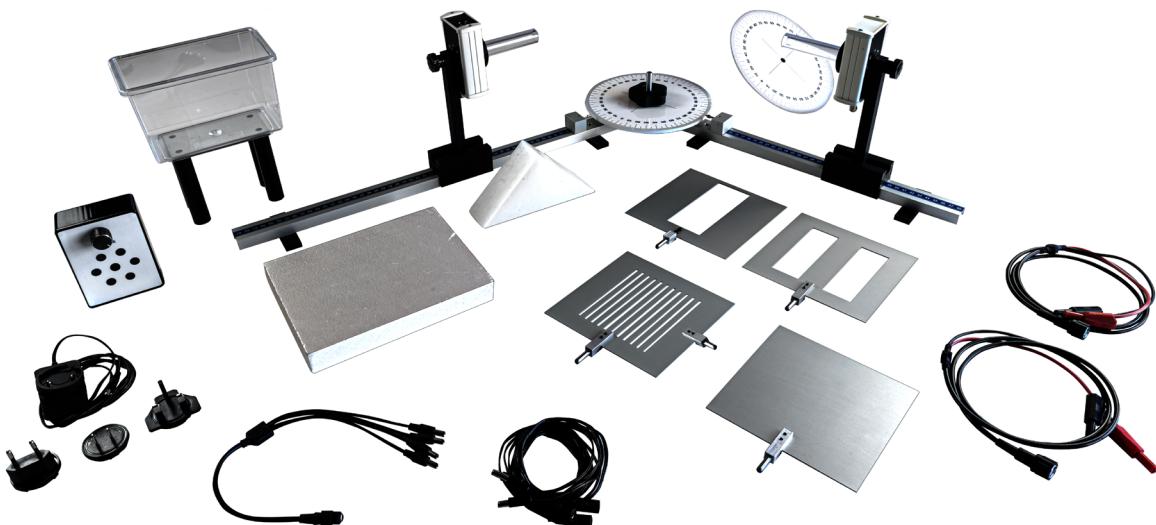


Code. 5439 / 5437
MIKROWELLENSATZ /
MICHELSON-INTERFEROMETER



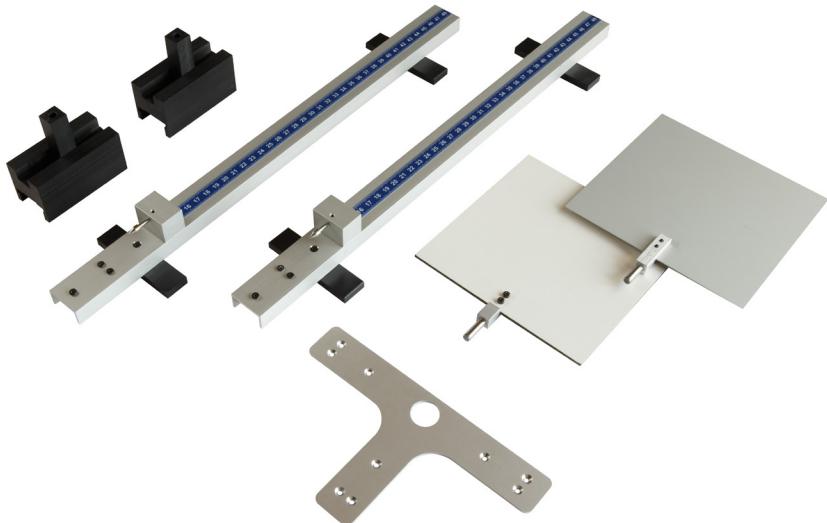
OPTIKA S.r.l.
Via Rigla, 30 – 24010 Ponteranica (Bergamo) – Italia
Tel. +39 035 571392

GELIEFERTE AUSRÜSTUNG

Nein.	Beschreibung	Code
5439	MIKROWELLENSATZ	
1	Sender mit Halter	OFF5019
1	Empfänger mit Halter	OFF5020
1	12 V DC Spannungsversorgung	PS-UNI-12VMP
1	Dreiwegekabel für die Stromversorgung mit Verlängerungen	OFF4767
1	Gelenkschiene mit Protractor	OFF5021
1	Lautsprecher	OFF4770
2	BNC-Kabel - Doppel-Banane	E0277
1	Expandierte Polystyrolplatte	OFF3547
1	Ablagefach	H20
1	Tablethalterung	OFF4772
1	150 x 150 mm Metallblech	OFF5023
1	Winkelmesser mit Stift	OFF5022
1	Paraffinprisma	OFF3559
1	11 Schlitze Gitterblech	OFF5024
1	Metallblech mit Schlitz	OFF5025
1	Metallblech mit zwei Schlitzen	OFF5026
1	Lineal	1116
1	Anti-Akustik-Paneel	OFF4794
5437	MICHELSON INTERFEROMETER	
1	Drehteller	OFF5015
2	Beweglicher Arm	OFF5028M
2	Folienhalter	OFF5029
1	Folie mit Fuß	OFF5023
1	Weisse Folie mit Fuß	OFF5030

GELIEFERTE AUSRÜSTUNG

5437



GELIEFERTE AUSRÜSTUNG 5439

OFF4765



OFF4766



PS-UNI-12VMP

OFF4767



OFF4769



OFF4770



E0277



OFF4794



H20



OFF4772



OFF3530



OFF4773



OFF3559



OFF3538



OFF3985



OFF3986



1116

BEHANDELTE THERMEN

A. Theoretische Einführung

1. Allgemeine Informationen über elektromagnetische Wellen
2. Mikrowellen
3. 3D-Gefahren durch die Einwirkung von Mikrowellen
4. Amplitudenmodulation

B. Mikrowellen-Optik-Set

1. Sender, Beschreibung
2. Sender, technische Daten
3. Empfänger, Beschreibung
4. Empfänger, technische Daten
5. Speaker, Beschreibung
6. So montieren Sie die Schiene

C. Durchführbare Experimente

1. Funktionsprüfung
2. Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch Polystyrol-Körper
3. Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch Wasser
4. Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch den menschlichen Körper
5. Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch einen Metallkörper
6. Die Reflexion der Mikrowellen
7. Mikrowellenbrechung
8. Totalreflexion der Mikrowellen
9. Mikrowellen-Polarisation
10. Polarisationsebene für Mikrowellen
11. Beugung von Mikrowellen durch einen Schlitz
12. Beugung von Mikrowellen durch zwei Schlitze (Young-Experiment)
13. Michelson-Interferometer (optionaler Bausatz)

Nein. Durchführbare Experimente: 13

ACHTUNG

Lesen Sie diese Anleitung sorgfältig durch, um einen korrekten und effizienten Gebrauch dieses Instruments zu gewährleisten.

Vergewissern Sie sich, dass das Netzteil konform ist.

Der Sender sollte nur für physikalische Experimente verwendet werden.

Es wird nicht empfohlen, dieses Gerät außerhalb des Schullabors zu verwenden.

A. THEORETISCHE EINFÜHRUNG

1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN ÜBER ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN

Monochromatische elektromagnetische Welle (d.h. mit einer genau definierten Frequenz und Wellenlänge) besteht aus einem elektrischen Feld (genannt **E**) und einem Magnetfeld (genannt **B**), die gegenseitig senkrecht zueinander stehen und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung phasenverschoben sind (Abb. 1).

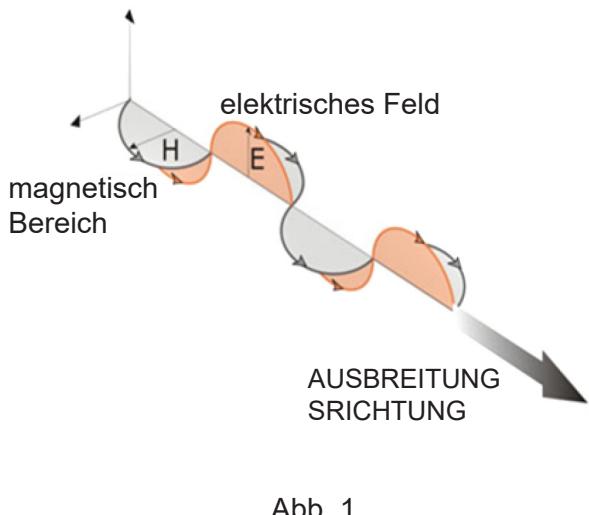


Abb. 1

Dann besteht eine elektromagnetische Welle eigentlich aus zwei gekoppelten Komponenten: einer elektrischen und einer magnetischen. Eine solche Welle wird als polarisierte ebene Welle bezeichnet. Es wird angenommen, dass die Polarisationsebene die Ebene ist, in der das elektrische Feld schwingt.

