

Künstliche Schiebung im Rutil.

Von A. Grün und A. Johnsen.

Mit 2 Textfiguren.

Inhalt.

Einleitung p. 366. — Künstliche Schiebung mit den beiden Kreisschnittsebenen $K_1 = (101)$, $K_2 = (\bar{1}01)$ p. 367. — Natürliche und künstliche Rutilschiebung p. 369. — Zur Struktur des Rutils p. 370. — Schlußbetrachtungen p. 373.

Einleitung.

O. MÜGGE¹ hat es wahrscheinlich gemacht, daß die manchen Rutilkristallen von Blumberg bei Adelaide u. a. parallel $\{101\}$ eingelagerten Zwillingslamellen infolge von Schiebungen mit den beiden Kreisschnittsebenen $K_1 = (101)$, $K_2 = (30\bar{1})$ entstanden und somit durch natürliche Drucke erzeugt sind.

Daher versuchten wir, solche Schiebungen durch künstliche Drucke zu bewirken; wir preßten nach der früher² beschriebenen Modifikation der TRESCA'schen Methode jedesmal einen Rutilkristall, indem wir ihn innerhalb eines stählernen Hohlzylinders in Schwefelpulver einstampften und dann einen gut abgedichteten Stahlstempel mittels hydraulischer Presse in den Hohlzylinder hineintrieben. Der Pressungsdruck oder Hauptdruck lag also in Richtung der Stempelachse und betrug 10 000—30 000 Atmosphären, während die auf andere Richtungen im Schwefelpulver verteilten Drucke geringer, aber nicht meßbar waren. Jener Hauptdruck wurde binnen einer Stunde erreicht, worauf wir den Kristall mit Schwefelkohlenstoff aus dem Schwefel herauslösten.

Die Rutilindividuen zeigten Wachstumsflächen von $\{110\}$, $\{100\}$, $\{101\}$ und $\{111\}$ sowie Spaltungsflächen von $\{110\}$; sie waren von Natur oder durch Anspalten oder durch einseitiges Anschleifen tafelig // (110) oder // (100) oder // (101) . Der Hauptdruck wurde senkrecht auf diese Tafeln ausgeübt, die 1—3 mm dick, sowie 3—5 mm lang und breit waren. Wir preßten 16 Kristallfragmente; zwei derselben, Präparate XV und XVI, waren „Monte? Albrua am St. Gotthard“ etikettiert, während die 14 übrigen von Blumberg bei Adelaide stammten. Von 2 Präparaten wurde nach der Pressung ein Dünnschliff angefertigt.

¹ O. MÜGGE, dies. Centralbl. 1902. p. 72.

² A. JOHNSEN, N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XXXIX. p. 500. 1914.

$(f_1 f_2 f_3)$	$[k_1 k_2 k_3]$	$\angle w$ gemessen	$\angle w$ berechnet	Präparat No.
(110)	[001]	$65^\circ 46' \pm 20'$	$65^\circ 31'$	I
"	"	$65^\circ 54' \pm 24'$	-	II
"	"	$65^\circ 23' \pm 26'$	"	IV
"	"	$66^\circ 1' \pm 44'$	"	V
(100)	"	$89^\circ 25' \pm 50'$	$90^\circ 0'$	VII
($\bar{1}01$)	[$\bar{1}01$], (011)]	$49^\circ 40' \pm 24'$	$49^\circ 57'$	XV

Der Winkel zwischen Kristallfläche (hkl) und gekipptem Flächenstreifen $(h'k'l')$ war nur auf ganz glatten Flächen (hkl) zu messen. Der Sinn der Kippung war auf sämtlichen Flächen aller 16 Präparate entgegengesetzt demjenigen, der sich aus den Kreisschnittsebenen $K_1 = (101)$, $K_2 = (30\bar{1})$ (s. Einleitung) ergibt. Sinn und Winkel weisen vielmehr, wie Fig. 1 veranschaulicht, auf ein Deformationsellipsoid mit den Kreisschnittsebenen $K_1 = (101)$, $K_2 = (\bar{1}01)$ hin.

