

Experimentelle Übungen II

Versuchsprotokoll

Mikrowellen - Bauelemente und stehende Wellen in Koaxialkabeln

Nils Andreas Kulawiak, Anthony Lennard Pietz, Oliver Brune

Gruppe D-01

`n_kula01@uni-muenster.de`

`a_piet09@uni-muenster.de`

`o_brun02@uni-muenster.de`

8. April 2019

betreut von Johann Jersch

Inhaltsverzeichnis

1. Theorie	1
2. Übergang von Nah- zu Fernfeld	2
3. Fourierfilterung	3
3.1. Ergebnis	3
3.2. Fourier Schriftzug	3
3.3. Nenner eines Bruches entfernen	3
3.4. Tiefpassfilterung bei einem Quadratgitter	4
3.5. Hochpassfilterung einer Schraube	5
3.6. Dunkelfeldmethode	5
A. Anhang	9

1. Theorie

Um die Vorgänge an einem Gitter im Nah- bzw. Fernfeld zu beschreiben wird die skalare Beugungstheorie herangezogen. Dabei entsteht nach dem Huygenschen Prinzip Elementarwellen, welche kohärent sind. Diese interferieren konstruktiv oder destruktiv miteinander. Die Beobachtungen von Interferenz an einem Spalt können durch die Fresnel- und Fraunhofertheorie beschrieben werden. Abb. 1 zeigt die grafischen Verläufe. In der Nahzone

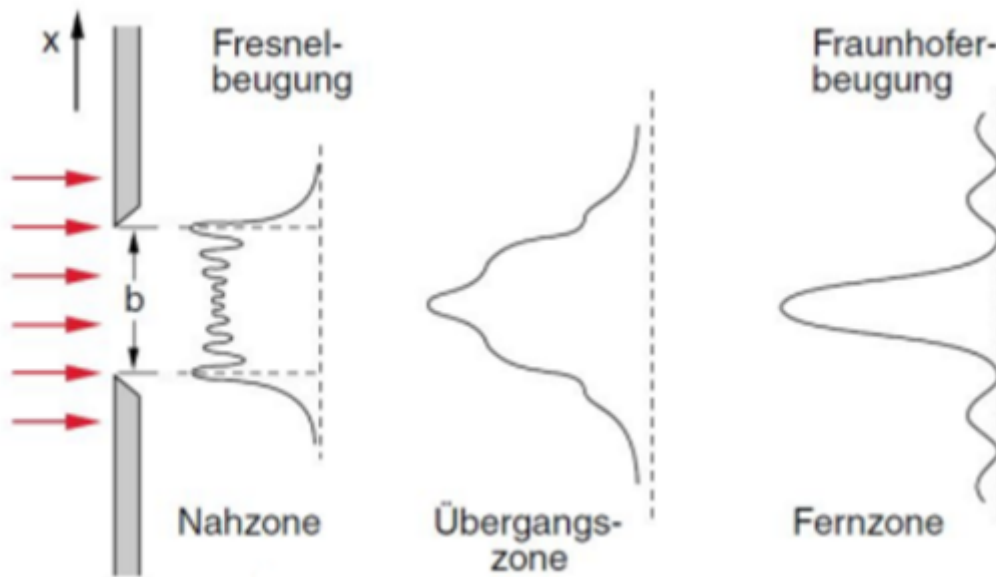


Abbildung 1: Fresnel- und Fraunhofer Näherung. Im Fernfeld kann die Fraunhofer Näherung angewandt werden, wohingegen im Nahfeld die Fresnel Näherung angewandt wird.

wird die Interferenz durch die Fresnel-Näherung beschrieben, wohingegen die Interferenz im Fernfeld über die Fraunhofer Näherung beschrieben wird. Die Fresnel-Näherung kann angenommen werden, wenn der Abstand der Lichtquelle zum Beugungsobjekt groß gegenüber der Ausdehnung des Beugungsobjektes (b) ist. Ist hingegen der Abstand vom Schirm zum Beugungsobjekt groß kann die Fraunhofer Näherung angewandt werden.

