

Visualisierung von Brechungsindexdifferenzen durch Dichteschwankungen mit Hilfe der Schlierenfotografie

Jona Bedorf, Hendrik Berbuir, Eric Münstermann, Sami Razzoume, Stefan Wentzel

1. Einleitung

Dichteschwankungen in einem Medium bestimmen, wie stark Licht in diesem Medium gebrochen wird. Diese Dichteschwankungen können durch die Schlierenfotografie in Hell-Dunkel-Kontrasten dargestellt werden. Für den dazu nötigen Aufbau gibt es verschiedene Variationen (z.B. in der Wahl der Lichtquelle, Linsen, Blenden,...), welche aber alle auf demselben Grundprinzip basieren. Wir haben durch Variationen im Aufbau versucht, Dichteschwankungen mit möglichst großem Kontrast bzw. Möglichst kleine Dichteschwankungen sichtbar zu machen.
Technische Anwendungen für dieses Verfahren könnten sein:
Frühwarnsysteme für Gasleckagen
System zur Visualisierung von Wärmeströmungen

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Optische Effekte

Durch die Dichteschwankungen wird der Brechungsindex beeinflusst, welcher den Weg des Lichts durch ein Medium bestimmt ($n_x = c_0/c_x$).

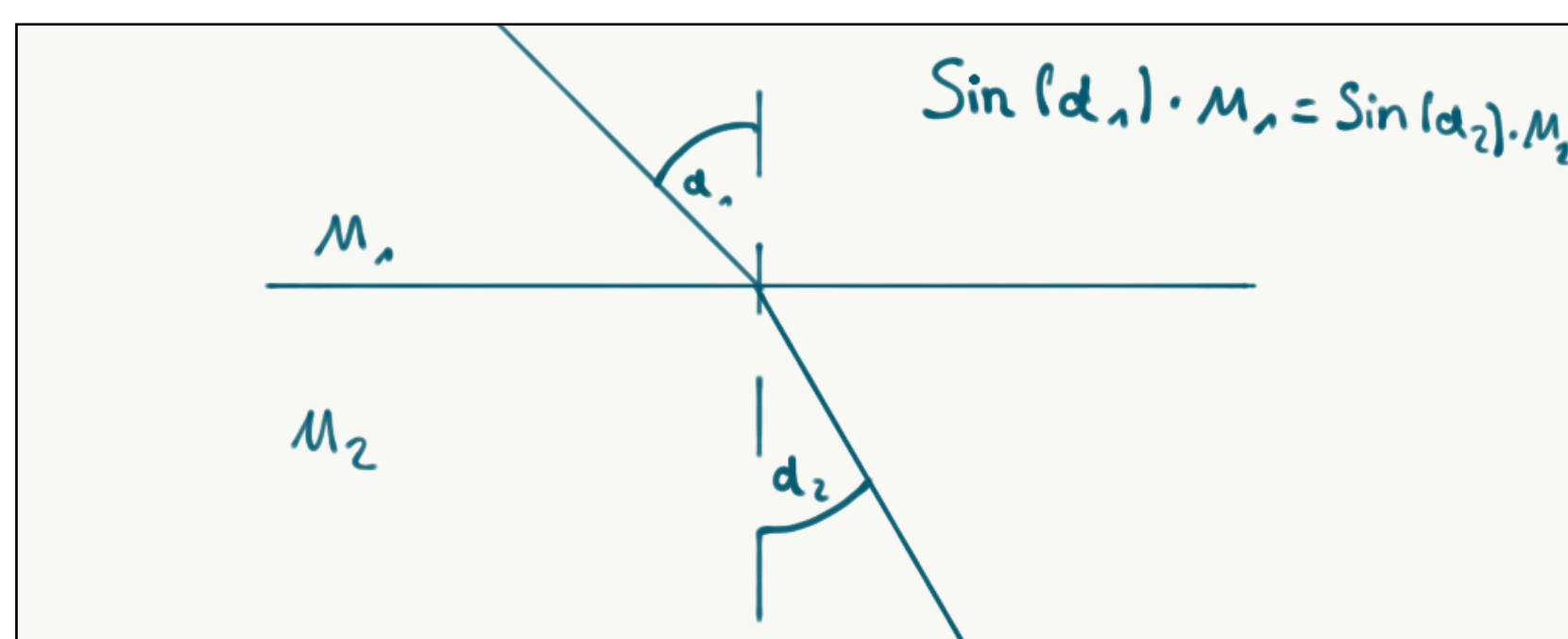


Bild 1: Brechungsgesetz

2.2 Dunkelfeldmethode

Bei der Dunkelfeldmethode wird das Licht von der Lichtquelle auf einen Punkt gebündelt (in unserem Versuch durch einen Parabolspiegel), der dann durch eine Blende ausgeblendet wird. Auf diese Weise kann nur das Licht, das durch die Änderung des Brechungsindex eben nicht auf diesen Punkt fokussiert wurde die Blende passieren und ein reelles Bild auf einer Abbildungsfläche produzieren.

