

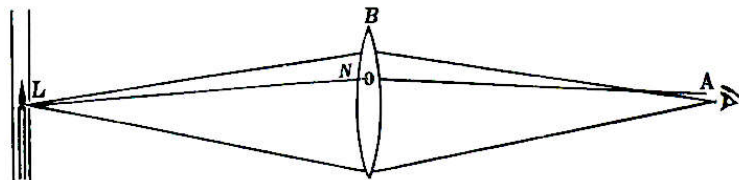
Schlierenfotografie und -videos

Luftbewegungen fotografieren und filmen

Was ist Schlierenfotografie?

Eine bewährte Methode, um Luftbewegungen (wie auch Schall) sichtbar zu machen ist die von August Toepler 1866 entwickelte Methode der Schlierenbeobachtung bzw. sein Schlieren-Apparat bzw. die von Ernst Mach und Peter Salcher entwickelte Verbesserung bzw. Vereinfachung der Schlierendarstellung mit Hilfe eines Parabolspiegels (1887).

Beim Toeplerschen Schlierenapparat wird Licht von einer Lichtquelle (L) durch ein kleines Loch durch eine Linse (B) mit großer Brennweite ($> 1\text{ m}$) geschickt. Die Linse ist dabei in ihrer doppelten Brennweite von der Lichtquelle entfernt. Fehler in der Linse (z.B. N) oder Luftverwirbelungen direkt davor oder dahinter führen zu einer Ablenkung des Lichtstrahls am Auge (A). Wenn man den Brennpunkt am Auge abdeckt (durch eine Visitenkarte oder Rasierklinge o.ä.) so dass nur noch die Ablenkungen sichtbar sind, dann sieht man diese als bewegliche Schlieren

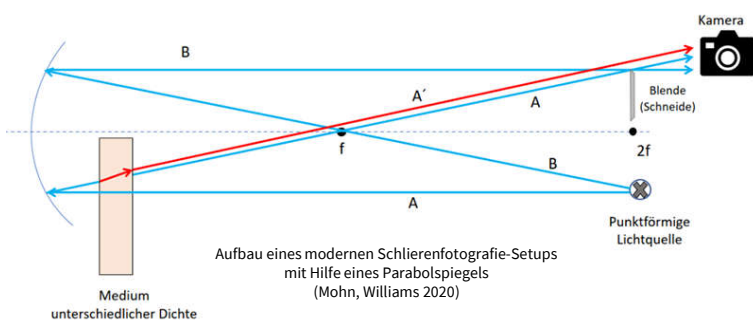


Toeplerscher Schlierenapparat (Haschek 1887, S. 86)

Bei der Mach'schen Verbesserung wird anstelle der Linse ein Parabolspiegel eingesetzt, so dass Lichtquelle (z.B. eine punktförmige starke LED-Lampe) und Auge bzw. Foto/Filmkamera auf der gleichen Seite angebracht sind.

Wie werden Luftbewegungen visualisiert?

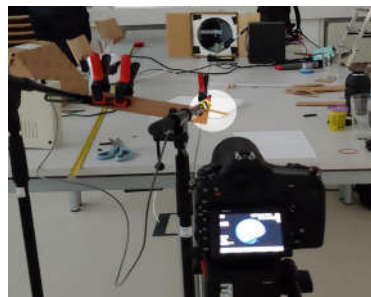
Am Musikwissenschaftlichen Institut gibt es hierfür einen Parabolspiegel mit 28 cm Durchmesser und einer Brennweite von 1,2 m, wodurch sich ein Abstand von 2,4m zwischen Hohlspiegel und doppeltem Brennpunkt (2f) ergibt.



Aufbau eines modernen Schlierenfotografie-Setups mit Hilfe eines Parabolspiegels (Mohn, Williams 2020)

Wird zwischen dem Parabolspiegel und der Lichtquelle ein Medium mit abweichender Dichte eingeführt (erhitzte oder bewegte Luft einer Kerze, eines Lötkolbens, einer Hand, aus einem Instrument etc.), dann brechen sich die Lichtstrahlen darin. Dies führt zum einen zu Interferenzen mit den unbeeinflussten Lichtstrahlen und zum anderen zu einem etwas durch die kurzfristig veränderte Dichte abgelenkte Richtung des Strahls (rote Linie, A'). Mit Hilfe einer Blende vor der Kamera im Brennpunkt 2F (Rasierklinge, Visitenkarte o.ä.) kann der Anteil des normal reflektierten Lichts (A, B) im Brennpunkt mehr oder weniger ausgeblendet werden, so dass die abgelenkten Strahlen als Schlieren sichtbar bzw. fotografierbar bzw. filmbar werden.

