

Einiges zum Problem der Gleitung

II. Zur Frage der Zwillingsgleitung

Von

H. Tertsch, Wien

Mit 2 Abbildungen

(Eingelangt am 8. Mai 1957)

Wie schon an anderer Stelle angedeutet wurde (vgl. diese Zeitschrift 6 [1957], 252—258), bereitet die praktisch so vielfach ausgenützte Erscheinung der Gleitung bei Kristallen der Deutung und strukturtheoretischen Erklärung die größten Schwierigkeiten. Während man aber bei der „Blattgleitung“ (Translation) immerhin noch dem Verständnis des Gleitvorganges näher zu rücken vermag¹, ist das bei der „Zwillingsgleitung“ (Gleitzwillingsbildung) durchaus nicht der Fall. Hier sind es vor allem zwei Tatsachen, die zu deuten noch immer nicht gelang: 1. das *Umklappen* von Gitterteilen in eine Zwillingsstellung durch „einfache Schiebung“ und 2. die damit zwangsläufig verbundene Vorstellung einer *Drehung* der Bausteine des Gitters, die bei einer Gleitung der Gitterpunkte parallel der Gleitebene unverständlich bleibt.

Vielleicht erscheint es müßig, ein Problem neu aufzurollen, für das noch immer keine Lösung geboten werden kann, doch dürfte es zweckmäßig sein, einmal wieder das reine Tatsachenmaterial zusammenzustellen, um deutlicher werden zu lassen, nach welcher Richtung neue Untersuchungen vorgenommen werden müßten, um endlich eine Erklärung der so rätselhaften Zwillingsgleitung gewinnen zu können.

¹ Daß zur vollständigen Erklärung der Blattgleitung noch viel fehlt, beweist vor allem der Umstand, daß nach wie vor bei der „Schiebung zur Identität“ (nach P. Niggli) sozusagen ein „Einschnappen“ der verschobenen Gitterteile in die Identitätslage angenommen werden muß, was aus der Kristallstruktur allein (Punktlagen der Schwerpunkte) nicht ohneweiters verständlich ist. Das kommt sehr deutlich in der Modellvorstellung für die Translation zum Ausdruck, die von T. Kontorova und J. Frenkl (Žurn. exp. teor. fiz. 8 [1938], 89—95, und 1340—1358, russ.) entwickelt wurde. Danach soll sich eine Gittergerade so fortbewegen wie eine Reihe schwerer Kugeln, die durch Spiralfedern verbunden sind und vor Beginn der Bewegung in Vertiefungen der Unterlage liegen.

Es gibt kaum eine der Festigkeitserscheinungen bei Kristallen, die kristallographisch so genau bis in die letzte Einzelheit untersucht und beschrieben wurde wie die Zwillingsgleitung. Schon *E. Reusch*¹, der Entdecker der Gleitzwillingsbildung am Kalkspat, machte darüber genaue kristallographische Angaben und *H. Baumhauer* und *O. Mügge*² gaben verschiedene Methoden an, die schon von *Reusch* mit Erfolg versuchte, künstliche Herstellung von Gleitzwillingen am Kalkspat möglichst zweckdienlich und eindrucksvoll auszugestalten. *Th. Liebisch*³ war es dann, der alle beobachteten Erscheinungen kristallographisch-theoretisch als „einfache Schiebung nach Gleitflächen“ deuten konnte, womit die makro-kristallographischen Tatsachen restlos geklärt wurden.

Aber diese sehr erfreuliche, gesicherte Feststellung der Erscheinungsform fand leider kein entsprechendes Gegenstück in der Deutung des Gleitvorganges aus dem Feinbau der Kristalle. Mit der Verwendung der Begriffe „Gleitung“ oder „Schiebung“ glaubte man zur Erklärung der Gleiterscheinungen vollkommen auszukommen. *Mügge* (a. a. O.), der sich besonders eingehend mit diesen Festigkeitserscheinungen beschäftigte, gab eine Reihe sehr anschaulicher Modelle an, die alle im wesentlichen die Darstellung des Gleitvorganges durch Verwendung eines Pakets Kartenblätter parallel der rationalen oder irrationalen Gleitfläche versinnlichen. Im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts war man eben größtenteils noch der Ansicht, die Bausteine seien die *Moleküle* des untersuchten Kristalls und diese seien also gemäß den *Frankenheim-Brevaisschen* Raumgittertypen aus lauter *gleichen* Bausteinen aufgebaut. *L. Sohncke* war der erste, der in seiner „erweiterten Theorie der Kristallstruktur“ auch die Ineinanderstellung kongruenter Raumgitter, aber mit *verschiedenen* Bausteinen, in Betracht zog, eine Vorstellung, die in der späteren Erschließung so zahlreicher Kristallstrukturen auf Grund der Röntgenanalyse ihre volle Bestätigung fand.

