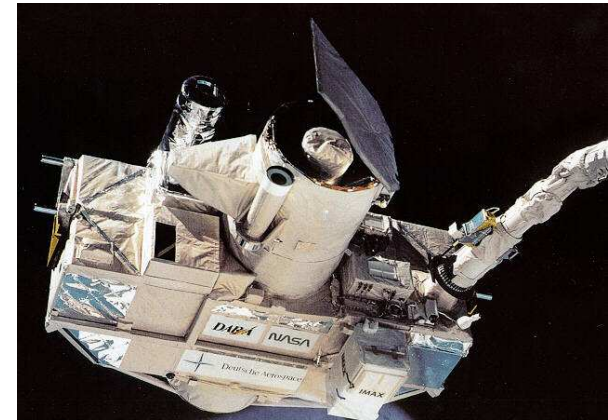


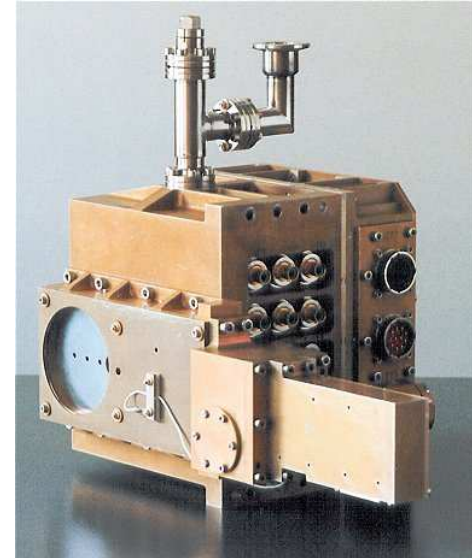
Das ORFEUS-Projekt

- Orbitales und Rückführbares Fern- und Extrem-Ultraviolett Spektrometer
- Deutsch-Amerikanische Kooperation:
 - Deutschland: Wiederverwendbarer Satellit ASTRO-SPAS und ORFEUS-Teleskop
 - USA: Shuttle-Flug und 2. Spektrometer
- 2 Flüge: 1993 (6 Tage) und 1996 (14 Tage)
- Tübinger Beitrag zum Projekt:
 - Wissenschaftliche Projektleitung
 - Detektor für Echelle-Spektrometer mit Bord-Elektronik
 - Missionsplanung
 - Experimentsteuerung und Überwachung während des Fluges



Der ORFEUS-Detektor

- Lichtempfänger für das Echelle-Spektrometer des ORFEUS-Teleskops
- Empfindlich für Ultraviolettlicht
- Ortsauflösend (ca. 900 x 900 Pixel auf 40 x 40 mm²)
- Registriert **einzelne Photonen** (*Licht-Teilchen*)
- Entwickelt und gebaut am Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen (IAAT)
- Dazu gehört die Bordelektronik mit selbstentwickeltem Computersystem

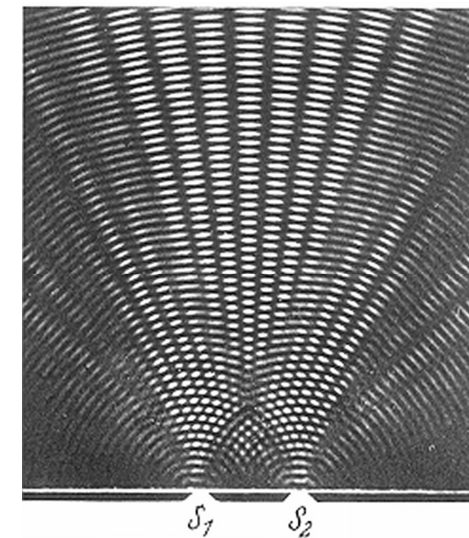
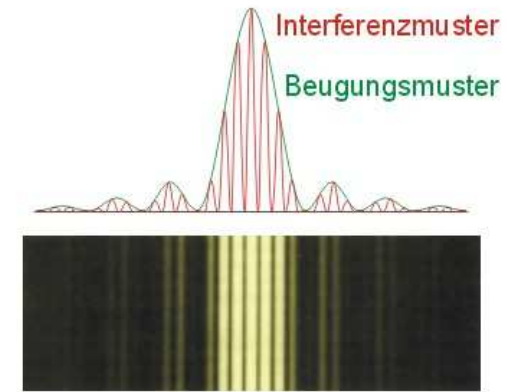


Der Versuchsaufbau

- In Betrieb ist der ORFEUS-Ersatzdetektor:
 - War vorgesehen als kurzfristiger Ersatz im Falle eines Defekts des für den Flug vorgesehenen Detektors
 - Voll weltraumtauglich aufgebaut
 - Lediglich mit Quarzfenster versehen an Stelle des im Weltall verwendeten Verschlusses
- Verwendet wird Licht einer Quecksilberlampe mit einer Wellenlänge von 254 nm
- Der Aufbau wird für einen Versuch des Fortgeschrittenen-Praktikums in Astronomie und Astrophysik benutzt

