

KfK 3 106
Juli 1982

Vererbte Texturen in der bcc-Phase erlauben Aussagen über die Art der Transformation aus der fcc-Phase

V. Jung
Institut für Angewandte Kernphysik

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Institut für Angewandte Kernphysik

KfK 3106

Vererbte Texturen in der bcc-Phase erlauben Aussagen über
die Art der Transformation aus der fcc-Phase⁺)

von
V. Jung

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

⁺) Vorgetragen auf der Tagung des Arbeitskreises Festkörperphysik
der DPG in Münster vom 29.03. - 2.04.1982

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Vererbte Texturen in der bcc-Phase erlauben Aussagen über die Art
der Transformation aus der fcc-Phase

Kurzfassung

Durch Zugbehandlung von geglühten 18/8 Cr Ni Rundstählen, die phasenrein und frei von Texturen waren, zeigen alle dabei entstandenen Phasen - hcp und bcc - mit steigender Streckung ausgeprägtere Texturverteilungen. Die ursprüngliche fcc-Phase der zylindrischen Proben zeigt nach der Streckung zwei fcc-Orientierungen: $[100] \parallel$ Zylinderachse und $[111] \parallel$ Zylinderachse, d.h. Streckachse. In beiden Fällen wird die martensitische Phase durch Gleiten und Scheren in der Folge $fcc \rightarrow hcp \rightarrow bcc$ über die Nishiyama-Wasserman- (N-W) oder die Kurdjumov-Sachs-Transformation (K-S) in den (111) fcc Ebenen erzeugt, die einen kleinen Winkel mit der Streckachse (Zylinderachse) einschließen.

Die beiden Hauptarten der Transformationsprozesse untergliedern sich in eine Vielzahl spezieller Prozesse : 1. N-W Transformation mit nur einer Gleitrichtung in der (111) fcc-Ebene, folglich nur 4 Orientierungen in der Orientierungsverteilung. 2. N-W Transformation mit 3 erlaubten Gleitrichtungen in den (111) fcc Ebenen, folglich 9 Orientierungen der (110) bcc Intensität in der Verteilungsfunktion. 3. und 4. : K-S Transformation mit 2 bzw. 4 erlaubten Gleitrichtungen der möglichen sechs, was zu 6 bzw. 9 Orientierungen in der (110) bcc Intensitätsverteilungsfunktion führt. Alle solcherart gerechneten Orientierungsverteilungen wurden mit der gemessenen (110) bcc Orientierungsverteilungsfunktion verglichen. Die spezielle Kurdjumov-Sachs-Transformation mit nur 6 Orientierungen (und zwei erlaubten Gleit- und Scherrichtungen) in der (110) bcc Orientierungsverteilung zeigt dabei relativ gute Übereinstimmung mit der gemessenen Verteilung mit Ausnahme bei kleinen Winkeln ω um 30° - zwischen Zylinderachse und Streuvektor -. Dies mag dadurch verursacht sein, daß der isotrope fcc-Anteil, der einen nichtisotropen bcc-Anteil in der (110) bcc Orientierungsverteilungsfunktion erzeugt, nicht berücksichtigt wurde.

INHERITED TEXTURES IN THE bcc PHASE FURNISH INFORMATION ABOUT
THE TYPE OF TRANSFORMATION FROM THE fcc PHASE

ABSTRACT

Drawing annealed cylindric 18/8 Cr Ni steels, which are originally free of textures, produces the transformed phases - hcp and bcc - both showing major texture contributions with increasing stretching of the cylindric specimens. After stretching the original fcc-phase shows two orientations: $[100]_{\text{fcc}} \parallel$ cylinder axis and $[111]_{\text{fcc}} \parallel$ cylinder axis, i.e. direction of stress. In both cases the martensitic phase is produced by gliding and shear in the sequence $\text{fcc} \rightarrow \text{hcp} \rightarrow \text{bcc}$ by Nishiyama-Wasserman (N-W) or Kurdjumov-Sachs (K-S) transformation in the $(111)_{\text{fcc}}$ planes, which enclose a small angle with direction of stress, i.e. cylinder axis. The calculated orientation distributions of the $(110)_{\text{bcc}}$ reflex are compared with the distribution measured by neutron diffraction to get information on the bulk material. The special K-S transformation with only 6 $(110)_{\text{bcc}}$ orientations shows relatively good agreement with the measured distribution, except at small angles ω between the cylinder axis and the scattering vector. This might be caused by the isotropic fraction of the fcc phase producing an anisotropic $(110)_{\text{bcc}}$ orientation distribution.

Vererbte Texturen in der bcc-Phase erlauben Aussagen über die
Art der Transformation aus der fcc-Phase

von Volkhard Jung

Kernforschungszentrum Karlsruhe, Inst. f. Angew. Kernphysik
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

1. Einleitung

Für die plastische Deformierbarkeit (Ziehen, Walzen) ist die Kenntnis der Textur von Stählen ebenso von Bedeutung wie für die Festigkeit des Materials in Walz- oder Ziehrichtung bzw. senkrecht (normal) hierzu. Um bei den in dieser Arbeit untersuchten austenitischen Stählen zu einer für das ganze Proben-Volumen gültigen Aussage über die Texturen der einzelnen Phasenanteile, fcc, hcp und bcc zu gelangen, ist und war vorrangig, die Methode der Neutronenbeugung anzuwenden /1-2/. Gewiß ist es auch möglich, durch schichtweises Abätzen mit anschließenden Röntgenbeugungsmessungen zu einer für das Proben-Volumen gültigen Aussage zu kommen. Doch ist diese Methode sehr aufwendig. Es könnte auch sein, daß sich beim Abätzen der Spannungszustand innerhalb des Materials erheblich ändert und infolgedessen auch Veränderungen in der Phasenzusammensetzung und in der Orientierungsverteilung der einzelnen Phasenanteile auftreten. Um also ohne großen Aufwand zu den für das gesamte Proben-Volumen gültigen Aussagen zu kommen und da außerdem im Kernforschungszentrum Karlsruhe der Reaktor FR 2 als Neutronenquelle zur Verfügung stand, wurden die Orientierungsverteilungsfunktionen der drei Phasen eines streckbelasteten zylindrischen austenitischen 18/8 Cr Ni Stahles am Neutronenkanal R 6 des FR 2 mit Hilfe des Doppelmonochromators und eines energieanalysierenden Neutronendiffraktometers (3-Achsen-Diffraktometer) bei einer Neutronenwellenlänge von 3 \AA und bei einem 2θ -Winkel von ca. 90° gemessen. Dabei wurde der Neutronenzähler des Diffraktometers auf das jeweilige Beugungsmaximum der Reflexe (111)fcc, (1001)hcp und (110)bcc ausgerichtet und der Analysator auf die genannte Wellenlänge von 3 \AA eingestellt und die zylindrischen Proben um eine Achse senkrecht zur Zylinder- und Streckachse und senkrecht zur Diffraktionsebene in $2,5^\circ$ -Schritten gedreht. Inelastisch gestreute Neutronen wurden hierbei durch die genannte Einstellung des Analysators von der Zählung ausgeschlossen.

