schieferungsflächen des Gesteins gleichlaufend eingeschichtet worden. Die Annahme einer durch Gleitung erfolgten weitgehenden Durchbewegung der Gesteinsmassen führt die Einspritzung von Dämpfen und Lösungen unserem Verständnisse näher; Hohlräume entstehen nämlich dabei vorwiegend in der Gleitrichtung und gestatten den Lösungen das Eindringen, die später dann zu Linsen erstarren; die Gleitflächen bilden dann weiters die Bewegungsbahnen, auf denen die Dämpfe und Restlösungen leichter vordringen können; ihnen gegenüber schließen die Gesteinsblättchen zwischen den Gleitflächen viel dichter ab. Die Bewegungen längs der Gleitflächen haben sich dann noch weiters dadurch abgebildet und verewigt, daß die Aplite und Riesenkorngnite uns heute in der Form von Aplitgneisen und Riesenkorngneisen vorliegen (z. B. im Teigitschgebiet und im Floning—Zöbererhöhzuge). Daß auch noch weit später auf diesen bereits vorgezeichneten Bahnen Bewegungen wieder auflebten, zeigen uns nachträgliche Zerbrechungs- und Zertrümmerungserscheinungen an den Riesenkorngneisen des Teigitschgebietes.

Die Faltung dieser eben erwähnten Gebiete war also im wesentlichen eine Gleitfaltung und Gleitfältelung, bei welcher nennenswerte Klüfte außer den Gleitklüften nicht aufbrachen. Die heutige Gesteinsklüftung ist in diesen Räumen eine jüngere und stammt aus der Zeit her, da diese Gebiete, nachdem sie früher hauptsächlich von Gleitspannungen beansprucht gewesen waren, anfangen, in die Höhe zu steigen und zum Gebirge aufzutauchen. Diese biegenden Bewegungen

waren es vorwiegend, die jetzt Raum gaben, und ohne solche raumspendende Vorgänge können wir uns ja Klüfte wohl nicht denken. Wir können auch sagen, der Faltenbau sei jetzt durch brechenden (biegenden) Bauplan abgelöst worden; dabei schließen wir die Schichtabbeugungen und -aufbiegungen immer mit ein, wenn es bei ihnen auch noch nicht zum völligen Entzweißen von Schollen gekommen ist.

Die Bruchklüfte<sup>1)</sup> — wenn ich sie im Gegensatz zu den Faltungsklüften vorläufig so nennen darf, um verständlicher zu sein — scheiden sich dann wieder in Gleit-, Längs-, Quer- und Schrägklüfte.

Die ersteren zeigen sich in Gebieten mit brechendem Bauplan im allgemeinen viel seltener als dort, wo Faltung und Überschiebung vorherrschen. Sie stellen sich in Schollengebieten aber mit Notwendigkeit dort ein, wo örtliche Gleitbewegungen infolge Abbeugungen oder Aufpressungen auftreten müssen. So z. B. auch in den beiden Schenkeln von „Kofferfalten“, vorausgesetzt, daß diese in unserem Falle vorherrschend lotrechter Bewegungen durch sie und nicht durch wagrechten Druck entstanden sind. Die Gleitklüfte fallen nicht immer strenge mit den Schicht(Schieferungs-)flächen zusammen, sondern bilden mit ihnen oft sehr spitze Winkel.

Ungemein häufig sind die Längsklüfte. Sie folgen dem Schichtstreichen oft so treulich, daß man zum Messen des Schichteinfallens ohne großen Fehler den Kompaß an ihre Fläche anhalten kann. Ihre Richtungstreue erklärt sich bei Aufbiegungen und Abbeugungen ohneweiters; wieso sie auch bei Sprüngen so hartnäckig auftritt, wird weiter unten durch die mannigfachen Wechselbeziehungen zwischen Faltung (Überschiebung) und brechendem Bauplane noch kurz zu erläutern sein.

Auch die Querklüfte stehen meist in enger Beziehung zur Lage der Schichten im Raume; sie streichen dann ungefähr in der Richtung des Schichtverflächens. Dies sagt wohl nichts weiter aus, als daß die Schollen häufig in ihren Umrissen Rechtecken mehr oder minder nahe kommen.

