

Totalreflexion

Karsten Gorling
Mat. 192702

Daniel Schmidt
Mat. 192729

Zusammenfassung

Im FP-Versuch O9 wird der Goss-Hänchen Effekt untersucht. Dabei wird der verbesserte Aufbau von Wolter verwendet

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau und Durchführung	1
1.1	Generelles	1
1.1.1	Goniometereichung	1
1.1.2	Brewsterwinkel	2
1.1.3	Fotos	2
1.1.4	Vergrößerung	2
1.1.5	Reflexionen	3
1.2	Maximumstrahlkennzeichnung	3
1.3	Minimumsstrahlkennzeichnung	3
2	Auswertung	4
2.1	Fehlerbetrachtung	4
2.2	Maximumstrahlkennzeichnung	4
2.3	Minimumsstrahlkennzeichnung	6
2.4	Diskussion der Ergebnisse	8
A	Fotos	8

1 Aufbau und Durchführung

1.1 Generelles

1.1.1 Goniometereichung

Zunächst muss das Goniometer geeicht werden. Dazu wurden 3 Messpunkte aufgenommen. Man erhält einen linearen Fit $\theta = 0,00112 * u \pm 0,00003$ In

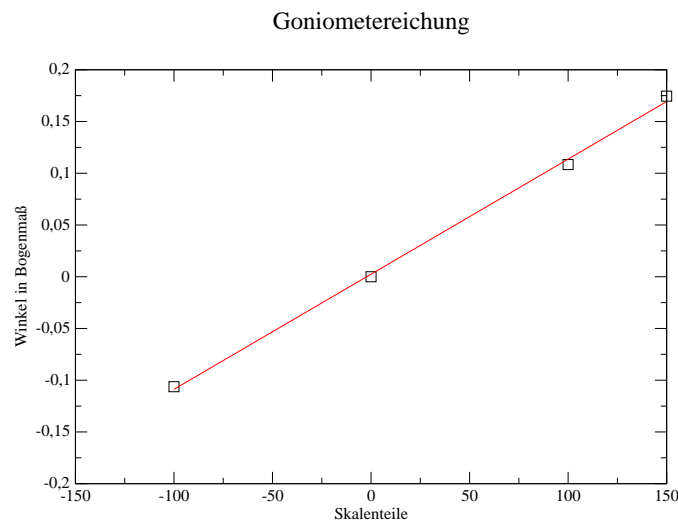


Abbildung 1: Goniometereichung

Grad umgerechnet bedeutet dies, das pro Skalenteil $0,11 \pm 0,003$ Minuten an Winkel eingestellt werden.

1.1.2 Brewsterwinkel

Um den Brewsterwinkel optimal einzustellen wurde zunächst der Reflex der obersten Glasplatte gesucht. Anschließend wurde der Spiegel solange gedreht, bis die Intensität dieses Reflexes minimal wurde.

1.1.3 Fotos

Da drei verschiedene Szenarien, Maximumstrahlkennzeichnung und Minimumstrahlkennzeichnung bei unterschiedlicher Polarisierung aufgenommen werden sollten, wurden drei Belichtungsserien erstellt. Der entwickelte Film wurde anschließend mit einem Negativscanner digitalisiert. Für die Vergrößerung bei der Digitalisierung ergibt sich

$$36mm \cong 1135Pixel$$

1.1.4 Vergrößerung

Die Vergrößerung ergibt sich aus den Objekt- Bildabstandsverhältnis von Linse L1 in Aufbau 2. Man erhält

$$\beta = \frac{165 \pm 1mm}{90 \pm 1mm} = 1,83 \pm 0,02 \quad (1)$$

$$(2)$$

1.1.5 Reflexionen

Sowie Totalreflexion in der Reflexionstrecke auftrat, wurde die Anzahl der Reflexionen durch simples Abzählen bestimmt. Dabei wurde angenommen, dass Totalreflexionen nur auf der Seite mit dem Silberstreifen auftritt, während auf der anderen Seite die Strecke vollverspiegelt ist. Es wurden insgesamt 25 Reflexionen gezählt, so dass der gemessene Versatz durch 25 zu teilen ist.