Energetisch kann die elektromagnetische Welle mit einem Energiefluss verglichen werden, der sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit, in Form von elektrischen und magnetischen Feldern, in einer geraden Linie (im homogenen Medium) ausbreitet.

Geschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen im Vakuum

Die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum ist eine sehr wichtige Größe in der Physik und beträgt üblicherweise mit c (konstanter Anfangswert) angegeben: sein Zahlenwert beträgt etwa 300 000 km/s, d.h. $3 \cdot 10^8$ m/s, in wissenschaftliche Notation.

Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen in nicht leitfähigen Materialien bedeutet

Die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen in einem homogenen nichtelektrischen und nichtferromagnetischen Medium ist geringer als die im Vakuum: $v = c / n$, wobei n der sogenannte Brechungsindex ist.

Je höher der Brechungsindex ist, desto niedriger ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Der Brechungsindex, normalerweise mit einem Wert größer als 1, hängt von den Eigenschaften des Mediums ab, kann jedoch unterschiedliche Werte annehmen, wenn sich die Wellenfrequenz ändert.

Wellenlänge

Die Wellenlänge ist die Entfernung, die die Welle in der Zeit eines Zyklus zurücklegt.

Grafisch entspricht es dem Abstand zwischen einem Punkt im Zyklus und dem entsprechenden Punkt im nächsten Zyklus (z.B. dem Abstand zwischen zwei Spitzen). Die Wellenlängen der Radiowellen variieren vom Millimeter (Mikrowelle) bis zu mehreren Kilometern (ELF). Die Wellenlänge wird in der Regel durch den griechischen Buchstaben λ (lambda) bezeichnet und in Metern gemessen.

Frequenz

Die Anzahl der Wellenlängen oder Zyklen, die einen bestimmten Punkt in der Zeiteinheit durchlaufen, ist die Frequenz. Die Frequenz wird mit dem Buchstaben f oder dem griechischen Buchstaben ν (nu) bezeichnet und in Hertz (Hz) gemessen. Aus dem oben Gesagten geht klar hervor, dass Frequenz und Wellenlänge über die Wellengeschwindigkeit miteinander in Beziehung stehen: $\lambda f = c$ im Vakuum und $\lambda f = c/n$ in materiellen Medien. Deshalb:

- bei höheren Frequenzen gibt es kürzere Wellenlängen
- bei einer festen Frequenz variiert die Wellenlänge von Medium zu Medium mit unterschiedlichem Brechungsindex.

Amplitude

Die Amplitude ist der maximale Wert, der von der Schwingung erreicht wird, analog zum mechanischen Fall, bei dem wir von der maximalen Verschiebung aus der Gleichgewichtslage sprechen. Zum Beispiel ist die Amplitude im Falle einer Meereswelle die maximale Höhe der Welle.

Bei einer elektromagnetischen Welle sind die Amplituden der beiden Felder (elektrisch und magnetisch) nicht unabhängig, sondern miteinander verknüpft: In diesem Sinne sind die beiden Felder gekoppelt.

Intensität

Die Intensität einer elektromagnetischen Welle ist die Energie, die durch einen einheitlichen Bereich in der Zeiteinheit fließt und in W/m^2 gemessen wird: das ist die Energie, die in jeder Sekunde eine Fläche von einem Quadratmeter überquert. Es kann gezeigt werden, dass die Intensität proportional zum Produkt aus den Amplituden des elektrischen Feldes und des Magnetfeldes ist; und da die beiden letztgenannten proportional zueinander sind, ist die Intensität letztlich proportional zum Quadrat der Amplitude des elektrischen Feldes.

Spektrum der elektromagnetischen Wellen

Das elektromagnetische Spektrum ist die Gesamtheit aller möglichen Frequenzen der elektromagnetischen Strahlung. Dieses Spektrum ist kontinuierlich, aber eine rein konventionelle und indikative Unterteilung ist in verschiedene Intervalle oder Frequenzbänder möglich. Der mögliche Frequenzbereich oder Äquivalenzbereich der Wellenlänge reicht von Null bis Unendlich, wobei das Verhältnis der inversen Proportionalität zwischen den beiden Größen beibehalten wird (Abb. 2).

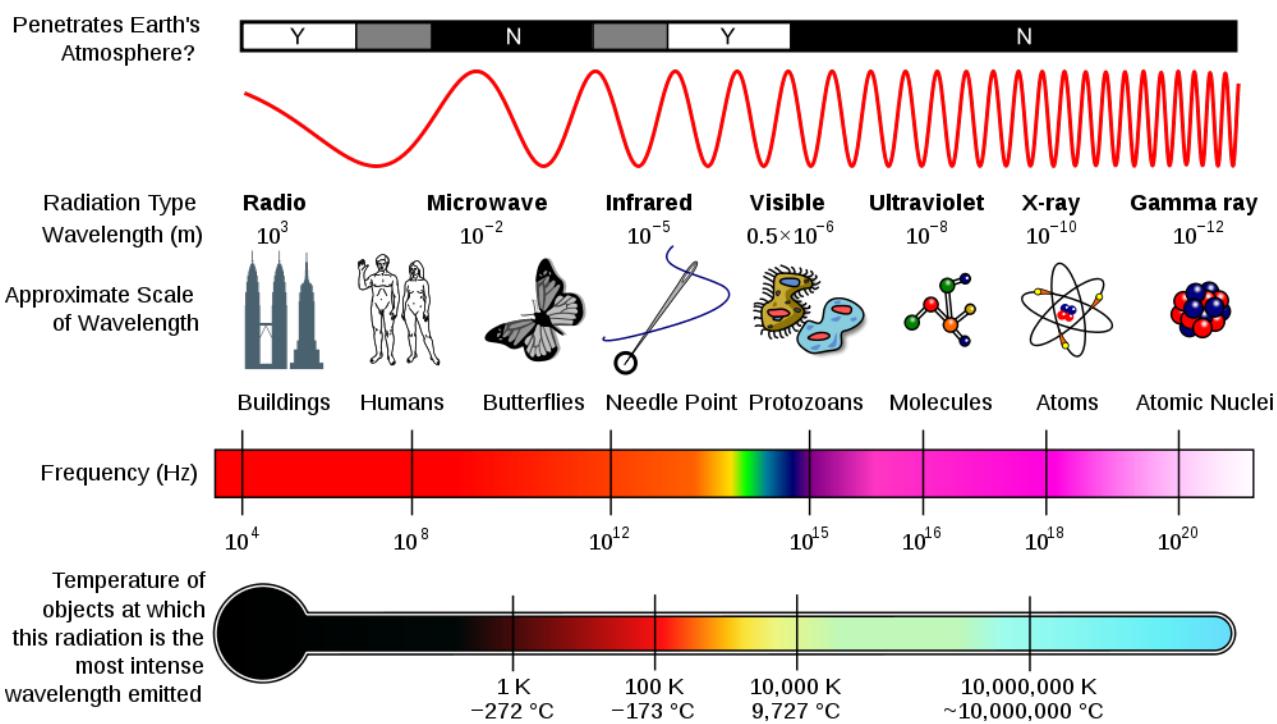


Abb. 2

2. MIKROWELLE

Mikrowellen sind elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen Radiowellen und Infrarotstrahlung. Obwohl wir sie eher getrennt von den Radiowellen betrachten, sind die Mikrowellen in den UHF- und EHF-Teilen des Frequenzspektrums enthalten, weisen aber aufgrund ihrer hohen Frequenz spezifische Eigenschaften auf.

Die Grenze zwischen den Mikrowellen und den benachbarten Strahlungsbereichen ist nicht klar und kann je nach Studienrichtung variieren. Die Mikrowellen liegen zwischen 0,1m (Frequenz von ca. 2-3 GHz) und 1 mm (Frequenz von ca. 300 GHz). Ab 300 GHz ist die Absorption elektromagnetischer Strahlung so intensiv, dass die Erdatmosphäre bei diesen Frequenzen als undurchsichtig angesehen werden kann.

