

nenswerte Ionenintensitäten festgestellt. Die Masse 76 des ionisierten Methylalmoleküls ist nicht mit mehr als 1% der Intensität der Masse 75 beobachtet worden. Die AP-Werte der häufigsten Ionensorten finden sich in Tab. 2.

S c h l u ß b e m e r k u n g

Aus den Messungen geht im Hinblick auf die Häufigkeit der in Gasentladungen durch Elektronenstoß entstehenden Ionen hervor, daß bei zahlreichen Kohlenwasserstoffen mit geringerem Molekulargewicht die Ionen des Ausgangsmoleküls sowie des um ein H-Atom kleineren Moleküls überwiegen. Bei schwereren Molekülen tritt das Ion des Ausgangsmoleküls

in vielen Fällen gar nicht mehr, das um die Masse 1 kleinere Ion nur noch mit geringer Intensität in Erscheinung. So hat man es beim Methylal im Zählrohr (bei Elektronenenergien bis etwa 40 eV) offensichtlich hauptsächlich mit Ionen der Massen 45 und 29 zu tun.

Dies wurde durch Messungen an Äthylacetat bestätigt, bei denen die Masse 88 gar nicht, die Masse 87 nur mit etwa 2%, dagegen die Massen 43, 28 und 29 mit etwa 31 bzw. 13 bzw. 8,5% der gesamten Ionenmenge auftraten.

Die hier durchgeföhrten Messungen können gleichzeitig dazu dienen, den Vorrat an Meßresultaten, die zur Durchführung von Gasanalysen mit dem Massenspektrometer benötigt werden, zu ergänzen.

Zur Bestimmung der Verschiebungsgeschwindigkeiten von Flächen optisch anisotroper Kristalle

Von RUDOLF MOSEBACH

Aus dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Tübingen

(Z. Naturforschg. 5 a, 504—507 [1950]; eingegangen am 22. August 1950)

Eine mikroskopisch-optische Methode zur Bestimmung der Verschiebungsgeschwindigkeiten $v_{(hkl)}$ von Flächen wachsender, nicht regulärer Kristalle in übersättigten Lösungen wird beschrieben. Kristallplättchen, die durch natürliche Flächen oder Spaltflächen planparallel begrenzt sind, zeigen beim Wachstum in übersättigter Lösung häufig planparalleles Fortwachsen durch flächenmäßige Substanzzanlagerung. In diesen Fällen verursacht der Schichtdicken-Zuwachs eine Steigerung des optischen Gangunterschiedes Γ . Dieser Zuwachs läßt sich bei bekannten kristallographischen und optischen Konstanten kompensatorisch quantitativ bestimmen. Versuche an 2 triklin kristallisierenden Substanzen, Kupfervitriol und Kaliumbichromat, zeigen die Anwendbarkeit der Methode. Das stetige Wandern des Kompensationsstreifens erlaubt die zeitliche Verfolgung des Wachstums. Eine Entfernung des wachsenden Kristalls aus seiner Mutterlauge zur Bestimmung seines Dickenzuwachses ist nicht erforderlich, was die Anwendung dieser Methode für viele Zwecke empfiehlt.

Unter den Substanzen, an denen die Erscheinungen des Wachstums und der Auflösung von Kristallen in über- bzw. untersättigter Lösung studiert worden sind, finden wir hauptsächlich regulär kristallisierende. Eine Übersicht über die bisher vorliegenden Ergebnisse finden wir bei Spangenberg¹ und Niggli². Glieder der Alaungruppe und das Steinsalz sind besonders häufig untersuchte Kristallarten, mag es sich um das Weiterwachsen künstlich angeschliffener Kugeln oder von ebenflächig begrenzten Kristallen handeln, deren Dimensionen das Keimstadium überschritten haben. In letzteren Fällen läßt

sich oft die Beobachtung machen, daß Kristallflächen mit niedrigen Indices, seien es natürlich gewachsene Flächen oder Spaltflächen, sich beim Wachstum parallel mit sich selbst verschieben. Die Geschwindigkeit, mit der sich eine solche Kristallfläche parallel mit sich selbst verschiebt, nennen wir ihre Wachstums- oder Verschiebungsgeschwindigkeit $v_{(hkl)}$.