Hiernach geht jede Fläche (hkl) über in $(h'k'l')$, wo $h':k':l' = l:k:h$ ist; also wird (110) zu ($0\bar{1}1$) und umgekehrt, (100) liefert (001) und ($\bar{1}01$) behält seinen Charakter. Die folgende Tabelle enthält die Kippungswinkel φ der Flächenpaare (hkl) , $(h'k'l')$:

$(hkl), (h'k'l')$	$\angle \varphi$ gemessen	$\angle \varphi$ berechnet	Präparat No.
(110), ($0\bar{1}1$)	$22^\circ 19' \pm 29'$	$22^\circ 27'$	XIII
" "	$22^\circ 8' \pm 40'$	"	I
" "	$21^\circ 21' \pm 1^\circ 5'$	"	II
" "	$22^\circ 15' \pm 1^\circ 51'$	"	IV
" "	$22^\circ 26' \pm 54'$	"	VI
" "	$23^\circ 0' \pm 1^\circ 23'$	"	IX
" "	$22^\circ 38\frac{1}{2}' \pm 22'$	"	X
" "	$22^\circ 47' \pm 1^\circ 43'$	"	XII
" "	$22^\circ 29' \pm 53'$	"	XV
" "	$22^\circ 21' \pm 36'$	"	XVI
($0\bar{1}1$), (110)	$21^\circ 18' \pm 13'$	"	"
(100), (001)	$23^\circ 46' \pm 1^\circ 59'$	$24^\circ 25\frac{1}{2}'$	VII
($\bar{1}01$), ($\bar{1}01$)	$49^\circ 12' \pm 2^\circ 36'$	$48^\circ 51'$	XV

Die in der Tabelle vermerkten Flächen (110) waren nur an den Präparaten XV und XVI Wachstumsflächen, sonst Spaltungs-

flächen. Alle Präparate außer No. XIII gaben am Goniometer nur Schimmerreflexe.

Ein Dünnschliff von Präparat XI, der // (100) orientiert war, ließ Streifen von der Breite μ erkennen, die in zwei Scharen zerfielen. Die einen zeigten elliptische Polarisation und verliefen parallel der Spur von (101), da ihre Längsrichtung mit [001] einen Winkel von $90^{\circ} 30' \pm 40'$ gemessen, $90^{\circ} 0'$ berechnet bildete; die andern löschten aus und verliefen // (011), denn die Anlöschungsrichtung [010] des Hauptkristalls und diejenige der Lamellen bildeten $\sphericalangle \vartheta$ bzw. ϑ' mit der Streifenrichtung, wo $\vartheta = 33^{\circ} 15' \pm 30'$ gemessen, $\vartheta' = 34^{\circ} 15' \pm 1^{\circ} 15'$ gemessen, $\vartheta = \vartheta' = 32^{\circ} 47'$ berechnet wurde.

Natürliche und künstliche Rutilschiebung.

Für unsere künstliche Rutilschiebung ergibt sich demnach $\sphericalangle (K_1, K_2) = \sphericalangle ((101), (\bar{1}01)) = 65^{\circ} 34\frac{1}{2}'$; hieraus findet man die Größe der Schiebung $s = 2 \operatorname{ctg} (K_1, K_2) = 0,908$ und die Hauptachsen des Deformationsellipsoides $a = \operatorname{ctg} \frac{(K_1, K_2)}{2} = 1,552$; $b = 1$; $c = \frac{1}{a} = 0,644$.

Dagegen liefert die natürliche Rutilschiebung $\sphericalangle (K_1, K_2) = \sphericalangle ((101), (301)) = 84^{\circ} 34\frac{1}{2}'$; $s = 0,190$; $a = 1,100$; $b = 1$; $c = 0,909$.

Die Gleitrichtung der künstlichen Schiebung ist also derjenigen der natürlichen entgegengesetzt; der Gleitbetrag der ersteren ist 4—5mal so groß als derjenige der letzteren und größer als alle bisher an Kristallen ermittelten s -Werte.