Es kehrt jedoch zu einer Transparenz im infraroten und sichtbaren Bereich zurück. Wenn sie ein Material passieren, erzeugen sie Schwingungen mit kleiner Amplitude von Ionen, deren Bewegung, wie durch Reibung, die Erwärmung des Materials selbst bewirkt. Dieser thermische Effekt wird als Diathermie bezeichnet und wird in der Medizin zu therapeutischen Zwecken zur Erwärmung begrenzter Bereiche des menschlichen Körpers eingesetzt. Sie erreichen nicht zu hohe Temperaturen und können Arthritis, Schleimbeutelentzündung, Muskelverstauchungen und traumatische Schäden im Allgemeinen heilen. In der folgenden Tabelle ist die Aufteilung nach der Radio Society of Great Britain (RSGB) aufgeführt.

Bandname	Frequenzbereich
L	1 – 2 GHz
S	2 – 4 GHz
C	4 – 8 GHz
X	8 – 12 GHz
K _u	12 – 18 GHz
K	18 – 26 GHz
K _a	26 – 40 GHz
Q	30 – 50 GHz
U	40 – 60 GHz
V	50 – 75 GHz
E	60 – 90 GHz
W	75 – 110 GHz
F	90 – 140 GHz
D	110 – 170 GHz

Registerkarte 1

3. GEFAHREN DURCH DIE EINWIRKUNG VON MIKROWELLEN

Obwohl Mikrowellen seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts weit verbreitet sind, wird ihre Gefahr immer noch diskutiert. Darüber hinaus ist ein Risiko beim Einsatz von Magnetron gut dokumentiert. Die Hornhaut des Auges wird nicht von Blutgefäßen durchquert, die es kühlen können und bei einem Mikrowelleneinschlag überhitzt werden könnten, auch weil es für diese Wellenlängen nicht transparent ist. Aus diesem Grund kann die Exposition gegenüber Mikrowellen, genau wie das Sonnenlicht, die Häufigkeit von Katarakt im späteren Leben erhöhen. Es gibt keine Schutzmaßnahmen gegen die Mikrowellen wie z.B. die Sonnenbrille gegen die Sonne.

Ein Mikrowellenherd mit defekter Tür kann eine Gefahrenquelle sein. Es sollte daher vermieden werden, beschädigte Teile zu verwenden.

Ausrüstung und überprüfen Sie eventuell das Streufeld mit Spezialwerkzeugen. Aus dem gleichen Grund ist es gut, nicht an der Stelle der Antennenemission eines leistungsstarken Flugzeugradars zu stehen und die Diebstahlschutzsensoren mit Radartechnologie direkt und genau zu betrachten. Die

direkte Exposition gegenüber Mikrowellen kann auch Wechselwirkungen mit dem Gehirn hervorrufen, was Reizbarkeit und Kopfschmerzen verursacht. NASA-Forschung 1970 zeigte, dass dies durch die thermische Ausdehnung der Innenohrteile verursacht werden kann.

Abbildung 3 zeigt das Symbol, das verwendet wird, um den Benutzer vor den Gefahren zu warnen, die mit der Verwendung von Mikrowellen verbunden sind.

Trägersignal



Abb. 3

4. AMPLITUDEMODULATION

Ein elektromagnetisches Signal kann auf drei Arten durch ein zweites Signal, genannt Modulation, moduliert werden: Amplitude, Frequenz und Phase. Dank dieser Technik war es möglich, die im modulierenden Signal enthaltene Information über große Entfernungen ohne die Hilfe von elektrischen Kabeln zu übertragen.

Bei der Amplitudenmodulation variiert die Amplitude des Trägers proportional zur Amplitude des modulierenden Signals. Folglich hat das modulierte Signal die gleiche Frequenz wie der Träger, während seine Amplitude bei den positiven Spitzen des Moduls maximal und bei den negativen Spitzen des Moduls minimal ist (Abb. 4).

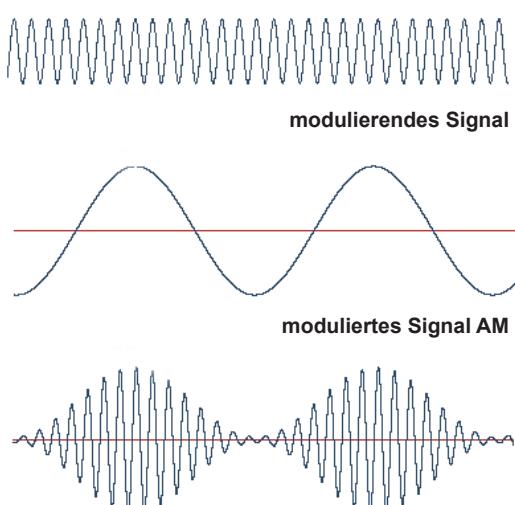


Abb. 4

B. KOMPLEX FÜR DIE STUDIE VON MIKROWELLEN

Der Mikrowellenoptik-Kit besteht aus einem Sender, einem Empfänger, einem Lautsprecher, einer Gelenkschiene und weiteren Komponenten.

Mit diesem Kit können verschiedene Experimente an Mikrowellen durchgeführt werden: Es ist zunächst möglich zu zeigen, dass Mikrowellen die gleichen Eigenschaften wie Lichtwellen haben und dieselben Phänomene wie Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung usw. verursachen.

1. SENDER, BESCHREIBUNG

Der Sender, komplett mit Halterung, Basis und Netzkabel, ist in Abbildung 5 dargestellt.

Mit dem Kippschalter oben können Sie die Trägerwelle mit dem internen Signal (IM) bei Bewegung nach rechts oder mit einem externen Signal (EM) bei Bewegung nach links modulieren.



Abb. 5



Abb. 6

Der Eingang der Stromversorgung und der Eingang des externen Modulationssignals befinden sich im unteren Teil von dieses Instrument wie in Abbildung 6 dargestellt.

2. SENDER, TECHNISCHE DATEN

Stromversorgung: 12 V - 10.5 A DC

Frequenz der Trägerwelle: f_p = 10,5 GHz

Wellenlänge der Trägerwelle: λ = 2,85 cm

Form des internen modulierenden Signals: Rechteckwelle

Frequenz des internen Modulationssignals: f_m = 676 Hz

Zulässiger Frequenzbereich des externen Modulationssignals: 100 Hz - 20 KHz

Maximal zulässige Amplitude für das externe Modulationssignal: 5 V Spitze zu Spitze.

HINWEIS

Verwenden Sie für die Stromversorgung eine der drei Klemmen des Kabelcodes OFF4767.

Verwenden Sie das Kabel E0277, um das externe Modulationssignal von einem Wellenfunktionsgenerator einzufügen.

3. EMPFÄNGER, BESCHREIBUNG

Der Empfänger, komplett mit Sockel und Netzkabel, ist dargestellt in Abbildung 7.

Die BNC-Buchse, die sich im unteren Teil des Instruments befindet, ermöglicht die Übertragung des empfangenen Signals zum Lautsprecher oder zu einem Detektorinstrument (z.B. einem Tester oder Oszilloskop).

4. EMPFÄNGER, TECHNISCHE DATEN

Stromversorgung: 12 V - 1.5 A DC

Maximaler Betriebsabstand 0-1,5 m



Abb. 7

12 V DC STROMVERSORGUNG

5. LAUTSPRECHER, BESCHREIBUNG

Der in Figur 8 gezeigte Lautsprecher ist das Instrument, das das nach der Demodulation durch den Empfänger erhaltene elektrische Signal in ein akustisches Signal umwandelt.



Abb. 8

Dieses Signal wird von der BNC-Buchse des Empfängers und über den entsprechenden Kabelcode abgenommen E0277 wird auf die beiden Buchsen im hinteren Teil des Lautsprechers übertragen und dort wie in Abbildung 9 dargestellt verstärkt. Die Amplitude kann durch Betätigen des in Abbildung 8 gezeigten Reglers eingestellt werden. Untersuchung auf einen Tester übertragen werden.

