

# VERSUCHSBERICHT ZU

## O2 - MIKROWELLEN

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a\_neuw01@wwu.de)  
Leonhard Segger (E-Mail: l\_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 11.06.2018  
betreut von  
Stephan Majert

17. Juni 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>3</b>
3.1	Beobachtungen und Datenanalyse . . . . .	3
3.1.1	Unsicherheiten . . . . .	3
3.1.2	Bestimmung des Quellflecks des Senders . . . . .	3
3.1.3	Bestimmung der Wellenlänge . . . . .	6
3.1.4	Bestimmung des Brechungsindex von PVC . . . . .	7
3.1.5	Frustierte Totalreflexion . . . . .	9
3.1.6	Bragg-Reflexion . . . . .	9
3.2	Diskussion . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>10</b>

# 1 Kurzfassung

## 2 Methoden

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beobachtungen und Datenanalyse

#### 3.1.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten wurden gemäß GUM ermittelt. Außerdem wurde für Unsicherheitsrechnungen die Python Bibliothek „uncertainties“ verwendet.

**Messleiste:** Die Unsicherheit der Messleiste wurde auf 0,2 cm abgeschätzt (dreieckige WDF).

**Maßband/Geodreieck:** Die Unsicherheit des Maßbands/Geodreiecks wurde mit 0,05 cm bemessen (dreieckige WDF).

**Winkelmessung:** Die Winkel wurden mit dem Auge anhand einer Skala abgelesen, wobei die Unsicherheit  $0,4^\circ$  beträgt. Beim Verstellen des Winkelmessarmes hat dieser jedoch viel Spielraum gehabt in dem sich der Winkelzeiger nicht verändert hat. Deshalb wurde für diese Messung die doppelte Unsicherheit gewählt.

**Multimeter:** Das Multimeter zeigte die Spannung mit 2 Nachkommastellen an. Da bei den Messungen die Anzeige der letzten Ziffer schwankte, wurde die Unsicherheit mit 0,03 V abgeschätzt (rechteckige WDF).

#### 3.1.2 Bestimmung des Quellflecks des Senders

Es wurde in vier verschiedenen Abständen zum Sender 11 orthogonal die Strahlung gemessen. Die gemessenen Strahlenprofile sind in Abb. 1 bis 4 dargestellt.