Die Schrägklüfte werden meist Mohr'sche Linien genannt und sollten deshalb miteinander einen rechten Winkel einschließen; wie die beiden Übersichten zeigen, tritt dies manchmal ganz zufälligerweise ein; meist sind aber die Abweichungen — auch Schwinner (a. a. O.) betont dies — ganz erhebliche und durch den Gesteinstoff allein nicht zu rechtfertigen. Übrigens können in den von uns ja fast ausschließlich betrachteten Gebieten brechenden Bauplanes die Schrägklüfte keine eigentlichen Mohr'schen Linien sein, da sie ja unserer Annahme gemäß durch lotrecht gerichtete Spannungen erzeugt wurden. Treten in unseren Gebieten wirklich Mohr'sche Linien auf, dann müssen wir sie unter jenen Bruchklüften suchen, deren Flächenwinkelschenkel miteinander rund  $90^\circ$  einschließen; diese Schenkel liegen aber, der Richtung der Spannung entsprechend, in einer annähernd lotrechten Ebene. Wir haben nun bei unseren Klufmessungen gesehen, daß die Klüfte im allgemeinen sehr steil einfallen und im Durchschnitte Flächenwinkel miteinander einschließen, die ziemlich stark von  $90^\circ$  abweichen; nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von ihnen weist tatsächlich (wohl zufällig!) Klufflächenwinkel von rund  $90^\circ$  auf. Viel wahrscheinlicher ist es, daß auch die sogenannten Schrägklüfte nur die Begrenzungslinien der einzelnen Schollen nachahmen, also Begleiter von Brüchen oder Aufbiegungsrändern sind; solche Aufbiegungslinien dürften z. B. im Teigtischgebiete vielfach für den Verlauf von Schrägklüften bestimmend gewesen sein.

In manchen Fällen — Erfahrungen hierüber konnte ich ziffermäßig bisher noch nicht sammeln — mögen Schnitte auch Blattverschiebungen gleichlaufen und ihnen dann zuzuordnen sein. Solche Blattklüfte tragen fast durchwegs sählig verlaufende Rutschstreifen; man muß in zweifelhaften Fällen ihre Natur aber noch aus anderen Kennzeichen zu erschließen suchen, da wagrechter Verlauf der Rutschrillen auch sonst nichts gerade Seltenes ist.

Ich will nun den Versuch wagen, die Häufigkeit der Längsklüfte zu erklären. Ich denke da in erster Linie an die oft überaus innigen örtlich-räumlichen und vielfach auch zeitlichen Zusammenhänge zwischen „Faltungen“ (Überschiebungen) und Schollenstellungen oder mit anderen Worten: zwischen vorwiegend wagrechten und überwiegend lotrechten Schollenbewegungen. So streichen, um nur ein einziges Beispiel

<sup>1)</sup> Besser: Die Klüfte in Gebieten mit brechendem Bauplane.

anzuführen, Aflenzener Senkungstreifen, Mürztaler Tiefenfurche und die „Falten“ des Rennfeld—Mugluzuges sowie der Floning—Zöbererhöhhette einander annähernd gleich. Wir stehen da vor innigen, ursächlichen Zusammenhängen zwischen „Faltung“ und Brechung. Vielleicht ließe sich zum Unterschiede von der echten Gleitungsfaltung die „Faltung“ mancher oberflächennaher Gebiete auch folgendermaßen erklären: Lotrechte Aufbuckelungen und Aufwalmungen nach Art der Kofferfalten (aber ohne Mitwirkung wagrechter Kräfte entstanden) wellen zuerst die Schichtstöße auf; es entstehen annähernd spiegelbildlich gebaute „Falten“. Schmelzflüsse drängen von unten in alle dabei entstehenden Hohlräume nach und gießen sie aus. Da und dort kommt es zum Zerbrechen der Aufbeugungsschenkel. Der ganze Erdstreifen wird durch die vorangegangene Wellung, die Zerlegung in Blöcke und das Eindringen von Schmelzflüssen samt ihrem Anhang beweglicher und für wagrechte Verschiebungen empfänglicher. Diese lassen auch — geologisch gesprochen — nicht zu lange auf sich warten. Die „Falten“ legen sich (man vergleiche auch eine ähnliche, aber anders begründete Anschauung Schwinnners a. a. O.) langsam über und arten in fortwährender Gleitbewegung in Überfaltungen und Überschiebungen aus. Die von Petraschek<sup>1)</sup> wiederholt hervorgehobene Einseitigkeit vieler Braunkohlenmulden in unseren Alpen fände so ihre zwanglose Erklärung. Und was wahrscheinlich heute noch vor unseren Augen mit den tertiären Ablagerungen geschieht, das hat vor Jahrmillionen in ganz ähnlicher Weise die Gosau über sich ergehen lassen müssen; Ampferer hat uns hiefür viele schöne Beispiele vorgeführt und von Kerbwirkung gesprochen. Inwieweit das Aufwogen und das Vorwärtsschieben der Geländestreifen auch zeitlich zusammenfallen kann, darüber will ich mich diesmal nicht äußern; es könnten beide Arten von Bewegungen auch grundsätzlich zusammengehören und nur zeitweise die eine, zeitweise die andere überwiegen. Man könnte sich schließlich auch vorstellen, daß lotrecht gerichtete Kräfte sich im Laufe der Zeit umlegen, bis sie endlich annähernd söhlig wirken; dann könnte wieder ein Zurückpendeln der Kräfte stattfinden; stets aber ändern sich dann die lotrechten und die wagrechten Teilkräfte ihrer Größe nach, wenn wir die um eine lotrechte Mittellage herumschwankende Kraft zerlegen wollen.