Rotationssymmetrie der zylindrischen Proben um die Zylinder- und Streckachse wurde vorausgesetzt. Deswegen genügte es, eine eindimensionale Texturverteilung aufzunehmen, anstelle der erforderlichen dreidimensionalen Verteilung im Falle eines gewalzten Bleches.

2. Textur und Transformation

Beim Streckvorgang zylindrischer austenitischer CrNi Stahlproben entsteht zunächst eine Zwillings-Textur $[111]_{fcc} \parallel$ Streckachse und $[100]_{fcc} \parallel$ Streckachse. Dabei schließen die $(111)_{fcc}$ -Flächen einen Winkel von $19,5^\circ$ bzw. $35,3^\circ$ mit der Streckachse ein. Bei der $[111]_{fcc}$ -Textur tritt außerdem ein Winkel von 90° auf. Nur ist diese Fläche für Phasenumwandlungen durch Streckbelastung nicht relevant, da hier - im Falle exakter Parallelität von $[111]_{fcc}$ und Streckachse - die Tangentialkomponente der Zugspannung gleich null ist und folglich auch in der Realität hier nur sehr geringe Scherspannungen auftreten. Phasenumwandlungen durch paarweises Gleiten /3/ von $(111)_{fcc}$ Ebenen können für diese 90° -Lage vernachlässigt werden.

An allen anderen Ebenen treten abhängig vom Cosinus des mit der Streckachse eingeschlossenen Winkels Scherspannungen auf, die zu paarweisem Gleiten der $(111)_{fcc}$ -Ebenen führen, die über die hcp-Phase nach weiterer Transformation zu $(110)_{bcc}$ Ebenen werden /3-6/. Die entstandenen $(110)_{bcc}$ Ebenen sind in jedem Falle zu den ursprünglichen $(111)_{fcc}$ Ebenen parallel. Ihre Orientierung in dieser Fläche hängt jedoch vom Transformationsmechanismus ab. Hier sollen lediglich die beiden Mechanismen nach Nishiyama-Wasserman und Kurdjumov-Sachs betrachtet werden. Die Transformation nach Greninger-Trojano möge der Kompliziertheit wegen und wegen der noch schwierigeren Deutbarkeit außer Betracht bleiben.

Nun gibt es bei der Nishiyama-Wasserman-Transformation (N-W) in der $(111)_{fcc}$ Ebene 3 Gleitrichtungen $[112]_{fcc}$, jedoch nur eine hiervon weist eine doppelt so große Scherspannung auf wie die beiden anderen. Es wäre zu vermuten, daß hier die Wahrscheinlichkeit des Gleitens entsprechend ungleich verteilt ist. Im Gegensatz hierzu sind bei der

Kurdjumov-Sachs-Transformation (K-S) die Scherspannungen in 4 der möglichen 6 Gleitrichtungen gleich groß und in den 2 restlichen - bei exakter Ausrichtung $[111]_{fcc} \parallel$ Streckachse - gleich null bzw. - bei einer gewissen Breite der Orientierungsverteilung - sehr klein. Die Scherrichtungen der beiden Prozesse N-W bzw. K-S sind in Abb. 1 dargestellt. Durch Vererbung der fcc Textur entsteht in der transformierten bcc Phase eine neue $(110)_{bcc}$ -Textur, die als Polprojektion in Abb. 2 für die N-W Transformation dargestellt ist. Dabei wurden alle 3 Gleitrichtungen $[112]_{fcc}$ in den $(111)_{fcc}$ -Ebenen berücksichtigt. Eingezeichnet in die Polprojektionen sind die Streckachsen für die Orientierungen $[111]_{fcc} \parallel$ Streckachse und $[100]_{fcc} \parallel$ Streckachse. Der Winkelabstand auf Großkreisen von der Streckachse bis zu den jeweiligen $[110]_{bcc}$ Orientierungen ist gleich dem Winkelabstand ω in der eindimensionalen $(110)_{bcc}$ Orientierungsverteilungsfunktion. Bei Berücksichtigung von 3 Gleitrichtungen ergeben sich 16 $(110)_{bcc}$ Orientierungen im Halbraum und bei nur einer Gleitrichtung 6 Orientierungen. Abb. 3 zeigt den Transformationsvorgang der Nishiyama-Wasserman-Transformation.

3. Kurdjumov-Sachs-Transformation

Im Gegensatz zur N-W Transformation findet die weitere Transformation von der hcp zur bcc Phase bei der K-S Transformation in den $(0001)_{hcp}$ -Ebenen über eine Scherung und nicht über eine Quetschung statt. Aus Rechtecken in der $(0001)_{hcp}$ -Ebene werden Parallelogramme. (Bei der N-W Transformation werden Rechtecke zu Rechtecken transformiert). Wenn bei der K-S-Transformation aus Rechtecken wieder Rechtecke werden, sind ihre Achsen gegenüber der ursprünglichen Lage um $5,3^\circ$ verdreht. Dies ist in Abb. 4 gezeigt. Weiterhin ist in dieser Abbildung zu sehen, daß bei vorgegebener Richtung der Scherspannung und vorgegebener $[101]_{fcc}$ Richtung in der $(111)_{fcc}$ Ebene eine Scherung nur in einer Richtung möglich ist; es sei denn, das Vorzeichen der Scherspannung würde gewechselt. Die grundsätzlich möglichen 6 Transformationsrichtungen der K-S-Transformation schrumpfen durch die Textur der fcc Phase auf 2 zusammen. Danach gibt es nur 11 $(110)_{bcc}$ Orientierungen im Halbraum, die wiederum durch Symmetrie auf 6 Orientie-

rungen in der (110)bcc Orientierungsverteilungsfunktion zusammenschumpfen. Läßt man 4 Scherrichtungen der möglichen 6 zu, so erhält man 9 Orientierungen in der (110)bcc Orientierungsverteilungsfunktion bei K-S Transformation. Im folgenden werden beide K-S Transformationen - mit 2 bzw. 4 Scherrichtungen - für den Vergleich mit der Messungen herangezogen. Abb. 5 zeigt die (110)bcc Orientierungen im Halbraum für nur 2 erlaubte Scherrichtungen bei der K-S Transformation.