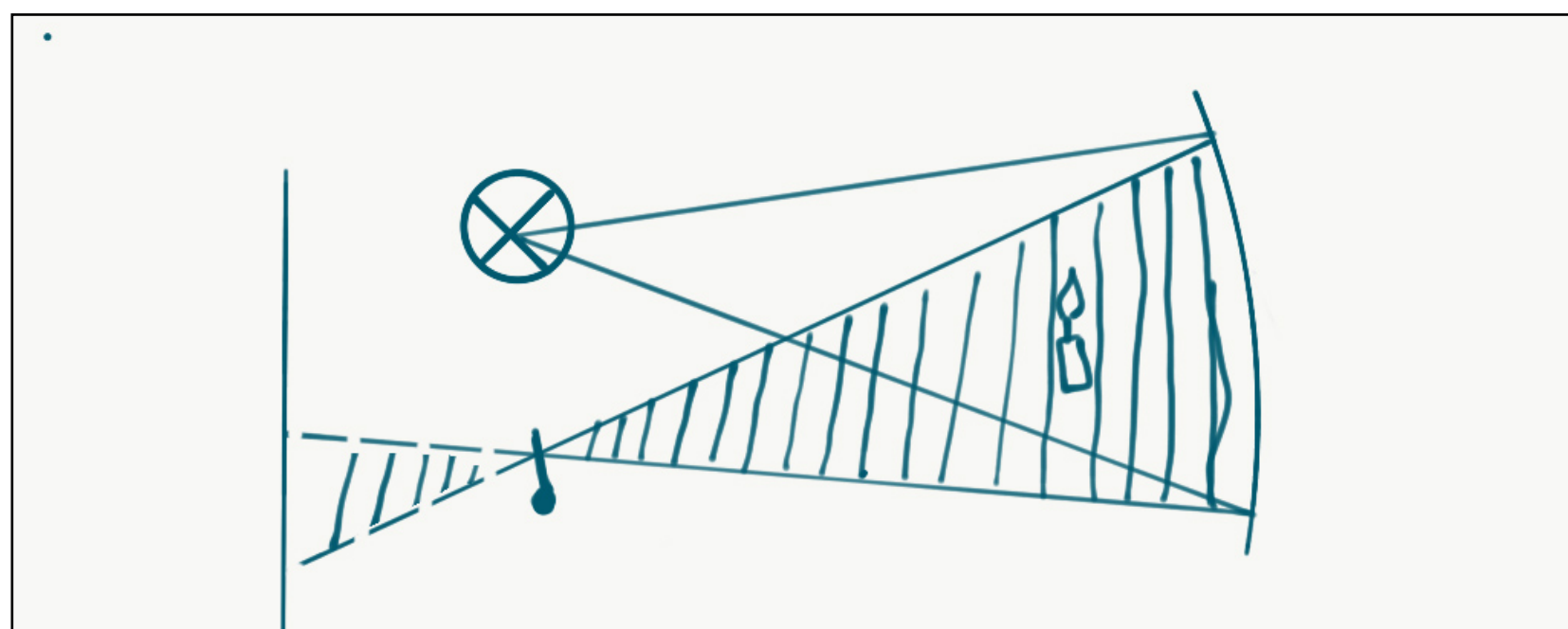


Bild 2: optischer Grundaufbau Dunkelfeldmethode

3. Versuchsaufbau

Bei Versuchsaufbau A (Bild 3) entsteht ein Schlierenschatten auf der Projektionsfläche. Wenn der darzustellende Bereich geringere Dichte besitzt als das umgebende Medium, sind die Ränder des Schlierenschattens heller und der mittlere Streifen dunkler als die nichtbeeinflussten Bereiche. Diese Methode ist die einfachste und ungenaueste Methode um Dichteschwankungen zu visualisieren.

