

Physik-Praktikum:STR

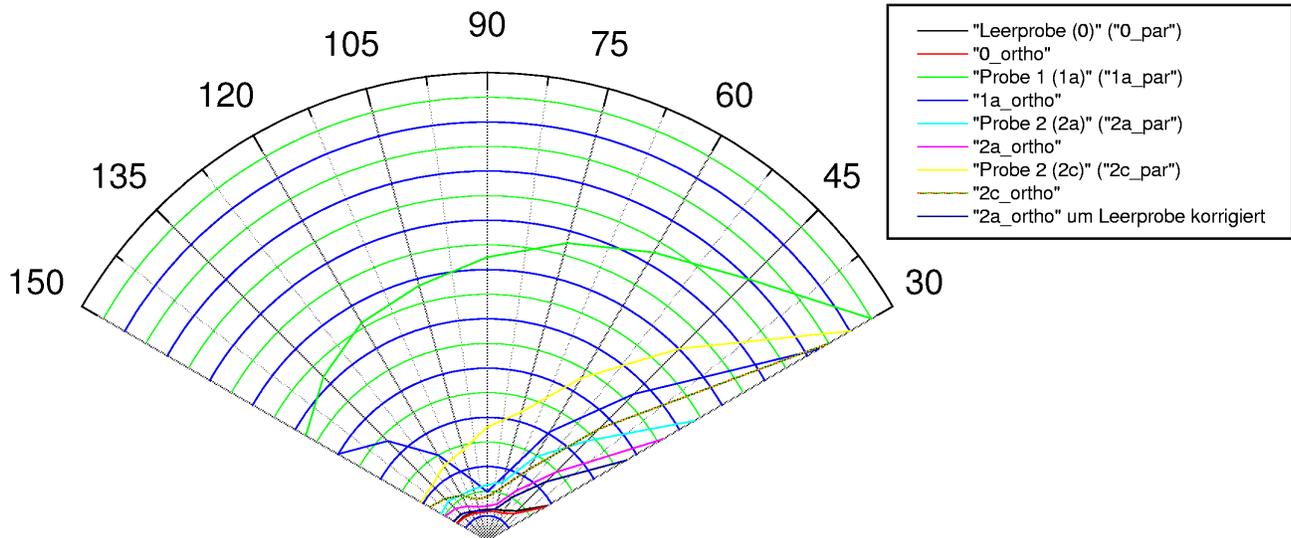
Auswertung

Messergebnisse

(Messergebnisse in μA)

Winkel [°]	Leerprobe(0)		Probe1(1a)		Probe2(2a)		Probe2(2c)	
	0_par	0_ortho	1a_par	1a_ortho	2a_par	2a_ortho	2c_par	2c_ortho
30	1,8	1,7	17	14,5	8,7	7,2	16	15
45	0,69	0,54	14	7,4	4,7	2,9	10	5,4
60	0,39	0,28	12,5	4,1	2,9	1,3	6,6	2,3
75	0,29	0,21	11,5	1,75	1,45	0,53	4,4	1,2
90	0,25	0,17	10,5	0,97	1,25	0,39	3,6	0,76
105	0,27	0,17	9,7	1,6	1,15	0,41	2,8	0,73
120	0,28	0,24	9,2	3,0	1,13	0,59	2,5	1,1
135	0,36	0,32	8,4	4,7	1,25	0,82	2,15	1,4
150	0,42	0,40	7,5	6,0	1,15	0,96	2,1	1,7

Graphische Auswertung



Interpretation der Versuchsergebnisse

Zunächst fällt auf, dass die Rayleighstreuung (Probe 1a) bei senkrechter Polarisation unserer Messung zufolge überhaupt nicht winkelunabhängig ist, sondern bei 90° einen deutlichen Knick aufweist, während bei paralleler Polarisation die Streuung weitgehend winkelunabhängig ist – das sollte genau anders herum sein; offenbar haben wir die Polarisationsrichtung am Versuchsaufbau systematisch falsch abgelesen. Anders herum stimmen die Ergebnisse nämlich wesentlich besser mit der Theorie überein, daher betrachten wir unsere Messergebnisse im Folgenden mit vertauschter Polarisationsrichtung.

Rayleighstreuung (Probe 1a): Bei senkrechter Polarisationsrichtung gegenüber der Beobachtungsrichtung ist die Rayleighstreuung nur in erster Näherung winkelunabhängig. Aber beim Vergleich mit der Leerprobe stellt man fest, dass offenbar ein systematischer Fehler vorhanden ist, durch den die Intensität bei kleinen Winkeln größer ist. Bei paralleler Polarisation ist eine deutliche Winkelabhängigkeit zu erkennen.

Mie-Streuung (Probe 2a und 2c): Im Vergleich mit der Rayleighstreuung ist die deutliche Bevorzugung der Vorwärtsstreuung auffällig.