Mit der Tatsache, daß *nicht* die geschlossenen Moleküle als Kristallbausteine dienen, erhält aber die alte Theorie der Gleitungen ein ganz anderes Gesicht, und alle Festigkeitstheorien, die auf der völligen Gleichheit der Bausteine aufgebaut sind, verlieren damit ihre zwingende Gültigkeit. Da zwischen den einzelnen Bausteinen

¹ *E. Reusch*, Monatsber. d. Berliner Akad. 1867, 220, und 1872, 243, und Pogg. Ann. 132 (1867), 441, und 147 (1872), 307.

² *H. Baumhauer*, Zschr. Krist. 3 (1879), 588, und *O. Mügge*, N. Jahrb. Min. 1883, I, 32, 81; 1889, I, 247. (Vgl. auch die Literaturangaben in *H. Tertsch*, Festigkeitserscheinungen der Kristalle. Springer-Verlag, Wien 1949.)

³ *Th. Liebisch*, Physikalische Kristallographie. Veith u. Co., Leipzig 1891.

im Feinbau eines Kristalls elektrische Kräfte wirksam sind, durch die der Gitterzusammenhalt bedingt und geregelt wird, ist es notwendig, auch diese Kräfte in Rechnung zu ziehen. Weiterhin ist zu beachten, daß *jede plastische Verformung*, also auch die Gleitung, zunächst *durch eine elastische Verformung eingeleitet* wird und sich erst nach Überwindung der für verschiedene Raumrichtungen im Kristall gültigen Elastizitätsgrenzen ausbilden kann. Die folgerichtige Auswirkung dieses Tatsachenbestandes hat bei den bisherigen Erklärungsversuchen der Gleitung kaum jemals eine eingehendere Beachtung gefunden, nicht einmal bei der so auffallenden „Biegegleitung“.

Daraus ergibt sich, daß man zunächst das *elastische* Verhalten des untersuchten Kristalls kennen muß, ehe man an eine begründete Erklärung der Zwillingsgleitung gehen kann. Nun etwickelte *W. Voigt*¹ eine ausgezeichnete Theorie der Kristallelastizität, die für die Makrostruktur der Kristalle sich in allen Einzelheiten bewährt. Aber sie hilft uns nicht, aus der bekannten *Mikrostruktur*, aus dem Feinbau, das elastische und im Anschluß daran auch das plastische Verhalten der Kristalle zu verstehen. Die *Voigtsche* Elastizitätstheorie auch auf die Verhältnisse des Feinbaues zu erweitern, wäre darum eine der dringendsten Aufgaben der Kristallphysik. Immerhin zeichnet sich jetzt schon sozusagen die Richtung ab, in der die erneuten Untersuchungen und theoretischen Erwägungen verlaufen müßten, soll das Rätsel der Zwillingsgleitung endlich seine restlose Erklärung finden. Die folgenden Darstellungen wollen nur in diesem Sinn verstanden werden und nur Anregungen geben, die vielleicht zu einem Verständnis der Gleitwillingsbildung führen können.