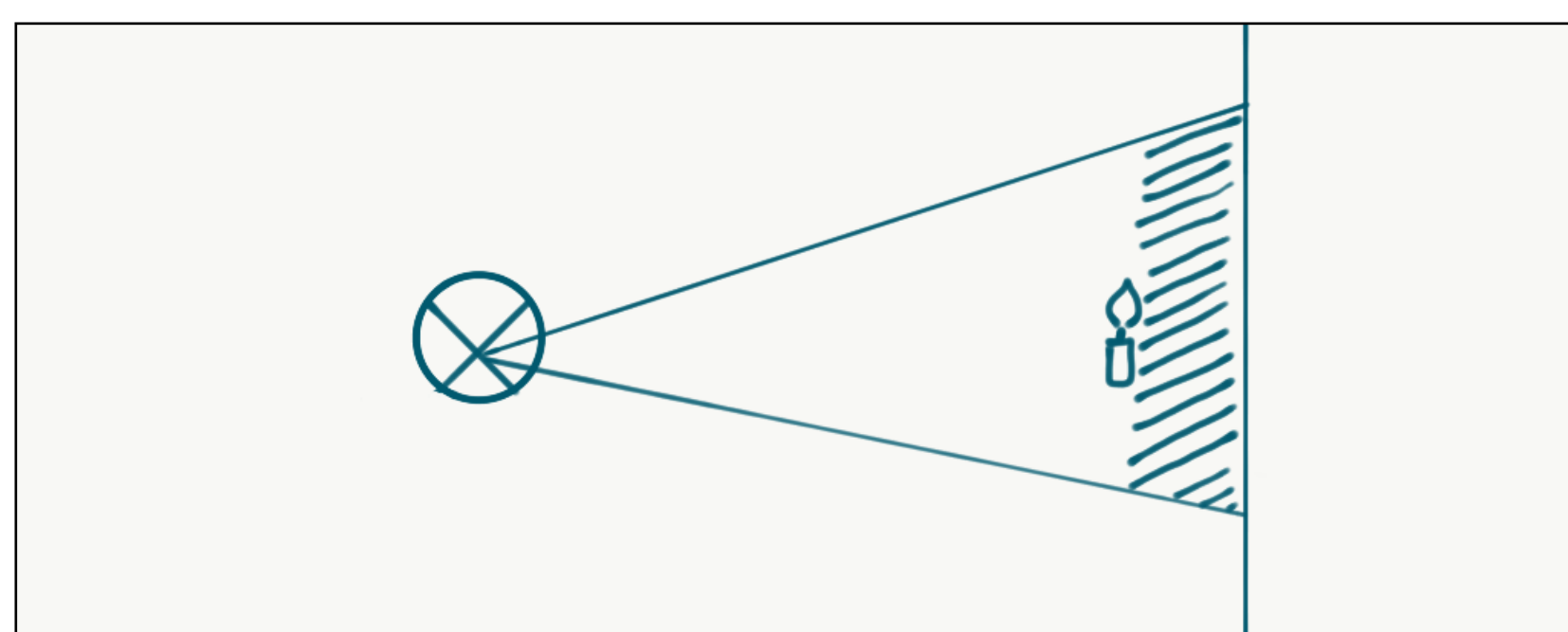


Bild 3: Versuchsaufbau A Schlierenschatten

Bei Versuchsaufbau B (Bild 4) wird das Licht der Lichtquelle erst durch eine konvexe Linse gebündelt. Dort wird ein Teil durch eine Schlitzblende ausgeblendet, wodurch die effektive Lichtquelle kleiner wird. Der restliche Aufbau entspricht dem Aufbau der Dunkelfeldmethode.

