

## **Experimente zur Interferenz am Doppelspalt mit Licht**

Im experimentellen Aufbau ersetzen wird einen Doppelspalt durch ein Gitter.

Das Interferenzbild ist sehr ähnlich, die Formel weiterhin gültig.

### Stufe 1

Einstieg: Experiment mit rotem Laser

Ziel: **erste Abschätzung** der Wellenlänge des benutzten roten Lasers.

### Stufe 2

Ziel: **maximale Genauigkeit** im Vermessen der Wellenlänge des roten Lasers

Welche Faktoren verbessern die Genauigkeit? Verändert den Aufbau entsprechend.

Wie minimiert man Ablesefehler?

Welche Maxima benutzt man zur Auswertung?

### Stufe 3

Nun soll eine CD oder DVD vermessen werden.

Ziel: Bestimmt den **Spurabstand des optischen Datenspeichers** und vergleicht ihn mit den Spezifikationen des Datenträgers (Recherche, prozentuelle Abweichung angeben).

Hinweis: Anstelle eines Durchlassspaltes erfüllt auch ein Reflexionsaufbau, wie bei einer CD die gleichen physikalischen Voraussetzungen für Interferenz. Der Versuchsaufbau ist dann entsprechend zu verändern!

### Stufe 4

Zielfrage: Wie verändern **andere Laserwellenlängen** das Interferenzbild?

Am GBI gibt es noch grüne und blaue Laser.

## Wellenlängenbestimmung mit dem Doppelspalt

In der Aufgabe geht es um die Bestimmung der Wellenlänge von Licht bzw. Ultraschall in einem Doppelspalt-Experiment. In einer zusätzlichen Überlegung wird der Doppelspalt in einer Anordnung mit drei Öffnungen erweitert.

- 1 In M 1 ist ein Doppelspalt-Experiment mit Licht dargestellt. Der Licht-Detektor soll längs der eingezeichneten Strecke verschiebbar sein.

Erläutern Sie auf der Grundlage von M 1, warum beim Verschieben des Detektors periodisch abwechselnde Helligkeit gemessen wird.

- 2 Würde man ein Doppelspalt-Experiment mit einer Folge einzelner Photonen ausführen, so würde eine lang belichtete Aufnahme mit einer speziellen, sehr empfindlichen Kamera das Bild in M 2 ergeben.

Dabei stellt man fest, dass es Punkte P gibt, an denen ein Detektor niemals ein Photon registriert.

Beurteilen Sie die Eignung der in 1 verwendeten Modellvorstellung von Licht zur Erklärung dieser Beobachtung.

- 3 Die Wellenlänge von Ultraschall lässt sich mithilfe des in M 3 gezeigten Doppelspalt-Aufbaus experimentell bestimmen.

Der hier verwendete Ultraschall hat eine deutlich größere Wellenlänge als Licht. Begründen Sie dies anhand des Versuchsaufbaus.

Erklären Sie das aus dem Unterricht bekannte Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge mithilfe eines Doppelspaltes.

Begründen Sie die dabei verwendete Gleichung.

Fertigen Sie zur Begründung geeignete Skizzen an.

Ermitteln Sie anhand der Messergebnisse in M 4 die Wellenlänge des Ultraschalls möglichst genau. Beschreiben Sie Ihr Vorgehen.

- 4 In dem Doppelspalt-Experiment mit Ultraschall wird wie in M 5 ein weiterer Spalt eingefügt. Dann beobachtet man, dass nun an den Orten vorheriger Intensitätsminima Intensität gemessen werden kann.

Erklären Sie diese Beobachtung.