Wie immer dem auch sein möge, die oberwähnte Vorstellung widerspricht keineswegs der Unterströmungslehre (Ampferer, Schwinner), ja sie fände durch sie erst ihre Grundlage und Daseinsmöglichkeit; denn mit der Zusammenziehungslehre läßt sie sich kaum vereinbaren.

In einer früheren Arbeit<sup>2)</sup> habe ich darauf hingewiesen, daß sich die Alpen nach der Hauptzeit der Faltungen und Überschiebungen gewaltig emporgehoben haben. Jeder aufwärts bewegte Erdstreifen muß daher, weil die Bogen in weiterem Abstände vom Kreismittelpunkte länger sind als bei kleinerem Halbmesser, gewissermaßen beim Auftauchen die Fühlung mit den Nachbarstreifen verloren haben. Hebung bedeutet ja Raumgewinn, nicht nur nach unten, sondern auch nach den Seiten; Hebung bedeutet Zerrung. Wo nicht Schmelzflüsse aufdringen, muß die unvermeidlich entstehende Lücke anders geschlossen werden. Noch während des Entstehens des freien Raumes sinkt z. B. eine Keilscholle zwischen den Hebungsgeländen in die Tiefe und zwar vermutlich ungefähr ebenso weit als die Nachbarn sich höher schalten. Hebungsgürtel und Senkungstreifen bedingen sich somit gegenseitig und gehören unzertrennlich zusammen; man betrachte unter diesem Gesichtswinkel die Senkungstreifen unserer Alpenlängstäler, die Niederung des Klagenfurter Beckens und die dazwischenliegenden Hebungstreifen! Wie breit die Tiefenfurchen ausfallen, hängt nicht von der Stärke der Hebung, sondern davon ab, welche Räume die emportragenden Strömungen im Innern für die Senkungsgürtel frei lassen. Wie im Querschnitte, so müssen solche Ein-

<sup>1)</sup> Petraschek W., Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. Berg- und Hüttenm., Jahrbuch Bd. 73, 1924.

<sup>2)</sup> Stiny J., Hebung oder Senkung.

senkungen sich auch im Längsschnitte der Ostalpen einstellen; doch ist die Erscheinung hier nicht so klar und vielleicht auch nicht so eindeutig. Immerhin aber können wir auf den Tiefenstreifen des Lavanttales — wenn man das Hauptgewicht auf das Schichtstreichen legen würde, allerdings mehr eine Längsfurche —, die Neumarkter Senke, die Katschbergeintiefung, die Brennerfurche und viele andere Beispiele verweisen.<sup>1)</sup>