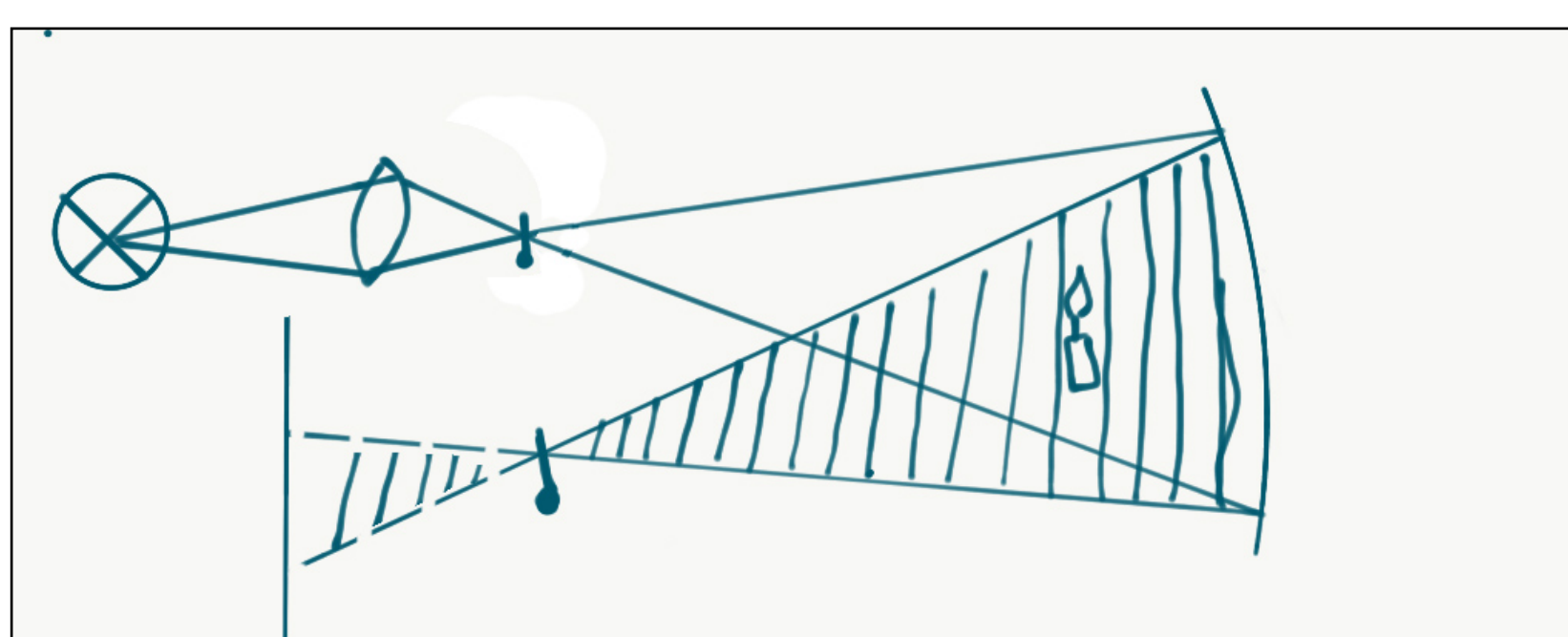


Bild 4: Versuchsaufbau B Erweiterung Dunkelfeldmethode mit erster Blende und erster Linse

Bei Versuchsaufbau C wird die Lichtquelle durch eine Laserdiode ohne Linse ersetzt und direkt im Brennpunkt des Spiegels platziert. Da die Lichtquelle hier schon annähernd punktförmig ist, können die konvexe Linse und die erste Blende weg fallen. Der Versuchsaufbau entspricht dem grundlegenden Aufbau zur Dunkelfeldmethode (Bild 2)

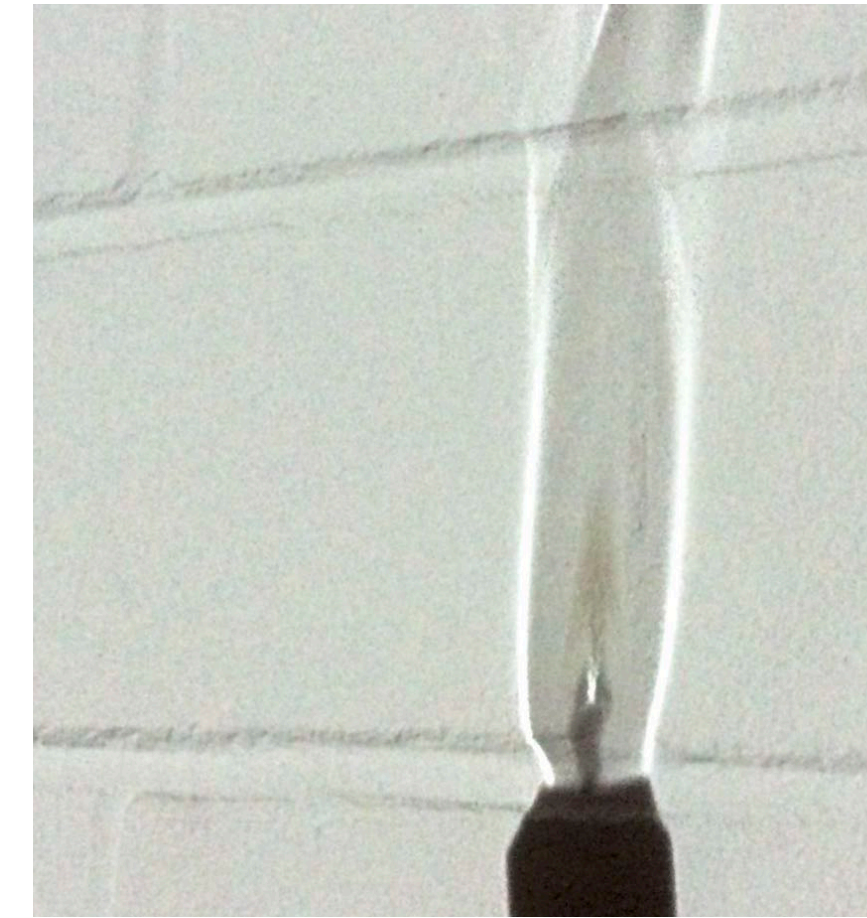
Alles in allem ist es gelungen Dichteschwankungen durch verschiedene Methoden sichtbar zu machen und die Stärken und Schwächen der jeweiligen Methode zu bestimmen. Vor allem der Aufbau hat mehr Zeit in Anspruch genommen als ursprünglich vorgesehen. Mit dem jetzigen Aufbau ist es möglich sehr geringe Dichteschwankungen oder größere Dichteschwankungen mit starkem Kontrast zu visualisieren. Dennoch gibt es auch dort noch Möglichkeiten den Versuch z.B. durch verschiedene Blenden, andere Lichtquellen (z.B. LED), etc. zu verbessern. Hier war das Problem, dass unsere Materialien nicht optimal waren und man z.B. mit einem besseren Parabolspiegel ein besseres Ergebnis erreicht hätte.