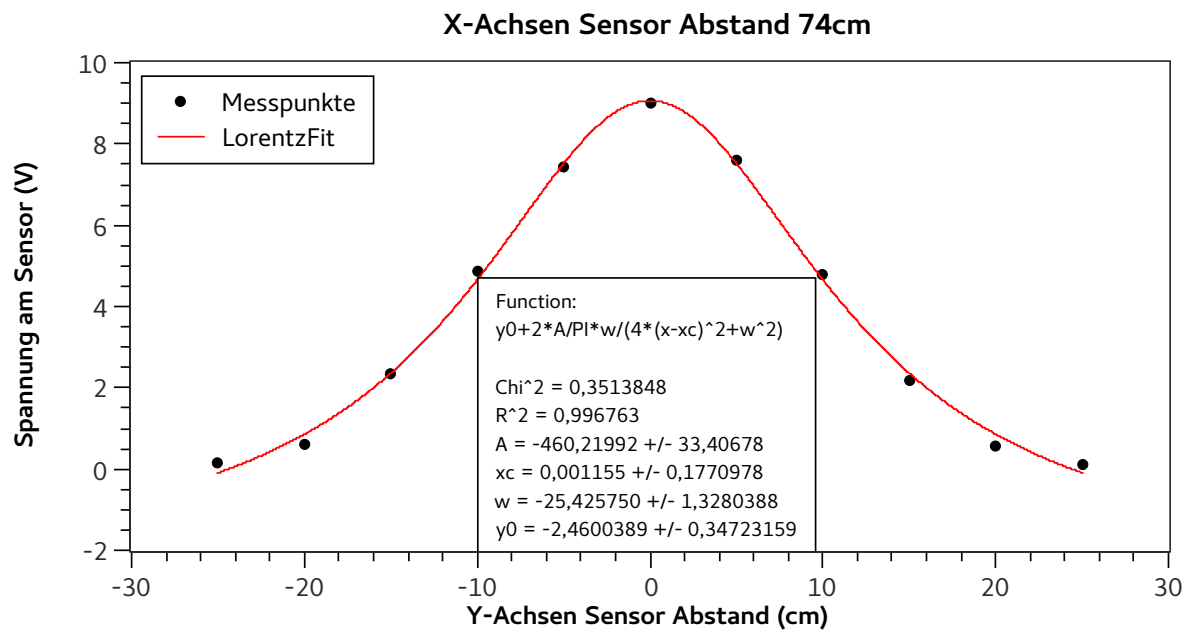


Abbildung 1: Strahlenprofil im Abstand von 74 cm. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

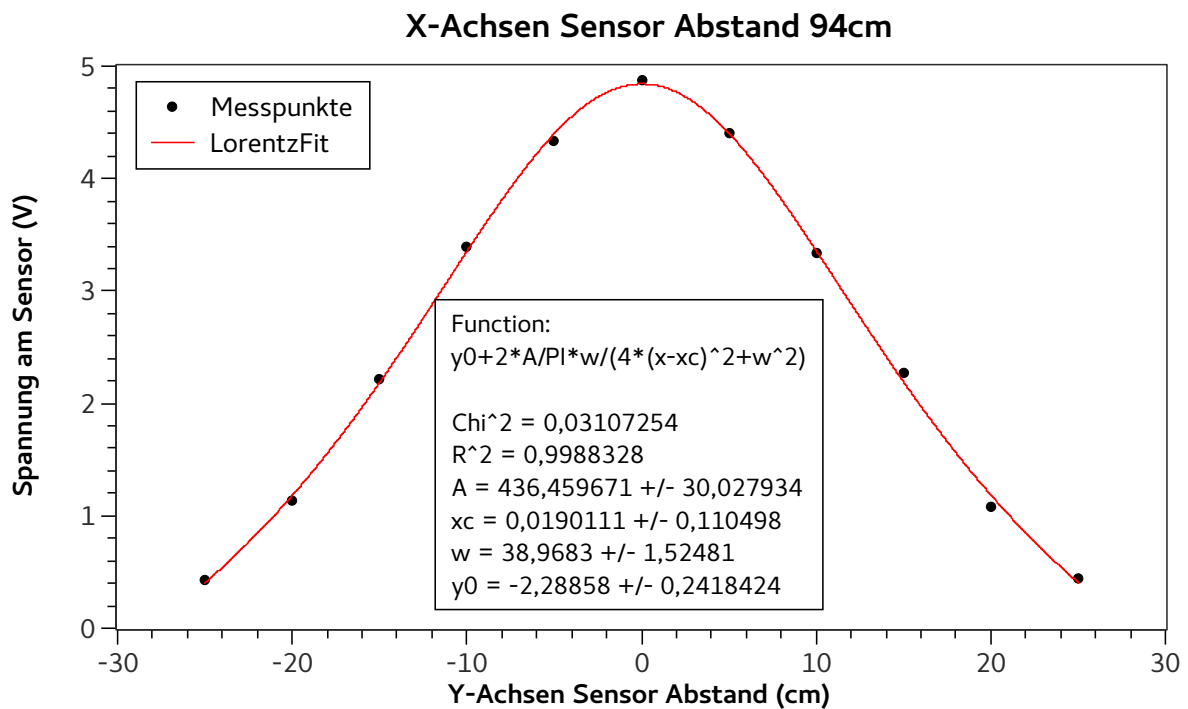


Abbildung 2: Strahlenprofil im Abstand von 94 cm. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

