

Durchführung: 8.11.2019  
Abgabe: XX.XX.2019

---

# PRAKTIKUMSPROTOKOLL V44

## RÖNTGENREFLEKTOMETRIE

Anneke Reinold<sup>1</sup>,  
Paul-Simon Blumenkamp<sup>2</sup>

---

---

<sup>1</sup>anneke.reinold@tu-dortmund.de

<sup>2</sup>paul-simon.blumenkamp@tu-dortmund.de

## 1 Einleitung

## 2 Theorie

## 3 Durchführung

## 4 Auswertung

Zur Bestimmung der Parameter der Probe ist es zunächst notwendig den Geometriefaktor  $G$ :

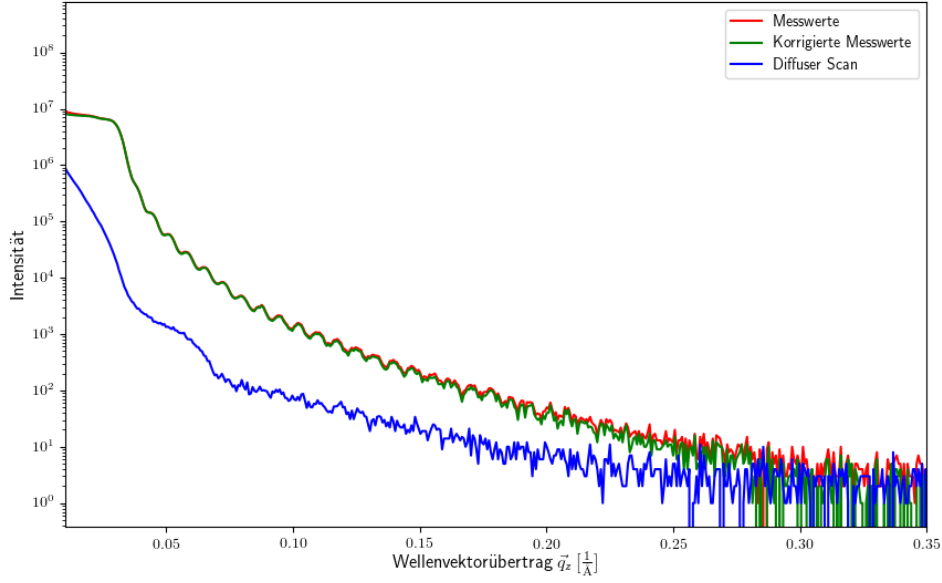
$$G = \begin{cases} \frac{D \sin(\alpha_i)}{d_0} & \alpha_i < \alpha_g \\ 1 & \alpha_i \geq \alpha_g \end{cases} \quad (1)$$

zu Berechnen. Hierbei ist  $\alpha_i$  der Einfallswinkel der Strahlung auf die Probe,  $\alpha_g$  der Geometriewinkel

$$\alpha_g = \arcsin\left(\frac{d_0}{D}\right) \quad (2)$$

$D = 2 \text{ cm}$  ist der Probendurchmesser und  $d_0 = 0,2 \text{ mm}$  die Höhe des Strahls. Der Geometriewinkel wird während des Justierens bestimmt und ist in diesem Fall  $\alpha_g = 0.5717^\circ$ . Durch Teilen der Messwerte durch den Geometriefaktor wird berücksichtigt, dass erst ab ausreichend großen Winkeln der gesamte Strahl die Probe trifft. Messwerte für sehr flache Winkel werden ausgelassen, da hierbei die Strahlung noch direkt in den Detektor treffen kann.

Zur Aufbereitung der Daten werden außerdem die Messdaten der Diffusionsmessung von denen der direkten Reflektionsmessung abgezogen. Zum Darstellen der aufgenommenen Messwerte werden die aufgenommenen Daten gegen den Wellenvektorübertrag  $q_z = \frac{4\pi}{\lambda} \sin(\alpha_i)$  aufgetragen. Hierbei ist  $\lambda$  die Strahlungswellenlänge von  $1,54 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ . Die Ergebnisse sind in Abb.1 zu sehen.