Das älteste, bekannte Beispiel für die Zwillingsgleitung, nämlich die berühmte „einfache Schiebung“ am Kalkspat, ist gleichzeitig auch das bestuntersuchte. Es ist auch jenes Beispiel, das außerdem noch hinsichtlich des elastischen Verhaltens (*Voigt*, a. a. O.) und in bezug auf den Feinbau (*Bragg*) genau bekannt ist. Hier wurden auch vielfache Versuche angestellt, die in der Natur beobachtete Gleitwillingsbildung an einfachen Spaltstücken künstlich nachzubilden. *Reusch* (a. a. O.) gab dafür zwei Methoden an. Entweder feilt man an zwei gegenüberliegenden Randkanten abstumpfende Flächen an, die zwischen die Preßbacken eines Schraubstockes gelegt und langsam zusammengedrückt werden, oder man feilt zwei gegenüberliegende Randecken so ab, daß die neue Fläche ungefähr

¹ *Woldemar Voigt*, Lehrbuch der Kristallphysik (mit Ausschluß der Kristalloptik). Teubner, Leipzig-Berlin 1910 (7. Kapitel).

senkrecht auf den angrenzenden zwei Rhomboederflächen steht (also senkrecht zur Polkante) und bringt auch dieses so vorgerichtete Spaltstück zwischen parallele Preßbacken. Im ersten Fall erhält man Gleitlamellen parallel den beiden, zur angefeilten Randkante führenden Polkanten, im zweiten Fall entsteht ein Gleitzwilling nur längs der Polkante, die zur angefeilten Randecke führt. *Mügge* (a. a. O.) preßt gleichfalls von zwei Randecken her das Spaltstück zusammen, doch ist die Druckrichtung ungefähr normal zur Hauptachse, die Druckbacken der Presse also parallel zu z . Die meist verwendete Methode stammt von *Baumhauer* (a. a. O.), wozu eine Messerschneide senkrecht auf eine Polkante aufgesetzt und in diese eingetrieben wird. Man kann damit das halbe Spaltrhomboeder in die Zwillingstellung bringen¹. Die Methode *Mügge* ermöglicht es sogar, das ganze Spaltstück in die Zwillinglage umzukippen.

Schon die einfache, genauere Betrachtung der künstlich nach den Methoden von *Reusch* oder *Mügge* erzeugten Zwillingsteile läßt erkennen, daß die Erklärung der Zwillingbildung durch eine einfache, parallele Blattverschiebung nach $(\bar{1}012)$ nicht einmal in erster Annäherung haltbar ist. Sowohl die Eckenpreßmethode *Reuschs* wie jene *Müggés* würde bei rein mechanischer Verschiebung eines Blätterpaketes nach $(\bar{1}012)$ nie zu der Zwillinglage der $(10\bar{1}1)$ führen, sondern bei der *Reusch*-Methode entsprechend der Lage der Druckbacken eine Druckfläche senkrecht zur Polkante, also nur die halbe „einfache Schiebung“ ergeben. Die *Mügge*-Methode mit Druckbacken parallel z (also parallel $10\bar{1}0$) führte aber wieder über die notwendige Zwillingsschiebung hinaus. In keinem Fall erhält man jedoch mit den Eckendruckmethoden das Umklappen der $(10\bar{1}1)$ in die richtige Zwillinglage. Man hat ganz den Eindruck, als *schnappe die deformierte $(10\bar{1}1)$ in die Zwillinglage ein*, in eine neue, kristallographisch bedingte Gleichgewichtslage, die mit der Orientierung der Preßbacken gegen den Kristall nur in einem oberflächlichen Zusammenhang steht.

Noch weniger verständlich ist bei der einfachen Parallelverschiebung der Bausteine parallel der Gleitebene $(\bar{1}012)$ die *Umorientierung* der gedrückten Teile in der Zwillingstellung, was besonders deutlich wird bei der Beachtung der Lage des CO_3 -Ions in dem ursprünglichen und in dem verzwilligten Teil. Bekanntlich liegt die Ebene des CO_3 -Ions parallel der Basisfläche des Kalkspates. In dem

¹ Vgl. dazu die entsprechenden Abbildungen bei *Liebisch* (a. a. O.), *Paul Niggli*, Lehrbuch der Mineralogie, 2. und 3. Auflage, Bornträger, Berlin, und *H. Tertsch*, Festigkeitserscheinungen der Kristalle, Springer-Verlag, Wien, Abb. 38—40.