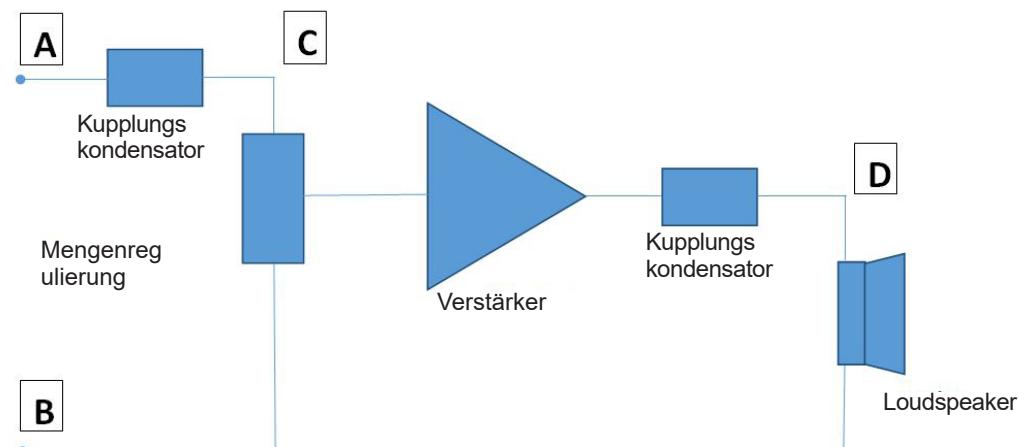


Abb. 9

6. WIE MAN DIE SCHIENE MONTIERT

a) Hängen Sie den kurzen Arm (mit Verbindungsflansch) an den langen mit Drehpunkt ein (Abb. 10).

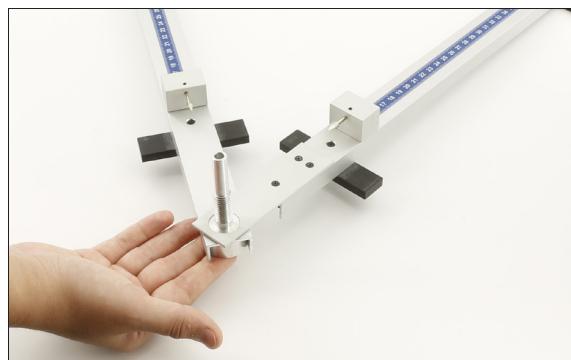


Abb. 10

b) Setzen Sie die Scheibe in den Drehpunkt (Abb. 11).

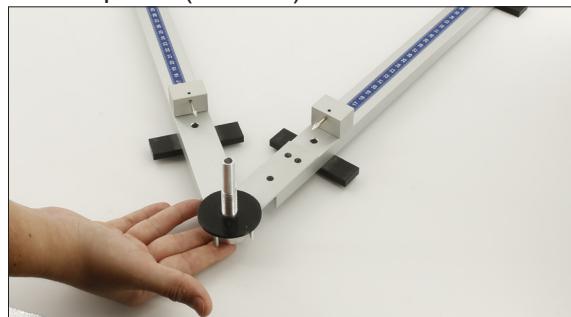


Abb. 11

c) Setzen Sie den Winkelmeister auf den Drehpunkt bei 0° ein (Abb. 12).



Abb. 12

d) Schrauben Sie das schwarze PVC-Joch auf den Stift (Abb. 13).

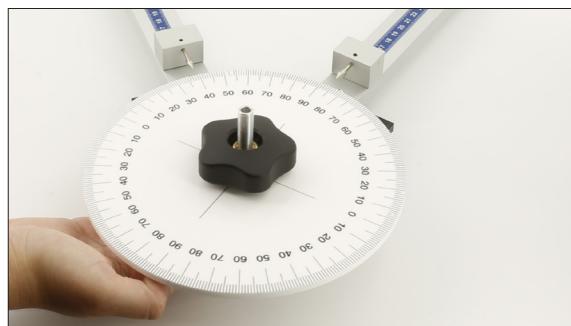


Abb. 13

Am Ende der Montage muss sich der rechte Arm unabhängig vom linken drehen können.

C. DURCHFÜHRBARE EXPERIMENTE

EXPERIMENT Nr. 1: Funktionsprüfung

Erforderliche Ausstattung: Schiene; Sender; Empfänger; Lautsprecher; Dreiwegekabel; Stromversorgung 12 V; Empfänger - Lautsprecheranschlusskabel.

- Richten Sie die Empfängerhupe mit der Senderhupe aus.
- Setzt die interne Modulation des Senders.
- Drehen Sie den Lautstärkeregler des Lautsprechers ganz nach links.
- Richten Sie das System wie in Abbildung 14 gezeigt aus.
- Schließen Sie die Spannungsversorgung an.
- Drehen Sie den Lautstärkeregler langsam: Sie sollten mit zunehmender Lautstärke einen Festfrequenzton von 550 Hz hören. Amplitude.

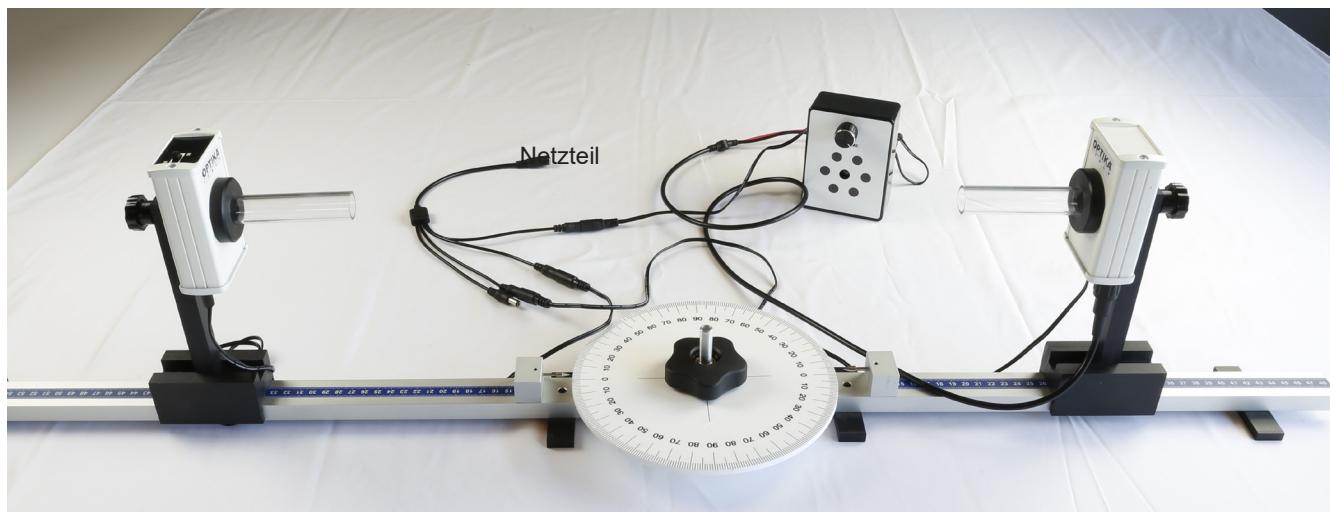
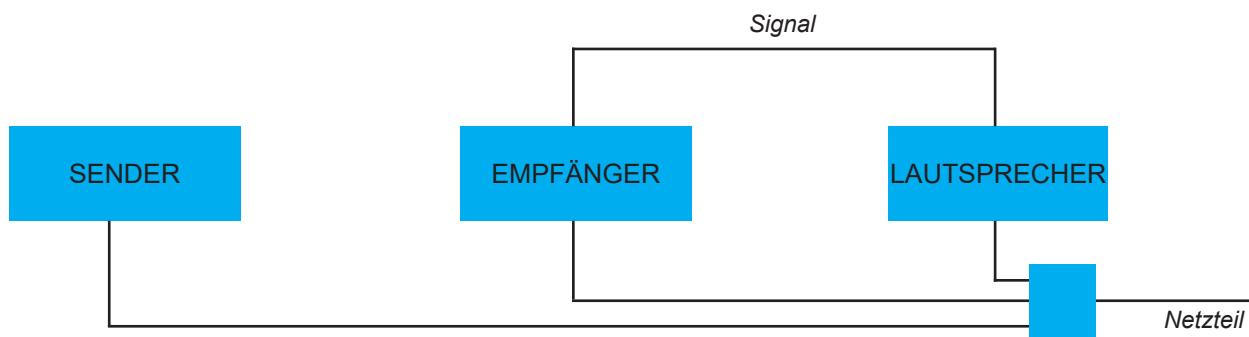


Abb. 14



Das Signal kann durch die Nähe anderer Körper gestört werden, die Mikrowellen absorbieren, reflektieren oder brechen können. Signalverzerrungen werden auch durch die einfache Annäherung einer Hand an das Gerät verursacht: Wie wir in den ersten Erfahrungen sehen werden, ist der menschliche Körper tatsächlich in der Lage, die Mikrowellen zu absorbieren und zu reflektieren. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, sich während der Messungen so weit wie möglich vom Gerät fernzuhalten.