Die Beliebtheit der Glieder der Alaungruppe und des Steinsalzes mag darin begründet sein, daß es ohne Schwierigkeit gelingt, mehr oder weniger stark übersättigte, wäßrige Lösungen herzustellen, aus welchen Kristalle leicht gezüchtet werden können. Die auftretenden Kristallflächen sind durch einfache Symmetriegesetze miteinander verknüpft. Endlich zeigen ihre Flächen Wachstums geschwindigkeiten, welche so groß sind, daß die Dickenzunahme einfach mit dem Schraubenmikrometer, wie oft in der Literatur angegeben, gemessen werden kann, ohne daß die Ergebnisse durch die diesem Verfahren anhaftende Meßfehlergrenze wesentlich beeinträchtigt werden.

¹ K. Spangenberg, Wachstum und Auflösung der Kristalle, in: Hdwrterb. d. Naturw. X, S. 362—401, Jena 1935.

² K. Spangenberg, Kristallwachstum, in: Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939—1946, Bd. 49, Mineralogie, S. 221—251, Wiesbaden 1948.

³ P. Niggli, Lehrbuch d. Mineralogie u. Kristallchemie, I, S. 370 ff., Bornträger 1941.



Unsere Kenntnisse von den Gesetzmäßigkeiten des Kristallwachstums können durch eingehendere Berücksichtigung auch der nicht regulären Kristalle noch sehr gefördert werden. Ihre optische Anisotropie bietet die Möglichkeit zu einer relativ einfachen und genauen Messung der $v_{(hkl)}$ auf mikroskopischem Wege.

Theorie der Methode

Optische Gangunterschiede (Γ) planparallel begrenzter Plättchen optisch anisotroper Kristalle werden unter dem Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nicols durch Verwendung von Kompensatoren gemessen. Die Meßgenauigkeit kann unter Beachtung gewisser zusätzlicher Maßnahmen so weit gesteigert werden, daß im Bereich von 0 bis 4000 $m\mu$ der Meßfehler $\pm 1-2 m\mu$ nicht übersteigt⁴. Unter Verwendung völlig oder nahezu monochromatischen Lichtes kann ferner der Meßbereich der Drehkompensatoren vergrößert und die Meßgenauigkeit für 0 bis 1 λ auf die oben erwähnte Präzision gesteigert werden^{5, 6}. Damit ist aber der Anwendungsbereich der Drehkompensatoren noch nicht erschöpft.

Eine doppelbrechende, planparallel begrenzte Kristallplatte habe den unbekannten Gangunterschied Γ_x . Schalten wir unter dem Pol.-Mikroskop bei gekreuzten Nicols in monochromatischem Licht in den Strahlengang einen Drehkompensator ein, dann wandern beim Drehen der Kompensatortrommel von der Nullstellung an über den Drehbereich hin immer dann Kompensationsstreifen durch das Gesichtsfeld und Fadenkreuz, wenn $\Gamma_x + \Gamma_i = n\lambda$, wobei n eine ganze Zahl ist (Γ_i = Gangunterschied des Kompensators bei einem Einstellwinkel i der Drehtrommel, λ Wellenlänge des monochromatischen Lichtes).

Ein solcher Kompensationsstreifen im Fadenkreuz und Γ_x des anisotropen Kristallplättchens werde um $\Delta\Gamma$ vergrößert oder verkleinert; dann wird der Kompensationsstreifen aus dem Fadenkreuz um den Betrag $\Delta\Gamma$ nach größeren bzw. kleineren Gangunterschieden herauswandern. Um den Streifen wieder in das Zentrum zu bekommen, müssen wir den Einstellwinkel der Drehtrommel von i_1 zu i_2 um Δi ändern. Die Differenz der Gangunterschiede Γ_{i_1} und Γ_{i_2} , die nach den Funktionstafeln der Kompensatoren er-

⁴ R. Mosebach, Das Messen optischer Gangunterschiede mit Drehkompensatoren. Heidelb. Beitr. d. Mineral. u. Petrogr. 1949.

⁵ R. Mosebach, Ein einfaches Verfahren zur Erhöhung der Meßgenauigkeit kleiner optischer Gangunterschiede. Heidelb. Beitr. d. Mineral. u. Petrogr. 1949.

⁶ R. Mosebach, Eine Differenzmethode zur Erhöhung der Meßgenauigkeit und Erweiterung des Meßbereiches normaler Drehkompensatoren. Heidelb. Beitr. d. Mineral. u. Petrogr. 1949.

rechenbar sind, entspricht dem Zuwachs oder der Abnahme $\Delta\Gamma$ des anisotropen Kristallplättchens. Dies gilt in gleicher Weise für die Subtraktions- und Additionsstellung, so daß es in diesem Falle nicht notwendig ist, vor der Messung die Subtraktionsstellung Kompensator-Kristallplatte aufzusuchen. $\Delta\Gamma$, eine Zu- oder Abnahme des Gangunterschiedes im vorgegebenen anisotropen Kristallplättchen, kann also genau gemessen werden, auch wenn die Ordnung des eingestellten Kompensationsstreifens, mithin auch Γ_x der Kristallplatte nicht bekannt ist.

