

Lichtstreuung (STR)

Manuel Staebel – 2236632 / Michael Wack 2234088

1 Versuchsdurchführung und Aufgaben

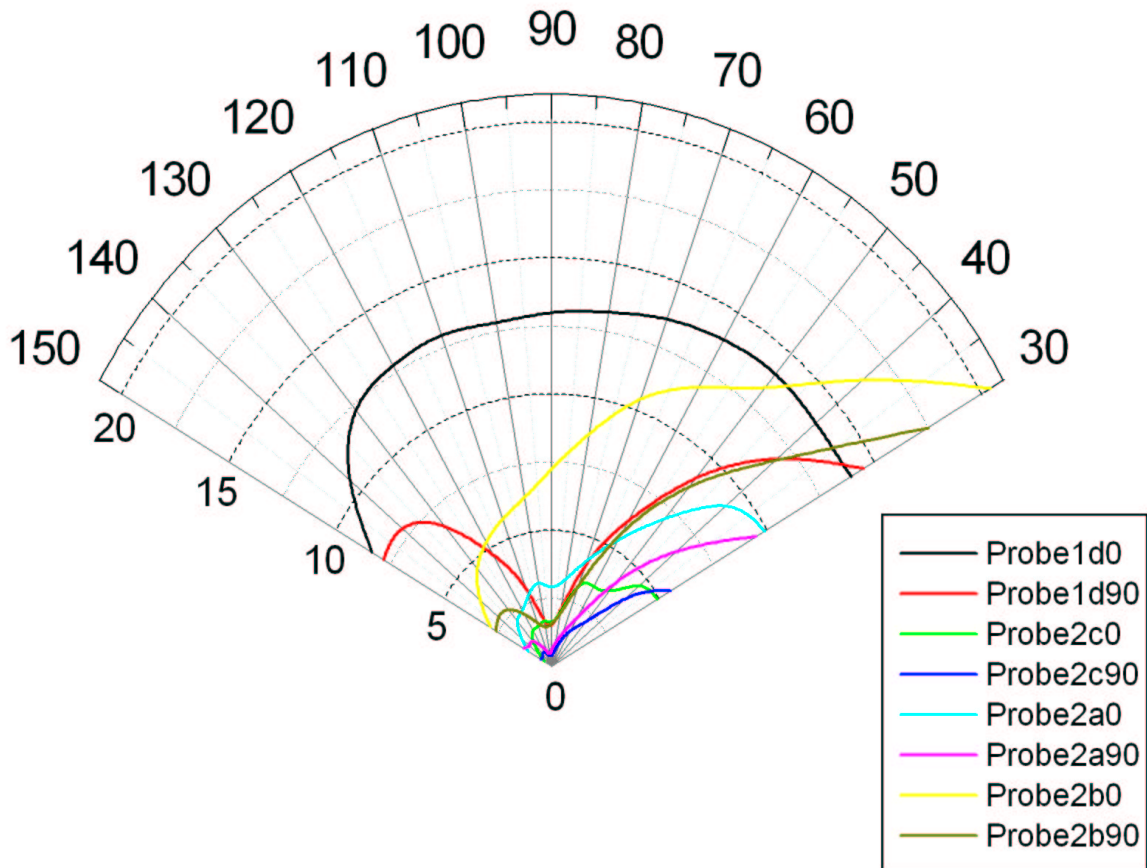
1.1 Messung der Lichtintensität in Abhängigkeit des Streuwinkels

Es wurde für die Proben *0b*, *1d*, *2c*, *2a* und *2b* die Intensität des gestreuten Lichts unter Streuwinkeln von 30° bis 150° für jeweils parallel und horizontal polarisiertes Licht bestimmt. Die Kathodenspannung des Photomultipliers war bei allen Messungen auf 1200V eingestellt. Probe *0b* diente als Leerprobe um den Streuuntergrund zu ermitteln. In folgender Tabelle sind die unkorrigierten Messwerte aufgeführt. Die Werte haben die Dimension μA .