4. Messungen

Abb. 6 und 7. zeigen die Meßdaten der Reflexintensitäten. In Abhängigkeit vom Probenwinkel ω zwischen Probenachse und Streuvektor mit den Streckwerten 2 %, 12,5 %, 25 % und 47 % als Parameter. Da es sich um rotationssymmetrische Proben handelt, müssen die gemessenen Verteilungen mit $\sin \omega$ multipliziert werden. Ein ω -Wert vertritt einen Streifen auf der Polkugel der Breite $\Delta \omega$ und der Länge $\sin \omega \cdot 2\pi$. Eine isotrope Verteilung hätte nach der Multiplikation die Funktion $C \cdot \sin \omega$. Für kleine ω -Werte tritt scheinbar eine Singularität auf. Da die vertikale Auflösung des Neutronenzählers in der Richtung senkrecht zur Diffraktometerebene 5° beträgt, wird der Mittelwert $\omega = 0^\circ$ nie erreicht. Die Messwerte in Nähe $\omega = 0^\circ$ sind daher im Winkel ω auf einen mittleren ω -Wert zu korrigieren. $\omega = 0^\circ$ würde zu $\omega = 3,5^\circ$ korrigiert werden müssen. Die Umgebung von $\omega = 0^\circ$ ist aber für den Vergleich von Modell und Experiment im Bereich der (110)bcc Textur nicht von Belang. Lediglich beim Verhältnis 1 : 1,5 der mit $\sin \omega$ multiplizierten (111)fcc-Verteilungen um $\omega = 0^\circ$ und um $\omega = 70,5^\circ$ ist dies zu beachten. Einer Orientierung $[111] \text{ fcc } \parallel$ Zylinderachse müssen 3 Orientierungen im Abstand $\omega = 70,5^\circ$ entsprechen. Aus Abb. 6 ist ersichtlich, daß mit zunehmender Streckung die Textur $[111] \text{ fcc } \parallel$ Streckachse ($\omega = 70,5^\circ$) gegenüber $[100] \text{ fcc } \parallel$ Streckachse ($\omega = 54,7^\circ$) vorherrscht. Jedoch ist auch erkennbar, daß bei niedrigen Streckwerten noch ein isotroper Anteil in der fcc Phase vorhanden ist, der zu einer komplizierten (110)bcc Textur führt. Ganz gewiß bildet sich aus einem isotropen fcc Anteil kein isotroper bcc-Anteil, denn die Gleitwahr-

scheinlichkeit der (111)fcc Ebenen ist bei kleinem Winkel zwischen Streckachse und (111)fcc-Fläche am größten. Andererseits sind diese Orientierungen bei Isotropie nur mit der Wahrscheinlichkeit $\sin \omega$ vertreten. Die Transformationsrate in Abhängigkeit von ω könnte für eine isotrope Verteilung etwa zu $\cos \omega \cdot \sin \omega$ proportional sein, sofern die Gleitwahrscheinlichkeit der Größe der Tangentialkomponente der Streckachse proportional ist. Auf die Berechnung der aus isotropem fcc Anteil entstandenen (110)bcc Textur wurde zunächst verzichtet. Dies muß in weiteren Rechnungen erfolgen.

Die Meßwerte sind schließlich noch mit einer Absorptions- und Streukorrektur zu versehen. Auch wenn die zylindrischen Proben in Zylinder kleiner achsialer Ausdehnung (durch Funkenerosion) zerschnitten wurden, so ergeben sie nebeneinandergereiht und zusammengeklebt Proben von i.M. rechteckigem Querschnitt. Eine solche Probe hat je nach Winkelstellung zur Strahlachse eine unterschiedliche Streu- und Absorptionswirkung, die in ihrer Größe um $\pm 8 \%$ schwankt. Alle im folgenden gezeigten Meßwerte sind mit dieser Korrektur versehen und mit $\sin \omega$ multipliziert.

5. Vergleich der Messungen mit den Orientierungsverteilungsfunktionen verschiedener Transformationsprozesse

Zunächst war zu untersuchen, inwieweit die N-W Transformation mit nur einer Gleitrichtung als Transformationsprozeß in Frage kommt. Die aus 4 (110)bcc Orientierungen bestehende Verteilung im ω -Schnitt - zusammengesetzt aus den (110)bcc Texturen, vererbt aus den Texturen $[111] \text{ fcc} \parallel$ Streckachse und $[100] \text{ fcc} \parallel$ Streckachse - weist bei $\omega = 60^\circ$ in der Verteilung einen tiefen Einschnitt auf und ist insgesamt zu breit. Dieser Prozeß, dessen Ergebnis in Abb. 8 dargestellt ist, stimmt keineswegs mit dem experimentellen Befund überein.

In Abb. 9 wird von der N-W (oben) bzw. K-S (unten) Transformation ausgegangen. Bei der N-W Transformation werden alle 3 Gleitrichtungen zugelassen und bei der K-S Transformation nur 2 der 6 möglichen Gleitrichtungen. In beiden Fällen wird nur die $[111] \text{ fcc} \parallel$ Streckachse zugrundegelegt, was gewiß unrealistisch ist, aber doch

auch im Falle der K-S Transformation zu dem interessanten Ergebnis führt, daß das Minimum der nachfolgenden Approximationen (Abbn. 10-13) bei $\omega = 30^\circ$ in diesem Falle gut aufgefüllt ist, weil ein isotroper (110)bcc Anteil berücksichtigt wurde. Abb. 10 zeigt hingegen das Ergebnis der K-S Transformation mit 4 zugelassenen Gleit- und Scherrichtungen und ohne Berücksichtigung eines isotropen Anteils in der (110)bcc-Verteilung, jedoch mit einer Zumischung, die aus der Textur [100] fcc || Streckachse resultiert. Abb. 11 zeigt den gleichen Transformationsmechanismus nur mit dem Unterschied, daß nach der Transformation die neu gebildeten (110)bcc-Ebenen um $\Delta\omega = 5^\circ$ in Richtung Streckachse beim weiteren Ziehen der Proben verkippt werden. Abb. 12 zeigt diese Verkipfung für die N-W Transformation in ihrem Einfluß auf die Texturverteilung. Die Übereinstimmung mit der Messung ist in den Abbn. 10-12 nicht überzeugend. Die beste Übereinstimmung zwischen Messung und Modell ergibt sich in Abb. 13. Hier wird die K-S Transformation mit nur 2 der 6 möglichen Gleitrichtungen für beide fcc-Texturen zugrunde gelegt. Die Breite der Verteilung um $\omega = 60^\circ$ ist relativ gut approximiert. Im Gegensatz zu Abb. 9 ist das Minimum bei $\omega = 30^\circ$ schlecht aufgefüllt. Dies mag daran liegen, daß der anisotrope (110)bcc Anteil, der - wie in 4 aufgeführt - aus einem isotropen (111)fcc Anteil entstanden ist, noch nicht berücksichtigt werden konnte. Die Wahrscheinlichkeit der nachträglichen Verkipfung der gebildeten (110)bcc Flächen gegen die Zylinderachse ist - wie Abb. 14 zeigt - hier sehr gering.

6. Bewertung

Aus der physikalischen Sicht des Transformationsprozesses erscheinen zwei spezielle Arten der Transformation als plausibel:

1. N-W Transformation mit nur einer erlaubten Gleitrichtung der möglichen drei
2. K-S Transformation mit nur zwei erlaubten Gleitrichtungen der möglichen sechs.