Dies vereinfacht die Meßweise sehr, denn bei den beabsichtigten Wachstumsversuchen muß wegen der notwendigen Mindestdicke der Kristallplättchen häufig mit größeren Gangunterschieden gearbeitet werden. Um diese in der Subtraktionsstellung auf $\Gamma = 0$ zu kompensieren, wäre ein Kompensator mit sehr großem Meßbereich notwendig, was eine nur geringe Meßgenauigkeit verursachen würde.

Versuch⁷

Als Apparatur diente ein Polarisationsmikroskop zusammen mit einem Drehkompensator nach M. Berek über 15 Ordnungen Na-Licht. Versuchsreihen ließen eine mittlere Einstellgenauigkeit von $\pm 3 m\mu$ errechnen. Die wachsenden, planparallelen Kristallplättchen befanden sich mit ihrer Mutterlauge auf dem Objektträger des Mikroskops in einer Kristallisierschale. Als Lichtquelle diente eine kleine Bogenlampe in Verbindung mit einem Lifa-Filter Hellrot, dessen optischer Schwerpunkt zu $\lambda = 635 m\mu$ bestimmt wurde. Diese Bogenlicht-Filterkombination erwies sich für den Zweck als genügend monochromatisch.

Versuche wurden zunächst an Kupfervitriol, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, durchgeführt, nach Groth⁸ triklin-pinakoidal kristallierend. Gemessen wurden $v_{(100)}$, $v_{(110)}$ und $v_{(1\bar{1}\bar{1})}$. Die Kristalle wurden aus übersättigten, wäßrigen Lösungen durch langsames Verdunsten gezüchtet. Ihre Größe wurde so gewählt, daß die Dicke in der zu messenden Wachstumsrichtung 0,2 bis 0,5 mm betrug. Für $\{100\}$ und $\{110\}$ konnten durch natürliche Flächen begrenzte Kristallplättchen benutzt werden. Für $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ wurden aus größeren Kristallen planparallel nach $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ begrenzte Plättchen herausgesägt und zum Ausheilen so lange in schwach übersättigte Lösungen gelegt, bis die mikroskopische Untersuchung eine einwandfrei glatte Oberfläche zeigte. Die Versuchstemperatur betrug $22^\circ C \pm 1$ bis 2° , der Übersättigungsgrad der Lösung, ebenso wie bei den später beschriebenen Kaliumbichromatversuchen 1,07. (Der Übersättigungsgrad ist definiert durch c/c_s , wobei c tatsächliche Konzentration, c_s die Sättigungskonzentration ist⁹.) Die gewünschte Konzentration der Mutterlauge wurde durch Einwiegen des Salzes hergestellt, je Versuch wurden etwa 15 bis 20 ccm übersättigter Lösung verwendet.

⁷ Hrn. cand. rer. nat. W. Büß danke ich für freundliche Mithilfe bei den Versuchen herzlichst.

⁸ P. Groth, Chemische Krystallographie, I, II. Leipzig 1906/1908.

⁹ D'Ans-Lax, Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Berlin 1943.

Meßreihe	Dickenzuwachs, gemessen als $\Delta\Gamma$ in $m\mu$ (in Klammern hieraus berechnet Δd in μ) während der Stde.									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	insgesamt
I. {110}	8 (0,52)	8 (0,52)	10 (0,65)	7 (0,46)	7 (0,46)	8 (0,52)	9 (0,59)	8 (0,52)		65 (4,3)
II. {110}		19 (1,24)*		24 (1,57)		27 (1,77)		24 (1,57)		94 (6,1)
III. {110}		23 (1,50)*		24 (1,57)		33 (2,15)		19 (1,24)		99 (6,5)
I. {111}	32 (1,55)	34 (1,64)	44 (2,13)	33 (1,60)	32 (1,55)	35 (1,70)	35 (1,70)	40 (1,93)		285 (13,8)
II. {111}	34 (1,64)	39 (1,88)	37 (1,80)	38 (1,84)	33 (1,60)	41 (1,95)	34 (1,64)			256 (12,4)
III. {111}	35 (1,70)	34 (1,64)	36 (1,74)	42 (2,03)	39 (1,88)	38 (1,84)	40 (1,93)			264 (12,7)
I. {100}	27 (1,04)	29 (1,12)	18 (0,70)	37 (1,43)	25 (0,97)	23 (0,89)	33 (1,28)	27 (1,04)	31 (1,20)	250 (9,7)
II. {100}	18 (0,70)	35 (1,36)	21 (0,81)	29 (1,12)	23 (0,89)					126 (4,9)
III. {100}	34 (1,31)	30 (1,12)	26 (1,00)	21 (0,81)	34 (1,31)	21 (0,81)	34 (1,31)	21 (0,81)		221 (8,5)
$v_{(100)}$ Unterfläche aufgekittet	12 (0,46)	15 (0,58)	13 (0,50)	18 (0,70)	10 (0,39)	14 (0,54)	21 (0,81)	10 (0,39)		113 (4,4)