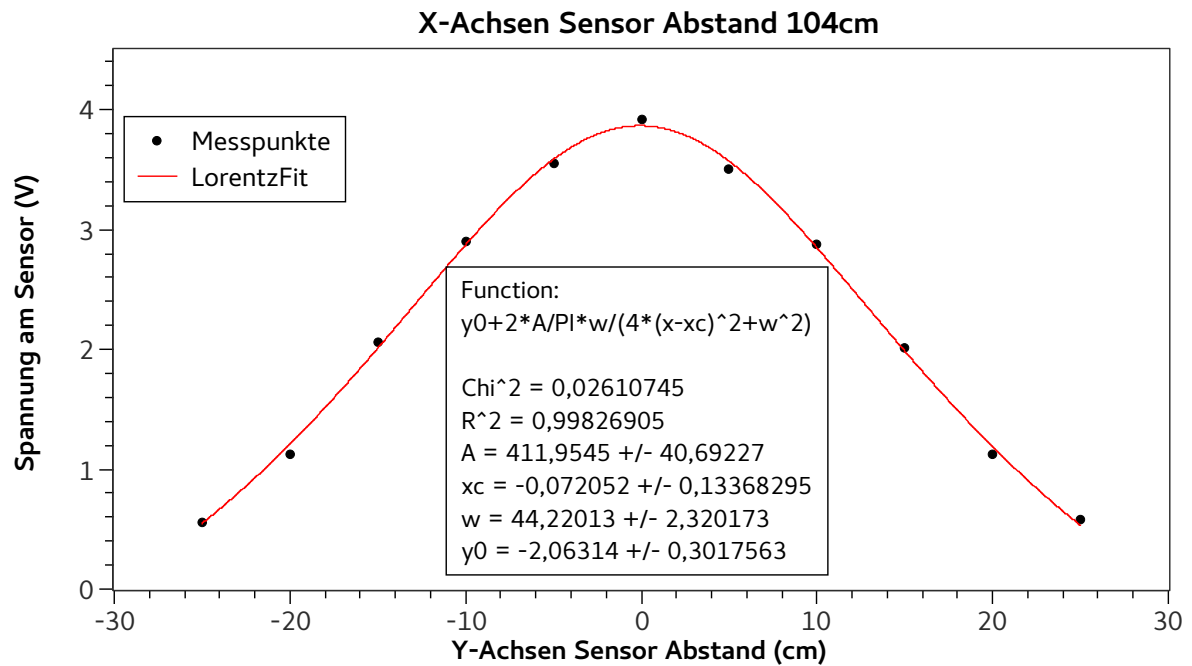


Abbildung 3: Strahlenprofil im Abstand von 104 cm. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