1.2 Maximumstrahlkennzeichnung

Für die Maximumstrahlkennzeichnung wurde die in Abb. 2 skizzierte Strahlführung verwendet. Wesentliche Kenngrößen des Aufbaus sind die Vergrößerung und die Anzahl der Reflexionen in der Reflexionstrecke. Die Blende B1 wurde dazu verwendet, dass nur ein Reflex des Spiegels S1 durch den Strahlengang läuft. Anschließend wurde die Schraube am Goniometer immer um 5 Skalenteile gedreht und der auf dem Schirm gemessene Versatz notiert.

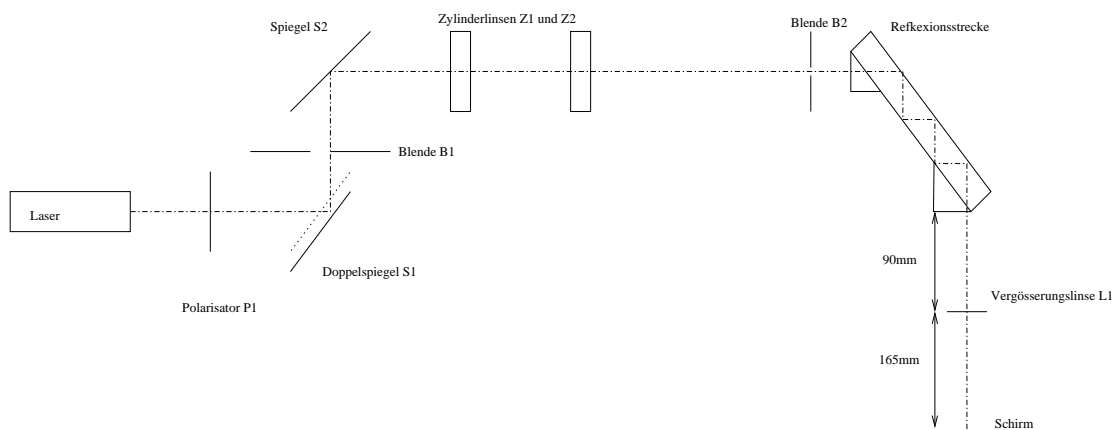


Abbildung 2: Strahlführung bei Maximuskennzeichnung

1.3 Minimumsstrahlkennzeichnung

Für die Minimumsstrahlkennzeichnung wird die Blende B1 so eingestellt, dass zwei Reflexe vom Spiegel S1 den skizzierten Strahlengang durchlaufen. Durch Einstellungen am Spiegel S1 und S2 ist dafür zu sorgen, dass die beiden Strahlen im Eingang der Reflexionstrecke zusammenlaufen. Dabei ist zu beachten, dass die Strahlen nicht nur den gewünschten horizontalen Versatz haben können, sondern bei ungünstiger Einstellung des Spiegels S1 auch vertikal verkippt sein können, dies ist zu korrigieren. Wesentliche Kenngrößen dieses Aufbaus sind, neben den oben genannten, die Strecke des gesamten

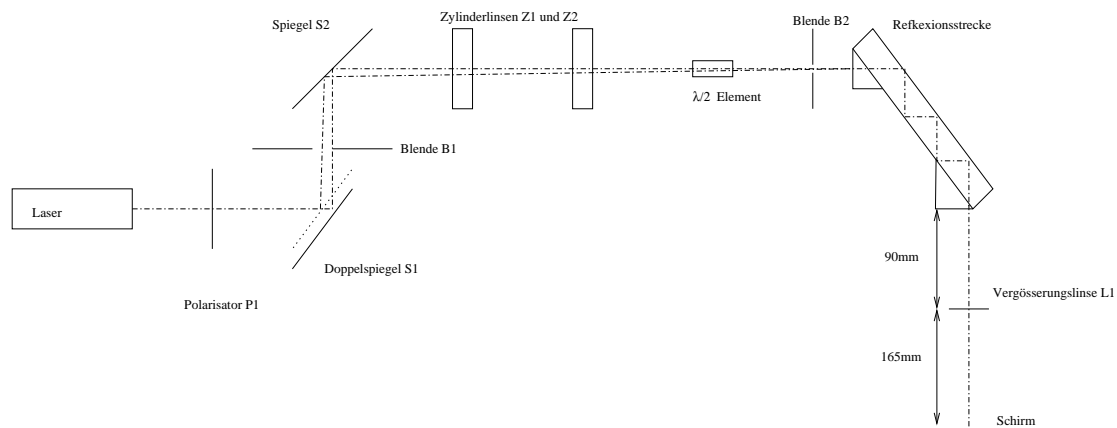


Abbildung 3: Strahlführung bei Minimumskennzeichnung

Strahlenganges, und der horizontale Versatz der Strahlen direkt am Spiegel S1, um so den Kreuzungswinkel bestimmen zu können.