Für die Zukunft kann der Versuch weiter daraufhin untersucht werden, ob die Stärke des Kontrasts oder die Breite der Schlieren Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Mediums (Dichte, Temperatur, Zusammensetzung,...) zulässt.

4. Resultate

Versuchsaufbau A

einfache Schlierenschattenprojektion



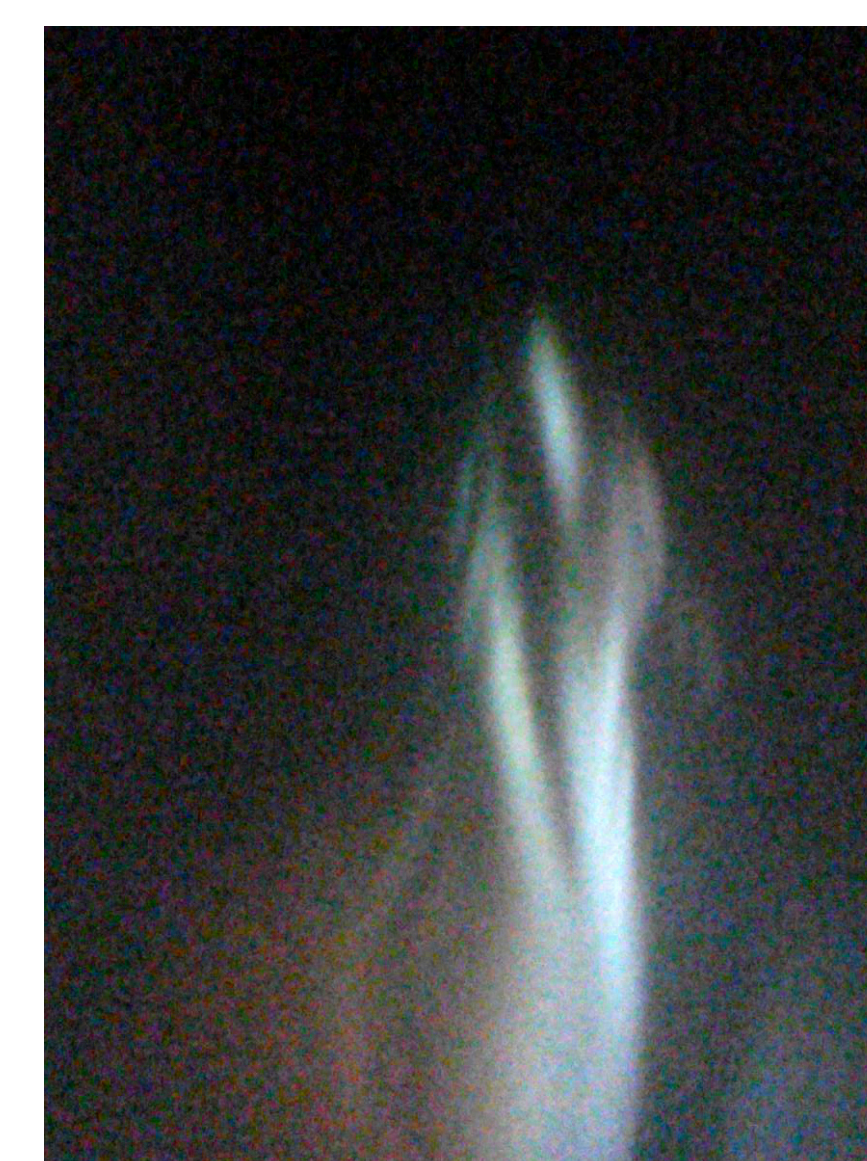
Darstellung geringerer Dichte (heißes Gas: Kerzenflamme). Die Schlieren sind innen dunkler, ihr Rand heller als das unbeeinflusste Licht