* Dickenzuwachs während der 1.—2., 3.—4. Stunde usw.

Tab. 1. $v_{\{110\}}$, $v_{\{111\}}$ und $v_{\{100\}}$ des Kupfervitriols. Temperatur 22° C, Übersättigung $c/c_s = 1,07$.

Flächen	Meßreihe	$v_{\{hkl\}}$ in μ pro Stde.
{110}	I	0,53 ± 0,02 (± 4%)
	II	0,77 ± 0,04 (± 5%)
	III	0,81 ± 0,06 (± 8%)
{111}	I	1,73 ± 0,07 (± 4%)
	II	1,77 ± 0,05 (± 3%)
	III	1,82 ± 0,05 (± 3%)
{100}	I	1,07 ± 0,07 (± 7%)
	II	0,98 ± 0,12 (± 13%)
	III	1,06 ± 0,08 (± 8%)
(100)		0,55 ± 0,05 (± 9%)*

* Mittlere Geschwindigkeit der Einzelfläche (100).

Tab. 2. Mittlere $v_{\{hkl\}}$ des Kupfervitriols bei den Versuchen der Tab. 1.

Je 3 Parallelversuche mit {100}, {110} und {111} wurden durchgeführt. Nach je 1 Stde. (bei den Meßreihen II und III mit {110} nach 2 Std.) wurde in der oben geschilderten Weise die Gangunterschiedsdifferenz $\Delta\Gamma$ gemessen. Die Verschiebungsgeschwindigkeit der Ober- und Unterfläche wird mit $v_{\{hkl\}}$ bezeichnet, wohingegen $v_{\{hkl\}}$ die Verschiebungsgeschwindigkeit einer einzelnen aus beiden kristallographisch gleichwertigen Flächen bedeutet und theoretisch immer die Hälfte der ersteren betragen sollte. Zum Vergleich wurde $v_{(100)}$ durch Aufkitten der Unterfläche eines Kriställchens gesondert bestimmt. Die Ergebnisse zeigt Tab. 1. Aus den $\Delta\Gamma$ lässt sich nach der Beziehung

$$\Gamma = d(n_1 - n_2)$$

bei bekannter Wellenlänge (635 m μ) und bekannter Doppelbrechung der Kristallflächen deren $v_{\{hkl\}}$ errechnen.

Nach Pape bei Groth⁸ sind für mittlere Lichtsorten die Winkel n_a : {110} = 43° 45'; n_a : {110} = 98° 30'; n_a : {111} = 73°; $2V_{na}$ = 56°; nach Wulff bei Groth⁸

n_β : {110} = 53° 30'; n_β : {110} = 12° 30'; n_β : {111} = 67°. Nach den sonstigen hier gegebenen kristallographischen Daten und den Hauptbrechungsquotienten $n_a = 1,5140$, $n_\beta = 1,5368$ und $n_\gamma = 1,5433$ errechnen sich für

$$\begin{aligned} \text{{110}}: n_1 &= 1,5416; n_2 = 1,5263; \Delta\text{{110}} = 0,0153 \\ \text{{100}}: &= 1,5428; &= 1,5167; \Delta\text{{100}} = 0,0259 \\ \text{{111}}: &= 1,5379; &= 1,5172; \Delta\text{{111}} = 0,0207. \end{aligned}$$

Mit diesen Doppelbrechungswerten reduziert, ergeben sich aus den $\Delta\Gamma$ die $v_{\{hkl\}}$.