Der erste Fall (Abb. 8) weist keine Übereinstimmung mit der Messung auf. Deswegen bleibt Fall 2 als Lösung übrig (Abb. 13). Hier tatsächlich ist die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung im Bereich um $\omega = 60^\circ$ gut. Bei etwa 30° jedoch wird das Minimum durch die Rech-

nung schlecht aufgefüllt. Diese K-S Transformation ist der einzige Prozeß, der die Verteilung um $\omega = 60^\circ$ in etwa - auch in richtiger Breite - approximiert. Die mangelnde Auffüllung des Minimums bei $\omega = 30^\circ$ wird auf die Nichtberücksichtigung des Texturanteils zurückgeführt, der aus isotropen (111)fcc-Anteilen entsteht und der in keiner Weise isotrop ist. Die Berechnung dieser Orientierungsverteilungsfunktion, vererbt aus dem isotropen fcc-Anteil, soll in Zukunft in Angriff genommen werden.

Die N-W Transformation mit allen drei erlaubten Gleitrichtungen liefert nur dann Übereinstimmung mit der Messung, wenn eine Verkipfung der erzeugten (110)bcc Flächen in Richtung Zylinderachse (um $\Delta\omega = 5^\circ$) im Zuge weiterer Streckung der Probe angenommen wird (Abb. 12). Die gleiche Verkipfung liefert jedoch eine nicht passende Approximation, wenn sie auf die K-S Transformation mit 2 erlaubten Gleitrichtungen angewandt wird (Abb. 14).

Um mehr Sicherheit für die Lösung "Kurdjumov-Sachs-Transformation mit zwei erlaubten Gleit- und Scherrichtungen der möglichen sechs" zu erhalten, ist es wichtig, die nichtisotrope (110)bcc-Verteilung zu berechnen, die aus dem isotropen (111)fcc Anteil vererbt wird. Dies erfordert, sowohl den Winkel ω zu variieren, der von der Streckachse und der (111)fcc-Fläche eingeschlossen wird, als auch den Winkel ϕ zwischen der Projektion der Streckachse in die (111) fcc-Ebene und der Gleitrichtung in dieser Ebene. Da nun nicht alle Kombinationen zwischen ω und ϕ gleich wahrscheinlich sind, wird die Berechnung dieses (110)bcc Texturanteils sehr schwierig.

Herrn Dr. G. Heger möchte der Autor bestens für zahlreiche fruchtbare Diskussionen danken und Herrn Prof. Dr. W. Schmatz für sein Interesse an dieser Arbeit. Der Autor schuldet weiterhin Dank Herrn Dr. D.R. Harries, AERE Harwell, für 18/8 Cr Ni Rundstähle (Type 8720).

Literatur

- /1/ M.W. Bowkett and D. Harries; Martensitic Transformations in Cold Rolled En 58 B (Type 321) Austenitic Stainless Steel, AERE-R-9093, Harwell, April 1978
- /2/ R.L. Miller, Transactions of the ASM 61, 592 (1968)
- /3/ Z. Nishiyama, Martensitic Transformation, Academic Press, New York (1978) p. 49
- /4/ Pat L. Manganon, jr. and Gareth Thomas, Metallurgical Transactions 1 1577 (1970)
- /5/ D.S. Lieberman, in Phase Transformations, Seminar of the American Society for Metals, October 12 and 13, 1968, Metals Park, Ohio, p. 50
- /6/ V. Jung, Progress Report, Institut für Angewandte Kernphysik I, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1.6.1979 - 31.5.1980, KfK 3051 (Dezember 80) p. 122 - 126.

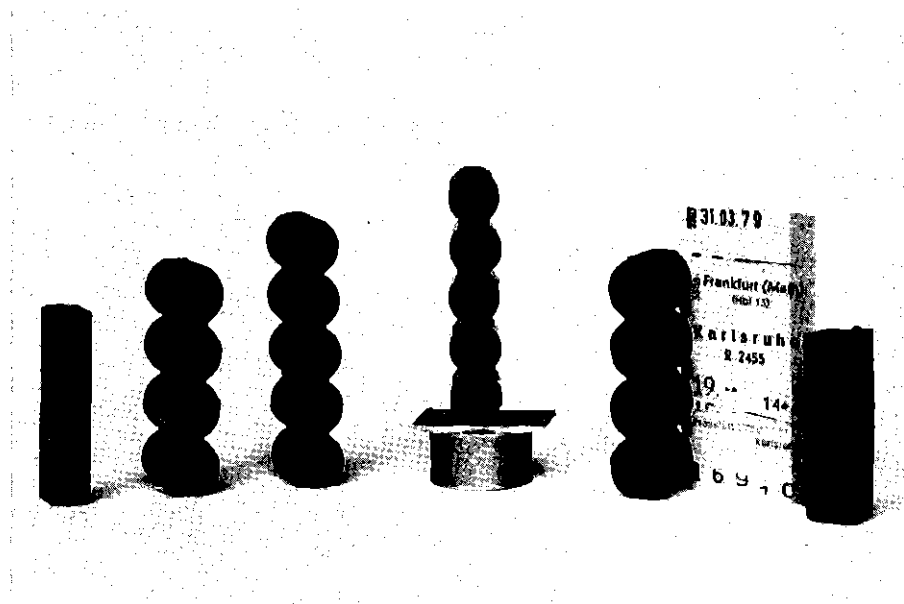


Photo 1: Dieses Photo zeigt die zur Messung verwendeten Proben. Die gestreckten zylindrischen Stähle wurden abgeflacht, in kurze Stücke geschnitten (mit Funkenerosion) und dann zusammengeklebt. In der Messung wurden die gezeigten Proben um die vertikale Achse gedreht, senkrecht zur Streckachse (= Achse der ursprünglichen Zylinder) und senkrecht zur Neutronendiffraktometerebene. Die Fahrkarte verdeutlicht die Abmessungen.

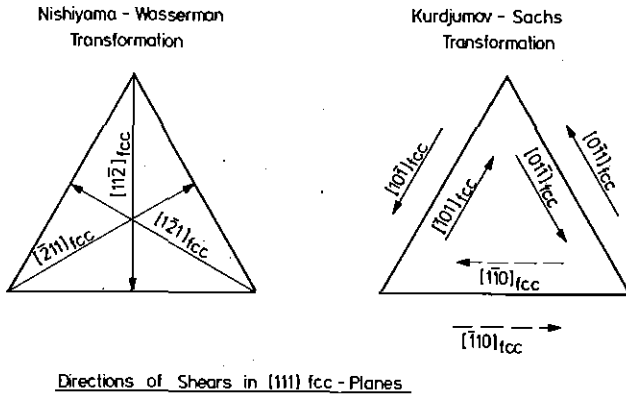


Abb. 1 Bei der N-W Transformation hat die Scherspannung aufgrund der Texturen $[111]_{fcc} \parallel$ Zylinderachse und $[100]_{fcc} \parallel$ Zylinderachse in einer der drei $[112]_{fcc}$ Richtungen den doppelten Wert wie in den beiden anderen Scherrichtungen. Bei der K-S Transformation ist die Scherspannung in zwei der möglichen sechs Scherrichtungen Null oder sehr klein (gestrichelte Pfeile).