## Material 1

### Material zum Doppelspaltexperiment

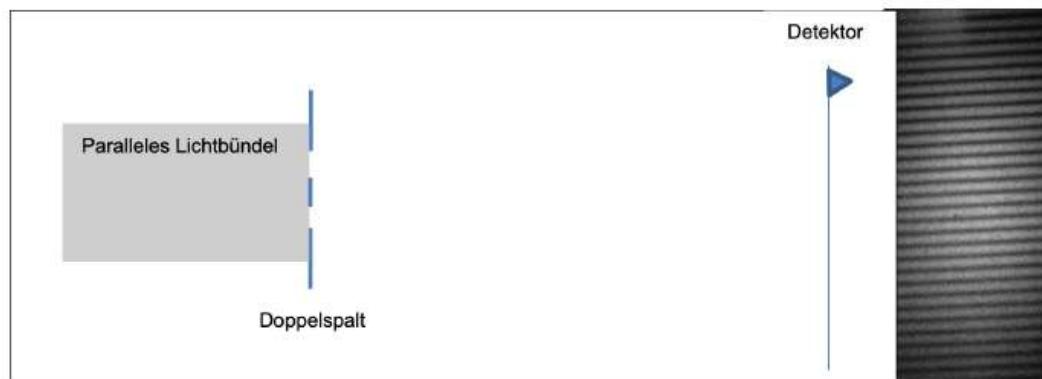


Abb. 1: Prinzip des Versuchsaufbaus, IQB

Der Lichtdetektor ist längs der eingezeichneten Strecke verschiebbar.  
Die Abbildung rechts zeigt das auf einem Schirm entstehende Bild.

## Material 2

### Aufnahme des Schirmbildes



Abb. 2: Aufnahme des Schirmbildes (mit einer empfindlichen Kamera), IQB

## Material 3

### Versuchsaufbau mit Ultraschall



Abb. 3: Versuchsaufbau des Doppelspalts bei Ultraschall, IQB

## Material 5

### Prinzip eines Versuchs mit Dreifachspalt

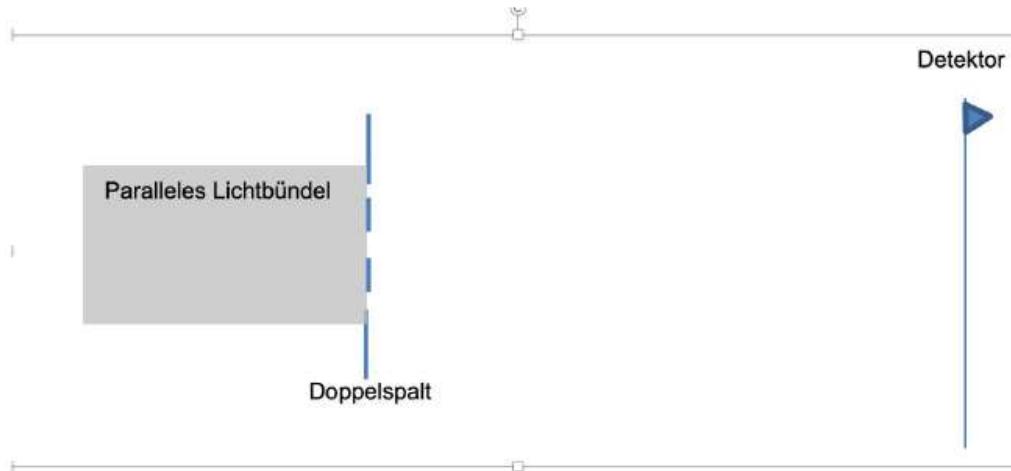


Abb. 5: Prinzip des erweiterten Versuchs mit einem oben hinzugefügten weiteren Spalt, IQB

## Verringerung von Fluglärm durch Interferenz

Die Lärmbelastung durch Flugzeuge ist insbesondere in der Umgebung von Flughäfen ein erhebliches Problem für die Bevölkerung. Verschiedene Möglichkeiten zur Minderung werden gesellschaftlich und wissenschaftlich diskutiert.

Eine technische Option wird umgangssprachlich als Gegenschall bezeichnet.

BE

- 1 Ein Düsentriebwerk erzeugt ein breites Spektrum von Schallfrequenzen in unterschiedlicher Lautstärke. Eine dominante Frequenz liegt bei 1,2 kHz. 3

Berechnen Sie die zugehörige Wellenlänge.

- 2 Ein denkbarer Ansatz zur Schallminderung könnte es sein, am Boden in der Nähe des Flughafens eine Schallquelle zu installieren, die geeigneten Gegenschall aussendet (siehe M 1, Abb. 1). 6

Erklären Sie mit Hilfe einer geeigneten Theorie qualitativ den Verlauf der in Abbildung 2 von M 1 dargestellten Kurve. Gehen Sie dabei davon aus, dass nur Schall einer einzigen Frequenz erzeugt wird.