Gleichzeitig ist es ratsam, den Raum um das System herum von jedem Objekt und Gerät freizumachen.

EXPERIMENT Nr. 2: Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch Polystyrolplatte

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 1; Polystyrolplatte.

Theoretische Referenzen

Die Absorption und Übertragung von Mikrowellen liefert wichtige qualitative Informationen über die physikalischen Eigenschaften. Eigenschaften von Substanzen, die mit elektromagnetischen Wellen interagieren. Berücksichtigen Sie z.B. die Absorption.

Beim Überqueren einer Schicht der Dicke x wird beobachtet, dass die Intensität der transmittierten Strahlung folgt. Lamberts Gesetz:

$$I = I_0 \cdot e^{-kx} \quad (1)$$

wobei k der Absorptionskoeffizient des Materials bei einer bekannten Frequenz ist.

Wenn ein Material bei einer gegebenen Frequenz $k = 0$ hat, dann hat es keine Absorption. Natürlich kann das gleiche Material für eine bestimmte Frequenz transparent und für andere absorbierend sein. Es ist bekannt, dass elektrische Isolatoren im Allgemeinen für Mikrowellen und sichtbares Licht transparent sind, stattdessen absorbieren sie stark ultraviolette Strahlung.

Es ist eine häufige Erfahrung, dass feste Isolatoren wie Diamant, Quarz und Kochsalz transparente Kristalle sind. Wenn das Isoliermaterial ein Ionenkristall ist, können wir eine starke Absorption in den Infrarotfrequenzen beobachten.

Die erste Art der Absorption ist auf die Elektronen des Festkörpers zurückzuführen, die zweite auf die Schwingungen der Ionen.

Halbleiter absorbieren sichtbares Licht, weshalb Silizium-Solarzellenmodule schwarz erscheinen. Ein hoher Absorptionsgrad ist mit einem hohen Reflexionsvermögen verbunden. Metalle absorbieren und reflektieren das gesamte Spektrum, auch im fernen Infrarot und im Mikrowellenbereich.

Wie man das Experiment durchführt

Um diese Erfahrung zu machen, sollten Sie das System wie in Bild 14 anordnen, der Sender und der Empfänger sind beide 25-30 cm vom Drehpunkt der Schiene entfernt. Drehen Sie den Lautstärkeregler leicht nach rechts, um einen Klang zu erhalten, der in einer Entfernung von einigen Metern zu hören ist.

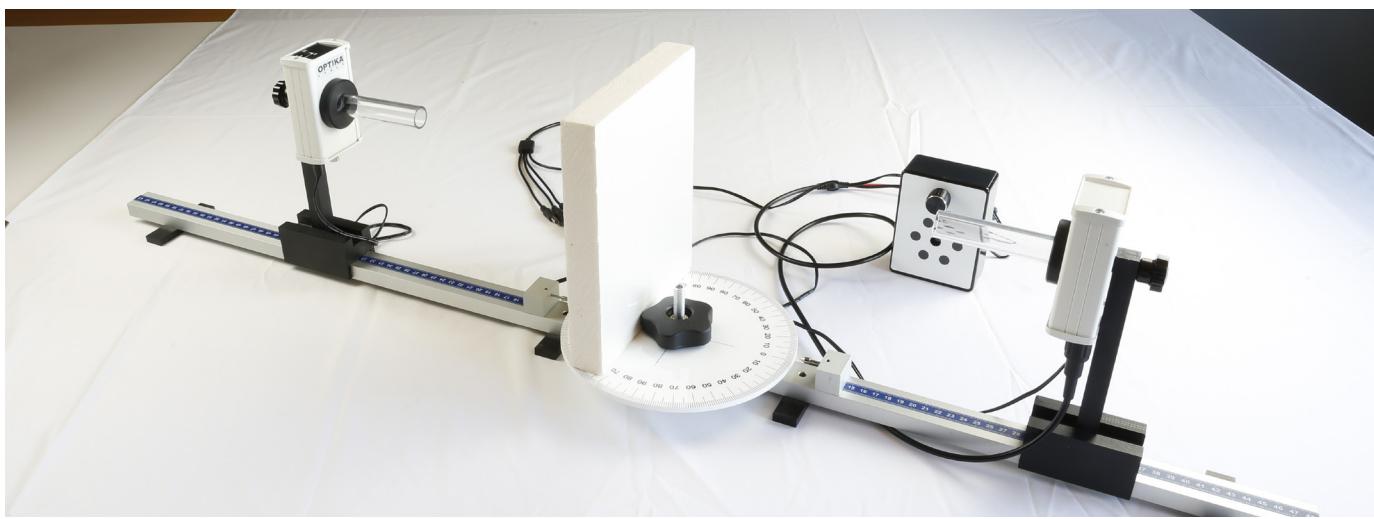


Abb. 15

Platzieren Sie nun die mitgelieferte Polystyrolplatte in der Mitte und beachten Sie, dass es keine Dämpfung des Signals gibt. (Abb. 15). Falls erforderlich, wiederholen Sie die Prüfung, indem Sie das empfangene Signal an ein Messgerät senden.

EXPERIMENT Nr. 3: Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch Wasser

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 1; Kunststoffschale mit Halterung.

Wiederholen Sie die vorherige Erfahrung mit dem Plexiglasschale ohne Wasser (Abb. 16).

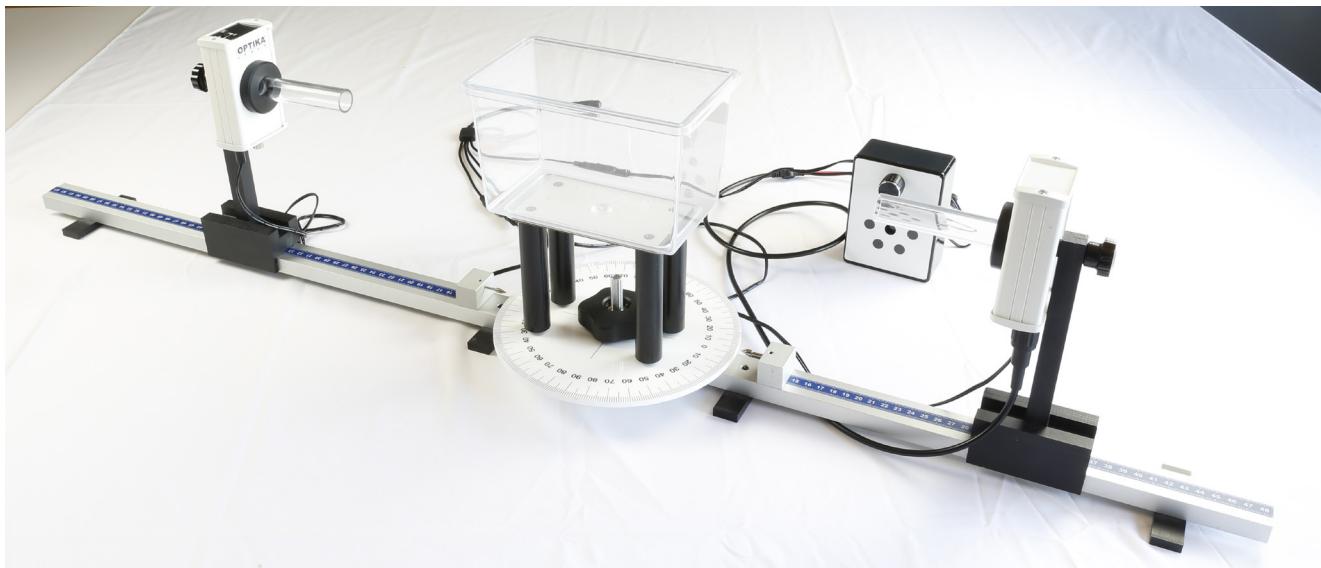


Abb. 16

Auch in diesem Fall wird keine Signaldämpfung aufgezeichnet. Sie können es mit anderen elektrisch isolierenden Materialien (z.B. Holz, Kork, etc.) noch einmal versuchen, aber das Ergebnis ist das gleiche: Die Isoliermaterialien lassen die Mikrowellen durch. Es ist zu beachten, dass je nach Art des Materials eine teilweise, mehr oder weniger deutliche Reflexion der Mikrowellen auftreten kann.