2. Übergang von Nah- zu Fernfeld

In diesem Versuchsteil wird das Beugungsbild eines Gitters in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Schirm und Gitter beobachtet. Dabei wird ein kollimierter Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $\lambda = 633\text{nm}$ auf einen Schirm gerichtet. Der Laserstrahl wird, um ihn zu kollimieren, auf zwei Linsen gerichtet. Die erste Linse weitet den Strahl auf und die zweite Linse fokussiert den Strahl wieder. Der Abstand der Linsen beträgt gerade die Summe der beiden Brennweiten der Linsen. Zwischen den beiden Linsen wird ein Gitter in den Strahlengang gesetzt, sodass das Gitter komplett beleuchtet wird. Mit diesem Aufbau kann nun das Beugungsbild bei unterschiedlichem Abstand zwischen Schirm und Gitter beobachtet werden. Abb. 2 zeigt den Verlauf der Beugungsbilder bei veränderlichem Abstand. Je größer der Abstand vom Schirm zum Gitter wird, desto kleiner wird der Abstand zwischen Gitter und Laser. Je näher sich das Gitter zum Laser bewegt, desto mehr wird sich das Fernfeld einstellen. In Abb. 2 kann in einem Abstand von 500mm bis

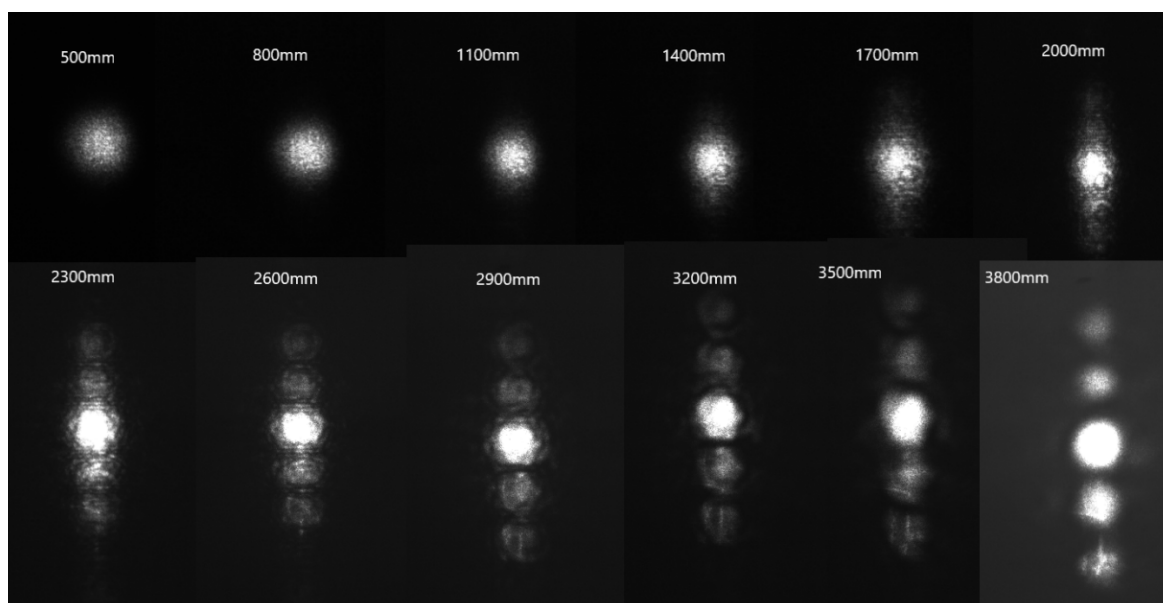


Abbildung 2: Es sind die Beugungsbilder in Abhängigkeit der Abstände zwischen Schirm und Gitter aufgetragen. Oben Links ist das Beugungsbild im Nahfeld zu erkennen bei einem Abstand von 500mm . Unten rechts ist das Beugungsbild im Fernfeld zu erkennen bei einem Abstand von 3800mm . Von oben links nach unten rechts nimmt der Abstand zu. Der Abstand nimmt in 300mm Abständen zu.