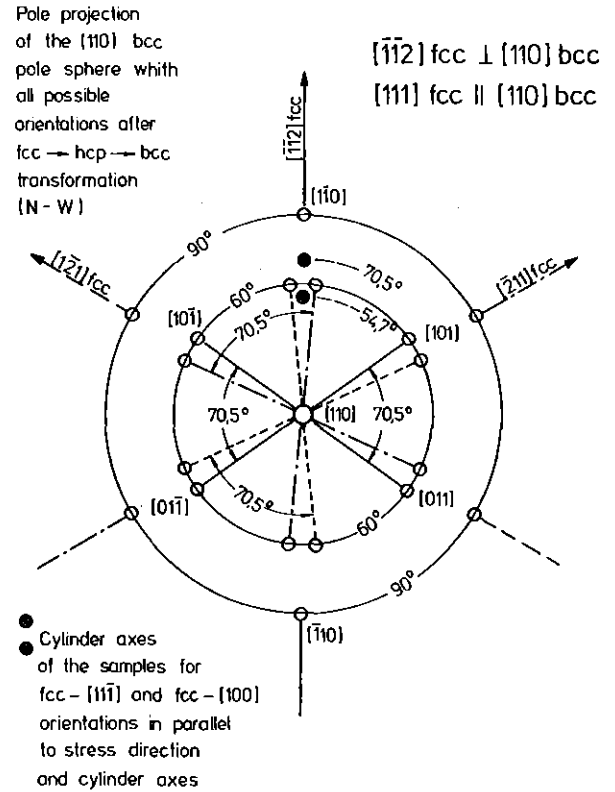


Abb. 2 Diese Polprojektion der $\{110\}$ bcc Orientierungsverteilung resultiert, wenn alle drei Scherrichtungen für die N-W Transformation erlaubt sind (siehe Abb. 1).

cut through (111) fcc planes, transformation from
fcc- to hcp- lattice by moving pairs of layers

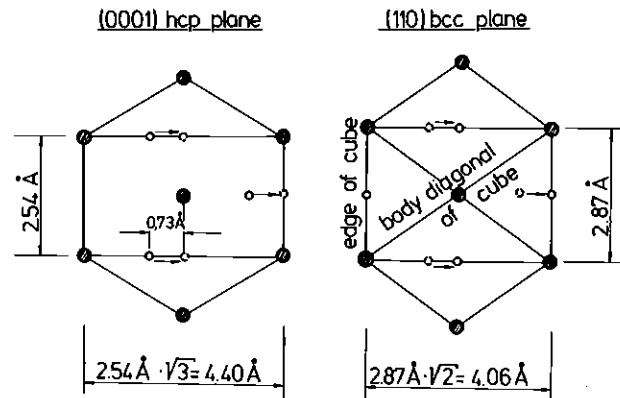
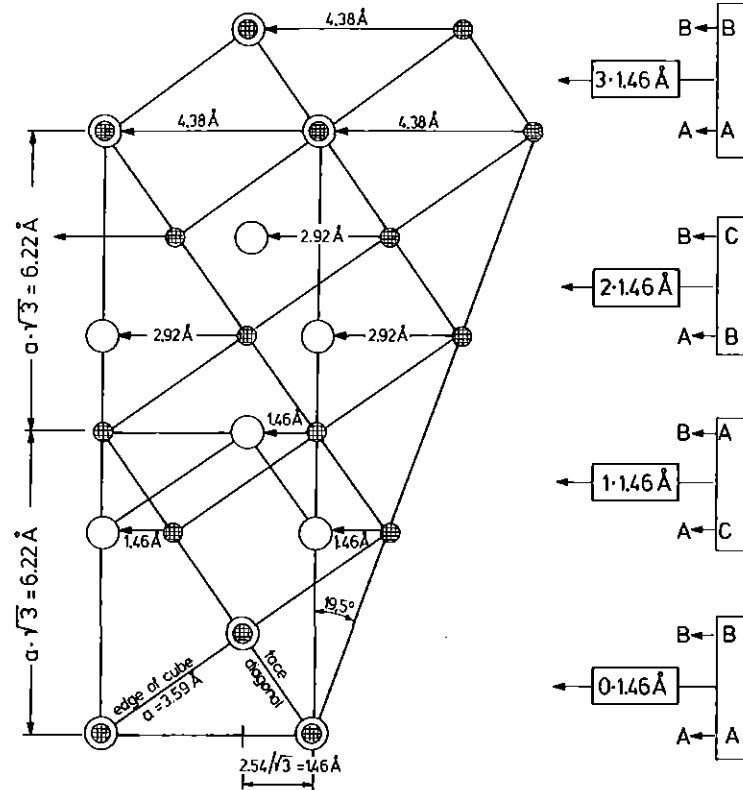


Abb. 3 N-W Transformation von der fcc Phase über die hcp zur bcc Phase,
oben von fcc zu hcp, unten von hcp zu bcc.

Kurdjumov - Sachs Transformation (K-S)
in $(111)_{fcc}$ plane

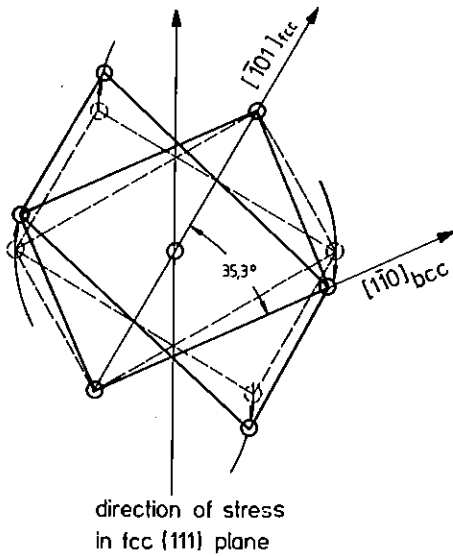


Abb. 4 Bei der K-S Transformation wird ein gestricheltes Rechteck in ein Parallelogramm verwandelt, das andere gestrichelte Rechteck wird wieder zu einem Rechteck, das um $5,3^\circ$ gedreht wird.