**Abbildung 1:** Reflektivitätsscan aufgetragen gegen den Wellenvektor

#### 4.1 Bestimmung der Probenparameter

Zur Bestimmung der Probenparameter wird der Parrat-Algorithmus genutzt um eine Theoriekurve an die korrigierten Messwerte anzupassen. Die Schichtdicke  $d$  lässt sich gemäß:

$$d = \frac{2\pi}{\Delta q_z} \quad (3)$$

bestimmen, indem die Periodendauer zwischen zwei Maxima vermessen wird. Durch die Lage des kritischen Winkels der Totalreflexion lässt sich danach der Brechungsindex des Substrates bestimmen. Die restlichen Parameter werden solange variiert bis eine optimale Anpassung an die Messwerte erreicht wird. Hier ergibt sich für die Parameter damit:

$$\text{Brechungsindex Luft} \quad n_{\text{Luft}} = 1 \quad (4)$$

$$\text{Brechungsindex Schicht} \quad n_{\text{Schicht}} = (1 - 1.2) \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

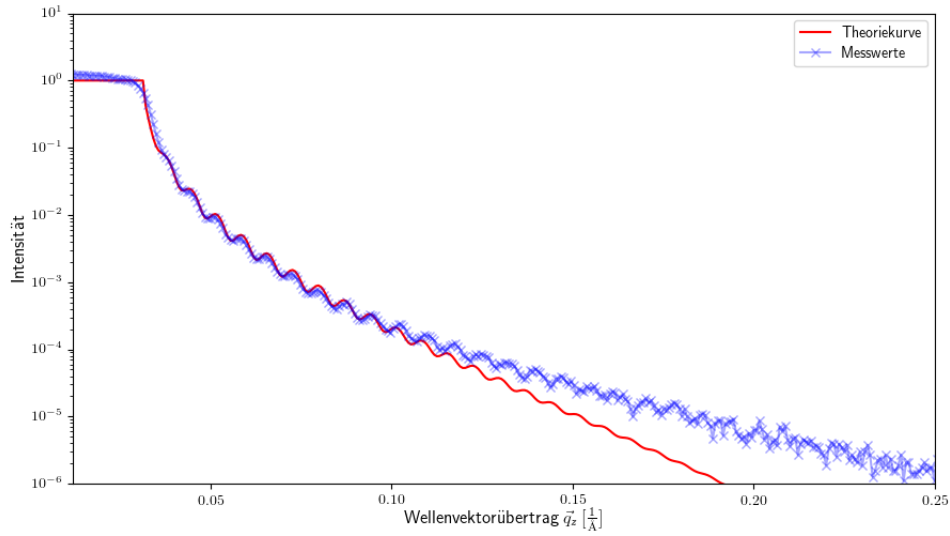
$$\text{Brechungsindex Substrat} \quad n_{\text{Substrat}} = (1 - 7.4) \cdot 10^{-6} \quad (6)$$

$$\text{Rauigkeit Schicht} \quad \sigma_{\text{Schicht}} = (15.5) \cdot 10^{-10} \quad (7)$$

$$\text{Rauigkeit Substrat} \quad \sigma_{\text{Substrat}} = (9.8) \cdot 10^{-10} \quad (8)$$

$$\text{Schichtdicke} \quad z = 873 \text{ angstrom} \quad (9)$$

Die Kurve der korrigierten und normierten Messwerte sowie die des Parrat-Algorithmus sind in Abb.2 dargestellt.



**Abbildung 2:** Kurve des Parrat-Algorithmus angepasst an die Messwerte

## 5 Diskussion

Ein Vergleich der bestimmten Werte für Dispersion mit Literaturwerten zeigt für das Polystyrol eine Abweichung von 65% vom Literaturwert ( $n_{\text{Schicht, Lit}} = 3,5 \cdot 10^{-6}$ [**anleitung**]) und für das Substrat eine Abweichung von 5% ( $n_{\text{Substrat, Lit}} = 7,6 \cdot 10^{-6}$ [**anleitung**]). Es fällt auf, dass die Abweichungen sich sehr stark voneinander unterscheiden, was durch die manuelle Anpassung verursacht sein könnte.

Für die anderen bestimmten Parameter stehen keine Literaturerte zur Verfügung, weswegen kein Vergleich stattfinden kann. Die im Vergleich zum Substrat deutlich größere Rauigkeit der Schicht scheint aber beim Alter und optischen Zustand der Probe plausibel.