Versuchen Sie jetzt, das Tablett mit Wasser zu füllen (auf dem Bild war es schwach gefärbt, um es zu zeigen). Legen Sie das Tray entsprechend seiner längeren Seite ein, wie in Abbildung 17 gezeigt.

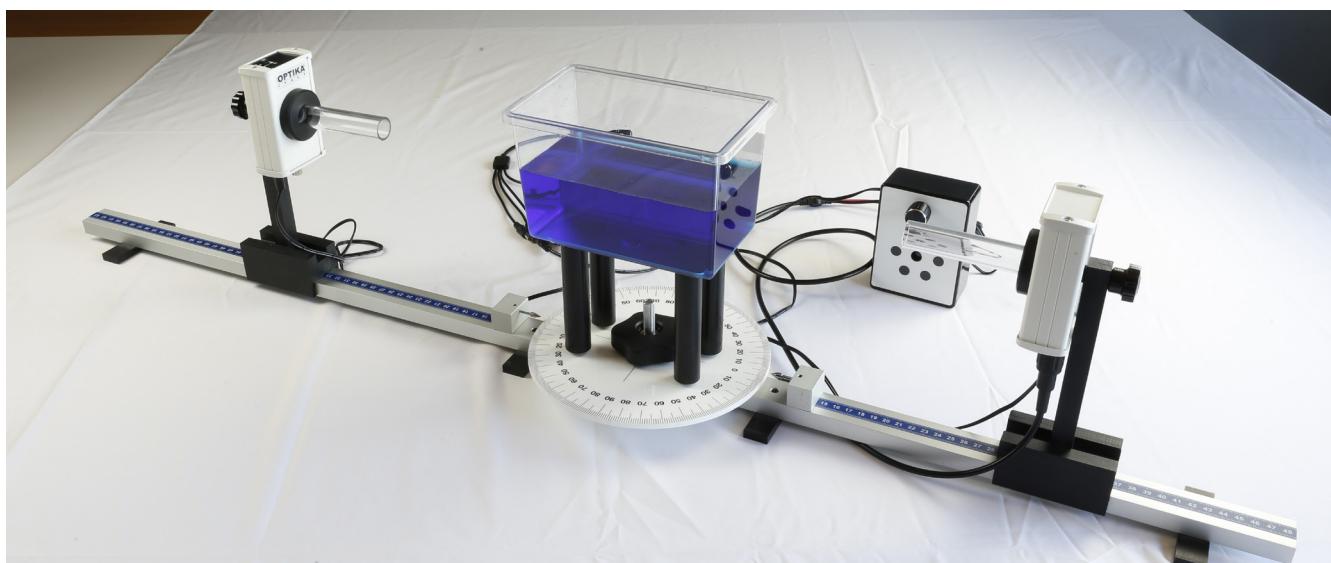


Abb. 17

Das Signal fehlt völlig; die Mikrowellen wurden vom Wasser absorbiert. Das Gesetz, das dies beschreibt. Phänomen der Absorption ist: $I = I_0 \cdot e^{-kx}$.

Das bedeutet, dass die Wasserschicht es nicht zulässt, dass Mikrowellen den Empfänger erreichen. Gerade aus diesem Grund ist es wichtig,

dass U-Boote und Boote ein Sonarsystem und kein Radarsystem verwenden. Überprüfen Sie, ob dasselbe passiert, auch wenn die Mikrowellen die kurze Seite des Trays überqueren.

EXPERIMENT Nr. 4: Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch ein menschliches Organ

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 1.

Eine weitere Bestätigung, dass die Mikrowellen vom Wasser absorbiert werden, ist zu sehen, wenn man die Hand zwischen Sender und Empfänger legt, wie in Figur 18 dargestellt. Auch in diesem Fall wird das Signal fast vollständig abgeschwächt. Die Erklärung des Phänomens liegt darin, dass der menschliche Körper im Durchschnitt enthält 75% Wasser.

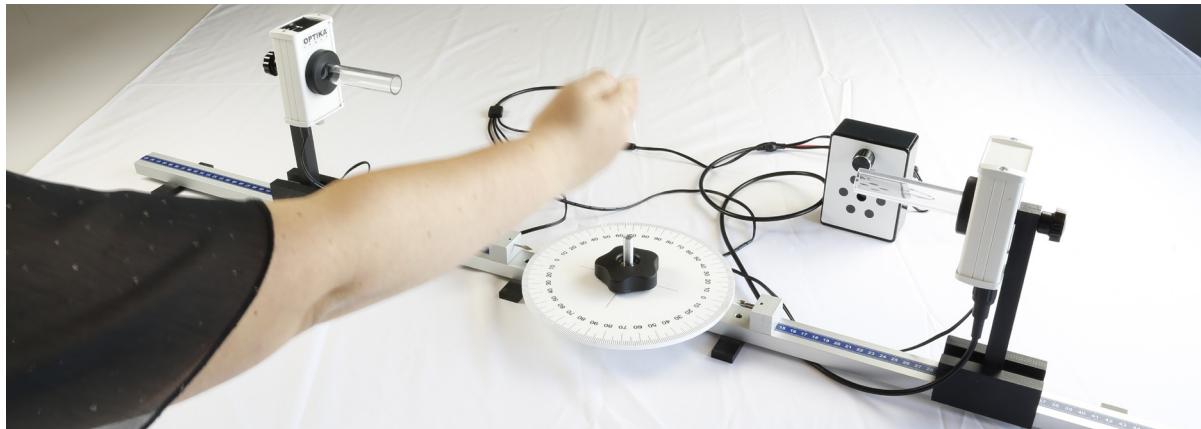


Abb.18

Die Spitze der Wasseraufnahme liegt bei der Frequenz von 2.450 GHz.

Durch die Abgabe elektromagnetischer Energie bei gleicher Schwingungsfrequenz des Wassermoleküls entsteht das Phänomen der elektromagnetischen Resonanz. Unter diesen Bedingungen wird die vollständige Absorption der elektromagnetischen Energie durch das Wasser induziert, wodurch die maximal mögliche Erwärmung erreicht wird. Dies erklärt, warum ein Mikrowellenherd mit einer Leistung von einigen hundert Watt in der Lage ist, in wenigen Augenblicken ein Lebensmittel zu erhitzen, das in einem herkömmlichen Herd zehn Minuten erhitzt werden muss, um das gleiche Temperaturniveau zu erreichen. In der Mikrowelle sind die Methoden der Diffusion von Wärme in der Nahrung unterschiedlich: Während im traditionellen Ofen die Wärme die Oberfläche der Nahrung angreift und sich dann durch Leitung auch die Wärme im Inneren ausbreitet (was die größte "Verbrennung" der Oberfläche zur Folge hat), verteilt sich die Wärme mit der Mikrowelle sehr homogen. Tatsächlich ist es die innere Materie (in diesem Fall Wasser), die elektromagnetische Energie zu sammeln und um sich herum zu übertragen.

EXPERIMENT Nr. 5: Übertragung und Absorption von Mikrowellen durch einen Metallkörper

Erforderliche Ausrüstung: wie Erfahrung Nr. 1; eine Metallplatte.

Wiederholen Sie die vorherige Erfahrung, indem Sie eine Metallplatte zwischen Sender und Empfänger wie abgebildet platzieren. In Abbildung 19. Unter diesen Bedingungen gibt es keinen Mikrowellendurchgang und das Signal fehlt vollständig.