Die Polarisationssebene wurde mit Hilfe des $\lambda/2$ -Plättchens gedreht. Um festzustellen, wann die Polarisationssebene um 90° gedreht wurde, wurde ein Analysator in den Strahlengang gebracht und so eingestellt, dass dieser kein Licht durchlies. Anschließend wurde das Plättchen solange eingestellt, bis die Intensität des durch den Analysators durchtretenden Lichtes maximal wurde.

Anschließend wurde die Schraube am Goniometer immer um Skalenteile gedreht und der auf dem Schirm gemessene Versatz notiert.

2 Auswertung

2.1 Fehlerrechnung zur Messung von D

Der Ablesefehler Δs auf der Mattscheibe wurde mit 0,3 mm abgeschätzt. Der Vergrößerungsfehler ist mit $\Delta\beta$ 0,02 angegeben. Nach Fehlerfortpflanzung ergibt sich dann

$$\Delta D = \sqrt{(|\partial_s D(s, \beta)|_{s=s_0} \Delta s)^2 + (|\partial_\beta D(s, \beta)|_{\beta=1,82} \Delta \beta)^2} = 6 * 10^{-4}$$

Auch wenn der Fehler von den Parameter s abhängt, ergab sich natürlich aufgrund der Linearität der Abhängigkeit der konstante Fehler von $6 * 10^{-4}$.

2.2 Maximumstrahlkennzeichnung

Bei der Beobachtung wurde festgestellt, dass sich bei stärkerer Auslenkung des Goniometers der Reflex der Totalreflektion bei bestimmten Winkeln