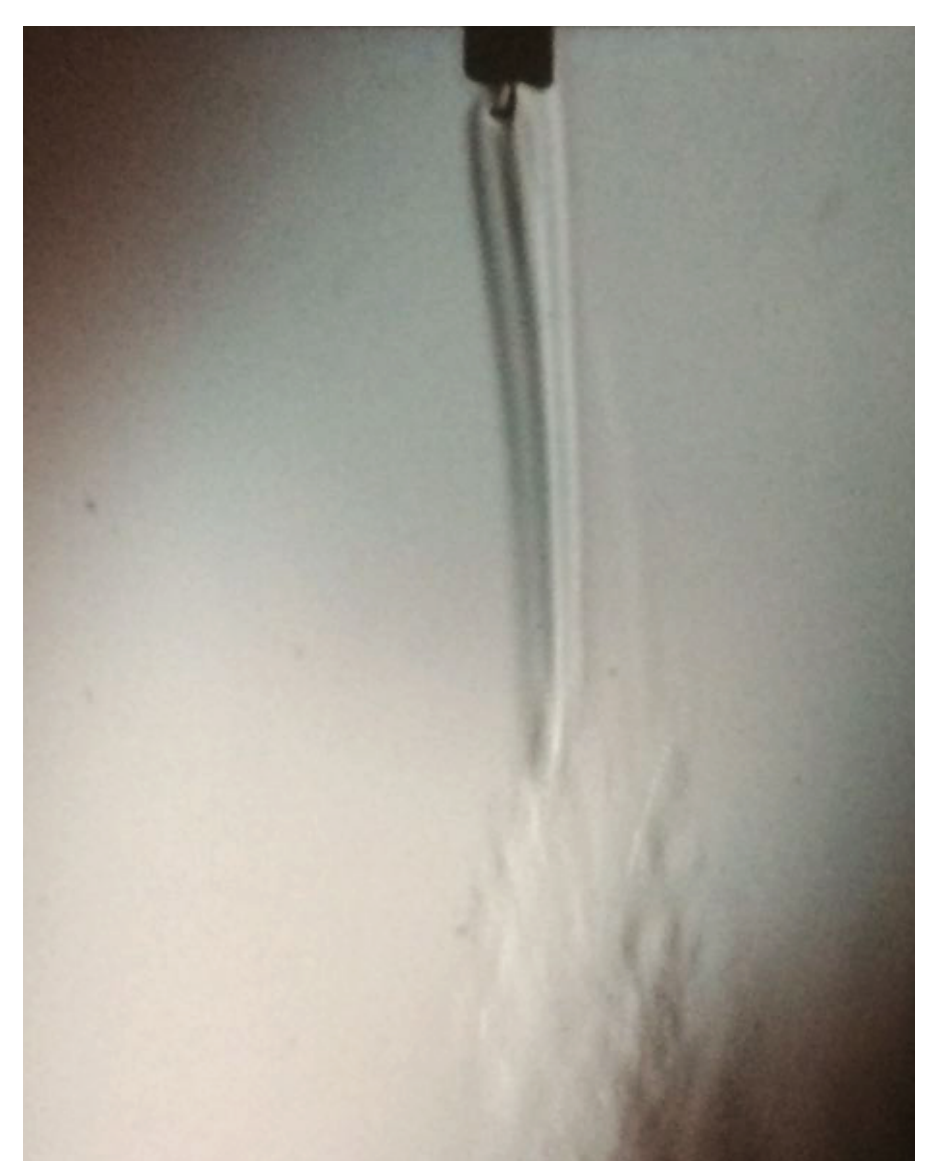
Hier fällt kalte Luft von einem Kühlpack herunter. Ihre Dichte ist geringer als die der umgebenden Luft. Hier ist das innere aufgehellt und von einem dunklen Rand umgeben.

Versuchsaufbau B

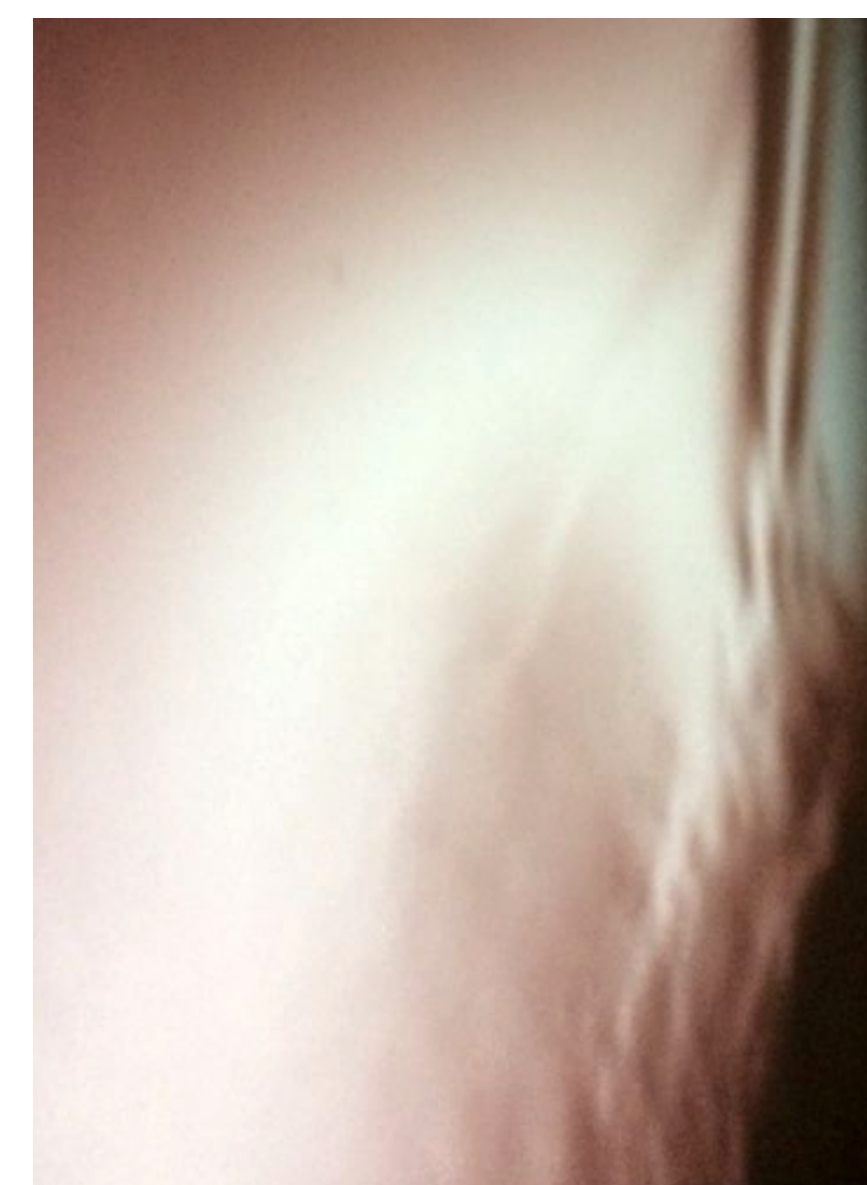
Durch den Aufbau bedingt, stehen die Bilder auf dem Kopf.