1400mm das Nahfeld erkannt werden. Bei einem Abstand von 1700mm bis 2600mm kann

das Übergangsfeld beobachtet werden und in einem Abstand von 2900mm bis 3800mm kann das Fernfeld beobachtet werden. Die angegebenen Grenzen sind keine scharfen Grenzen. Häufig kann man an den Grenzen beide Effekte erkennen. Die Effekte sind beim Nah- und Fernfeld vor allem an den Rändern sichtbar (also bei 500mm bzw. bei 3800mm) und beim Übergangsfeld bei einem Abstand von 2000mm . Diese Angaben wurden mit Abb. 1 erhoben. Gründe für diese Einteilung sind, dass sich die Maxima höherer Ordnung erst im Fernfeld klar unterscheiden lassen und sich die Maxima im Nahfeld in einem Punkt treffen. Charakteristisch für die Übergangszone ist das Vermischen beider Effekte. Das Hauptmaxima ist deutlich zu erkennen, jedoch gibt es entfernt vom Hauptmaxima noch Helligkeitserscheinungen, die nach außen hin abschwächen und kaum zu erkennende Peaks ausbilden. Diese Charakteristiken können im Vergleich von Abb. 1 und Abb. 2 an den oben genannten Bildern beobachtet werden.

3. Fourierfilterung

3.1. Ergebnis

3.2. Fourier Schriftzug

Zuerst soll ein „Fourier“ Schriftzug vor einem Gitter modelliert werden, indem das Gitter entfernt wird. Dazu wird eine Tiefpassfilterung benutzt, da die im Vergleich große Schrift hauptsächlich aus niedrigen Frequenzen besteht.

In Abb. 3 ist zu sehen, wie sich der Tiefpassfilter auf das Bild auswirkt. Das Gitter ist zum größten Teil nicht mehr als solches zu erkennen.

3.3. Nenner eines Bruches entfernen

Daraufhin soll der Nenner eines $\frac{1}{2}$ Bruchs entfernt werden. Wie in Abb. 4a zu sehen ist, befindet sich unter dem Zähler ein Gitter, welches sich nicht bei dem Nenner befindet. Es werden also praktisch beide Zahlen entfernt, allerdings ist durch das Gitter immer noch der Umriss der 1 sichtbar. Dieses Entfernen geschieht durch eine Hochpassfilterung, was bedeutet, dass niedrige Frequenzen entfernt werden. Das hat sehr gut funktioniert, da in Abb. 4b die Zwei, also der Nenner nicht mehr erkennbar ist.

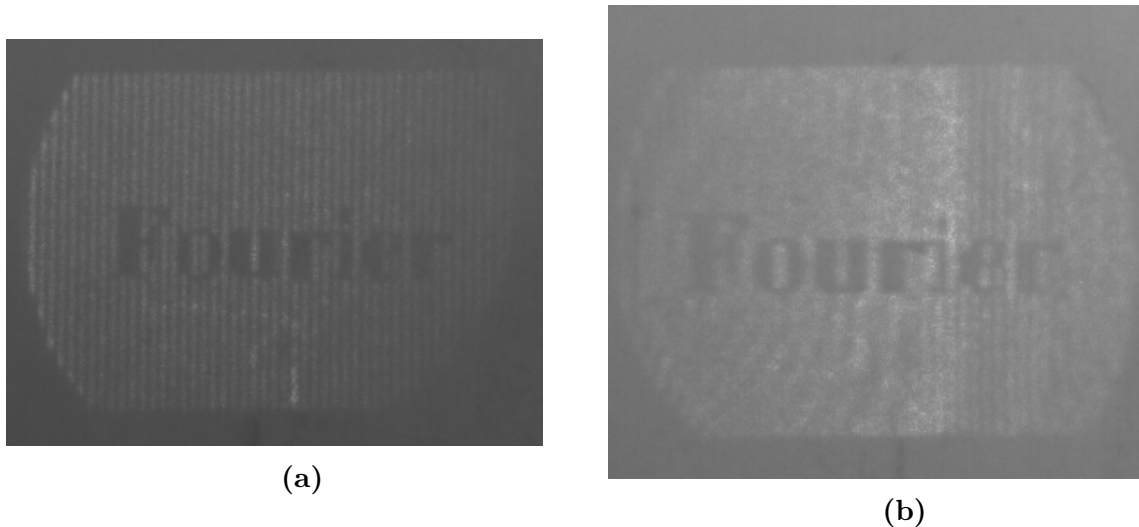


Abbildung 3: In Abb. 3a ist der „Fourier“ Schriftzug ohne Filter zu sehen; in Abb. 3b mit einem Tiefpassfilter.