Pole projection
of the $(110)_{bcc}$
pole sphere with
special orientations
after $fcc \rightarrow hcp \rightarrow bcc$
transformation (K-S)

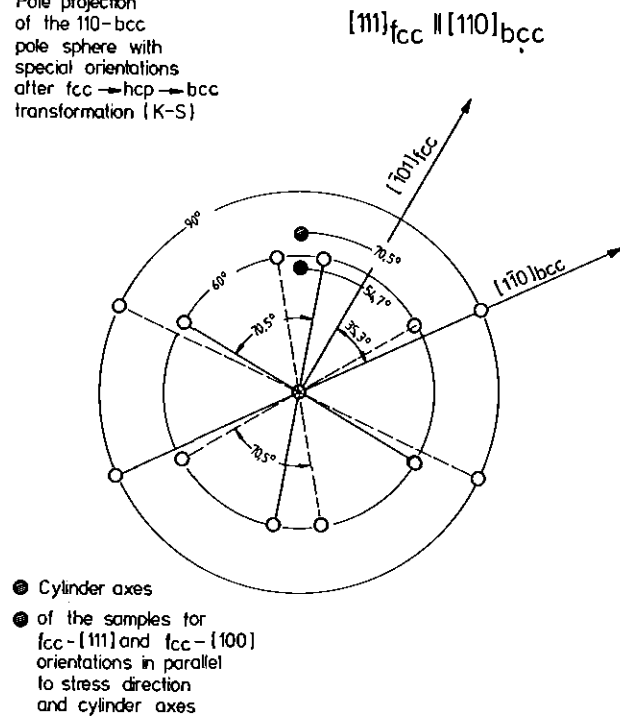


Abb. 5 Diese Polprojektion der $(110)_{bcc}$ Orientierungsverteilung ergibt sich für die K-S Transformation, wenn nur zwei der sechs möglichen Scherrichtungen erlaubt sind.

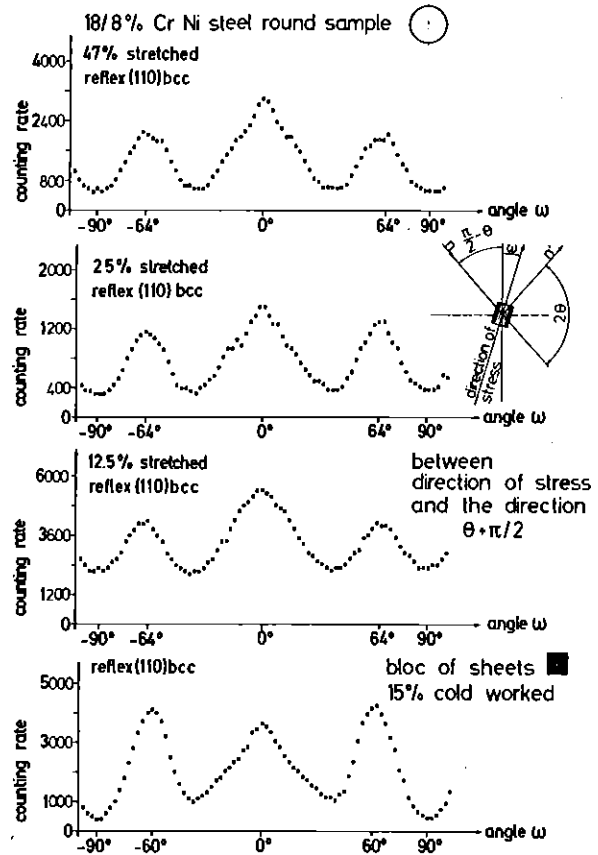
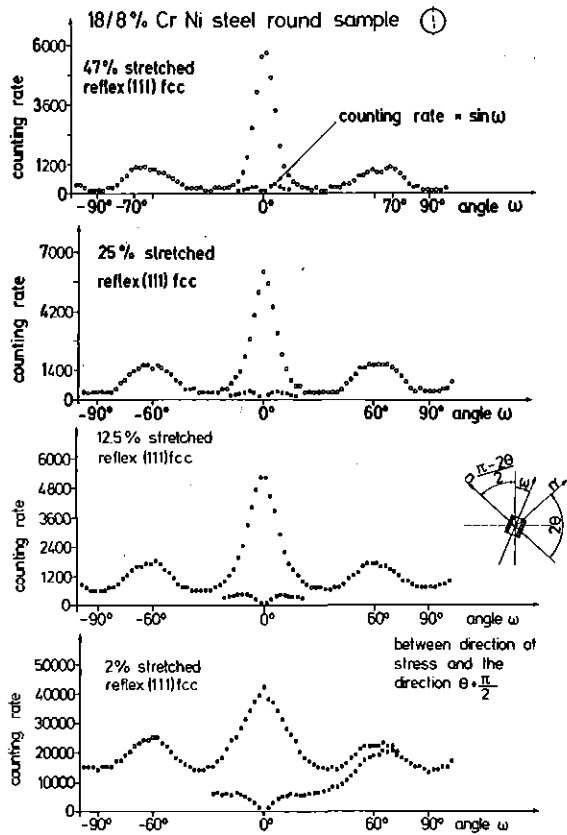


Abb. 6 Orientierungsverteilungsfunktion der [111] fcc Richtung in Abhängigkeit vom Streckwert. Bei niedriger Streckung (12,5 %) dominiert die Orientierung bei $54,7^\circ$ bei hohem Streckwert (47 %) diejenige bei $70,5^\circ$, d.h. [100] fcc || Streckachse bzw. [111] fcc || Zylinder- und Streckachse. Die Werte der Verteilungen wurden mit $\sin \omega$ multipliziert (schwarze Punkte).

Abb. 7 Orientierungsverteilungsfunktion der [110] bcc Richtung in Abhängigkeit vom Streckwert. Auch die Werte dieser Verteilungen müssen mit $\sin \omega$ multipliziert werden, um die richtige Abhängigkeit der Orientierungsintensität vom Polabstand ω zwischen Zylinderachse und Orientierung in der Polkugel zu erhalten.

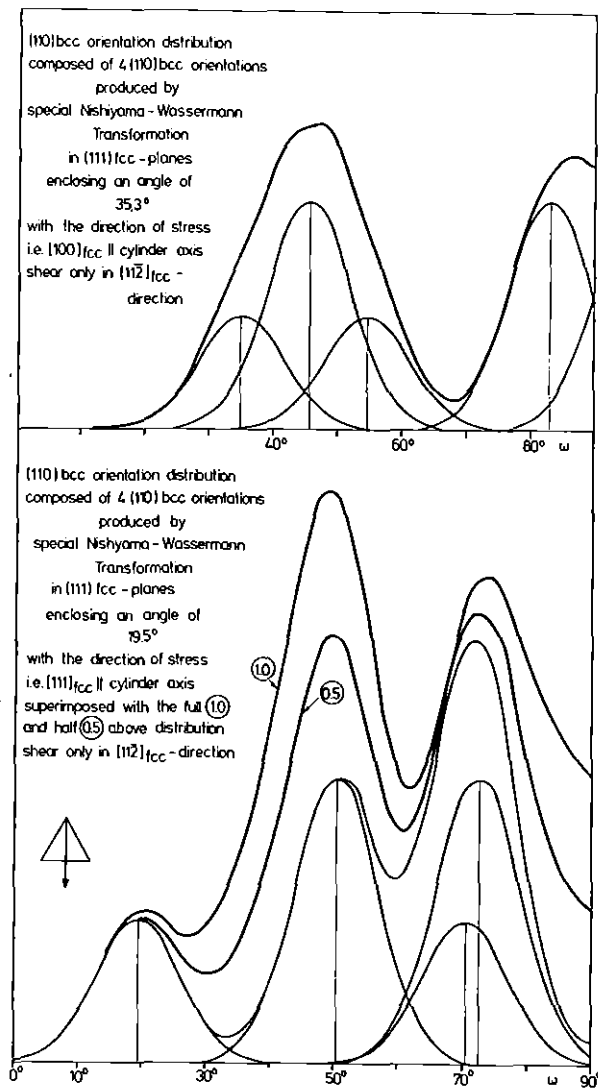


Abb. 8 Keine Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung wird bei der N-W Transformation mit nur einer erlaubten Scherrichtung der möglichen drei erreicht.