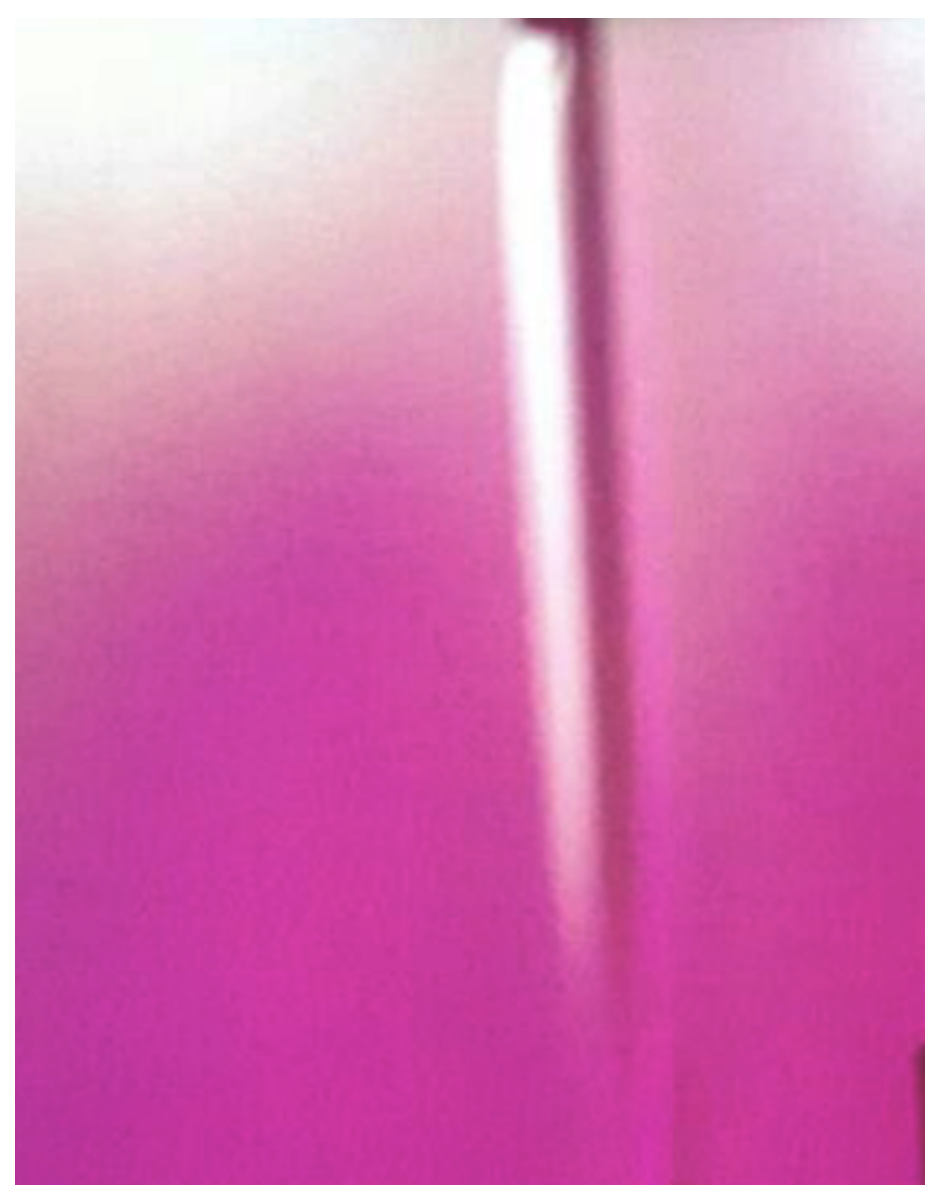
Noch ohne die erste Linse und Blende.