In Tab. 2 sind die $v_{\{hkl\}}$ oder $v_{\{hkl\}}$ zusammengestellt. Die Mittelwerte der $v_{\{hkl\}}$ schwanken in den Parallelversuchen wenig, es ist also den Flächen unter gleichen Versuchsbedingungen ein weitgehend konstanter Wert zuzumessen. Auch die Einzelbestimmungen der $v_{\{hkl\}}$ zeigen eine verhältnismäßig geringe Streuung, wenn wir bedenken, daß in dieser die Ablesefehler mit etwa ± 3 m μ und Differenzen durch Temperaturschwankungen oder Diffusionsverschiedenheiten in den ungerührten Lösungen mitenthalten sind. Der mittlere Fehler des Mittels, der aus den Einzelbestimmungen jeder Meßreihe errechnet wurde, beträgt nur ± 3 bis 12%. Obwohl Kupfervitriol zu folge seiner relativ schwachen Doppelbrechung die Einstellgenauigkeit des Kompensators von etwa ± 3 m μ nicht unmerklich ins Gewicht fallen lässt, erweist die Meßmethode ihre Brauchbarkeit. Als relatives Verhältnis der Verschiebungsgeschwindigkeiten ergibt sich

$$v_{\{110\}} : v_{\{100\}} : v_{\{111\}} = 1 : 1,3 : 2,2.$$

Nach jedem Versuch wurden die Kristallplättchen mikroskopisch geprüft. Sie zeigten weder stufen- noch treppenförmiges Wachstum oder Bildung von Vizinalen.

Weitere $v_{\{hkl\}}$ -Bestimmungsversuche wurden an Kaliumbichromat vorgenommen. Die Kristalle wurden aus übersättigten Lösungen gezüchtet und gemäß ihrer sehr guten, nach (001), (100) und (010) entwickelten Spaltbarkeit in brauchbare, planparallel begrenzte Spaltplättchen zerlegt. Diejenigen nach (100) und (010) wurden wegen ihrer sehr starken Doppelbrechung nur 0,1 mm dick be-

Meßreihe	Dickenzuwachs, gemessen als $\Delta\Gamma$ in μ (in Klammern hieraus berechnet Δd in μ) während der Stde.						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	insgesamt
I. {001}	24 (1,9)	22 (1,8)	22 (1,8)	24 (1,9)	23 (1,8)	28 (2,2)	143 (11,4)
II. {001}	30 (2,4)	28 (2,2)	28 (2,2)	24 (1,9)	24 (1,9)	27 (2,1)	161 (12,7)
I. {100}	98 (1,03)	93 (0,98)	112 (1,18)				303 (3,2)
II. {100}	85 (0,89)	104 (1,09)	98 (1,03)	101 (1,06)			388 (4,1)
I. {010}	40 (0,53)	48 (0,63)	44 (0,58)	46 (0,60)	41 (0,54)	46 (0,60)	265 (3,5)
II. {010}	42 (0,55)	38 (0,50)	41 (0,54)	47 (0,62)			168 (2,2)
(010) Unterfläche aufgekittet	19 (0,25)	19 (0,25)	30 (0,39)	24 (0,31)	24 (0,31)	28 (0,37)	144 (1,9)

Tab. 3. $v_{\{001\}}$, $v_{\{100\}}$ und $v_{\{010\}}$ des Kaliumbichromats. Temperatur 22° C, Übersättigung $c/c_s = 1,07$.

lassen, die nach (001) etwa 0,3 bis 0,5 mm. Je 2 Versuche für jede Fläche wurden durchgeführt (Tab. 3).

Nach Groth⁸ kristallisiert Kaliumbichromat triklin-pinkoidal. Schubnikow¹⁰ fand jedoch die Zugehörigkeit dieses Salzes zur triklin-asymmetrischen Klasse. Infolgedessen dürfen hier die Flächen, welche die Spaltplättchen nach (001), (010) und (100) beiderseits begrenzen, nicht als kristallographisch gleichwertig angesehen werden. In den Verschiebungsgeschwindigkeiten von Fläche und Gegenfläche konnte jedoch innerhalb der Meßgenauigkeit kein Unterschied festgestellt werden. Wie bei Kupfervitriol wurde daher die Verschiebungsgeschwindigkeit, die sich aus dem Wachstum zweier Begrenzungsfächen ergibt, mit $v_{(hkl)}$, diejenige einer Fläche mit $v_{(hkl)}$ bezeichnet. An der Berechnung der Doppelbrechung der drei Flächen ändert sich trotz der Zugehörigkeit zur triklin-asymmetrischen Klasse nichts.