Versuchsaufbau für Schlierenfotografie



Versuchsaufbau mit einer Rasierklinge (hell markiert), deren Kante sich im Brennpunkt 2f befindet. Rechts daneben ist die punktförmige Lichtquelle eines Stroboskops (Mohn, Williams 2020)



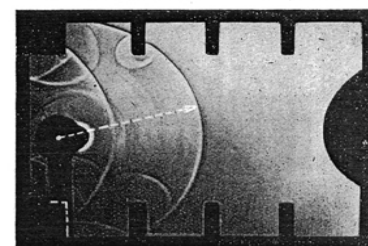
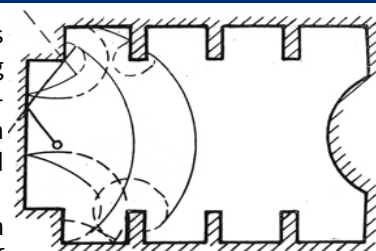
Versuchsaufbau mit einem Pappstreifen als Blende im Brennpunkt 2f (hell markiert), eine LED als Lichtquelle ist direkt rechts daneben (Mohn, Williams 2020)

Was kann damit erforscht werden?

Schlierenfotografie und -videos erlauben durch die Visualisierung von Luftbewegungen beeindruckende Darstellungen von Schallverläufen in der Raum- und Instrumentenakustik:

In der Raumakustik lassen sich mit Hilfe von Impulsen der Verlauf und die Reflexionen von Schallwellen visualisieren.

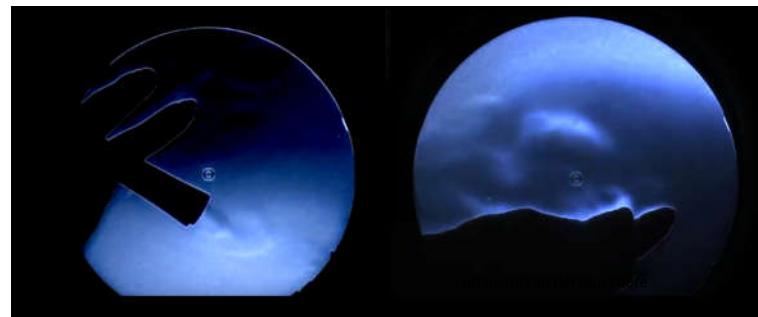
In der Instrumentenakustik lässt sich das Abstrahlverhalten von Gesangsstimmen und Musikinstrumenten sowie – mit Hilfe eines Stroboskops in ähnlicher Frequenz – auch Schallwellen sichtbar machen (s.u.).



Schlierenfotografie in der Raumakustik (unten) und geometrische Voraussage (oben) (Cremer 1948, S. 147; Cremer 1978, S. 135)

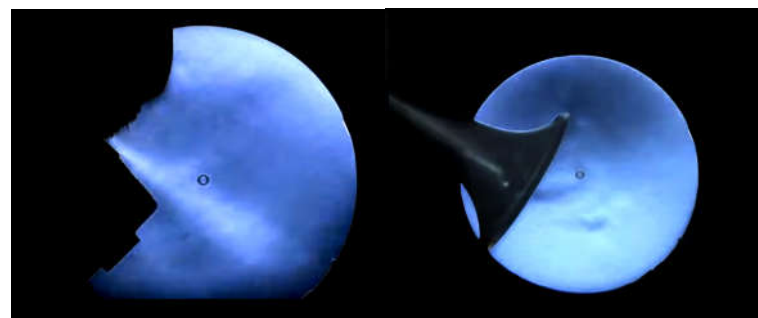
Anwendungsbeispiele

In der Instrumentenakustik lassen sich besonders die Luftbewegungen in Instrumentennähe visualisieren, z.B.:



Luftaustritt an der Blockflöte <https://www.youtube.com/watch?v=BoKECoN7I4Y>

Luftbewegung beim Fingerschnipsen <https://www.youtube.com/watch?v=PCmojCDBul>



Anblasen einer Panflöte <https://www.youtube.com/watch?v=S2bFPaofqAY>

Luftbewegung vor der angeblasenen Trompete <https://www.youtube.com/watch?v=JraenMtfCz0>