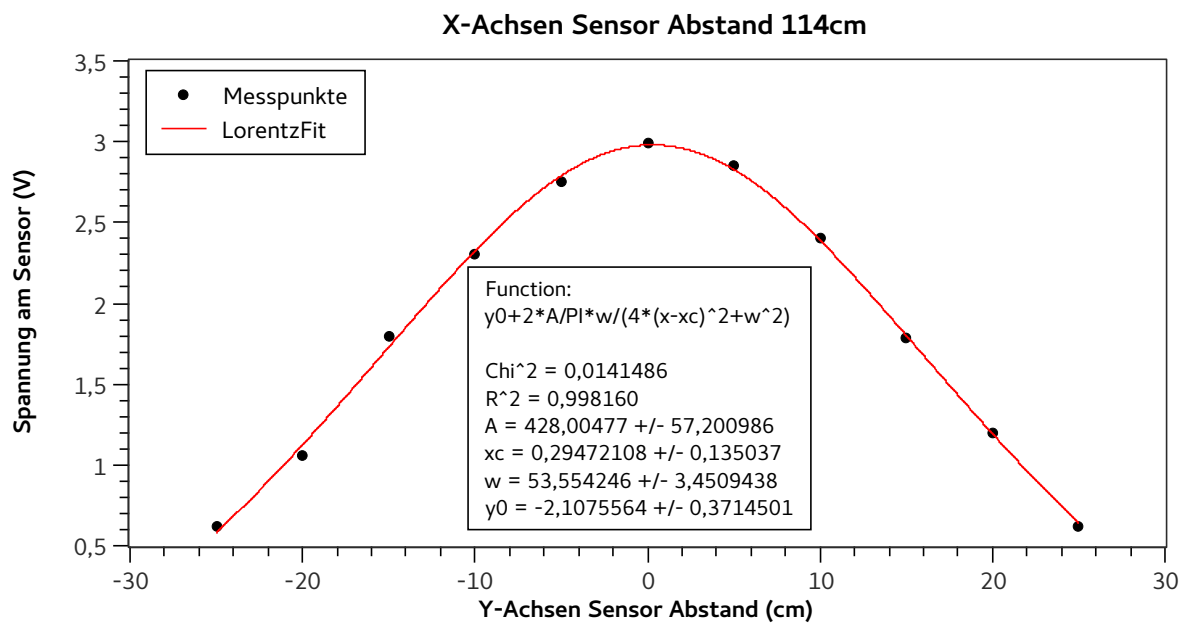


Abbildung 4: Strahlenprofil im Abstand von 114 cm. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

Um die Abweichung des Quellflecks des Senders zu dessen Position zu bestimmen,

wurde ein Lorentzkurven-Fit durchgeführt. Die resultierenden  $xc$  in den Graphen sind in Tabelle 1 aufgeführt:

Tabelle 1: Zur Strahlungsrichtung orthogonale Abweichung  $xc$  des Quellpunkts zum Sender.

Abstand Sender/Empfänger in cm	$xc$ in cm
74	$0,00 \pm 0,17$
94	$0,02 \pm 0,11$
104	$0,07 \pm 0,13$
114	$0,29 \pm 0,13$

Unter der Annahme, dass die Strahlung in der Tisebene als Kugelwelle genähert werden kann, nimmt die Intensität mit  $1/r^2$  ab. Deshalb wurde in Abb. 5 die Fitfunktion  $f(x) = a * (1/(x + b)^2)$  berechnet.  $b = (-20,55 \pm 1,95)$  cm ist die Verschiebung des Quellflecks zur Position des Senders, d.h. der Quellfleck befindet sich vor dem Sender.

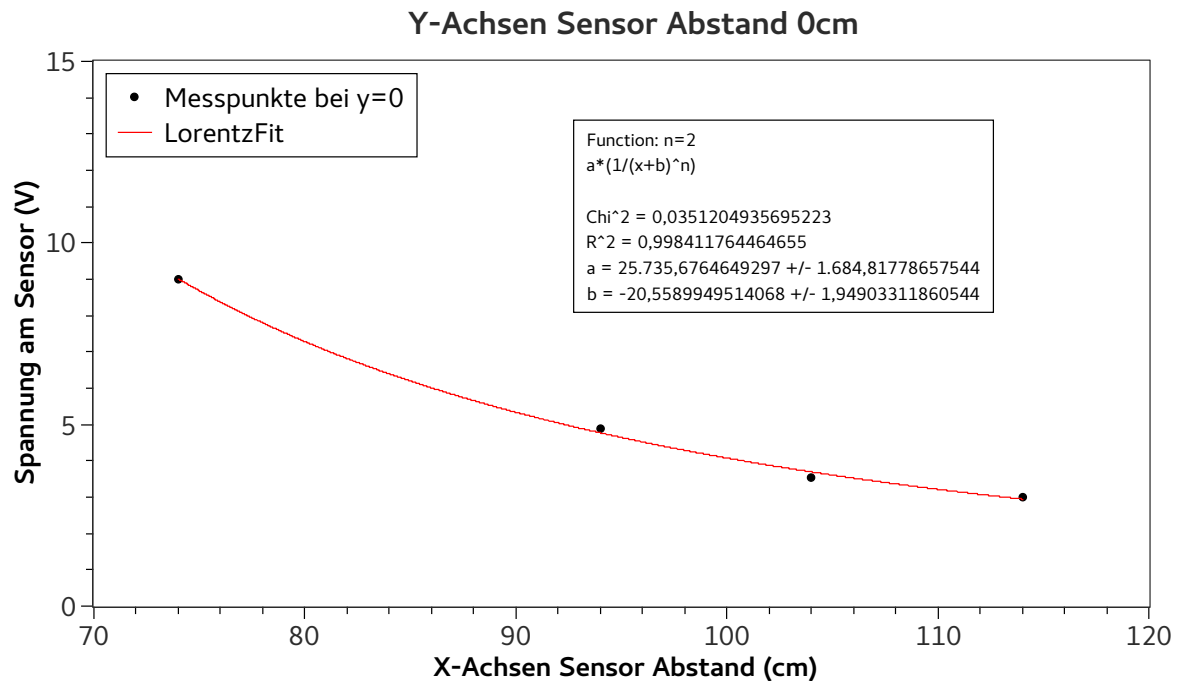


Abbildung 5: Die Maxima der Strahlenprofile sind gegen den Abstand des Sensors in X-Richtung aufgetragen. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