Zwillingsteil müssen also die CO_3 -Gruppen (ein mittleres C-Atom parallel der Basis von 3 O-Atomen umschlossen) eine sehr ausgiebige Drehung ihrer Ebene erfahren haben, um auch hier wieder in Ebenen senkrecht zur neuen z-Achse zu liegen. Wenn man auch die neue Lage der C-Bausteine des Zwillings durch Gleitung paralleler Gleitebene $(\bar{1}012)$ deuten könnte, versagt diese Erklärung doch vollständig, wenn man diese Parallelverschiebung auf die das

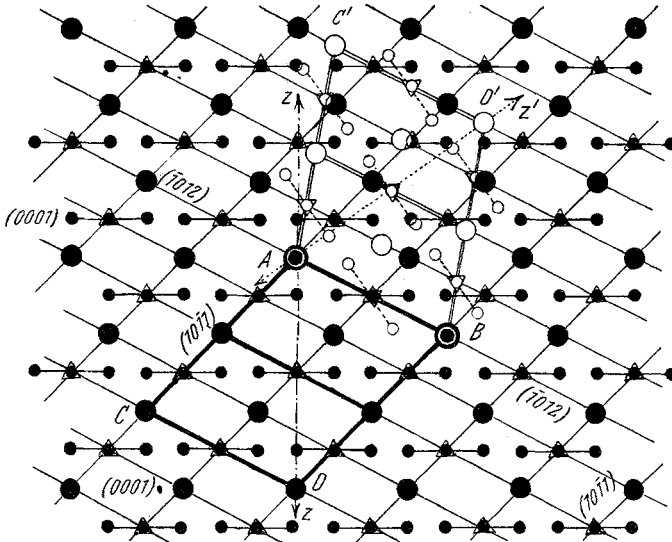


Abb. 1. Projektion eines Kalkspatgitters auf die (1210) -Ebene mit Eintragung der Spuren der Ebenen von (1210) (= Gleitebene = 1. Kreisschnittebene = Zwillingssebene) und (1011) (Spaltsebene = 2. Kreisschnittebene). Stark umrahmt ein elementares Spaltrhomboider (ABCD), die zugehörige Zwillingmasche (ABC'D') mit Doppellinien eingerahmt, z und z' = Lagen der Hauptachsen im unverformten und verzwilligten Teil. \circ = Ca, \circ = O, Δ = C, im Hauptteil ausgefüllt, im Zwillingssteil leere Zeichen.

C-Atom umschließenden O-Atome auszudehnen versucht (Abb. 1). In den Ebenen parallel $(\bar{1}012)$ zeigen dabei die O-Bausteine vor und nach der Zwillingsverformung ganz verschiedene Abstände, können also nicht durch eine einzelne, gemeinsame Gleitbewegung in diese Lage gebracht worden sein.

Die Erklärung der Zwillingsgleitung steht und fällt also mit der Frage, welche Ursachen zu einer Drehung oder Kippung einzelner Gitterbausteine führen können. Aus den einfachen Punktlagen des primitiven Translationsgitters ist eine solche Ursache nicht abzulesen. Außerdem ist es nicht angängig, lauter gleiche Bausteine anzunehmen oder höchstens solche einfache Gitterformen wie beim Steinsalz oder Flußspat u. ä. zugrunde zu legen. Schon der nicht besonders kompliziert gebaute Kalkspat bereitet hier der Erklärung

Hauptdruckrichtung in zwei Komponenten parallel und senkrecht zu diesen „Keil“-Flächen zerlegt. Die parallel zur Wand des Stempels liegende Druckkomponente ist für das Eindringen in den Kristall von besonderer Bedeutung, die senkrecht dazu liegende wirkt dagegen auf die seitliche Verschiebung einzelner Gitterteile (Abb. 2)¹.

Die Gitterebenen unter dem Stempel werden dadurch *elastisch verformt* und werden in der angedeuteten Weise dem Druck ausweichen². Die dadurch bedingte Lagenänderung der einzelnen Bausteine (Ionen!) veranlaßt eine weitgehende Änderung der Kraftwirkungen zwischen den Ionen Ca und CO₃³. Ionenabstände innerhalb der ($\bar{1}012$)-Ebenen werden mehr oder weniger stark gedehnt, solche zwischen diesen Ebenen ebenso stark gestaucht, verkürzt. (Vgl. dazu besonders die zwischen C und D der Abb. 2 liegenden Gitterteile!) Daraus ergibt sich eine sehr starke Änderung der Anziehungs- und Abstoßungsverhältnisse zwischen ungleichen bzw. gleichen Ionen.