Die von MÜGGE an Rutilen von Blumberg gemessenen Winkel zwischen Kristalloberflächen und Lamellenoberflächen stimmen gut mit MÜGGE's Annahme der beiden Kreisschnittsebenen $K_1 = (101)$, $K_2 = (30\bar{1})$ überein, ebenso die später an analog lamellierten Zinnsteinen von Selangor auf Malakka durch JOHNSEN¹ festgestellten Winkel. Auch waren die Lamellen jener Rutilen und Zinnsteine auf (110) des Hauptkristalls von ($\underline{12\bar{1}}$), auf (011) von ($\underline{32\bar{1}}$) begrenzt, d. h. von Flächenarten, die dem Hauptkristall völlig fehlten; $\{121\}$ ist an Rutil und Zinnstein überhaupt noch nicht beobachtet worden.

Dazu kommt, daß (301) an manchen Rutilen und zuweilen auch an künstlichem Zinnstein als Zwillingsene fungiert, was erfahrungsgemäß Schiebungen mit $K_2 = (301)$ besonders wahrscheinlich macht.

¹ A. JOHNSEN, dies. Centralbl. 1908. p. 426.

Wäre die zweite Kreisschnittsebene der natürlichen Rutil-schiebung nach $K_1 = (101)$ nicht $(30\bar{1})$, sondern $(\bar{1}01)$, so würde (011) in $(1\bar{1}0)$ statt in $(3\bar{2}\bar{1})$ und (110) in $(0\bar{1}1)$ statt in $(12\bar{1})$ übergegangen sein wie bei den künstlichen Schiebungen; eine nachträgliche, durch Fortwachsung oder Auflösung bewirkte Umwandlung von $(1\bar{1}0)$ in $(3\bar{2}\bar{1})$ bzw. von $(0\bar{1}1)$ in $(12\bar{1})$ ist aber überaus unwahrscheinlich, da $\{110\}$ und $\{011\}$ im Gegensatz zu $\{321\}$ und $\{121\}$ die häufigsten und größten Flächen von Rutil und Zinnstein darstellen.

Schließlich müssen wir erwähnen, daß im Rutil vielleicht auch künstliche Schiebungen, wenn auch vereinzelt, den Kreisschnittsebenen (101) und $(30\bar{1})$ statt (101) und $(\bar{1}01)$ zu folgen scheinen; wenigstens traten an Präparat No. 1 auf (110) parallel zahlreicheren, breiteren Streifen, die bei $+ 22^\circ 8' \pm 40'$ reflektierten, einige schmalere auf, die bei $- 6^\circ 15' \pm 12'$ ein deutliches Intensitätsmaximum ihrer Schimmerreflexe aufwiesen.

Nach alledem darf man wohl annehmen, daß im Rutil Gleitungen nach der Gleitfläche $K_1 = (101)$ nicht nur mit $K_2 = (\bar{1}01)$, sondern auch mit $K_2 = (30\bar{1})$ erfolgen können.

Zur Struktur des Rutils.

O. MÜGGE¹ zeigte, daß durch Schiebungen mit $K_1 = (101)$ nebst $K_2 = (30\bar{1})$ ein tetragonales Gitter nicht in sich selbst übergeht, wenn das Netz in der Ebene der Schiebung, also in (010) , primitive Rechtecke aufweist; somit kann weder die Form $\{110\}$, $\{001\}$, noch die Form $\{100\}$, $\{001\}$ ein primitives Gitterparallelepiped des Rutils darstellen; ebenso kann $\{100\}$, $\{001\}$ kein raumzentriertes Parallelepiped sein. Also bliebe nur die Möglichkeit, daß die Form $\{110\}$, $\{001\}$ ein raumzentriertes Parallelepiped darstellt.

Wir wollen nun untersuchen, ob irgendwelche durch dieses raumzentrierte Parallelepiped $\{110\}$, $\{001\}$ gekennzeichneten tetragonalen Gitter durch Schiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (30\bar{1})$ in sich deformiert werden. Hierzu genügt es nicht, lediglich das Netz in der Ebene der Schiebung, also in (010) , zu untersuchen; vielmehr müssen auch die nicht // (010) verlaufenden Gitterlinien berücksichtigt werden. Daher wenden wir die neun Gleichungen der Gitterschiebung² an.

Ist, auf ein primitives Parametertripel bezogen, die Gleitfläche $K_1 = (hkl)$ und die Grundzone $\sigma_2 = [uvw]$ oder die Gleitrichtung $\sigma_1 = [uvw]$ und die zweite Kreisschnittsebene $K_2 = (hkl)$, so müssen z_1 bis z_9 ganzzahlig und teilerfremd sein, wo

¹ O. MÜGGE, N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIV. p. 308. 1901.