### 3.1.3 Bestimmung der Wellenlänge

Bei der bestmöglichen Auflösung der Knoten der stehenden Welle betrug die Spannung an den Minima (Knoten) noch 0,03 V. In Abb. 6 sind die Positionen der Minima aufgelistet. Die gemessenen Positionen der jeweiligen Strahlungsminima wurden linear

angeordnet. Die gemittelte halbe Wellenlänge ergibt sich aus dem Abstand des ersten zum letzten Minimum geteilt durch die Anzahl der Minima. So folgt:

$$\lambda = 2 \cdot \frac{(28,1 \pm 0,2) \text{ cm} + (12,4 \pm 0,2) \text{ cm}}{10} = (3,14 \pm 0,05) \text{ cm}. \quad (1)$$

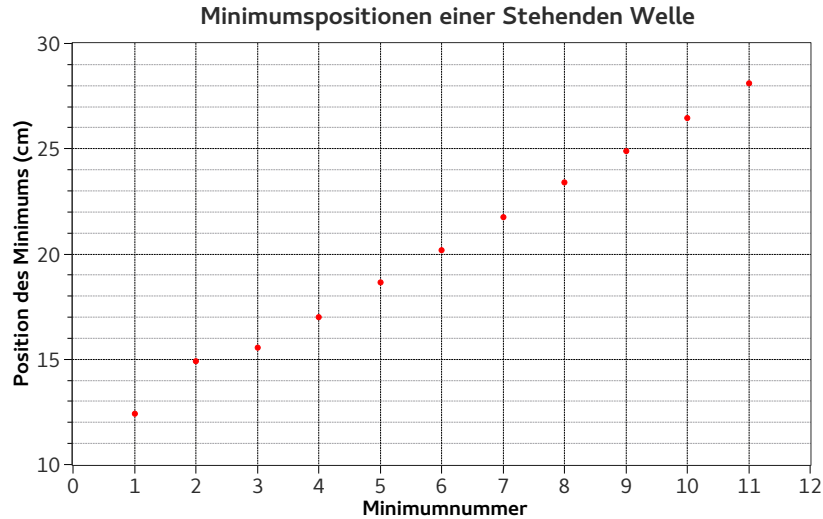


Abbildung 6: Hier sind die gemessenen Positionen der Knoten der stehenden Welle dargestellt. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbolgröße.

### 3.1.4 Bestimmung des Brechungsindex von PVC

Der Brechungsindex von PVC für Mikrowellen wurde auf zwei Arten bestimmt. Zuerst wurde die runden Seite des Halbzylinders in verschiedenen Winkeln bestrahlt und der Winkel des Maximums der transmittierten Strahlung gemessen. Die Messergebnisse sind in Abb. 7 aufgeführt. Das Snelliusschen Brechungsgesetz lautet:

$$n_i \cdot \sin(\vartheta_i) = n_t \cdot \sin(\vartheta_t) \quad (2)$$

Somit kann der Brechungsindex  $n_{\text{PVC}}$  mit

$$n_{\text{PVC}} = \frac{\sin(\beta)}{\sin(\alpha)} n_{\text{Luft}} \quad (3)$$

bestimmt werden. Da  $n_{\text{Luft}}$  ungefähr 1 ist, ist die Steigung des linearen Fits in Abb. 7 gleich  $n_{\text{PVC}} = 1,56 \pm 0,05$ .