Winkel	0b \perp	0b \parallel	1d \perp	1d \parallel	2c \perp	2c \parallel	2a \perp	2a \parallel	2b \perp	2b \parallel
30	1,60	1,50	15,5	16,0	6,50	7,00	11,5	11,0	22,0	19,0
40	1,40	1,20	15,3	13,3	6,25	5,50	11,0	8,00	18,0	13,0
50	0,85	0,60	15,0	10,0	4,25	2,60	8,00	5,00	14,0	9,50
60	0,60	0,45	14,5	6,75	4,00	2,00	6,00	2,50	12,5	6,50
70	0,35	0,23	14,0	4,50	3,75	1,20	4,50	1,50	11,0	3,50
80	0,30	0,15	13,5	2,25	2,25	0,65	3,50	1,00	9,00	2,00
90	0,25	0,15	13,3	1,50	1,75	0,50	3,00	0,75	7,50	1,70
100	0,25	0,13	13,0	1,75	2,00	0,50	3,50	0,50	6,50	1,50
110	0,23	0,10	13,3	3,50	1,75	0,55	3,00	0,75	6,00	1,80
120	0,20	0,15	13,0	5,00	1,75	0,75	2,50	1,00	5,50	2,40
130	0,25	0,20	12,8	7,25	1,50	0,80	2,50	1,50	5,00	3,00
140	0,40	0,40	11,3	8,50	1,00	0,85	2,00	1,50	4,25	3,25
150	0,65	0,70	9,00	8,50	1,00	1,20	1,75	2,00	3,50	3,25

1.2 Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Messwerte aus 1.1 wurden um den Streuuntergrund korrigiert und in folgendes Polardiagramm eingetragen. Dabei steht die Bezeichnung *Probe1d0* für die Messung der Probe1 bei senkrecht polarisiertem Licht. *Probe1d90* entsprechend für die gleiche Messung bei parallel polarisiertem Licht.



zu a)

im Diagramm erkennt man an der Messreihe 1d \perp (schwarzer Graph) die weitestgehende Winkelunabhängigkeit der Rayleigh-Streuung, falls der Polarisationsvektor senkrecht auf der Beobachtungsebene steht (Gleichung (2) in der Angabe). Lediglich bei Winkeln $> 130^\circ$ kommt es zu einer Änderung der Intensität. Dies ist offensichtlich auf einen systematischen Fehler im Versuchsaufbau (z.B. Streuung an den Wänden der Plexiglasgefäße der Proben) zurückzuführen, da dies bei allen anderen Messreihen ebenfalls zu beobachten ist. Der rote Graph (1d \parallel) belegt die starke Winkelabhängigkeit von Gleichung (3). Insbesondere ist die beobachtete Intensität bei $\theta=0$ Null, da in diesem Fall der Kosinus in Gleichung (3) den Wert Null annimmt. Im Polardiagramm wird ebenfalls die Bevorzugung der Vorwärtsrichtung bei der Mie-Streuung der Proben 2a, 2b und 2c deutlich sichtbar.

zu b)

Berechnung des Asymmetriefaktors sowie der Teilchengröße. Da wir, um genauere Ergebnisse zu erhalten, die Messungen in 10° Abständen und nicht, wie in der Versuchsanleitung angegeben, in 15° Schritten durchgeführt haben, standen uns zur Berechnung leider keine exakten Messwerte zur Verfügung. Deshalb wurden die benötigten Intensitäten aus dem Diagramm ermittelt. Der dadurch verursachte Fehler dürfte kaum ins Gewicht fallen, da die Graphen in den kleinen Intervallen $[40^\circ, 50^\circ]$ und $[130^\circ, 140^\circ]$ als nahezu linear angesehen werden können. Zur Berechnung der Teilchengröße benötigt man die Wellenlänge des Lasers im Wasser. Diese ergibt sich zu: $\lambda_w = \lambda_0 / n_w = 632,8 \text{ nm} / 1,33 = 475,8 \text{ nm}$. Dadurch ergeben sich für die verschiedenen Proben folgende Werte:

Bezeichnung	Formel	Probe 1d	Probe 2c	Probe 2a	Probe 2b
Asymmetriefaktor x	$x_i = \frac{S_{i\perp}(45^\circ)}{S_{i\perp}(135^\circ)}$	1,2	2,7	3,9	2,1
Teilchengröße D [D/λ_w] aus Tabelle	$[\frac{D}{\lambda_w}] \cdot \lambda_w$	$0,18 \cdot 475,8 \text{ nm} = 85,6 \text{ nm}$	$0,40 \cdot 475,8 \text{ nm} = 190 \text{ nm}$	$0,46 \cdot 475,8 \text{ nm} = 219 \text{ nm}$	$0,35 \cdot 475,8 \text{ nm} = 167 \text{ nm}$

zu c)

Leider stand uns keine Probe mit der Nummer 3 zur Verfügung. Deshalb konnten die Auswirkungen der Teilchenkonzentration auf den Asymmetriefaktor nicht untersucht werden.