Die lotrecht bewegten Schollen und Blöcke werden dann gelegentlich wieder von wagrechten Schiebungen erfaßt. In förmlichem Reigenspiele haben solche abwechselnde Ereignisse die Geschichte der Ostalpen belebt. Schwinner<sup>2)</sup> und andere haben bereits wiederholt und nachdrücklich darauf aufmerksam gemacht, wie sehr spätere Bewegungen meist wieder den Bahnen folgen, die schon ältere Vorgänge eingeschlagen haben. Wo früher vielleicht eine Aufwölbung bestand, kann sich im Laufe der Zeit eine liegende Falte, eine Überschiebung, eine Tiefenmulde, eine echte Verwerfung usw. entwickeln; immer aber ist längs solchen Linien „etwas los“, was sie von der Umgebung abhebt und in sich als Weiterbildung von Bestehendem und Anknüpfung an Vergangenes aufgefaßt werden kann. In diesem Sinne kann man von einer ewigen Jugendlichkeit der Baupläne sprechen; schiebende und hebende Bewegungen lösen sich im Wechselspiele ab und greifen wohl auch ineinander.

Damit soll freilich nicht gesagt sein, daß nicht da und dort auch ein gewisses Steiferwerden der Bewegungen, ja sogar eine förmliche Erstarrung eintreten kann. Sicherlich waren in vielen Gebieten anfänglich die wagrechten Teilbewegungen weitaus lebhafter als später; welche Umstände zu einem allmählichen Erlahmen der Schiebungen führen, wird noch zu klären sein; Tatsache ist, daß in weiten Gebieten der Erde heute hauptsächlich nur mehr lotrechte Bewegungen und keine umfangreicheren Gleitungen mehr vor sich gehen; eine „starre Masse“ („Urscholle“) liegt dann vor uns, die sich noch hebt und senkt, aufbuckelt und einmuldet, in der aber größere wagrechte Verschiebungen gleitender Natur nicht mehr vor sich gehen; damit ist allerdings noch nicht gesagt, daß auch Wegener'sche Blocktriftungen unmöglich wären.

Mit solchen Überlegungen kann vielleicht nach dem derzeitigen Stande unserer Kenntnisse von den Klüften der Aufnahmsgeologie an die Messung der Gesteinschnitte herantreten. Die planmäßige Erforschung der Klüftung in den Ostalpen, wozu hier nur eine bloße Anregung und keinesfalls etwas Abschließendes geboten werden konnte, ist meines Erachtens von hoher Bedeutung für die weitere Verfeinerung und den Ausbau unserer Aufnahmeverfahren. Der raschen Ausbreitung der Klüftmessung in unseren Alpen dürfte freilich der Umstand etwas hinderlich sein, daß sie dem ohnedies schon schwer mit den verschiedensten Untersuchungen belasteten Geologen neue Zeitopfer aufhalst. Meines Erachtens darf uns das aber von der Klüftaufnahme nicht abhalten.

<sup>1)</sup> Vgl. auch Ampferer O., Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol. Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt 1921, Bd. 71, S. 81 ff.

<sup>2)</sup> Schwinner Robert, Die Niederen Tauern. Geologische Rundschau, Bd. XIV, 1923.

Denn die Gesteinschnitte enthüllen dem Aufnahmegeologen den Bau des Gebietes besser, als das Streichen und Fallen, das der Geologe bisher meist allein beobachtet hat; besonders in an sich schlecht aufgeschlossenen Gebieten führen sie den Geologen sicherer als die bloße Lage der Schicht im Raume; sind sie doch das Heergefolge größerer Störungen im Gebirgsbaue, die sie aufsuchen und verfolgen helfen, etwa so, wie Scharen kleinerer Vögel den Jäger oft aufmerksam machen auf den großen, stolzen Räuber, der, von ihnen umkreist, seine Bogen zieht. Die Klüfte sind (namentlich in Gebieten mit brechendem Bauplane) die Feinbewegungsfolgen, die sich den größeren Schichtverstellungen zuordnen und sich zu ihnen summieren.

