

# VERHANDLUNGEN

DER

## GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT

Nr. 9

Wien, September

1926

**Inhalt:** Vorgänge an der Anstalt: Beförderung Dr. G. Götzingers zum Chefgeologen, Dr. E. Spenglers zum Geologen. — Eingesendete Mitteilungen: W. Schmidt (Leoben): Zu Sanders „Zur petrographisch-tektonischen Analyse“ II. — H. Mohr (Graz): Archaische Krinoiden? Eine kritische Würdigung R. Schwinnners „Bergland nordöstlich von Graz“. — J. Stiny: Nochmals das Kohlenbecken von Köflach—Voitsberg und seine Umgebung. Entgegnung an Herrn Oberbergrat Dr. L. Waagen. — W. Vortisch: Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstlichen Alpen, II. Teil. Vorläufige Mitteilung. — Literaturnotiz: W. v. Seidlitz.

NB. Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

### Vorgänge an der Anstalt.

Mit Erlaß des Bundesministeriums für Unterricht vom 31. Juli 1926, Zl. 28320-I/1 wurde dem Geologen der Geologischen Bundesanstalt Bergrat Dr. Gustav Götzingler mit Wirksamkeit vom 1. August 1926 ein Dienstposten der IV., dem Adjunkten a. o. Universitätsprofessor Dr. Erich Spengler ein solcher der V. Dienstklasse verliehen. Dadurch erscheinen Dr. Götzingler zum Chefgeologen, Dr. Spengler zum Geologen befördert.

### Eingesendete Mitteilungen.

**Dr. Walter Schmidt**, Leoben: Zu Sanders „Zur petrographisch-tektonischen Analyse“, II. (Jahrb. Bundesanstalt 1925, 1. bis 2. Heft).

Ich möchte nicht in die Besprechung einzelner Fragen, die zwischen Sander und mir noch in Schwebelage sind, eingehen, ohne zunächst meine freudige Zustimmung zu seiner Forschungs- und Anschauungsweise auszudrücken; und es soll nur als Ausdruck dieser Zustimmung gelten, wenn ich im folgenden mich bemühe, auch vor der Öffentlichkeit in diese Fragen Klärung zu bringen, wozu ja Sander selbst im letzten Teile seiner Arbeit durch dankenswerter scharfe Fassung der Anschauungsunterschiede Anregung gegeben hat.

Die erste zu behandelnde Frage ist die des Zusammenhanges der Regelung eines Kristallitgefüges mit den sie bedingenden Vektoren der Beanspruchung oder der Verformung.

Sanders Einstellung ist die, daß es wesentlich die Richtungen der Hauptkräfte des Beanspruchungszustandes sind, nach denen sich die Regelung richtet, den schärfsten Ausdruck findet dies in den Seiten 200, 201. Er erkennt aber auch die Möglichkeit als gleichwertig an, daß eine

Regelung nach Scherfläche und Scherrichtung vorkommen könne, sucht nach Wegen, zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu unterscheiden.

Ich dagegen habe in aller Schärfe den Satz aufgestellt (Gesteinsumformung), daß bei mechanischer Umformung nur die Scherbewegungen es sein können, nach denen sich die Regelung richtet.

Der Gegensatz wird dadurch besonders klar, daß eine Scherfläche eben nie auf einer Hauptkraft senkrecht stehen kann, daß also die eine oder andere Auffassungsweise bei der Beurteilung eines Gefüges zweierlei Vorstellungen über den Beanspruchungszustand ergeben, die gegeneinander um bis 45 Grad verschwenkt sein können.

Grundsätzlich möchte ich es als durchaus möglich erachten, daß sich ein Korn auch in einem statischen Beanspruchungsfelde in verschiedenen Lagen zu den Hauptbeanspruchungen verschieden wohl befindet, daß eine besondere Lage besonders erstrebenswert erscheint, wie es in Niggli Grubenmanns „Gesteinsmetamorphose“ 461 dargestellt ist, was ich auch in „Gesteinsumformung“ 50 zum Ausdrucke brachte. Es ist aber bei solchen energetischen, fast teleologischen Betrachtungen zu beachten, daß sie wohl ein Endziel bezeichnen, nicht aber aussagen, ob wohl ein Weg gegeben ist, der zu diesem Ziele führt, siehe Ostwalds Stufengesetz.