3.4. Tiefpassfilterung bei einem Quadratgitter

Als nächstes soll ausprobiert werden, was passiert, wenn ein Quadratgitter eingesetzt wird, das mit einem eindimensionalen Tiefpassfilter in verschiedenen Ausrichtungen gefiltert wird. Das ungefilterte Bild ist in Abb. 5a zu sehen. Dazu im Vergleich wurde in Abb. 5b ein Tiefpassfilter im Winkel von 0° Grad eingebaut. Da der Tiefpass alle Frequenzen außer denen, die im 0° Winkel sind durchgelassen. Deshalb wurde erwartet, dass die Linien orthogonal zum Frequenzbild erkennbar sind. Allerdings ist das besonders am Rand und zum Teil auch in der Mitte des Bildes nicht immer deutlich zu erkennen.

Ähnliche Probleme gibt es auch in Abb. 6a und Abb. 6b, in denen der Tiefpassfilter jeweils um 45° und 90° gedreht sind. Besonders in Abb. 6a lässt sich die Ausrichtung nur noch erahnen, während bei der 90° Drehung das Muster nur in der Mitte des Bildes unterbrochen wird.

Diese hellen Strahlen, die sich an der räumlichen Ausrichtung des Filters orientieren und damit die erwarteten Muster unterbrechen, stammen höchstwahrscheinlich daher, dass der Tiefpassfilter sich beim Messen nicht perfekt in der Fourierebene befand. Trotzdem lässt sich bei genauerem Hinschauen das erwartete Muster erkennen.

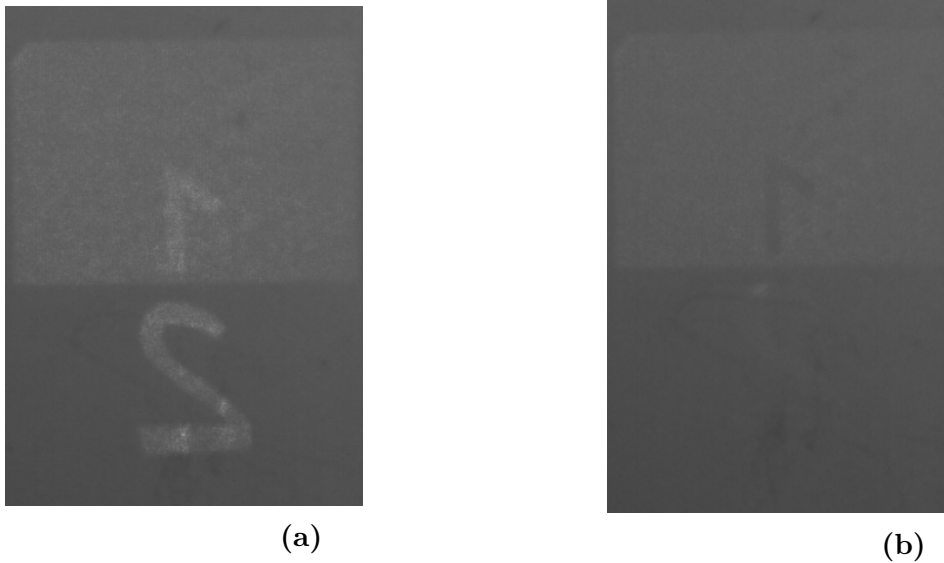


Abbildung 4: In Abb. 4a ist der $\frac{1}{2}$ Bruch ohne Filter zu sehen; in Abb. 4b mit einem Hochpassfilter, wodurch die Zwei entfernt wurde.

3.5. Hochpassfilterung einer Schraube

Daraufhin wird eine Schraube einer Hochpassfilterung unterzogen. In Abb. 7 sind die Bilder mit und ohne Filter zu sehen. In Abb. 7b ist dabei nur noch der Umriss der Schraube zu sehen. Da sowohl der Laser selbst als auch die Schraube selbst nahezu homogen sind, werden dafür fast nur niedrige Frequenzen benutzt. Der Rand der Schraube hat allerdings mehrere kleine Kanten, die durch hohe Frequenzen dargestellt werden und deshalb durch den Hochpassfilter durchkommen.