Maxmimumskennzeichnung

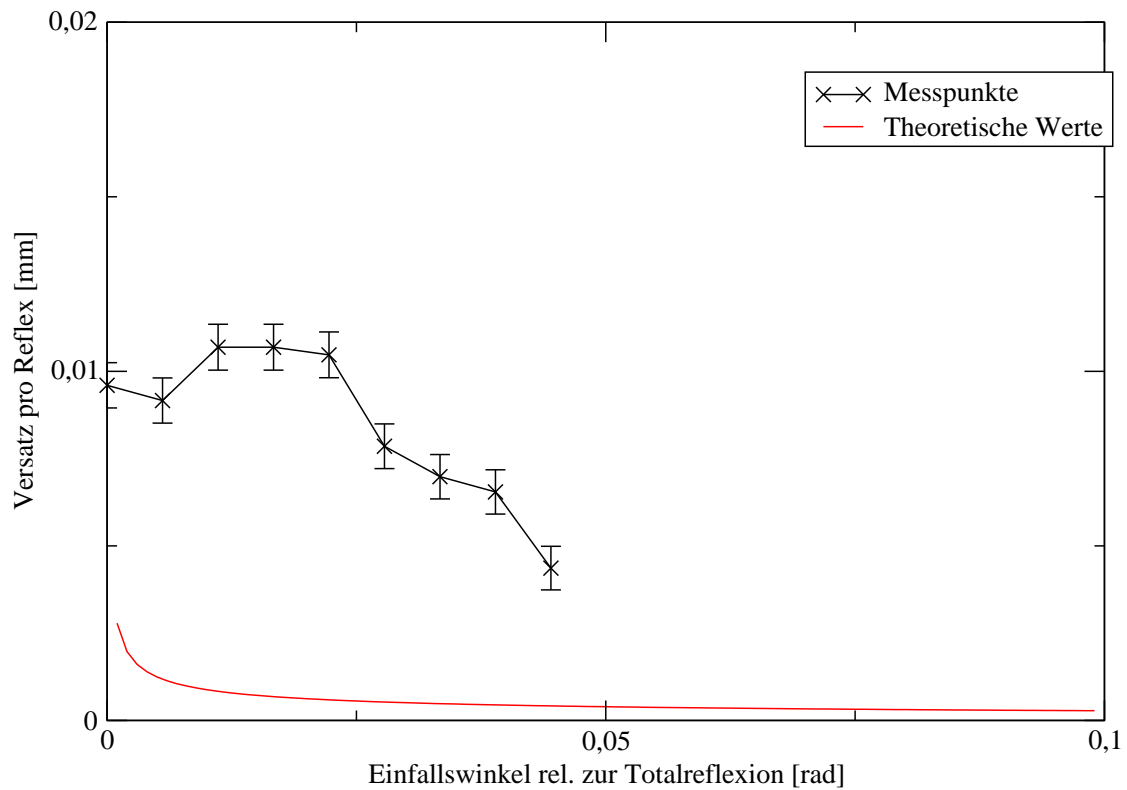


Abbildung 4: Maximumskennzeichnung

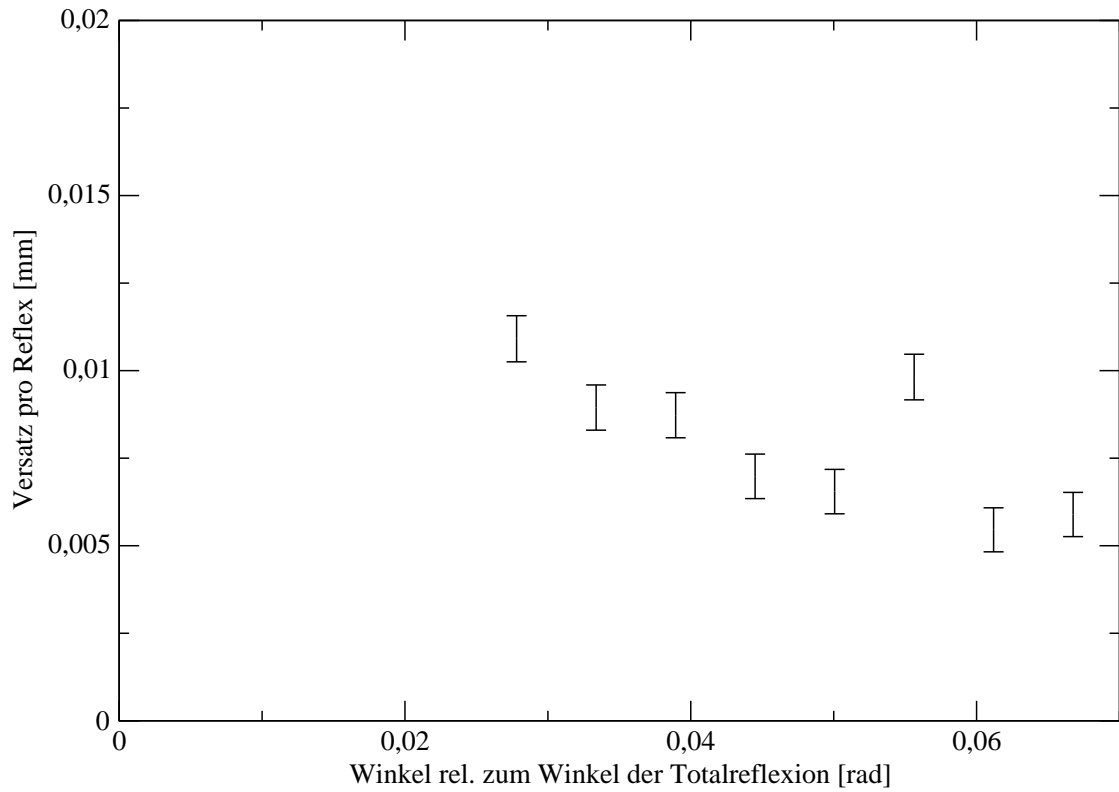
ziemlich abrupt verschwand, und sich an anderer Stelle wieder einstellte. Im Plot 4 werden nur die Punkte zwischen solchen Sprüngen angezeigt, um eine Vergleichbarkeit mit der Theorie zu gewährleisten.