Und für rein mechanische Umformung sehe ich keinen Weg zu diesem Ziele.

Für chemische Umformung anerkannte ich einen Weg S. 51; dadurch, daß sich Teilchen vollkommen aus dem Gitterverbande lösen, können sie sich beim Absetzen in der günstigsten Richtung zu der Hauptbeanspruchung wieder absetzen, wenn nicht ein anderer noch mächtigerer Einfluß eine andere Einrichtung verlangt. (Nur war ich der Ansicht, daß die energetische Fassung des Rieckeschen Satzes nicht die Handhabe zur Erfassung dieses Vorganges gibt, daß dazu eine Behandlung der Zwänge im Gitter selbst notwendig sei.

Es sind zur Erzielung einer Umordnung — einer Regelung — Wege der Massenpunkte erforderlich, die nicht klein sind im Vergleich zu den Dimensionen des Kornes. (Bei chemischer Umformung leistet dies die Diffusion.) Nun beachte man, daß bei rein mechanischer Verformung die Wege der Normalkräfte — und die Hauptbeanspruchungen sind Normalkräfte — eben diese Bedingungen nicht erfüllen, es kommen für sie nur die elastischen Zusammendrückungen in Betracht, und dies sind um Größenordnungen geringer als die Korndimensionen, nur Hundertel davon. Wie sollen diese Verlagerungen die Einstellung der Körner in bestimmte Richtungen zustande bringen?

Die Scherbeanspruchungen dagegen sind die einzigen, deren Angriffspunkte bei der Formänderung nennenswerte Wege zurücklegen — Wege von gleicher Größenordnung wie die Abstände der Punkte, deren Verschiebung wir betrachten. Sie sind daher die einzigen Ursachen der plastischen Formänderung. Und da weiterhin auch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Scherbeanspruchung und Schervorgang zu erkennen ist (vgl. „Gesteinsumformung“ und insbesondere den Schervorgang in Kristallen, wo durchaus nicht die Ebene der größten Scherbeanspruchung, sondern eine durch das Gitter vorgezeichnete Ebene

(Gleitebene wird), so sehe ich in den Scherbewegungen die richtenden Vektoren, nach denen sich die Regelung, zum mindesten soweit es sich um rein mechanische handelt, richtet.

Demnach sollte man solche Regelungen ausschließlich auf den Schervorgang beziehen.

Natürlich bin ich bei der Beschreibung einer Regelungserscheinung zunächst vollkommen frei in der Wahl der räumlichen Koordinaten; ich kann als solche auch die Hauptbeanspruchungen wählen. Ich werde aber dabei nie so klare Gesetze erhalten, als wenn ich die Vektoren des Schervorganges herangezogen hätte, da der durchaus nicht eindeutige Zusammenhang zwischen Schervorgang und Hauptbeanspruchung mit ins Gesetz hineingerät.

Nun ist es in dieser Hinsicht unangenehm, daß die Regelungsuntersuchungen der Metallographen aus technologischen Rücksichten heraus vielfach Koordinatensysteme verwenden, die mit den Richtungen der Hauptbeanspruchungen mehr oder weniger zusammenfallen und dadurch den Eindruck erwecken, daß diese es sind, nach denen die Regelung sich richtet.

Und gerade diese Untersuchungen sind es scheinbar, die Sander in seiner Auffassung bestärkt haben.

So die Regelung in Drähten. Sander 200.

Für Drähte empfiehlt sich die Drahtaxe schon rein geometrisch, aber auch technologisch als Grundlage der Beschreibung. Beim Zugeversuch ist es aber auch die einzige Richtung, in der ich die Kräfte anbringen kann.

Dadurch erweckt es den Eindruck, als ob diese Hauptbeanspruchung unmittelbar mit der Regelung etwas zu tun habe. Daß dem aber nicht so ist, ersieht man aus dem Auftreten des „Grenzwinkels“, der temperaturabhängig ist. Hier ist etwas Fremdes hineingetragen. Tatsächlich erweist die ganze Ableitung Polányis, daß es sich um Regelung nach Gleitflächen handelt; würde man für die Beschreibung von den Gleitflächen ausgegangen sein und nicht von der Drahtaxe, so würde das Gesetz unvergleichlich einfacher ausgefallen sein, im Falle des Einkristalles allerdings bis zu einer vollkommenen Banalität.