² A. JOHNSEN, dies. Centralbl. 1916. p. 121.

$$(I) \left\{ \begin{array}{l} z_1 = \frac{h u - k v - l w}{h u + k v + l w}, \quad z_2 = \frac{2 k u}{h u + k v + l w}, \\ z_3 = \frac{2 l u}{h u + k v + l w}, \quad z_4 = \frac{k v - l w - h u}{h u + k v + l w}, \\ z_5 = \frac{2 l v}{h u + k v + l w}, \quad z_6 = \frac{2 h v}{h u + k v + l w}, \\ z_7 = \frac{l w - h u - k v}{h u + k v + l w}, \quad z_8 = \frac{2 h w}{h u + k v + l w}, \\ z_9 = \frac{2 k w}{h u + k v + l w}. \end{array} \right.$$

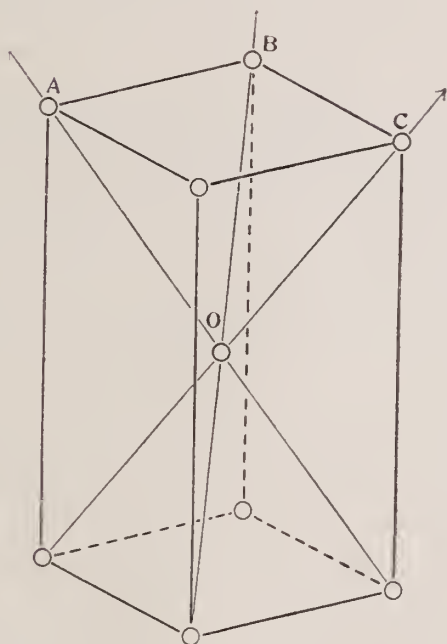


Fig. 2.

Wir beziehen die Indizes auf das primitive Parametertripel OA , OB , OC der Fig. 2, die ein raumzentriertes Prisma $\{110\}$, $\{001\}$ veranschaulicht. Setzen wir also $[0 \bar{\lambda} \mu] = X = [100]$, $[\bar{\lambda} 0 \mu] = Y = [010]$, $[0 \lambda \mu] = Z = [001]$ und machen (001) zur Einheits-ebene (111) , dann gehen über $(\mu \bar{\mu} \lambda)$ in (100) , (100) in (010) , $(\mu \mu \lambda)$ in (001) und (001) in (111) . Folglich erhalten die Gleitfläche $K_1 = (101)$ und die Grundzone $\sigma_2 = [103]$ die neuen Symbole $(hkl) = \left(1, \frac{\mu - \lambda}{\mu}, 1\right)$, bzw. $[uvw] = \left[\frac{3\lambda + \mu}{\mu}, \frac{3\lambda + \mu}{\mu}, 1\right]$

Setzen wir diese 6 Indizes für h, k, l, u, v, w in die Gleichungen I ein, so gehen diese über in

$$(I a) \begin{cases} z_1 = \frac{\mu - \lambda}{4\lambda}, & z_2 = \frac{\mu^2 + 2\lambda\mu - 3\lambda^2}{4\lambda\mu}, & z_3 = \frac{3\lambda + \mu}{4\lambda}, \\ z_4 = -\frac{\lambda + \mu}{2\lambda}, & z_5 = -\frac{\mu}{2\lambda}, & z_6 = -\frac{\mu}{2\lambda}, \\ z_7 = \frac{\mu - \lambda}{4\lambda}, & z_8 = \frac{3\lambda + \mu}{4\lambda}, & z_9 = \frac{\mu^2 + 2\lambda\mu - 3\lambda^2}{4\lambda\mu} \end{cases}$$

Bedenkt man, daß λ und μ als Indizes des Symbols $(\mu \mu \lambda)$ teilerfremd sein müssen, und daß wegen $z_1 = \frac{\mu - \lambda}{4\lambda}$ offenbar λ ein Faktor von μ ist, so folgt $\lambda = 1$ und somit $z_1 = \frac{\mu - 1}{4}$; folglich muß μ ungerade sein; dagegen verlangt $z_5 = -\frac{\mu}{2\lambda}$, daß μ gerade ist. Also werden z_1 bis z_9 nicht sämtlich ganzzahlig, d. h. kein Gitter der betrachteten Art ist einer reinen Gitterschiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (30\bar{1})$ fähig.