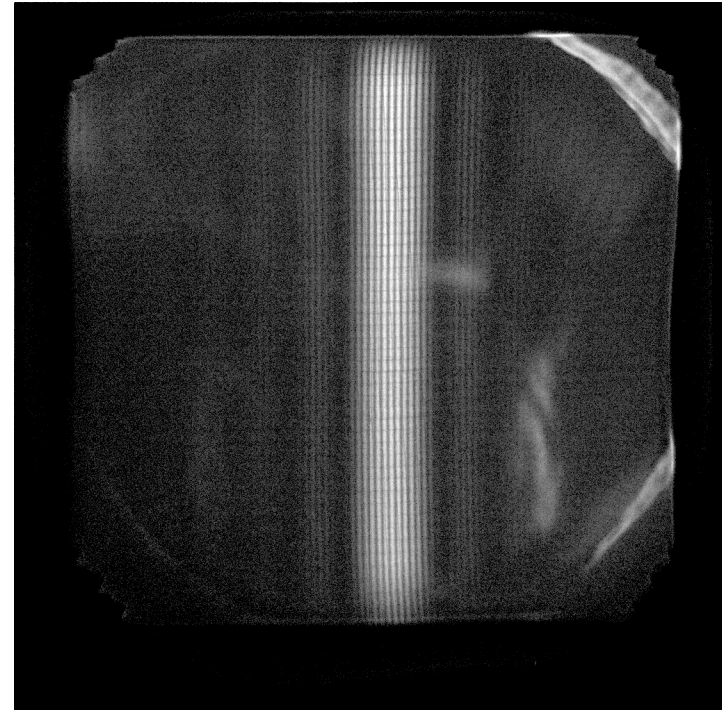
Beugung am Doppelspalt

- Schickt man einfarbiges, eng gebündeltes Licht durch zwei schmale, dicht nebeneinander liegende Spalte, so bildet sich auf einem dahinter liegenden Schirm ein Streifenmuster ab
- Dieses Muster lässt sich durch die Überlagerung (*Interferenz*) von Wellen erklären
- Mit dem Doppelspaltversuch kann man also die **Wellennatur von Licht** demonstrieren



Der Doppelspaltversuch mit einzelnen Photonen

- Der ORFEUS-Detektor registriert einzelne Photonen und zeigt damit den Teilchencharakter von Licht.
- Schickt man diese Photonen **einzel**n (!) durch einen Doppelspalt und fängt das Licht mit dem ORFEUS-Detektor auf, so erkennt man nach einer gewissen Messdauer auch hier das Streifenmuster.
- Dieses Streifenmuster ist der Nachweis für den Wellencharakter von Licht (*jedes einzelne Photon hat gewissermaßen beide Spalte gleichzeitig als Welle passiert*).
- Mit diesem Versuchsaufbau können wir also den **Teilchencharakter** und den **Wellencharakter** von Licht gleichzeitig demonstrieren!



Technische Daten:

Abstand der Einzelspalte: 0,15 mm

Breite der Einzelspalte: 0,02 mm

Abstand Spalt – Detektor: 26 cm

Wellenlänge des Lichts: 254 nm

Abstand der feinen Beugungsstriche: 0,43 mm

Wieso funktioniert Interferenz mit einzelnen Photonen?

- Mit den klassischen Vorstellungen im Kopf stellt man sich folgende Fragen:
 - Woher „wissen“ die Photonen, wenn sie durch einen der beiden Spalte fliegen, dass da noch ein zweiter Spalt ist?
 - Oder ist ein Photon nur eine Welle, die so „breit“ ist, dass sie durch beide Spalte hindurch läuft?
- Die korrekten Antworten liefert nur die Quantenmechanik, deren Ergebnisse sich aber nicht mit der gewohnten Anschauung erklären lassen:
 - Alle Quanten (Photonen, aber auch Elektronen, Atomkerne und alle Elementarteilchen) haben sowohl Teilchen- als auch Wellencharakter
 - Der Wellencharakter beschreibt nur eine Wahrscheinlichkeit dafür, ein Teilchen an einer bestimmten Stelle nachzuweisen
- Speziell beim Doppelspaltversuch:
 - Der Auftreffort eines einzelnen Photons lässt sich nicht vorhersagen
 - Für jedes Photon gibt es auf jedem Detektorort eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, dort aufzutreffen
 - Diese Wahrscheinlichkeit wird durch den Doppelspalt bestimmt
 - Wenn sehr viele Photonen auf dem Detektor angekommen sind, verteilen sich diese auf der Detektorfläche entsprechend der Auftreffwahrscheinlichkeit
 - Das Resultat ist das bekannte Streifenmuster