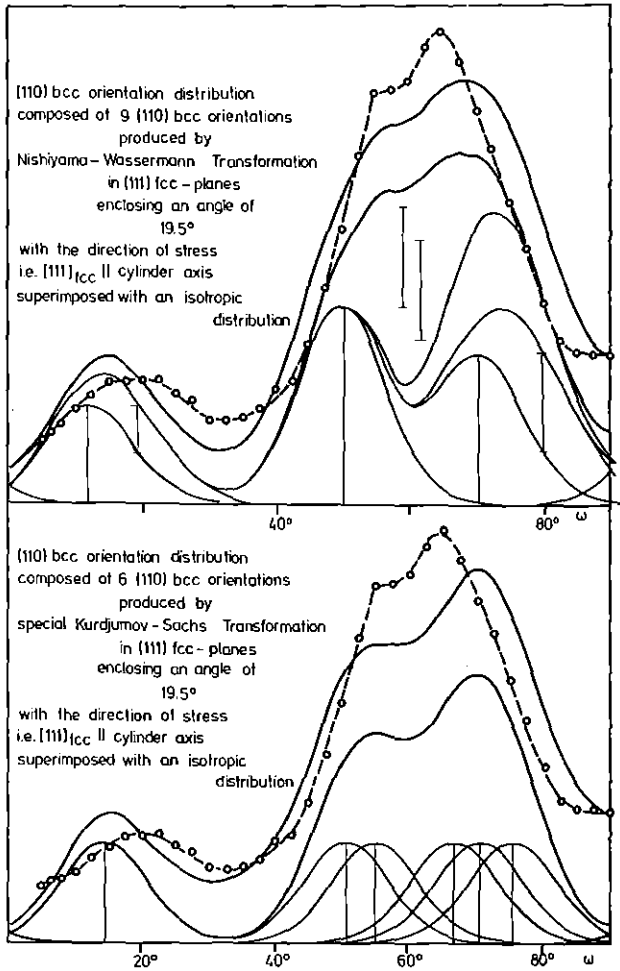


Abb. 9 Ausschließlich Transformationen (N-W oben, K-S unten) werden berücksichtigt, die parallel zu solchen (111) fcc Ebenen ablaufen, welche aus der Textur $[111]_{\text{fcc}} \parallel$ Zylinderachse herrühren. Ein isotroper (110) bcc Anteil wurde bei beiden Verteilungen addiert. Die gestrichelte Kurve zeigt die Messung bei einem Streckwert von 47 %, multipliziert mit $\sin \omega$.

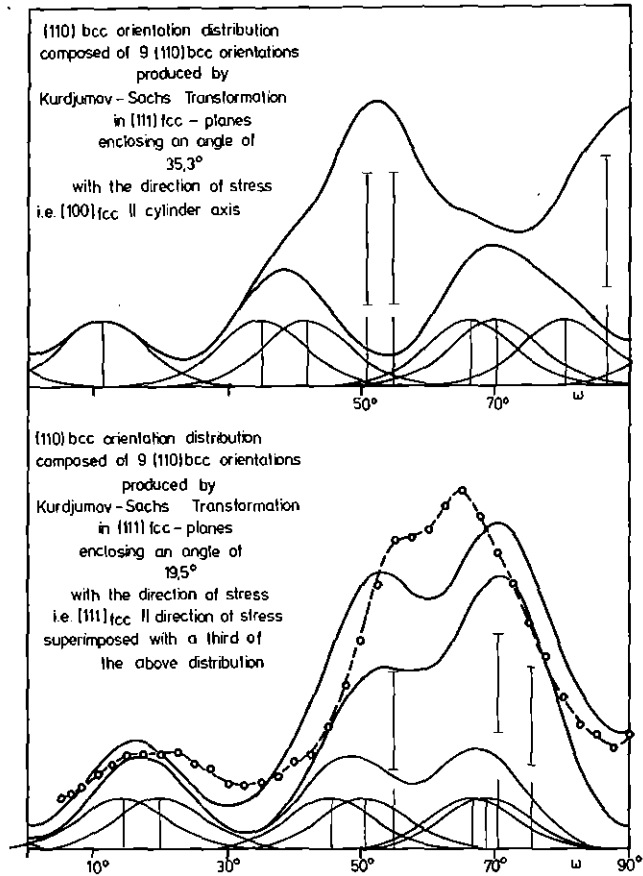


Abb. 10 Vergleich der Messung mit dem Ergebnis der K-S Transformation bei vier erlaubten Gleit- und Scherrichtungen. Kein isotroper (110) bcc Anteil wurde addiert.

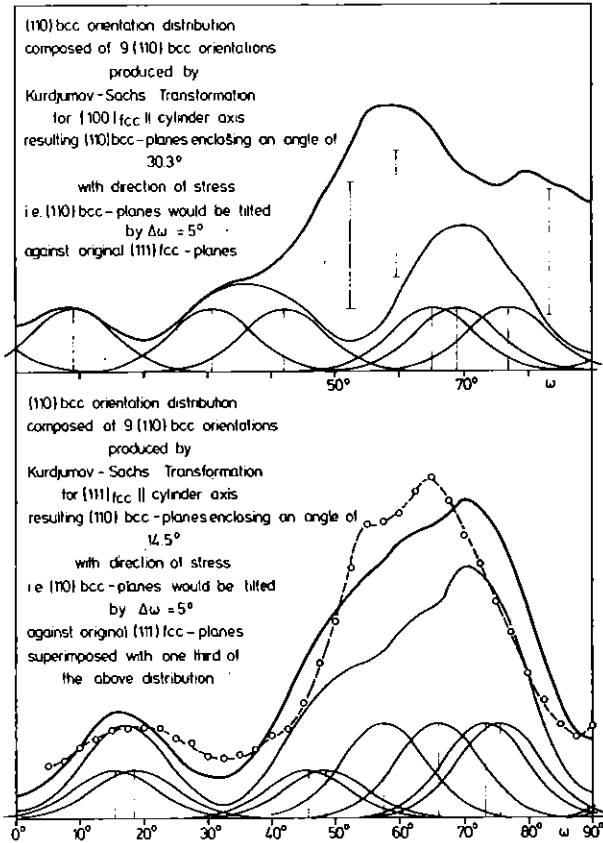


Abb. 11 Vergleich der Messung mit dem Ergebnis der K-S Transformation bei vier erlaubten Scherrichtungen in den (111) fcc Ebenen. Eine Verkippung der entstandenen (110) bcc Ebenen um $\Delta\omega = 5^\circ$ gegen die Zylinderachse wurde angenommen.