Unter diesen Annahmen ließe sich der Vorgang bei der Zwillingsgleitung folgendermaßen deuten:

Durch das Einpressen der Schneide in die Polkante werden gleiche Ionen (z. B. Ca) verschiedener ($\bar{1}012$)-Ebenen einander stark genähert. Das ist auch bei den darunterliegenden CO₃-Ionen sehr deutlich. Dadurch werden die zwischen gleichen Ionen wirksamen Abstoßungskräfte so weit gesteigert, daß ein *Sprengen* des Gitterverbandes parallel der 2. Kreisschnittebene (Spaltebene = $10\bar{1}1$) erfolgt. Es bildet sich also parallel dieser Ebene unter dem „Stempel“ (Schneide) ein *Spalt* und der Gitterverband *reißt* nach der

¹ Bei A und B der Abb. 2 ist diese Zerlegung des ausgeübten Druckes, die natürlich nur *innerhalb* des deformierten Gitters wirksam werden kann, schematisch angedeutet.

² Für diesen ersten, nur angenäherten Deutungsversuch blieb die Anisotropie des elastischen Verhaltens am Kalkspat unberücksichtigt und wurde eine allseitig gleiche (isotrope) Elastizität angenommen. Welche elastische Veränderungen in einem solchen, isotrop-elastischen Körper durch Einpressen eines Stempels auftreten können, läßt sich leicht durch einen Modellversuch veranschaulichen. Man verwendet dazu einen Gummiwürfel, auf dessen einer Fläche man die Gitterlinien der Abb. 1 skizziert. Dann spannt man diesen Würfel (bezeichnete Fläche nach oben) derart in einen Schraubstock ein, daß man vorher einseitig senkrecht zur Oberfläche einen Stift zwischen Preßbacken und Gummiwürfel klemmt. Man sieht dann beim Anziehen der Presse genau jene Verformungen der Gitterlinien, die für die Abb. 2 verwendet wurden.

³ Es ergibt sich dabei die Tatsache, daß das CO₃-Ion nach außen immer als ein Ganzes erscheint.

Spaltebene. Das führt auf der Seite A der Schneide zu einer völligen Abtrennung des gepreßten Teiles zwischen C und D bei gleichzeitigem, seitlichem Abdrängen vom unverformten Gitter. Auf der Seite B bewirkt die seitliche Druckkomponente ein Wegschieben des abgerissenen Gitterteiles in der Richtung der 1. Kreisschnitt-ebene (Gleitebene = $\bar{1}012$). Die Einbeziehung der Spaltbarkeit in den Vorgang der Zwillingsbildung gründet sich auf die Erfahrungen, die bei der Messung der Druckspaltung mit ihren sehr deutlichen, explosiven Nebenerscheinungen gewonnen wurden¹. Daß hier die Spaltung nach $(10\bar{1}1)$ tatsächlich mitspielt, obwohl die Druckrichtung senkrecht zu $(\bar{1}012)$ und *nicht* parallel der Spaltfläche erfolgt, erkennt man leicht an der Tatsache, daß die Begrenzungsfläche des nicht verformten Teiles eben durch die *Spaltfläche* gebildet wird².

Die starke elastische Verformung des gepreßten Gitterteiles wirkt sich besonders deutlich und maßgebend bei dem CO_3 -Ion aus. Da dieses Ion in Ebenen parallel der Basisfläche angeordnet ist, muß jede elastische Lagenänderung der (0001) auch mit zwingender Notwendigkeit von einer gleichen Lagenänderung des CO_3 -Ions begleitet sein. Und in der Tat kommen die CO_3 -Ionen in dem deformierten, aber nicht von der Unterlage abgerissenen Gitterteil auf der Seite B—C der eingedrückten Messerschneide in Lagen, die jenen im *Zwillingsteil* des nach der *Baumhauerschen* Methode künstlich hergestellten Kalkspatzwillings entsprechen. Die Drehung in die neue (Zwillings-) Lage wird damit leicht verständlich.