3.6. Dunkelfeldmethode

Zuletzt soll noch die Dunkelfeldmethode getestet, die Luftströme sichtbar machen kann. Dazu wird ein Teelicht

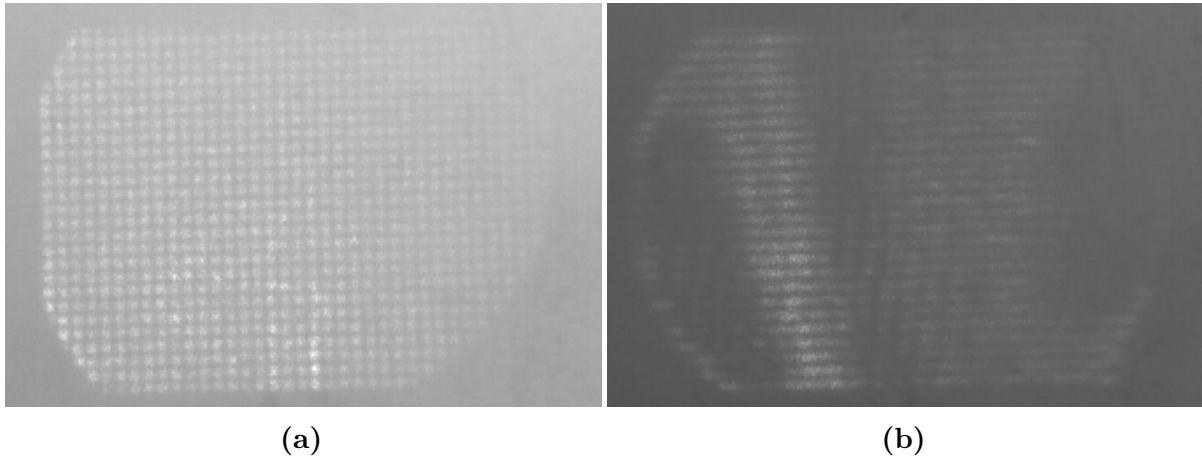


Abbildung 5: In Abb. 5a ist das Quadratgitter ohne einen Filter zu sehen; in Abb. 5b mit einem Tiefpassfilter im 0° Winkel

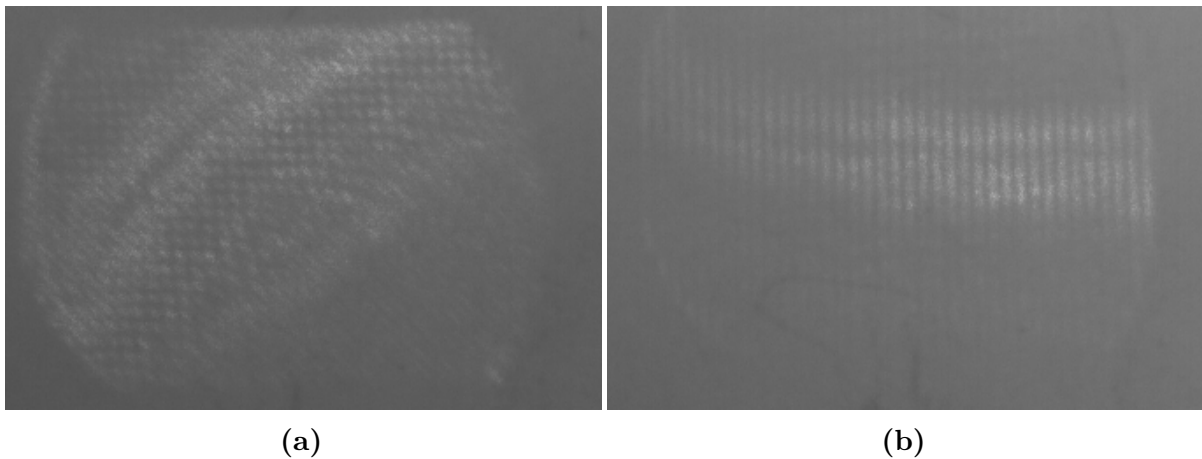


Abbildung 6: In Abb. 6a ist das Quadratgitter mit einem Tiefpassfilter im 45° Winkel zu sehen; in Abb. 6b im 90° Winkel.