Ganz ähnlich ist es mit dem Beispiele der Regelung von Walzgefügen, auf die sich Sander beruft als Beweis, daß bei Metallen eine unmittelbare Einstellung von Gitterrichtungen zu Hauptbeanspruchungen vorkommt; es wird dabei die Senkrechte zur Walzebene der Richtung des größten Druckes gleichgestellt.

Auch bei Walzgut, Blechen, ergibt sich für die geometrische Beschreibung ein einfaches Koordinatensystem aus Walzebene und Walzrichtung, das auch technologisch berechtigt ist, da man bei der Verwendung auf diese Richtungen Rücksicht zu nehmen hat. Es ist aber nicht zulässig, in diesem Koordinatensystem mehr zu sehen, in ihm zugleich auch die Richtungen der Hauptkräfte erkennen zu wollen.

Es ist der technische Walzvorgang ein sehr verwickelter, ungleichartig sowohl räumlich als zeitlich, da sowohl in den verschiedenen Teilen des Walzquerschnittes zur selben Zeit als auch am selben Teile zu verschiedenen Zeitpunkten des Durchlaufes recht Verschiedenes vor

sich gehen kann, und ich halte ihn nicht für geeignet, als Beispiel für tektonische Vorgänge herangezogen zu werden.

Als ganz wesentlich für die Beurteilung des Walzorganes erachte ich aber die Vorstellung, daß an der Walzoberfläche die Hauptdruckbeanspruchung eben nicht senkrecht zur Walzfläche stehen kann. Neben dem Anstelldruck der Walzen wirkt ja noch die Umfangskraft, und es genügt, einer Walzenzugmaschine zuzusehen, um zu erkennen, daß diese von gleicher Ordnung ist wie der Anstelldruck. Die Summe der beiden ergibt eine nach vorne schräg ins Walzgut einstechende Hauptdruckbeanspruchung.

Damit ist aber auch ausgesagt, daß nirgends im ganzen Querschnitt mit Ausnahme der Walzmitte eine Hauptbeanspruchung senkrecht zur Walzebene stehen kann (letzteres aus Symmetriegründen).

Dabei ist der Verlauf dieser Hauptdrucktrajektorie durchaus nicht eindeutig; man kann so walzen, daß die Walzmitte vorausleitet, dann schmiegt sich die Trajektorie des größten Druckes nach vorne der Mittellinie an, kehrt spitz um in die andere Hälfte, in diesem Falle steht in der Mittellinie nicht einmal die größte, sondern die kleinste Hauptbeanspruchung auf der Walzfläche senkrecht. Eilen die Randteile voraus, dann biegt sich die Trajektorie des größten Druckes nach abwärts, durchsetzt die Mitte senkrecht.

Eindeutigeres als über die Beanspruchungsverhältnisse läßt sich über die Umformungsvorgänge aussagen. Damit das Gut „eingezogen“ wird, muß die Umfangskraft soweit anwachsen, bis Schervorgänge auftreten. Und wenigstens für die Randteile des Walzgutes kann ausgesagt werden, daß hier nur eine einzige Schar von Großgleitflächen möglich ist, die parallel zur Walzenfläche; schräg dazu können sie ja nicht stehen, da die Walzen ja nicht verformt werden sollen. Weiter in der Tiefe ist ja Gelegenheit zum Abweichen der Scherflächen von dieser Lage gegeben, vielleicht auch zur Ausbildung mehrerer Systeme von solchen, was für die Walzmitte aus Symmetriegründen sogar erforderlich ist. Versuche mit Wachs haben mir aber gezeigt, daß vielfach bis nahe zur Mitte der Bewegungszustand ein derartiger ist, daß er recht wohl durch eine differentielle Gleitbewegung nach einer einzigen Schar von Großgleitflächen beschrieben werden kann, so daß ich immer in der einen Hälfte eines gewalzten Körpers ein immerhin noch erträgliches Beispiel für einen tektonischen Bewegungshorizont gesehen habe.