Weniger einfach ist die Beantwortung der Frage, warum diese elastische Verlagerung der gepreßten Gitterteile dann nach Erreichen der Zwillingslage und *nur in dieser Lage* zur Ruhe kommt. Das ist offenbar nur dadurch möglich, daß die durch den Druck hervorgerufenen, elastischen Spannungen dann schon die Elastizitätsgrenze überschritten haben und darum nicht mehr zurückfedern können. Da nun das elastische Verhalten streng an die Kristallsymmetrie und damit auch an den Feinbau gebunden ist, muß dieses Überschreiten der Elastizitätsgrenze und damit der

¹ Näheres über den Spaltvorgang bei den verschiedenen Spaltarten und besonders bei der *Druckspaltung*, die ja hier maßgebend ist, vgl. bei *H. Tertsch*, Zschr. Krist. 81 (1932), 275, und in „Festigkeitserscheinungen . . .“, S. 44 ff. Die explosionsartigen Nebenerscheinungen beschreibt auch *L. Tokody*, Zschr. Krist. 73 (1930), 116.

² Das ist sehr deutlich nach *Schmid-Boas* an dem Photo eines solchen *Baumhauerschen* Versuches zu sehen, vgl. dazu *Tertsch*, „Festigkeitserscheinungen der Kristalle“, S. 63, Abb. 40.

Übergang von der umkehrbaren elastischen zu der nicht umkehrbaren plastischen Verformung durch das *anisotrope* elastische Verhalten des Kristalles bedingt sein. Dadurch ließe sich wohl das „Einschnappen in die neue Gleichgewichtslage“, die Zwillingslage, erklären, doch wäre dazu eine genaue, zahlenmäßige Kenntnis der Elastizitätsverhältnisse im *Mikrobereich* des Kristallbaues nötig, die uns aber noch fehlt.

Die nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze erreichte, neue und bleibende Anordnung der Bausteine auf der Seite B des eingetriebenen Keiles wird dann durch eine einfache Blattgleitung parallel der 1. Kreisschnittebene (Gleitebene = $\bar{1}012$) unter Einwirkung der seitlichen Druckkomponente zur Seite geschoben. Hierin liegt wohl die einfache Beziehung zwischen der Blatt- und Zwillingsgleitung.

Durch das stetige Einpressen der Messerschneide und die dadurch bedingte gittermäßig fortschreitende, zunächst elastische und dann plastische Umlagerung in die Zwillingsstellung ist es wohl bedingt, daß zwischen dem Ausmaß der Zwillingsverformung und der Tiefe des Einschnittes ein einfaches, gerades Verhältnis besteht. Auch wenn man sich den Realkristall aus einzelnen Gitterblöcken aufgebaut denkt (Mosaikstruktur), ändert sich an dem ganzen Gedankengang nichts. Es wird höchstens der Übergang von der elastischen zu der plastischen Verformung dadurch etwas erleichtert. Besonders das angenommene Aufreißen des Gitters entsprechend der Spaltung nach ($10\bar{1}1$) wird dadurch um so leichter verständlich.

Bei dem *Baumhauerschen* Versuch einer künstlichen Zwillingsbildung beim Kalkspat würde sich dann der Vorgang der Gleitzwillingsbildung in folgender Weise abspielen: Zuerst elastische Verformung des Feinbaues durch das Einpressen der „Schneide“, dadurch Verlegung und Drehung der im unmittelbaren Druckbereich unterhalb der Schneide liegenden Ionen. Das führt zu einer Spaltbildung parallel der Spaltebene ($10\bar{1}1$) (2. Kreisschnittebene) unterhalb der Schneide und damit zu einem Abtrennen der auf der Seite B—C des Messers liegenden Gitterteile von jenen auf der Seite A—D. Gleichzeitig Überschreitung der Elastizitätsgrenze auf der Seite des abgedrängten Teiles, also Einschnappen in die Zwillingslage. Schließlich Gleitung des Zwillingssteiles längs der Gleitfläche ($\bar{1}012$) (1. Kreisschnittebene) im gleichen Maß, in dem die Schneide in den Kristall eingepreßt wird.