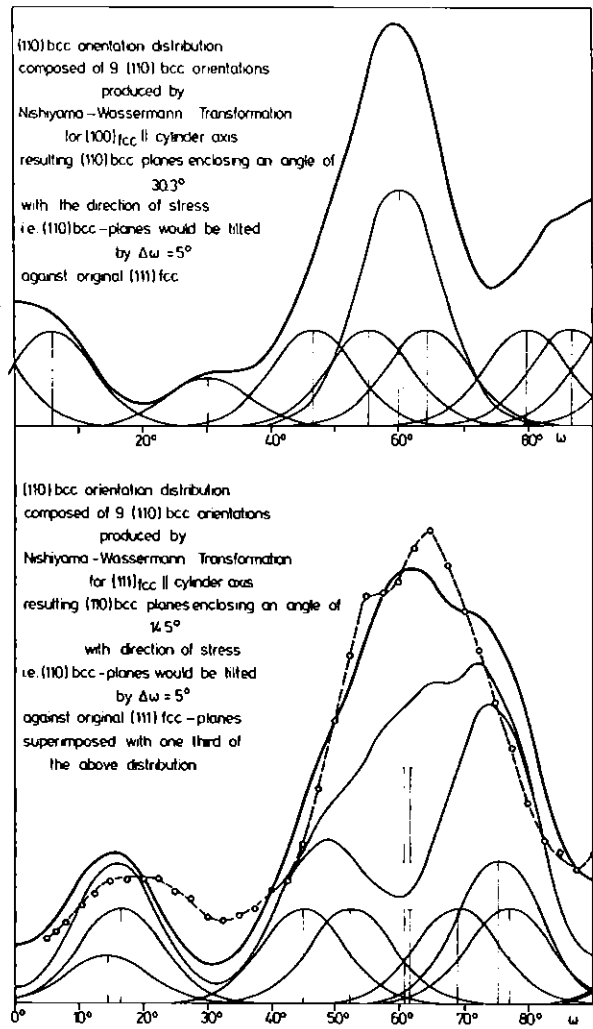


Abb. 12 Vergleich der Messung mit dem Ergebnis der N-W Transformation. Alle drei Scherrichtungen wurden erlaubt. Eine Verkippung der entstandenen (110) bcc Ebenen um $\Delta\omega = 5^\circ$ gegen die Zylinderachse wurde angenommen.

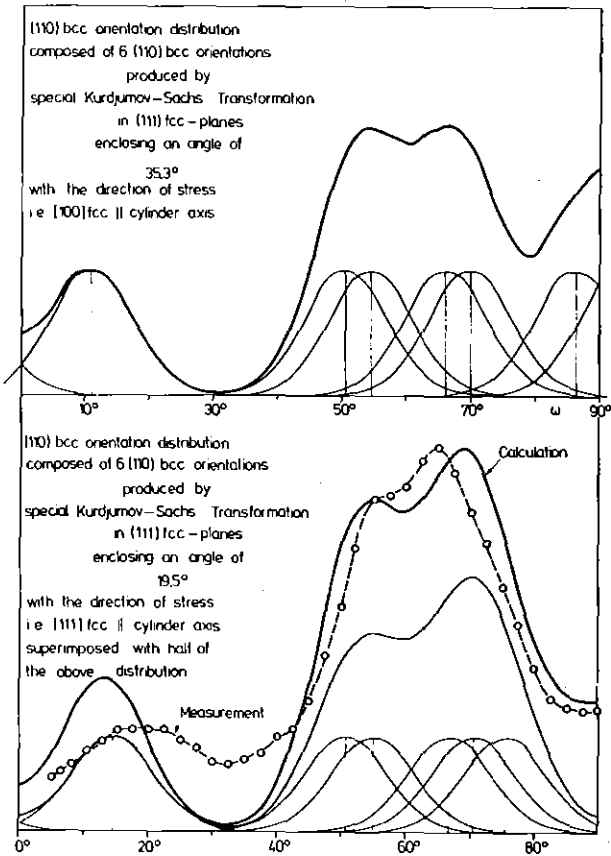


Abb. 13 Vergleich der Messung mit dem Ergebnis der K-S Transformation mit nur zwei erlaubten Scherrichtungen der möglichen sechs. Keine Verkippung der entstandenen (110) bcc Ebenen wurde angenommen. Dieser Fall ergibt die beste Übereinstimmung zwischen Messung und Modell.

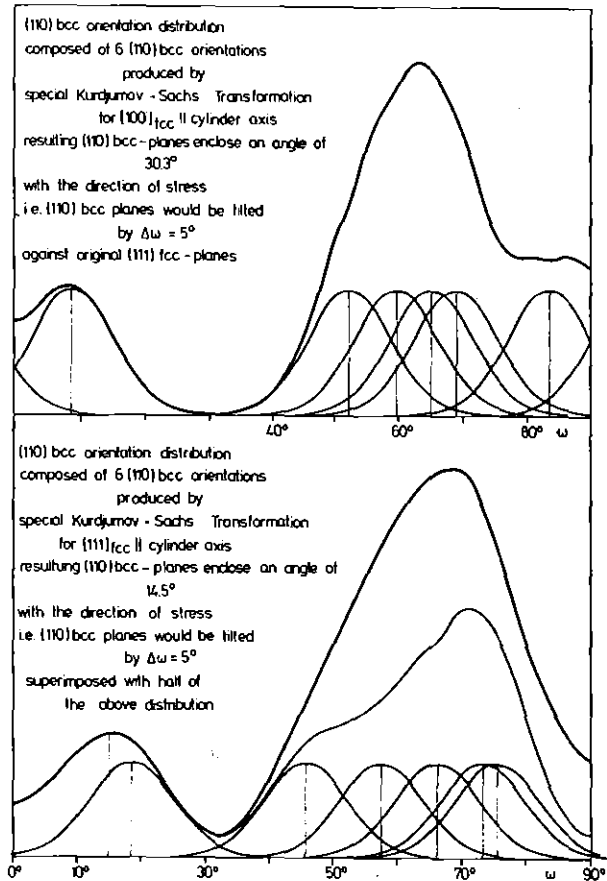


Abb. 14 Die Verkippung der entstandenen (110) bcc Ebenen um $\Delta\omega = 5^\circ$ gegen die Zylinderachse ergibt keine Kongruenz zwischen Messung und Rechnung für die K-S Transformation mit nur zwei erlaubten Scherrichtungen.