Folglich ist überhaupt kein einziges tetragonales Gitter durch Gitterschiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (30\bar{1})$ deformierbar.

Da nun, wie man auch die Atome des Rutils zu Atomkomplexen zusammenfaßt, die Schwerpunkte dieser Komplexe (Molekeln oder Ionen) wieder ein oder mehrere tetragonale Gitter bilden müssen, so ergibt sich, daß weder die Atome noch die Schwerpunkte irgendwelcher Atomkomplexe des Rutils während seiner natürlichen Schiebungen nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (30\bar{1})$ geradlinige (ihrem Abstand von der Gleitfläche K_1 proportionale) Wege durchlaufen können. Diese natürliche Rutilschiebung muß also sehr eigentümlicher Art und von Schiebung im mechanischen Sinne erheblich verschieden sein¹.

Wollte man dem Rutil eine geringere als tetragonale Symmetrie zuschreiben, so müßte wegen seiner morphologischen und physikalischen Eigenschaften das Gitter doch als pseudotetragonal, also als einem tetragonalen Gitter affin, betrachtet werden, so daß Gitterschiebung nach wie vor ausgeschlossen wäre; unter allen rhombischen Gittern z. B. würden nur diejenigen beiden eine Gitterschiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (30\bar{1})$ gestatten, in welchen die Rutilform (101) , $(10\bar{1})$, (010) , bzw. (301) , $(30\bar{1})$, (010) ein primitives Parallelepiped definiert: ein solches Gitter ist aber nicht pseudotetragonal.

¹ Anm. während der Korrektur: Letzteres gilt auch für die Schiebung, die O. MÜGGE soeben am tetragonalen Zinn bewirkte (dies. Centrallbl. p. 233. 1917).

Wendet man die Gleichungen (1) auf die künstliche Rutil-schiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (\bar{1}01)$ an, so ergibt die Annahme reiner Gitterschiebung, daß die Form $\{100\}$, $\{001\}$ sowohl ein primitives als auch ein raumzentriertes Gitterparallelepiped sein kann, daß dagegen $\{110\}$, $\{001\}$ nur als raumzentriertes, nicht aber als primitives Parallelepiped fungieren darf. Die horizontalen und die vertikalen Kanten des genannten Quaders $\{100\}$, $\{001\}$ müßten sich wie $a : c$ des Rutils verhalten; an obigem raumzentrierten Prisma $\{110\}$, $\{001\}$ wäre das Längenverhältnis zwischen Basisdiagonale und vertikalen Kanten wie $a : c$.

Es sind also drei verschiedene, und zwar genau definierte tetragonale Gitter zu einer Gitterschiebung nach $K_1 = (101)$ mit $K_2 = (\bar{1}01)$ befähigt.

Schlußbetrachtungen.

Der experimentelle Teil vorstehender Arbeit ergab, daß in Schwefelpulver festgestampfte Rutilkristalle unter einem Pressungsdruck von 10 000–30 000 Atmosphären Schiebungen nach Gleitflächen (101) eingehen, daß hierbei aber als zweite Kreisschnittebene nicht, was für die natürlichen Rutilschiebungen höchstwahrscheinlich zutrifft, (30 $\bar{1}$), sondern (101) fungiert. Hiermit sind zum ersten Male einer und derselben Gleitfläche zwei verschiedene Deformationsellipsoide zugeordnet.

Im theoretischen Teil wurde gezeigt, daß im ganzen drei verschiedene, genau definierte Gitter unsere künstliche Rutilschiebung als reine Gitterschiebung zulassen; daß dagegen in keinem einzigen tetragonalen Gitter eine der natürlichen Rutilschiebung entsprechende Gitterschiebung mit den Kreisschnittebenen (101) und (30 $\bar{1}$) eintreten kann. Somit muß dem letztgenannten Schema $K_1 = (101)$, $K_2 = (30\bar{1})$ ein sehr eigentümlicher, von reiner Schiebung recht verschiedener Vorgang entsprechen, bei dem weder die Atome noch die Schwerpunkte irgendwelcher Atomkomplexe (Molekeln oder Ionen) geradlinige Bahnen beschreiben.