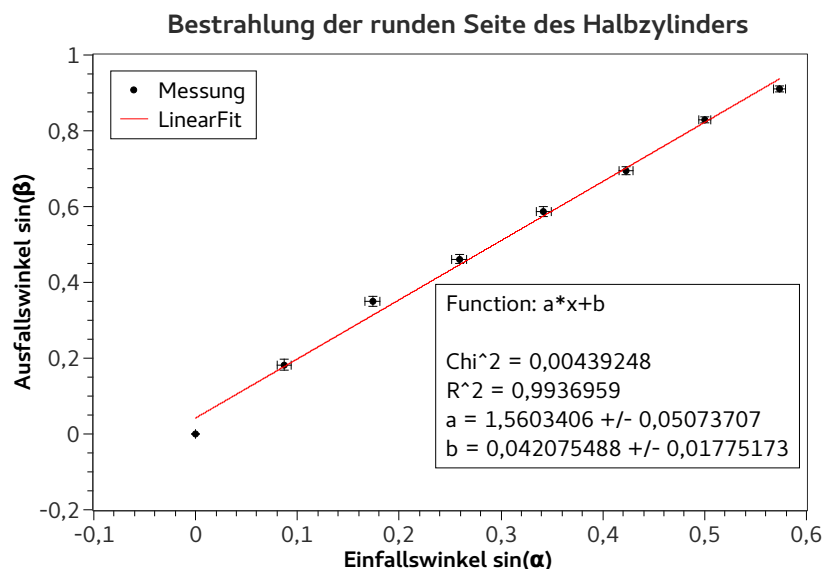


Abbildung 7: Der Sinus des Ausfallwinkels ist gegen den Sinus des Einfallwinkels beim Bestrahlen der runden Seite des Halbzylinders aus PVC aufgetragen.

Als zweite Messmethode wurde die flache Seite des Halbzylinders bestrahlt. Die Rechnung erfolgt analog zur vorherigen, jedoch ist das Verhältnis der Sinusse der Winkel invertiert. Das heißt, die Steigung ist der Kehrwert des Brechungsindex von PVC. Aus der Steigung  $a$  in Abb. 8 von  $0,634 \pm 0,020$  folgt  $n_{\text{PVC}} = 1,57 \pm 0,05$ .

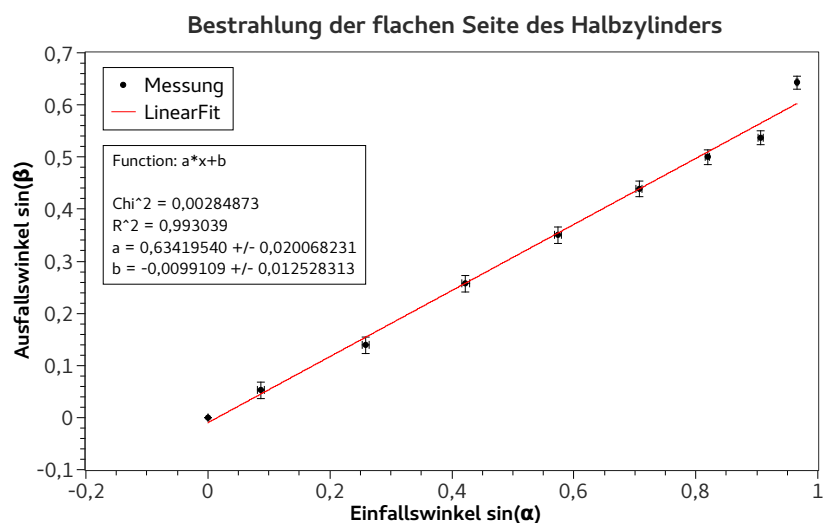


Abbildung 8: Der Sinus des Einfallswinkels  $\alpha$  ist gegen den Sinus des Ausfallwinkels  $\beta$ , beim Bestrahlen der flachen Seite des Halbzylinders aus PVC, aufgetragen.



### 3.1.5 Frustrierte Totalreflexion

Es wurde die Intensität der transmittierten Strahlung als Funktion der Lückenbreite gemessen und in Abb. 9 abgebildet.