2.3 Minimumsstrahlkennzeichnung

Es ist zunächst erforderlich den Kreuzungswinkel der Strahlen zu bestimmen. Dazu wurde die gesamte Strecke, der Strahl durchläuft in Aufbau 3 nachgemessen. Außerdem wurde der Abstand der Strahlen am Spiegel S1 bestimmt. Unter der Annahme, dass die Strahlen annähernd ein gleichschenkliges Dreieck bilden kann man den Kreuzungswinkel wie folgt ausrechnen:

$$\begin{aligned}
 s &= 1270 \pm 30 \text{ mm} \\
 a &= 2,6 \pm 0,2 \text{ mm} \\
 \theta &= 2 \arctan \frac{a}{2s} = 2,05 * 10^{-3} = 7,04' \\
 \Delta\theta &= \sqrt{\frac{a^2 \Delta_s^2}{\left(1 + \frac{a^2}{4s^2}\right)^2 s^4} + \frac{\Delta_a^2}{\left(1 + \frac{a^2}{4s^2}\right) s^2}} = 5 * 10^{-4} = 1,7' \\
 \theta &= \text{Es folgt also} \\
 &= 2,1 * 10^{-3} \pm 5 * 10^{-4} = 7' \pm 1,7'
 \end{aligned}$$

Minimumskennzeichnung bei senk. Polar.



Minimumskennzeichnung bei para. Pol.

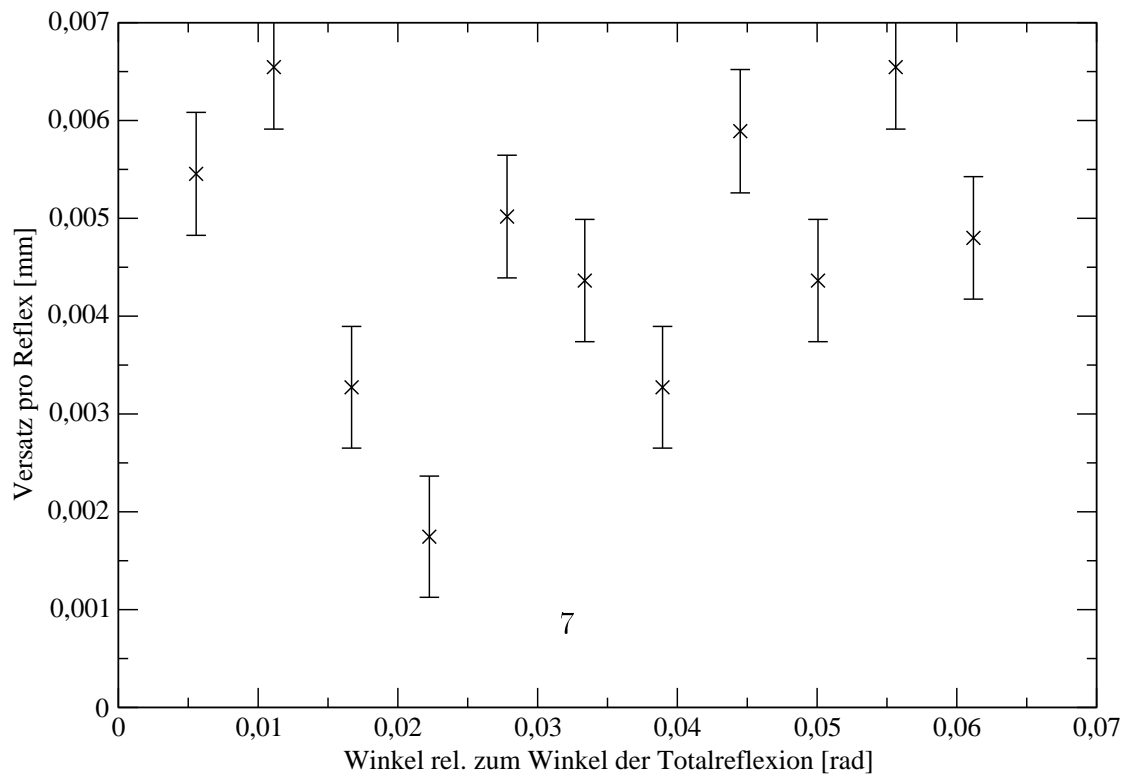


Abbildung 6: Messkurve bei paralleler Polarisation

2.4 Diskussion der Ergebnisse

Wir konnten qualitativ nachweisen, dass bei Totalreflexion ein Strahlversatz stattfindet. Zumindest an der Maximumskennzeichnung konnten wir nachweisen, dass für kleinere Winkel relativ zum Einfallswinkel der Totalreflexion, der Strahlversatz zunimmt. Unsere Messergebnisse liegen allerdings immer deutlich über den theoretisch erwarteten Wert, so dass ein bislang nicht bekannter systematischer Fehler auftauchen muss. Völlig unbrauchbar sind die Messwerte der Minimumskennzeichnung bei paralleler Polarisierung.