Die für die 3 Flächen charakteristischen Doppelbrechungen, mit denen die $\Delta\Gamma$ des Wachstums reduziert werden mußten, um $v_{(hkl)}$ in μ pro Zeiteinheit zu erhalten, wurden nach den Angaben von Dufet bei Groth⁸ errechnet. Für $K_2Cr_2O_7$ sind die Winkel

$$n_\gamma: (001) = 23^\circ 04' 40''; \quad n_\gamma: (100) = 77^\circ 04' 40'';$$

$$n_\beta: (001) = 96^\circ 56' 40''; \quad n_\beta: (100) = 13^\circ 25' ;$$

$$n_\alpha: (001) = 68^\circ 06' 20''; \quad n_\alpha: (100) = 86^\circ 27' ;$$

$$n_\gamma: (010) = 103^\circ 38' 1/2;$$

$$n_\beta: (010) = 88^\circ 33' 2/3;$$

$$n_\alpha: (010) = 13^\circ 43' ;$$

$$2Vn_\gamma = 51^\circ 53'; \quad n_\alpha = 1,7202; \quad n_\beta = 1,7380; \quad n_\gamma = 1,8197.$$

Hieraus errechnet sich für

$$(001): n_1 = 1,7425; \quad n_2 = 1,7297; \quad \Delta_{(001)} = 0,0128.$$

$$(100): \quad = 1,8154; \quad = 1,7202; \quad \Delta_{(100)} = 0,0952.$$

$$(010): \quad = 1,8140; \quad = 1,7377; \quad \Delta_{(010)} = 0,0763.$$

Zum Vergleich ist auch hier die $v_{(010)}$ je μ pro Stde. angegeben, welche durch Wachsenlassen eines mit der Unterfläche aufgekitteten Spaltplättchens nach (010) ermittelt wurde.

Infolge der starken Doppelbrechung des Kaliumbichromats gestalten sich die Meßergebnisse günstiger als beim

¹⁰ A. Schubnikow, Z. Kristallogr. 50, 20 [1911]; 76, 469 [1931].

Flächen	Meßreihe	$v_{(hkl)}$ in μ pro Stde.
{001}	I	1,9 ± 0,06 ($\pm 3\%$)
	II	2,1 ± 0,08 ($\pm 3\%$)
{100}	I	1,06 ± 0,05 ($\pm 5\%$)
	II	1,02 ± 0,05 ($\pm 5\%$)
{010}	I	0,58 ± 0,018 ($\pm 3\%$)
	II	0,55 ± 0,025 ($\pm 5\%$)
(010)		0,31 ± 0,025 ($\pm 8\%$)*

* Mittlere Geschwindigkeit der Einzelfläche (010)

Tab. 4. Mittlere $v_{(hkl)}$ des Kaliumbichromats bei den Versuchen der Tab. 3.

Kupfervitriol, wie aus den in Tab. 4 errechneten Fehlermitteln ersichtlich ist. Sie zeigen eine nur geringe Streuung, und die Zahlen der Parallelversuche differieren kaum. Auch bei Kaliumbichromat können wir unter den gleichen Versuchsbedingungen den 3 Flächen je eine konstante Verschiebungsgeschwindigkeit zuschreiben. Als Verhältnis der 3 ermittelten $v_{(hkl)}$ errechnet sich

$$v_{(010)}: v_{(100)}: v_{(001)} = 1: 1,8: 3,1 .$$

Versuche, auch die Auflösungsgeschwindigkeiten der Kristallflächen in untersättigten Lösungen nach der gleichen Methode zu bestimmen, schlugen fehl. Zwar zeigte sich nach den ersten Minuten des Hinzugebens der untersättigten Lösung eine Verringerung des Gangunterschieds der Kristallplättchen, wie theoretisch zu erwarten war. Der eingestellte Kompensationsstreifen wanderte zu kleineren Gangunterschieden. Bald jedoch zeigte dieser darüber hinaus Deformationen, welche keine zuverlässige Einstellung mehr zuließen. Der Auflösungsvorgang vollzieht sich meist mit weit größerer Geschwindigkeit als das Wachstum. Die Planparallelität der Plättchen bleibt nicht erhalten, die Oberflächen zeigen Ätzfiguren. Auf die Nutzbarmachung der beschriebenen optischen Methode zur Bestimmung von Auflösungsgeschwindigkeiten mußte daher vorläufig verzichtet werden.