Berechnung der Teilchengröße

Laserwellenlänge im Wasser: $\lambda_w = \lambda_0 / n = 632,8 \text{ nm} / 1,33 = 475,8 \text{ nm}$.

	<i>Probe 1a</i>	<i>Probe 2a</i>	<i>Probe 2c</i>
Asymmetriefaktor $x = \frac{S_{i\perp}(45^\circ) - S_{o\perp}(45^\circ)}{S_{i\perp}(135^\circ) - S_{o\perp}(135^\circ)}$	1,7	4,5	5,2
Teilchengröße $D = (D/\lambda) \cdot \lambda_w [\text{nm}]$	$1,4 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$

Polarisationsgrad

$$P(\Theta = 90^\circ) = \frac{(S_{i\perp} - S_{o\perp}) - (S_{i\parallel} - S_{o\parallel})}{(S_{i\perp} - S_{o\perp}) + (S_{i\parallel} - S_{o\parallel})}$$

<i>Probe 1a</i>	<i>Probe 2a</i>	<i>Probe 2c</i>
0,86	0,64	0,7

Um zu zeigen, dass das primäre Laserlicht vollständig polarisiert ist, wurde die Streuintensität von Probe 1a unter einem Winkel von 20° bei einer Polarisatorstellung von $\pm 45^\circ$ aufgenommen.

Ergebnis: Bei der Polarisatorstellung von -45° sank die Intensität auf 0,11 μA , bei $+45^\circ$ erreichte sie bei 27,5 μA ihren Maximalwert.

Fragen

Warum ist die Streuintensität Null, wenn Polarisations- und 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.

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

Erstens ist die Mehrfachstreuung ein Problem, zweitens erreicht auch Fremdlicht (u.a. von den Lampen zur Beleuchtung der Ampèremeter, diffus reflektiert von der Umgebung) den Detektor. Schließlich

sind auch die Teilchen in der Flüssigkeit nicht punktförmig, sondern haben eine endlich kleine Ausdehnung, sodass der Einfallswinkel nicht immer genau 90° ist.

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

Das Problem ist die Mehrfachstreuung, deren Häufigkeit sich bei geringerer Konzentration verringert. Mehrfachstreuung bedeutet: Bereits gestreutes Licht wird noch einmal gestreut, d.h. die Streuwinkel addieren sich, große Streuwinkel kommen häufiger vor. Man erhält für den Asymmetriefaktor daher einen zu geringen Wert, und somit auch für die Teilchengröße.

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

Indem man den Versuch mit verschiedenfarbigen Lichtquellen bekannter Wellenlänge durchführt. Wichtig dabei ist allerdings, dass die Intensität der Lichtquellen bekannt ist, damit sie untereinander vergleichbar sind.

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

Die Streuung ist nur von der Wellenlänge abhängig, d.h. man könnte jede beliebige monochromatische polarisierte Lichtquelle verwenden. Weil die Wellenlänge allerdings in vierter Potenz eingeht, muss der Filter möglichst exakt sein. Weil man einen dünnen Lichtstrahl benötigt, aber gleichzeitig eine gewisse Intensität des gestreuten Lichts benötigt, muss die Lichtquelle eine möglichst große Intensität haben. Deshalb ist ein Laser ideal.

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

Da die Streuung von $1/\lambda^4$ abhängig ist, wird blaues Licht wegen seiner geringeren Wellenlänge stärker gestreut als rotes Licht. Der rote Anteil des Sonnenlichts erreicht den Betrachter also auf direkterem Weg, während der blaue Anteil in alle Richtungen gestreut wird und den Betrachter dann auf verschiedenen Wegen erreicht: der Himmel sieht blau aus, weil das gestreute blaue Licht aus allen Richtungen zum Betrachter kommt.

Bei Morgen- und Abendrot kommt außerdem die Brechung zum Zug: rotes Licht wird in den in der Luft enthaltenen Wassertröpfchen schwächer gebrochen als blaues Licht (vgl. Regenbogen: der rote Bogen hat eine geringere Krümmung als der blaue Bogen); vom das Sonnenlicht, das in einem flachen Winkel in die Atmosphäre eintritt und somit einen langen Weg durch die Luft zurücklegen muss, wird somit der blaue Anteil „weggebrochen“, nur der rote Anteil erreicht den Betrachter. Daher ist das Abend-/Morgenrot besonders intensiv, wenn viele Wassertröpfchen in der Luft sind (das ist der Fall bei feuchter Luft und bei verschmutzter Luft, wenn die Schmutzteilchen als Kondensationskeime wirken). Genauso wirkt die Streuung; sie bewirkt, dass der blaue Lichtanteil stärker weggestreut wird, so dass nur noch der Rotanteil übrig bleibt; Fremdkörper wie Wassertröpfchen, Staubteilchen etc. streuen dabei noch wesentlich stärker als die Gasmoleküle der Luft.