Hohe Bedeutung haben die Klüfte und ihre Beobachtung für den Ingenieurgeologen, dem sie die geologische Vorhersage erleichtern. Dem Ziele seiner Aufnahmen gemäß muß der Ingenieurgeologe nicht bloß die Lage der Klüfte im Raume, sondern auch ihre gegenseitigen Abstände beobachten und engständige und weitständige Klüftung auseinanderhalten; vom Kluftabstande hängt ja die Lösbarkeit, Bearbeitbarkeit und Standfestigkeit des Gesteins in hohem Grade ab. Diese technischen Eigenschaften des Felsens werden ja in weitgehendem Maße durch den Umfang der Zerstörung bedingt, welche die Klüfte angerichtet haben. Dabei wird der Ingenieurgeologe ebenso wie der Geländeformenkundler seine Aufmerksamkeit auch auf die in vorliegender Arbeit mehr erwähnten als untersuchten Gleitzerrüttungen richten; die Gleitungsklüfte sind häufig, wie z. B. im Teigitschgebiete, mit stärkerer Gesteinszertrümmerung verbunden als die übrigen Klüfte; das Übereinandergleiten mächtiger Schichttafeln hat eine mehr oder minder dicke Felsplatte zu Trümmern zerrieben, während ihre Nachbarn im Liegenden und Hangenden nur mehr oder minder aufgeborsten und nach Richtungen senkrecht zur Gleittafel zerlegt sind. Daß solche grobe Gleitbewegungen ganzer Schichtstöße auch rein örtlich an Auf- oder Abbiegungen geknüpft sein können und nicht immer mit dem Mischen von Karten verglichen werden müssen, wurde bereits gestreift.

Bei der Kluftmessung im Felde kann vielleicht folgender Vorgang empfohlen werden. Der Aufnahmegeologe sucht, wie auch sonst üblich, tunlichst bald einen Überblick über den Bauplan der Gegend zu gewinnen. In Schollengebieten mißt man dann z. B. in jedem besseren Aufschlusse für sich getrennt so viele Klüfte als möglich; außer Betracht bleiben die ganz regellosen, bei vollständiger Zertrümmerung des Felsens und Auflösung in kleine Bruchstücke entstehenden Schnittflächen. Im übrigen mißt man je mehr Klüfte, je besser ein. Lehmann (a. a. O.) hat nach meinem Geschmacke zu wenig Klüfte gemessen, nämlich durchschnittlich nur 15 und höchstens 21 in einem einzigen Aufschlusse. Bei jeder Kluft merkt man im Tagebuch an, ob sie eben, windschief, kurz oder weitlaufend geraten ist; besonders weithin streichende, gerade Schnitte werden entsprechend hervorgehoben; wo Rutschstreifen oder sonstige Zeugen der Bewegungsvorgänge sichtbar sind, werden sie vermessen und kurz beschrieben. Die erhobenen Werte vereinigt man zu Hause in einer Übersicht; ihre Ausgestaltung (vgl. einige der hier abgedruckten) hängt vom Zwecke der Aufnahme ab; will man grund-

legende Untersuchungen anstellen, so kann man in der Trennung nach Klassen usw. kaum zu weit gehen; je mehr es sich aber um bloße Aufnahmen zwecks Herstellung einer geologischen Karte handelt, desto mehr kann man die Übersicht dadurch vereinfachen, daß man die Klassen vergrößert; so kann es beispielsweise für manche Fälle völlig ausreichen, drei Klassen für Kluftneigungswinkel zu bilden (kleiner als  $30^\circ$ , von  $30^\circ$  bis  $60^\circ$  und über  $60^\circ$ ). Für die Neigung und Streichrichtung der Schnitte bildet man dann auf bekannte Weise das arithmetische Mittel. Die Kluftrichtungen lassen sich auch zeichnerisch in einer Kluftrose (vgl. Abb. 1 bis 3) wiedergeben. Reicht der Maßstab der Aufnahmskarte dazu aus, dann trage man die Kluftrichtungen auch in sie ein; dadurch gewinnt man den besten Überblick über die Verteilung gewisser Richtungen in einem Gebiete und wird auf vorhandene Störungen usw. leichter aufmerksam. Wichtig ist die Eintragung der Kluftstreichen in das Kartenbild namentlich bei technisch-geologischen Aufnahmen. Vergleicht man die auf diese oder ähnliche Weise erhaltenen Kluftmessungsergebnisse untereinander und mit den sonstigen Ergebnissen der Aufnahme und wertet sie prüfend aus, dann gewinnt man nicht bloß Anhaltspunkte für die schärfere Verfolgung vorhandener Störungslinien, sondern auch für die Begrenzung benachbarter Blöcke und für die Lösung so mancher anderen, theoretisch wie praktisch wichtigen geologischen Fragestellung.