Erläutern Sie, dass der Ansatz der Reduzierung der Lärmbelastung für Anwohner in der Umgebung eines Flughafens durch eine solche Gegenschallquelle am Boden prinzipiell nicht zielführend sein kann. 2

- 3 Betrachten Sie zunächst allgemein zwei gleichphasig schwingende punktförmige Wellenerreger im Abstand  $d$ . 3

Geben Sie die Größe des maximal auftretenden Gangunterschieds an.

Leiten Sie daraus eine Bedingung für den Wert des Abstands  $d$  her, unterhalb welchem an keinem Ort Interferenzminima auftreten.

Eine technische Lösung zur Minderung der Lärmbelastung durch Flugzeuge, die sich aktuell im Entwicklungsstadium befindet, basiert auf der Erzeugung des Gegenschalls direkt an jedem Triebwerk des Flugzeugs.

*„Besonders wichtig war es, den Gegenschall so zu regeln, dass der lärmende Ton nicht nur in einer Richtung, sondern ringsum in allen Abstrahlrichtungen leiser wird; und das ist uns gelungen“, äußert sich dazu ein Ingenieur.*

Quelle: Kempkens, 2015.

3

Mithilfe einer Gegenschallquelle soll die Lärmbelastung, die ein Triebwerk verursacht, durch Interferenz verringert werden. Formulieren Sie ausgehend von den obigen Überlegungen

- ♦ eine Bedingung für den zulässigen Abstand zwischen der Schallquelle und der Quelle des Gegenschalls am Triebwerk sowie
- ♦ eine Aussage über die erforderliche Phasenbeziehung zwischen diesen beiden Schallquellen,

um die vom Ingenieur formulierte Anforderung dahingehend erfüllen zu können, dass keine Interferenzmaxima auftreten.

Gehen Sie dabei weiterhin von punktförmigen Schallquellen aus, die nur eine einzige Schallfrequenz erzeugen.

- 4 Eine vorstellbare technische Umsetzung einer solchen Gegenschallquelle wird wie folgt beschrieben:

*„(...) versucht man, durch geschickte Umlenkung des Schallweges im Triebwerk selbst einen Gegenschalleffekt zu erreichen.“*

Quelle: DLR School Lab.

Sehr vereinfacht besteht die Grundidee (vgl. M 2) darin, einen Teil des entstehenden Schalls so umzuleiten, dass dadurch eine virtuelle zweite Schallquelle entsteht, die als Gegenschallquelle dient.

Nennen Sie eine Bedingung für die erforderlichen Weglängen in einer solchen Anordnung. Begründen Sie, dass diese Anordnung nicht für das gesamte Spektrum von erzeugten Schallfrequenzen geeignet ist.

- 5 Im Folgenden sollen Sie zwei Möglichkeiten zur Verminderung der Lärmbelastung der Bevölkerung in der Umgebung von Flughäfen betrachten: Einerseits die Verpflichtung der Fluggesellschaften, ihre Flugzeuge mit Einrichtungen zur Erzeugung von Gegenschall aufzurüsten, andererseits die Einführung von Nachtflugverboten, d. h. die Einschränkung der Zeiten, in denen auf den Flughäfen Flugzeuge starten und landen dürfen.

Vergleichen Sie diese beiden Alternativen im Hinblick auf die Kriterienbereiche Lärm- schutz, Ökonomie sowie einen selbstgewählten, weiteren, relevanten Bereich.

Entscheiden Sie sich auf der Grundlage dieser Argumente reflektiert und rational für eine der beiden Alternativen. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

2

6

5

## Material 1

Interferenz zwischen einem Flugzeug als Schallquelle und einer Gegenschallquelle am Boden