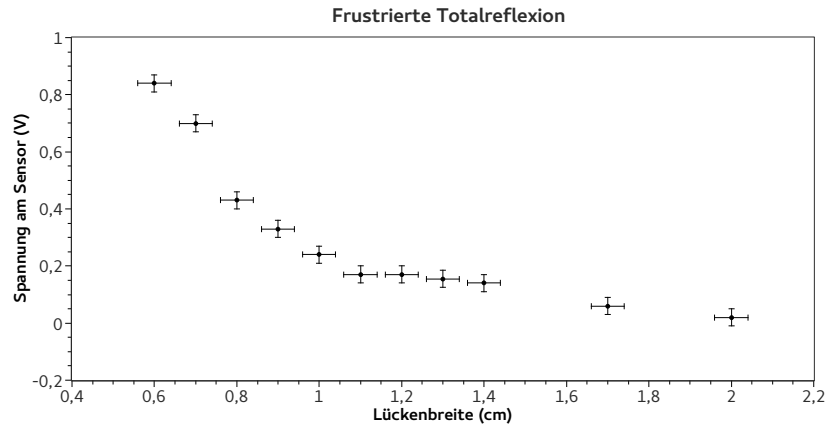


Abbildung 9: Gemessene Intensität der transmittierten Strahlung nach zwei Halbzylindern bei variiertem Lückenabstand.

### 3.1.6 Bragg-Reflexion

Die Braggsche Reflexionsbedingung lautet:

$$2d \sin(\alpha) = n\lambda \quad (4)$$

Wobei  $n = 1, 2, \dots$  ist. In Abb. 10 wird die Reflexion bei einem Winkel von  $(55,0 \pm 0,1)^\circ$  maximal. Folglich ist

$$\frac{\lambda}{2\sin(\alpha)} = (1,93 \pm 0,06) \text{ cm.}$$

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass für kleinere  $\alpha$  ein Maximum vorhanden wäre. Deshalb ist eine Bestimmung der Gitterkonstante nicht möglich. Beim direkten Messen der Abstände der Kugeln im Schaumstoff ergab sich ein Abstand von  $(3,875 \pm 0,200) \text{ cm}$ , woraus ersichtlich ist, dass das Maximum bei  $55^\circ$  dem bei  $n = 2$  entspricht.

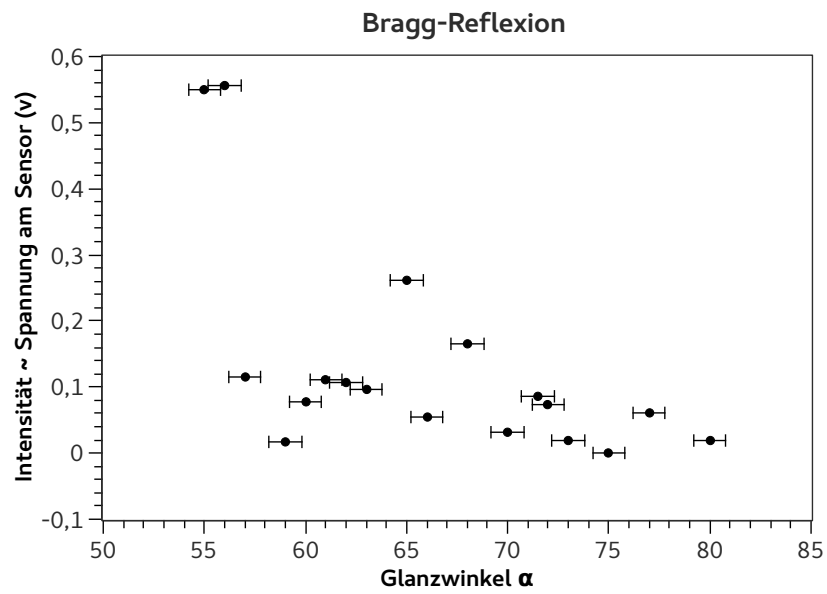


Abbildung 10: Gemessene Intensität der Reflexionsstrahlung im Ausfallswinkel  $2\alpha$  bei einem Einfallswinkel von  $\alpha$ .

### 3.2 Diskussion

## 4 Schlussfolgerung