Es sei nochmals betont, daß es sich bei diesem Deutungsversuch nur um eine grobe Annäherung handeln kann, weil uns vor allem die elastischen Verhältnisse des Kristallgitters trotz *Voigts* klassi-

schen und einwandfreien Versuchen und theoretischen Überlegungen zahlenmäßig nicht bekannt sind. Aber selbst die bestimmt fehlerhafte Annahme eines *isotropen* elastischen Verhaltens ermöglicht, wie gezeigt wurde, schon die Deutung einiger Besonderheiten des Vorganges (Bausteindrehung, Abtrennung eines Gitterteiles nach der Spaltebene). Es wäre deshalb überaus wichtig, wenn entsprechende *gitterelastische* Meßversuche angestellt würden, um auch dem *anisotropen* Charakter des Kalkspatgitters in elastischer Beziehung Rechnung tragen zu können.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß der für die *Baumhauer*-sche Methode der Gleitwillingsbildung am Kalkspat angedeutete Erklärungsversuch bei den Eckendruckmethoden nach *Reusch* und *Mügge* versagt, da derzeit nicht erkennbar wird, wie die Einwirkung paralleler Preßbacken zu einer Drehung, einer Kippung der einzelnen Ionen (besonders CO_3) führen könnte. Ohne eine solche Drehung der Bausteine ist aber jeder Deutungsversuch illusorisch. Die Kantendruckmethode von *Reusch* ist womöglich noch rätselhafter.

Aus dem allen ergibt sich, daß auch der Versuch, die Gleitwillingsbildung am Kalkspat aus der *Baumhauer*-Methode deuten zu wollen, wirklich nur eine allererste, grobe Annäherung sein kann. Es wurde auch kein Versuch gemacht, die bei anderen Kristallen beobachteten Zwillingsgleitungen in gleicher Richtung eingehender zu untersuchen. Fehlen uns schon beim Kalkspat hierzu wichtige, kristallphysikalische Grundlagen, so trifft das in erhöhtem Maße für die anderen Fälle von Gleitwillingsbildung zu ¹.

Wenn gleichwohl hier dieser unzureichende Versuch, dem Problem der Gleitwillingsbildung näher zu kommen, vorgelegt wird, geschieht dies aus zwei Gründen: 1. Es soll mit allem Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß die primitive Deutung der Gleitwillingsbildung durch eine einfache, parallele Schiebung von Netzebenen parallel der 1. Kreisschnittebene völlig unmöglich ist. Und 2. soll gezeigt werden, daß ein näheres Eingehen auf die elasti-

¹ Es ist verständlich, daß für die anderen, rhomboedrischen Karbonate der Deutungsversuch vom Kalkspat einfach übernommen werden kann. In diesem Zusammenhang ist es aber sehr bezeichnend, daß für den *Dolomit*, der die gleiche Spaltbarkeit wie der Kalkspat besitzt, *andere* Gleitelemente angegeben werden. Das wird leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß bei dem Dolomit jede zweite Kationenebene nach (0001) nicht mit Ca-, sondern mit Mg-Bausteinen besetzt erscheint. Das hat zur Folge, daß im Bereich C—D der Abb. 2 nicht gleiche Bausteine (allerdings mit gleichen Ladungen) zusammenkommen. Das gitterelastische Verhalten des Dolomits stimmt also mit jenem des Kalkspates *nicht* überein.

schen Verhältnisse des Kristallgitters wahrscheinlich zu einer Erklärung des rätselhaften Verhaltens der Gleitzwillingsbildung führen könnte.

Zusammenfassung

Es werden die Umstände angegeben, die sich der Deutung der Gleitzwillingsbildung als „einfache Schiebung“ entgegenstellen, und es wird versucht, an dem Sonderfall der künstlichen Zwillingsbildung am Kalkspat nach *Baumhauer* jene hauptsächlich elastischen Vorbedingungen darzustellen, die, wenigstens in erster Annäherung, das Problem der Zwillingsgleitung verstehen lassen könnten.