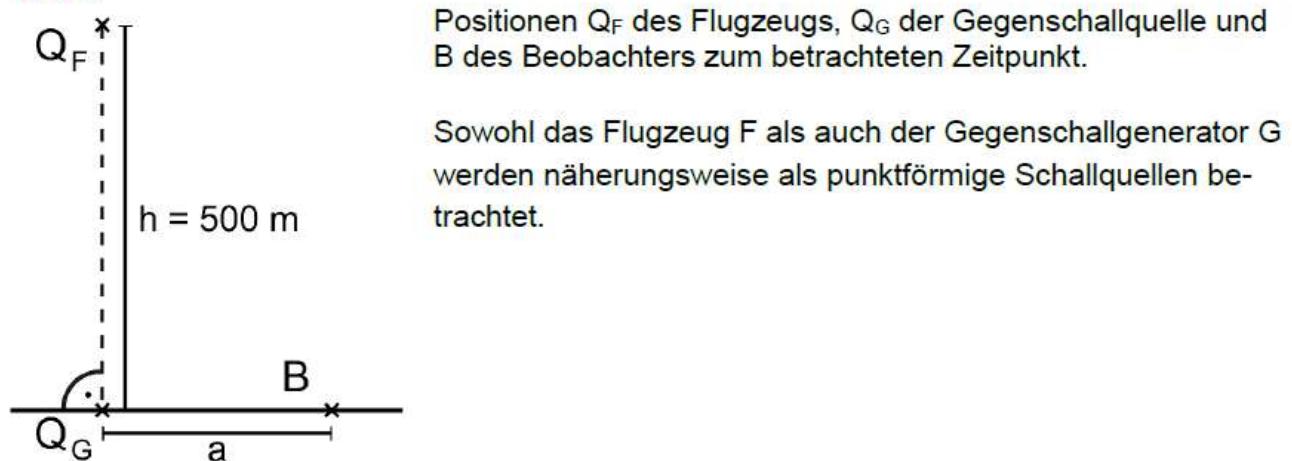


Abb. 1: Schallquelle und Gegenschallquelle am Boden, IQB

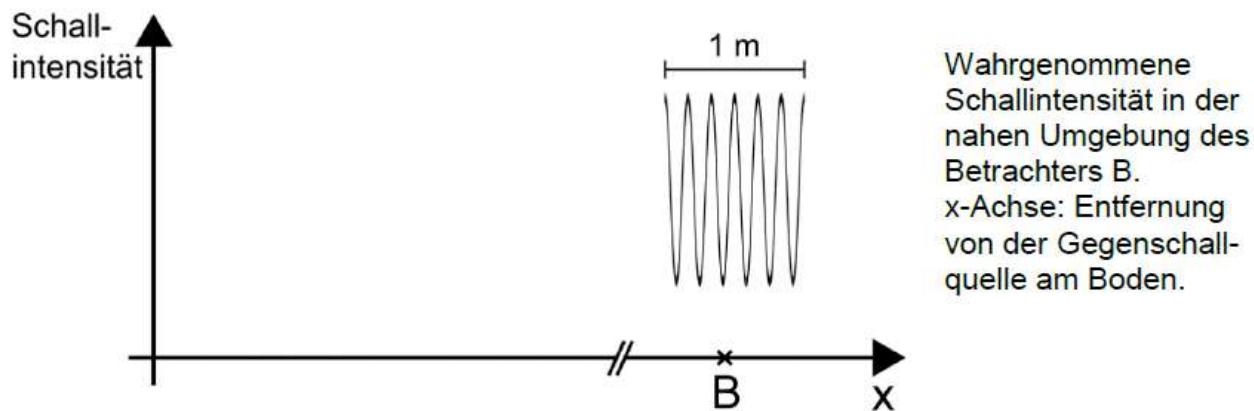


Abb. 2: Ausschnitt aus der wahrgenommenen Schallintensität, IQB

## Material 2

Skizze der Grundidee einer Möglichkeit zur Erzeugung von Gegenschall innerhalb des Triebwerks

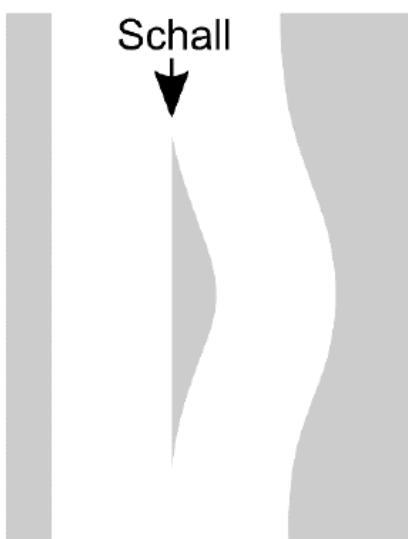


Abb. 3: Gegenschallerzeugung im Triebwerk, IQB