zu d)

Der Polarisationsgrad ergibt sich zu:

$$P(\theta = 90^\circ) = \frac{S_{i\perp} - S_{i\parallel}}{S_{i\perp} + S_{i\parallel}} \text{ (natürlich mit den um den Streuuntergrund korrigierten Werten)}$$

Konkret ergeben sich folgende Werte:

Probe 1d	Probe 2c	Probe 2a	Probe 2b
$\frac{13,05 - 1,35}{13,05 + 1,35} = 0,813$	$\frac{1,5 - 0,35}{1,5 + 0,35} = 0,622$	$\frac{2,75 - 0,60}{2,75 + 0,60} = 0,642$	$\frac{7,25 - 1,55}{7,25 + 1,55} = 0,648$

Um zu zeigen, dass das primäre Laserlicht vollständig polarisiert ist, wurde die Streuintensität von Probe 1 unter einem Winkel von 20° bei einer Polarisatorstellung von ±45° aufgenommen. Das Ergebnis bestätigte obige Behauptung: Bei der Polarisatorstellung von +45° sank die Intensität auf 0; bei -45° erreichte sie bei 33 μ A ihren Maximalwert.

2 Fragen

2.1 Warum ist die Streuintensität Null, wenn die Polarisation des einfallenden Lichtes und die Beobachtungsrichtung parallel zueinander sind?

Sind Beobachtungsrichtung und Polarisation parallel zueinander, so bedeutet dies, dass der Polarisationsvektor in der Beobachtungsebene liegt und es gilt Formel (3): $S_{\parallel} = A \cdot J_{\parallel} \cdot \sin^2 \delta$. Für $\delta = 0$ ergibt sich der Sinus und damit S_{\parallel} zu 0.

2.2 Warum ist der experimentell ermittelte Polarisationsgrad für $\theta=90^\circ$ nicht genau 1?

Die realen Teilchen, an denen gestreut wird, entsprechen nicht der Modellvorstellung von punktförmigen Körpern, da sie eine endliche Ausdehnung besitzen. Dadurch ist es unwahrscheinlich, dass der Einfallswinkel genau 90° beträgt. Außerdem besteht dadurch die Möglichkeit, dass das Licht an mehreren Teilchen hintereinander gestreut wird. Diese Faktoren reduzieren den Polarisationsgrad.

2.3 Bei der Bestimmung des Teilchendurchmessers ergeben sich etwas zu kleine Werte. Der Unterschied wird jedoch kleiner, wenn man die Konzentration der Teilchen verringert. Erklärung?

Umso höher die Teilchendichte ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass oben genannte Mehrfachstreuungen auftreten. Durch diese verkleinert sich der Asymmetriefaktor und somit auch die berechnete Teilchengröße.

2.4 Wie könnte man die $1/\lambda^4$ -Abhängigkeit der Rayleighstreuung experimentell überprüfen?

Dazu müsste man die Lichtwellenlänge λ verändern können. Dies lässt sich z.B. durch die Verwendung von verschieden farbigen Lasern erreichen. Dann könnte man die Intensität unter einem bestimmten Winkel bei verschiedenen Wellenlängen bestimmen und damit die $1/\lambda^4$ -Abhängigkeit zeigen.

2.5 Kann der Versuch auch mit einer anderen Lichtquelle anstatt des Lasers durchgeführt werden?

Ja, falls diese Lichtquelle die folgenden, für den Versuch nötigen, Voraussetzungen erfüllt:

- eine feste Wellenlänge (monochromatisch)
- hohe Intensität, damit das Streulicht noch eine messbare Intensität aufweist
- vollständig polarisiert
- in der Streuprobe fokussiert

Mit einer Kohlenbogenlampe mit geeignetem Linsensystem zur Fokussierung könnte dies gelingen.

2.6 Auf welchen Vorgängen beruht die Blaufärbung unseres Himmels? Wie lässt sich Morgen- bzw. Abendrot verstehen? Sind hier Streuung oder Brechung wesentlich?

Durch Streuung in der Atmosphäre wird das kurzwellige Licht durch $1/\lambda^4$ -Abhängigkeit intensiviert. Deshalb erscheint der Himmel blau. Abend- und Morgenrot sind auf die unterschiedlich starke Brechung verschiedener Wellenlängen zurückzuführen. Hier wird der blaue Anteil sozusagen unter den Horizont „weggebrochen“ und der rote Anteil bleibt übrig.