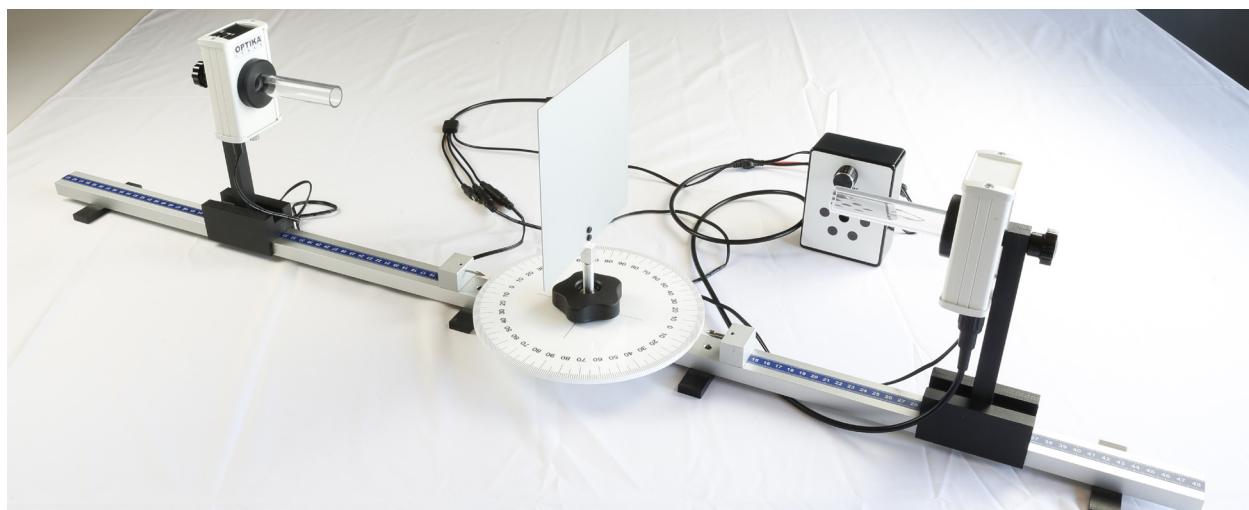


Abb. 19

EXPERIMENT Nr. 6: Mikrowellenreflexion

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 5.

Ordnen Sie das System wie in Abbildung 20 dargestellt an. Die reflektierende Platte muss mit dem Nullpunkt des Winkelmessers ausgerichtet sein, während der Abzweig, auf dem der Sender sitzt, muss mit dem Nullpunkt des Winkelmessers einen Winkel von 45° bilden.

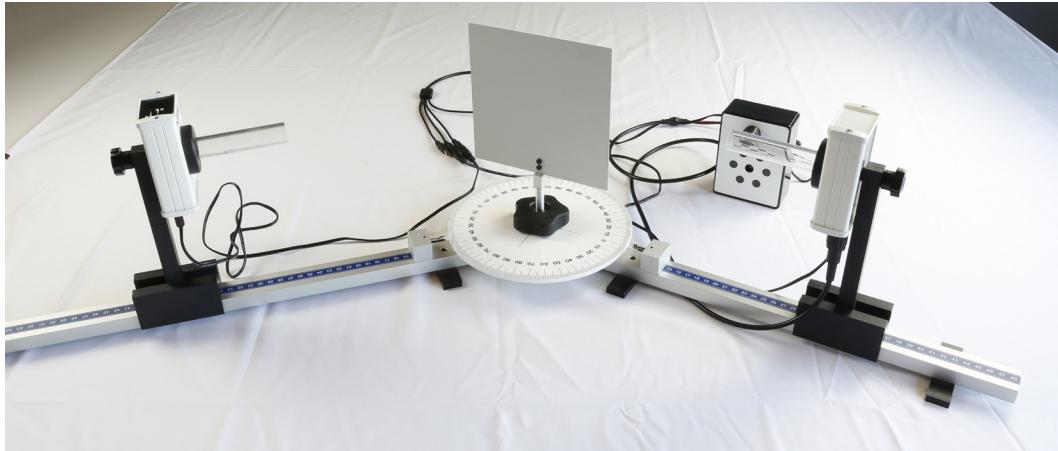


Abb. 20

Schalten Sie die Geräte ein und wählen Sie die interne Modulation. Stellen Sie die Lautstärke des empfangenen Signals knapp unter der Hörschwelle ein. Dann, während Sie den linken Zweig der Führung halten, dreht sich der rechte langsam. Sie werden feststellen, dass das empfangene Signal an Intensität zunimmt und maximal wird, wenn auch der Winkel, der durch den linken Ast mit dem Nullpunkt des Winkelmessers gebildet wird, 45° beträgt, um zu beweisen, dass das von der Platte reflektierte Signal maximal ist, wenn der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel ist. (Abb. 21).

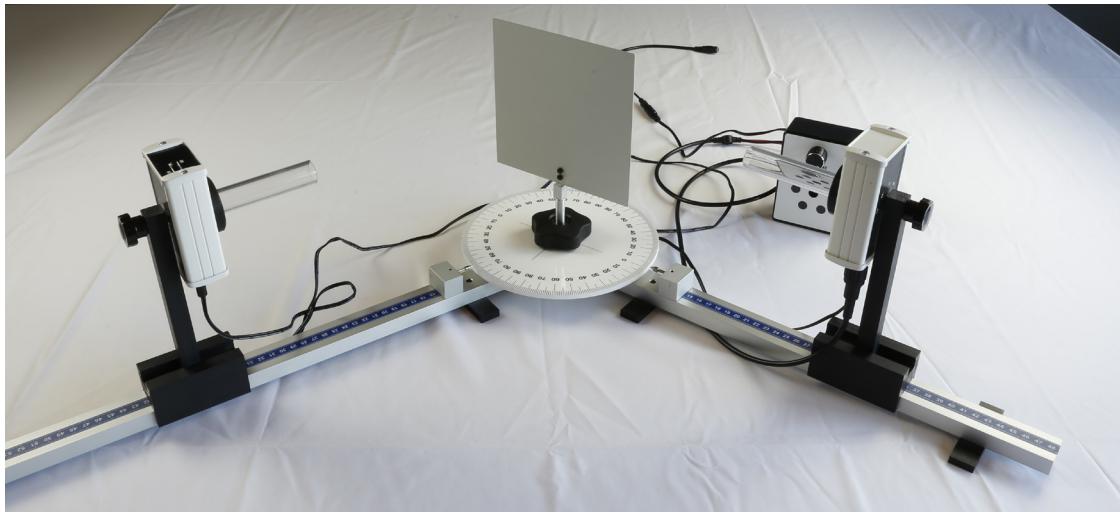


Abb. 21

EXPERIMENT Nr. 7: Mikrowellenbrechung

Erforderliches Material: wie bei Erfahrung Nr. 1; Winkelmesser mit Stift; Paraffinprisma.

So wie ein optisches Prisma in der Lage ist, die Lichtbrechung zu erzeugen, so erzeugt auch ein Paraffinprisma eine refraktive Wirkung auf die Mikrowellen, die den gleichen optischen Gesetzen folgt wie die Lichtbrechung der Lichtstrahlen. Für diese Erfahrung sollte das System wie in Abbildung 22 dargestellt angeordnet werden. Es ist ratsam, den Sender 25-30 cm vom Prisma entfernt zu platzieren, um die Mikrowellen, die den Empfänger erreichen, so gering wie möglich zu halten, ohne durch das Prisma zu gehen, das wie in Abbildung 23 angeordnet sein muss.

In dieser Position ist der Winkel am Scheitelpunkt $A = 45^\circ$, während der Wert des Einfallswinkels i auf dem oberen Goniometer abgelesen werden kann. Wählen Sie z.B., dass $i = 30^\circ$ ist.