Ich habe daher auch immer im Gefüge eines gewalzten Bleches eine Regelung nach Scherflächen parallel der Walzfläche gesehen, glaube nur, daß diese Regelung noch viel deutlicher in Erscheinung treten würde, wenn man durch Abhobeln und Abätzen nur den einen Teil des Bleches ohne Gegenseite und Walzmitte untersuchen würde.

Ich leugne damit gar nicht, daß es Gefüge gibt, in welchen die Richtungen der Hauptbeanspruchungen als Symmetrieachsen der Regelung erscheinen; gehört ja das Gefüge der Drähte dazu, ferner das Gefüge geschmiedeter Körper, siehe „Wechselseitige Druckversuche an Aluminium“ Sachs Schiebold, Zeitschr. Ver. d. Ing. 1925, S. 1601, und viele andere. Ich erkenne nur nicht an, daß hier die Hauptbeanspruchungen unmittelbar richtend gewirkt haben; in allen diesen Fällen erfolgte die

Regelung ausnahmslos so, daß durch besondere Beachtung der Symmetrie des Versuches Großgleitflächen symmetrisch zu den Hauptbeanspruchungen entstehen, womit auch deren Wirkung auf das Gefüge zu letzteren symmetrisch sein muß.

Da ich aber die Anschauung vertrete, daß bei einem Beanspruchungsvorgang, der nicht solch symmetrische Eigenschaften hat, die Großgleitflächen eben nicht symmetrisch zu den Hauptbeanspruchungen entstehen, kann ich diesen Versuchen eine Beweiskraft gegen meine Anschauungen nicht zugestehen.

Dies ist meine Verantwortung dafür, daß ich mich nicht Sanders Anschauungen anschließen kann und bei mechanischer Umformung in den Symmetrieelementen des Gefüges die Vektoren der Gleitung sehe und nicht die der Hauptbeanspruchungen. Und ich erachte auch für chemische Umformung, solange mechanische danebenläuft, den richtenden Einfluß der letzteren für so überwiegend, daß ich nur für als solche nachzuweisende Sonderfälle die von mir ja nicht geleugnete Möglichkeit einer Einstellung unmittelbar in die Richtungen der Hauptbeanspruchungen zugestehen mag.

Ein anderer Punkt, der der Auseinandersetzung bedarf, ist der der Bedeutung stetigrunder glimmerhautumschmiegtter Scharniere als Beweis dagegen, daß diese Faltungen durch Zerschierung entstanden, etwa meinem Begriff der Gleitbrettfalte zugehörig sind. S. 235.

Es setzt diese Auffassung voraus, daß es neben Scherung noch andere gleichwertige Arten von Formänderung gibt, etwa in diesem Falle Biegung. Hierin kann ich aber durchaus nicht folgen, jede Formänderung läßt sich grundsätzlich in Systeme von Gleitungen auflösen.

Ich möchte betonen, daß ich damit nicht etwa ein mystisches Vorrecht für die Scherungen anspreche, es ist nichts anderes, als die rein geometrische Tatsache, daß zwei Punkte, die sich nicht nähern noch entfernen dürfen, sich eben nur senkrecht zur Verbindungslinie gegeneinander verschieben können.

Scherung und Biegung gehören zwei verschiedenen Begriffsklassen an, Biegung ist ein Integral, dessen Differentiale wieder Scherungen sind. Besteht eine Biegung also grundsätzlich wieder aus Scherungen, so kann man aus dem Vorhandensein einer Gekrümmtheit nie die Zuständigkeit einer bestimmten Art Scherung, etwa einschariger, ablehnen. Daß letztere im Gegensatz zu anderen Scherungsmöglichkeiten erst nachzuweisen ist, ist selbstverständlich, und ich bin den Bemühungen Sanders in dieser Richtung sehr dankbar.

Ich habe nie erwartet, daß man Scherflächen — weder Großgleitflächen noch Korngleitflächen (Gesteinsumformung S. 36) — jemals etwa mit dem Mikroskop als Unstetigkeiten wird sehen können. Wo solche zu sehen sind, fasse ich sie stets als viel größere Erscheinungen, etwa als Gleitbrettergrenzen auf.