A Fotos

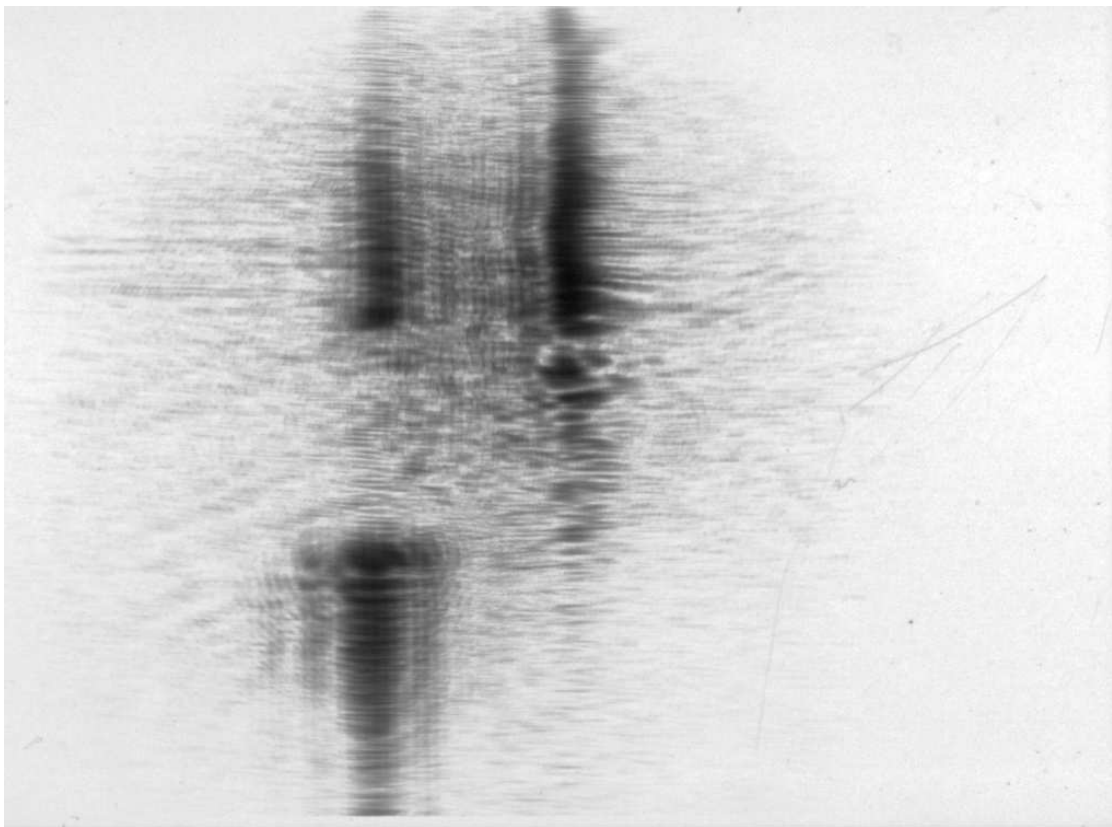


Abbildung 7: Foto von der Maximumstrahlkennzeichnung

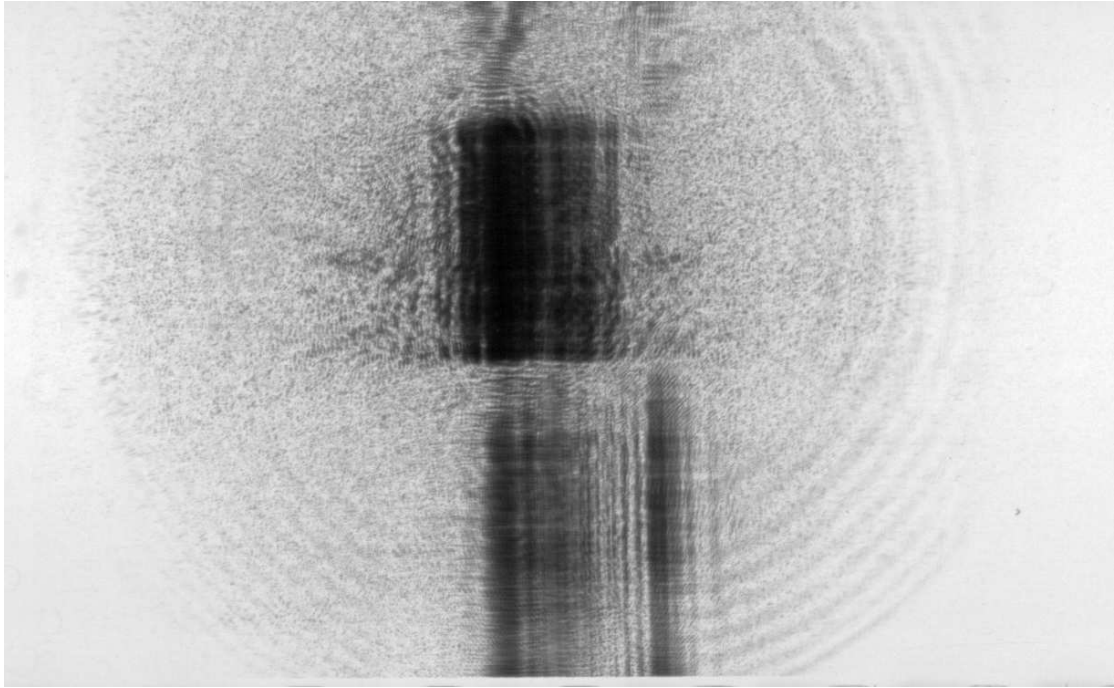