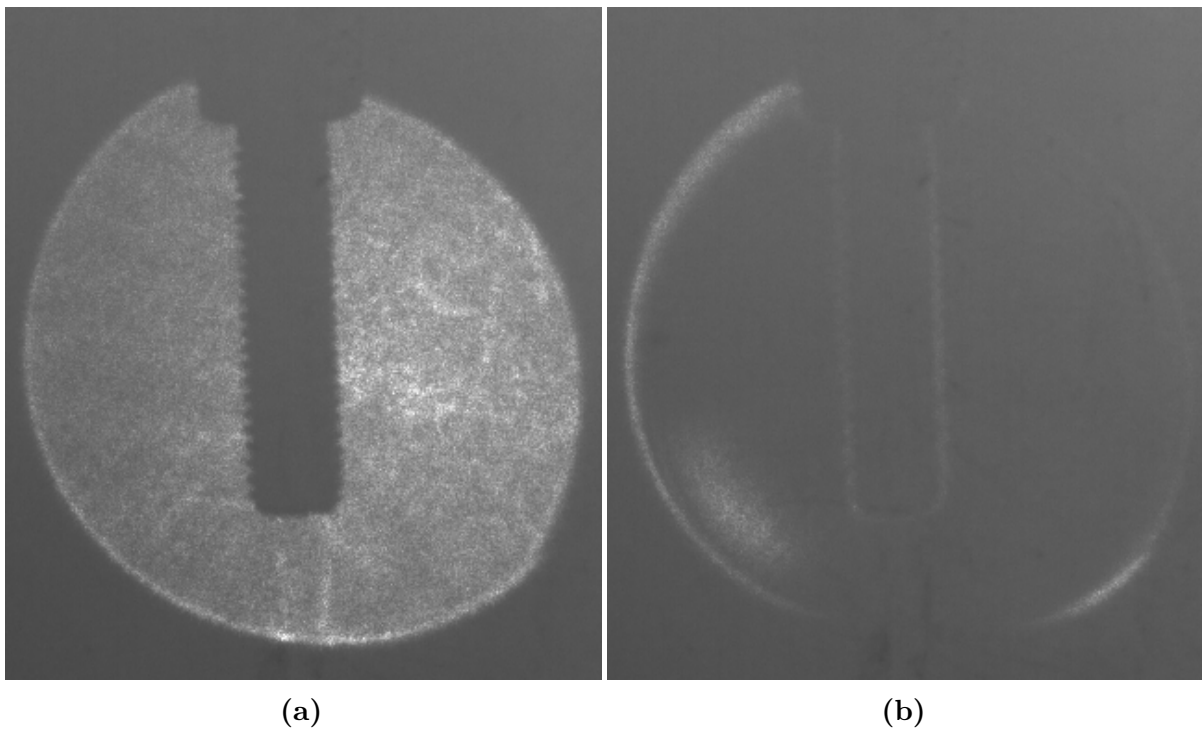


Abbildung 7: In Abb. 7a ist die Schraube ohne Filter zu sehen, in Abb. 7b wurde noch ein Hochpassfilter benutzt.

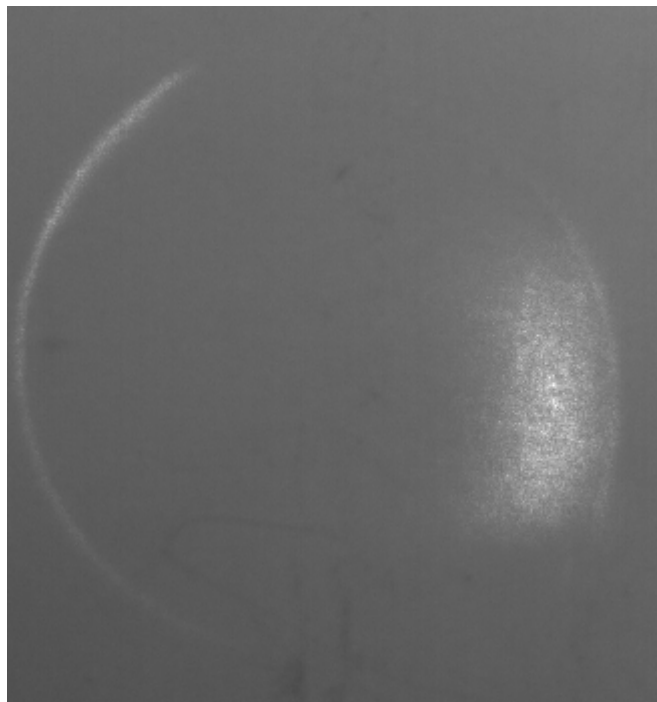


Abbildung 8

A. Anhang