Nun mit Linse, aber noch ohne erste Blende.

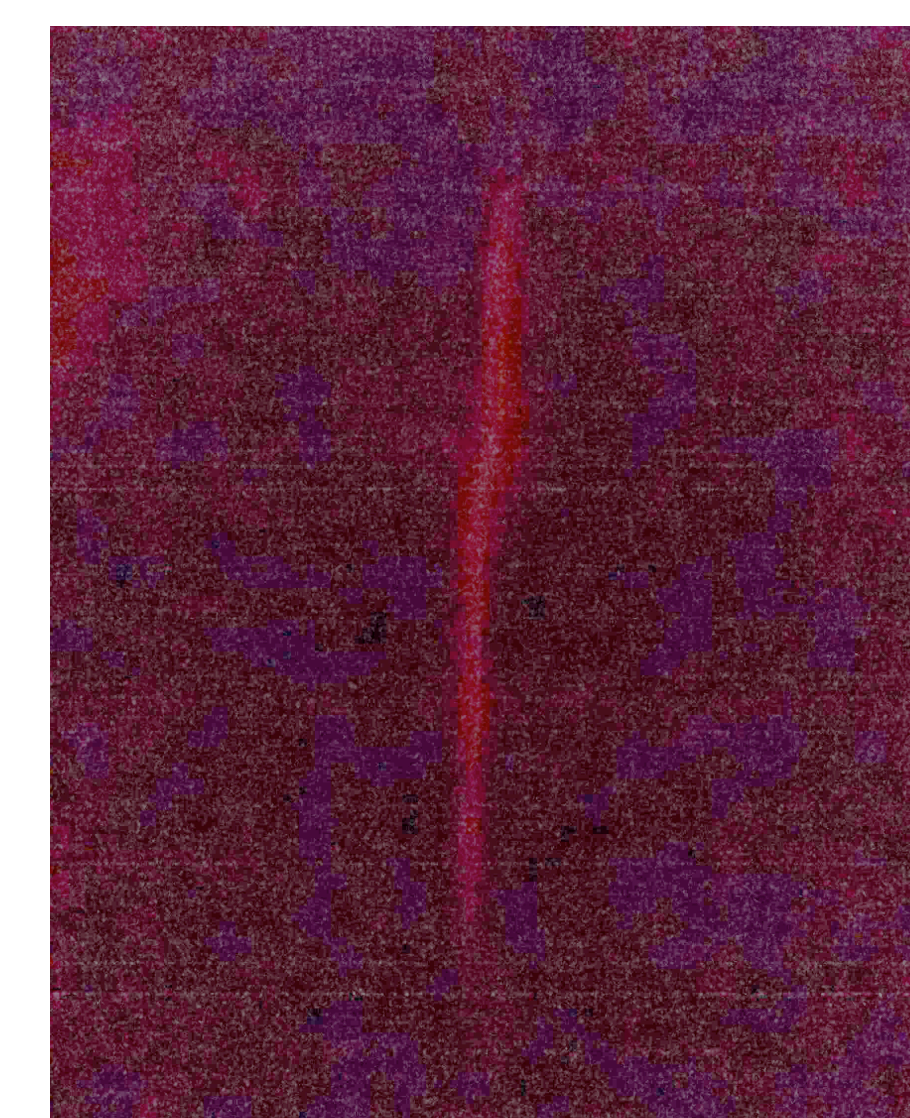


Mit der ersten Linse und der ersten Blende.



Mit Magentaschirm hinter der ersten Blende; zusätzlicher Farbkontrast.

Versuchsaufbau C



Lichtquelle: Laserdiode. Aufgrund der schwachen Beleuchtung ist das Bild sehr verrauscht.

5. Fehlerquellen

Die Bildergebnisse sind stark von verschiedenen Fehlerquellen abhängig:

Die Lampe hat eine laterale und vertikale Ausdehnung und wird somit nicht auf einen Punkt fokussiert.

Der Spiegel fokussiert nicht genau auf einen Punkt.

Die Apparatur wird sehr stark durch Erschütterungen beeinflusst und ist nicht sehr stabil.

Die Lampe liegt nicht auf einer Ebene mit der optischen Schiene was den Abbildungsfehler des Spiegels verstärkt.

Die Linse und die Blende reflektieren Störlicht zurück.

Die kleine Brennweite des Spiegels führt zu größeren Abbildungsfehlern.

6. Fazit