Abbildung 8: Foto von der Minimumstrahlkennzeichnung bei senk. Polarisation

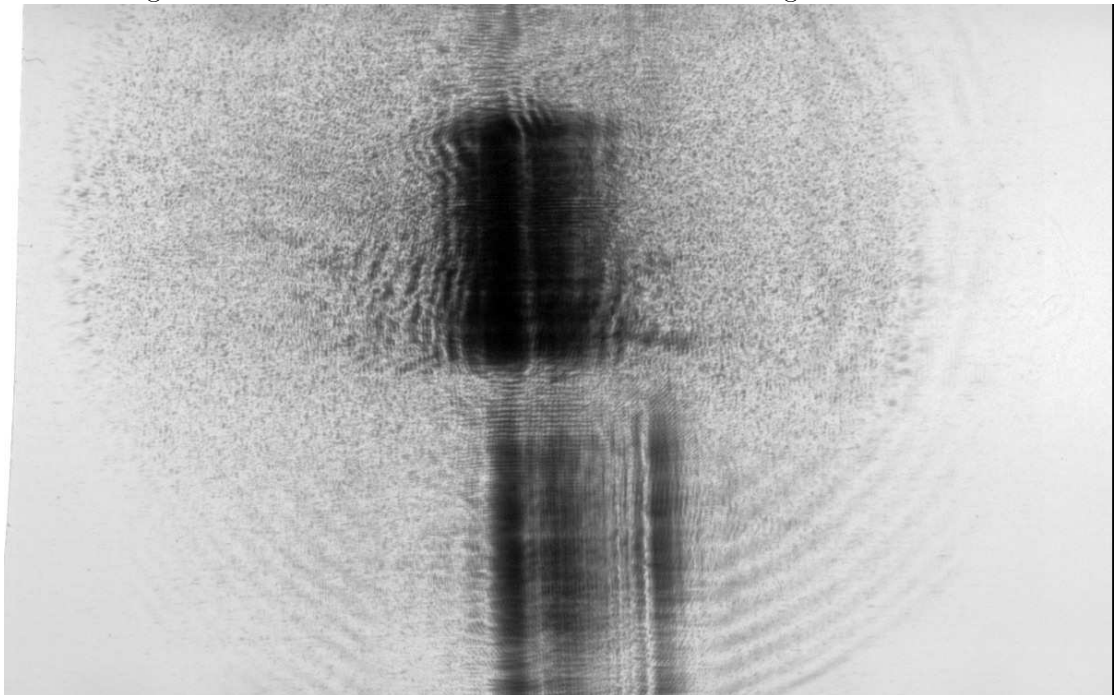


Abbildung 9: Foto von der Minimumstrahlkennzeichnung bei para. Polarisation