Großgleitfläche ist an und für sich ein statistischer Begriff, beschreibt einen Mittelwert der Bewegungsform zahlloser Punkte, deren Einzelwerte der Verschiebung von diesem Mittelwerte nach der Wahrscheinlichkeit abweichen können. Schon aus dieser Mittelwertbildung heraus ist es klar, daß man eine Großgleitfläche nicht etwa als Linie

wird erkennen können, sondern nur aus ihrer Folge fürs Gefüge. (In diesem Sinne möchte ich gegen den obersten Absatz in Sander, S. 234, etwa Einspruch erheben. Es handelt sich darum, ob sich eine Gleitfläche an ein vorhandenes „s“ angeschlossen hat oder das „s“ an die Gleitfläche. Induktiv dürfte die Frage wirklich schwer zu lösen sein, aus diesem Grunde möchte ich meinen deduktiven Ableitungen doch etwas Gewicht beimessen.)

Ich halte es gleichfalls für unmöglich, Korngleitflächen als Unstetigkeiten erkennen zu können.

Es hat Sander den außerordentlich glücklichen Begriff des Gitteraggregates geschaffen, welcher es erlaubt, die Schwierigkeiten zu beseitigen, die daraus erwachsen, daß Natur und Experiment Kristallverformungen zeigen, die nicht restlos nach der klassischen Weise der Translationen deutbar sind. Es hat Smekal Sitzber. Akad. Wiss. Wien. 25. Juni 1925, Phys. Zeitschr. 1925, S. 707, gezeigt, daß auch der ungestörte Kristall nicht das ideale Raumgitter ist, sondern ein Gitteraggregat, dessen einzelne ideale Raumgitterbereiche durch Flächen unvollkommener Ordnung voneinander abgegrenzt sind, und wir haben allen Grund anzunehmen, daß es eben diese Bereiche sind, die als Elemente beim Umformungsvorgange auftreten.

Und Smekal konnte auch die Größenordnung dieser Elemente bestimmen, er kommt von verschiedenen Seiten her zu Kantenlängen von  $10^{-7}$  cm.

Anmerkung. Ich erachte es als einen der wesentlichsten Leistungen dieser Vorstellung von Gitteraggregat, daß damit die Frage, ob eine bestimmte Umformung unter Bruch oder bruchlos erfolgt, entgültig ihren Reiz verliert. Denn ist ein Kristall an und für sich nicht mehr das homogene Diskontinuum, dann ist die Frage, ob eine Unstetigkeit sich im sichtbaren oder unsichtbaren Gebiete abspielt, nicht mehr von Bedeutung.

Müssen wir aber mit Korngleitflächenabständen von  $10^{-7}$  cm rechnen, daher auch mit Einzelgleitbeträgen von ebensolcher Größe, so stehen wir damit um derart viele Größenordnungen unter dem Bereiche des Sichtbaren, daß es vollkommen unwahrscheinlich ist, daß der Zufall einen Einzelgleitbetrag schafft, der als solcher ins Sichtbare hineinragt. Wenn auch die Einzelgleitbeträge stark schwanken, werden wir nur das statistische Ergebnis aller dieser feststellen können, und das wird sich als vollkommen stetige Krümmung aussprechen.

Dies ist der Grund, weshalb ich in solch stetiger Krümmung keinen Gegenbeweis gegen Scherung, also auch nicht gegen einschichtige Scherung erblicken kann.

Geht man den Grundlagen nach, die die Ursache dieser hier beschriebenen Anschauungsgegensätze sind, so finde ich sie im wesentlichen in der Größenordnung der Betrachtungsweise. Ich habe nicht das Bewußtsein, daß ich mit meinem Bestreben grundsätzlich Integralvorstellungen zu meiden, sie in die Elemente aufzulösen, einen den Fortschritt unserer Bestrebungen hindernden Fehler zu machen, sehe im Gegenteil darin eine unerläßliche Grundbedingung unserer Arbeit. Es mögen nur als Zeichen der Anteilnahme an Sanders Wirken gedeutet werden, wenn ich im vorhergehenden auseinanderzusetzen mich bemühe, wieweit einzelne Begriffe (es sind dies durchaus auch die einzigen), mit denen er arbeitet, nach meiner Ansicht diesen Bedingungen nicht genügen.