Die Ursache des Unterschiedes zwischen den künstlichen und den natürlichen Rutilschiebungen kann unseres Erachtens nur in den Druckverhältnissen gesucht werden. Bei unseren Versuchen übertraf der einseitige Hauptdruck die andersgerichteten Drucke erheblich mehr als in der Natur. Das liegt z. T. daran, daß Schwefelpulver statt kompakter Gesteinsmasse als Einbettungsmittel diente, z. T. daran, daß die Drucksteigerung von 1 bis 10 000 oder 30 000 Atmosphären binnen einer Stunde statt innerhalb von Jahrtausenden vor sich ging. Je langsamer solche Pressung sich vollzieht, desto gleichmäßiger und stabiler wird die Druckverteilung. Bei langsamerem Druckzuwachs und gleichförmigerer Druckverteilung tritt also die kompliziertere, aber durch

geringere Schiebungsgröße ausgezeichnete (natürliche) Schiebung auf, bei schnellerem Druckzuwachs und weniger gleichmäßiger Druckverteilung die einfachere, aber durch größeren Gleitbetrag charakterisierte (künstliche) Schiebung. Die letzteren Druckbedingungen sind in der Natur kaum je gegeben, die ersteren hinwiederum lassen sich experimentell nicht verwirklichen. Die natürliche Rutilschiebung mag auch durch erhöhte Temperatur begünstigt worden sein.

Als wir einen zu pressenden Rutilkristall statt mit Schwefelpulver mit einer Alaunschmelze umgaben, die zu einem viel kompakteren Medium erstarrt als es Schwefelpulver ist und somit eine mehr gleichmäßige Druckverteilung bedingte, erfolgte bei einem \perp (110) gerichteten Pressungsdruck von über 20 000 Atmosphären keinerlei Schiebung.

Dagegen ist die Richtung des einseitigen Hauptdruckes ziemlich belanglos, denn in der Natur herrschen an Ort und Stelle zu verschiedenen Zeiten verschiedene Druckrichtungen, und auch in unsern Experimenten war der Pressungsdruck bald \perp (110), bald \perp (100), bald \perp (101) gerichtet.

Mein Schlußwort zu den Angriffen der Herren BRANCA und POMPECKJ gegen mich und meine Richtung in der Paläontologie.

Von **Otto Jaekel**.

Zur Sache brauchen wir wohl kaum noch zu diskutieren. Ich will nicht mehr als das, was anderwärts für die Paläontologie längst erreicht ist und dort bereits ausgezeichnete Früchte trägt. Neuen Fächern Bahn zu schaffen ist nicht leicht, besonders in so fest gefügten Verhältnissen, wie sie bei uns vorliegen. Vor etwa 100 Jahren erreichte die Mineralogie ihre Selbständigkeit gegenüber der Chemie, vor etwa 60 Jahren kämpfte BEYRIC in Berlin denselben Kampf für die Geologie gegenüber der Mineralogie, und nun konnte wohl die Paläontologie hoffen, endlich auch in unserem Lande an einigen Stellen freie Bahn für Forschung und Lehre zu erlangen. Das wäre nach meiner Kenntnis der Sachlage einige Jahre vor dem Kriege wohl auch geschehen, wenn nicht in letzter Stunde geologische und persönliche Strömungen wieder die Oberhand gewonnen hätten. Darüber länger zu streiten hat wenig Wert. Schließlich wird ja wohl das, was schon in mehreren kleinen Staaten möglich war, auch im großen Deutschland gelingen, und ich hoffe nur, daß bis dahin die eigentliche, d. h. die morphologische und physiologische Paläontologie im Lande der Entstehung dieses Faches nicht gänzlich ausgestorben sein wird. So etwas geht schneller, als man meint: denn wenn in einer Richtung gar

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [1917](#)

Autor(en)/Author(s): Johnsen Arrien, Grünh Anni

Artikel/Article: [Künstliche Schiebung im Rutil. 366-374](#)