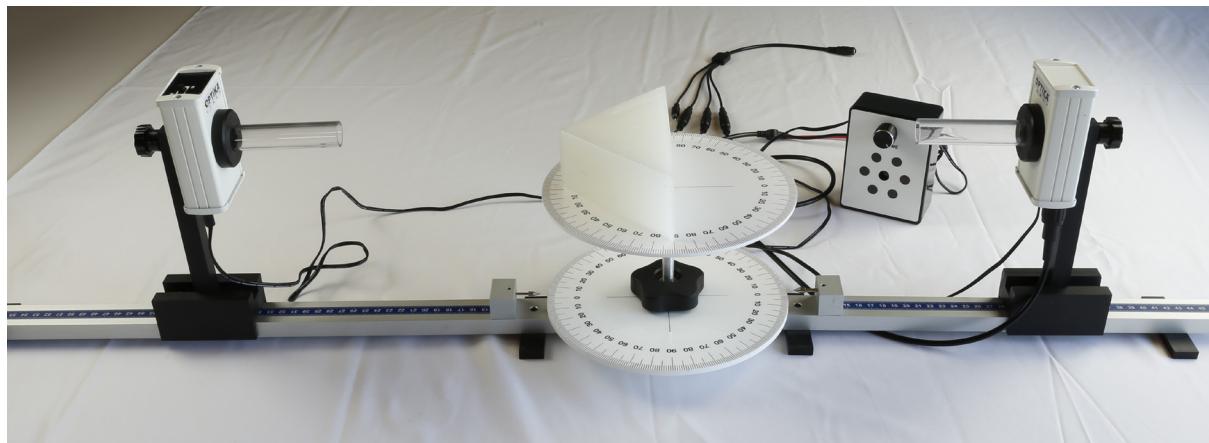


Abb. 22

Wenn der Empfänger auf den Sender ausgerichtet ist, empfängt er kein Signal, da der vom Sender gesendete Wellenstrahl vom Prisma abweicht. Halten Sie den linken Zweig fest, drehen Sie den rechten langsam und beachten Sie die Position, an der das Signal den Maximalwert erreicht. (Abb. 24). Auf diese Weise können Sie den Gesamtabweichungswinkel d unter Berücksichtigung der Position des Index des Zweiges, auf dem sich der Empfänger befindet, auf dem unteren Winkelmesser auswerten.

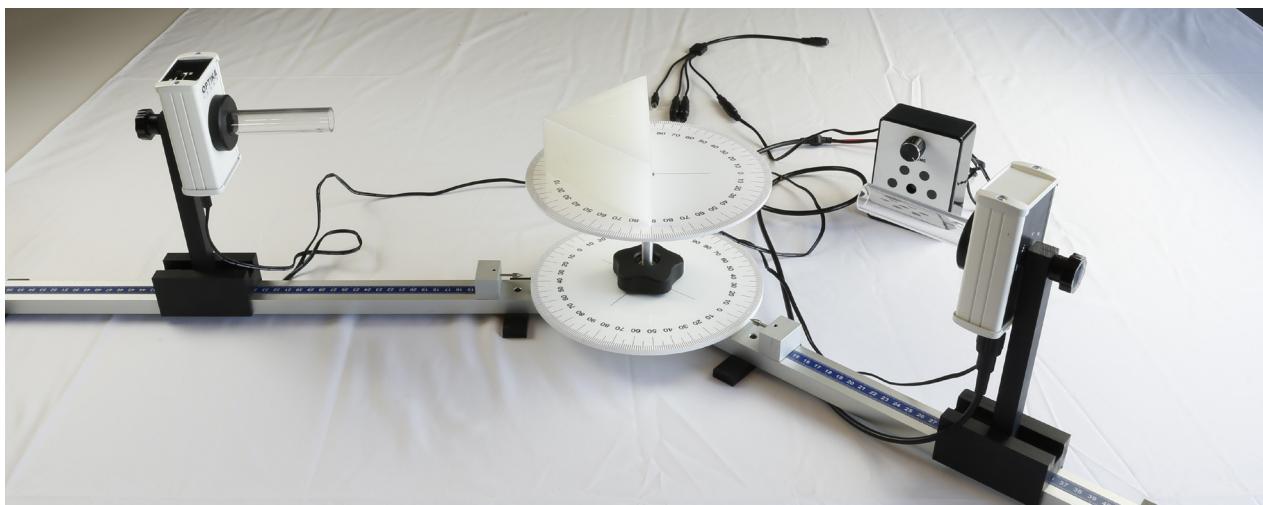


Abb. 24

Aus geometrischen Überlegungen ergibt sich, dass:

$$\delta = i + e - A \quad (2)$$

Mit dieser Formel, die die Werte von i , A , d kennt, können Sie den Wert des Winkels e berechnen (Abb. 25).



Abb. 23

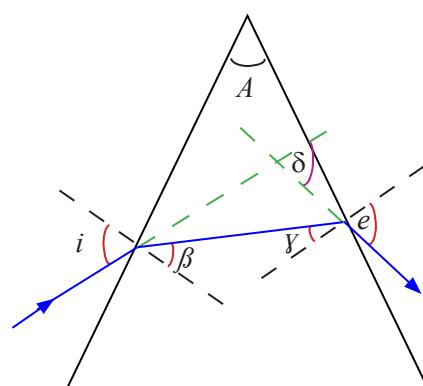


Abb. 25

EXPERIMENT Nr. 8: Totalreflexion der Mikrowellen

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 7.

Der Brechungsindex ist eine Größe, die bei einer bestimmten Temperatur sowohl vom Material als auch von der Temperatur abhängt. Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Paraffin ist eine variable Mischung von Alkanen ($C_n H_{2n+2}$), gekennzeichnet durch Brechungsindizes im Bereich von 1 bis 1,4, bei Mikrowellen. Der Zweck dieser Erfahrung ist es, den Brechungsindex des zugeführten Paraffins bei einer Frequenz von 10,5 GHz zu bestimmen, der ungefähr einen Wert zwischen 1 und 1,4 aufweist.

In dieser Erfahrung verwenden wir das Phänomen der Totalreflexion, das sich im Durchgang einer Welle von einem Ausbreitungsmedium mit einem Brechungsindex n in die Luft zeigt. Der Brechungsindex n ist mit dem Grenzwinkel l aus der Beziehung

$$n = 1 / \operatorname{sen} l \quad (3)$$

aus diesem Grund sollten wir den Wert von l kennen, um den Wert von n zu berechnen.

Ordnen Sie das System wie in Abbildung 22 gezeigt an und platzieren Sie das Prisma wie in Abbildung 26 gezeigt. Die Welle erreicht das Prisma in senkrechter Richtung, so dass es nicht abgelenkt wird. Anschließend fährt er in die gleiche Richtung fort und erreicht die geneigte Fläche des Prismas in einem Winkel von 45° (Abb. 27).

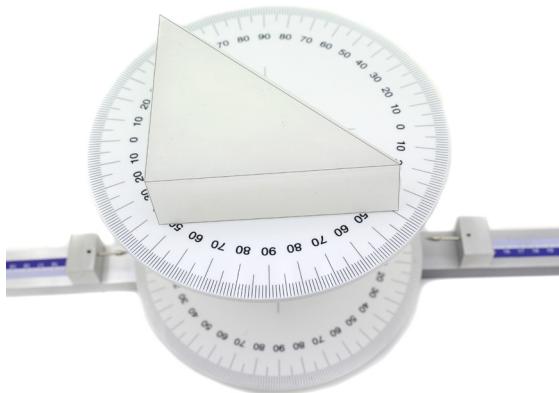


Abb. 26

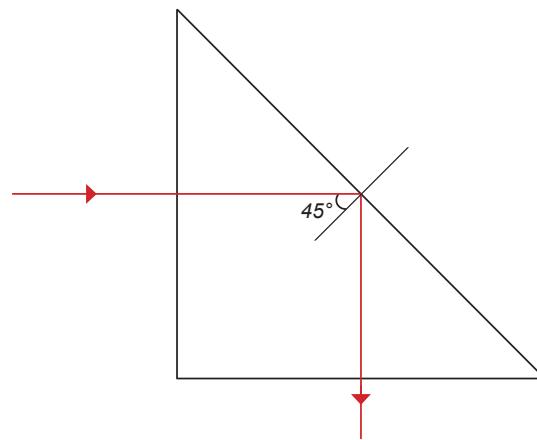


Abb. 27

Ist dieser Winkel größer als der Grenzwinkel, wird der Strahl vollständig reflektiert, ansonsten wird er gebrochen.

Um es zu überprüfen, halten Sie den linken Arm der Schiene fest und drehen Sie den rechten langsam. So können Sie überprüfen, ob das Signal maximal ist, wenn der Arm um ca. 90° in Richtung des total reflektierten Strahls gedreht wird. (Abb. 28). Das bedeutet, dass l etwas weniger als 45° beträgt, was einem Brechungsindex von etwa 1,4 entspricht.

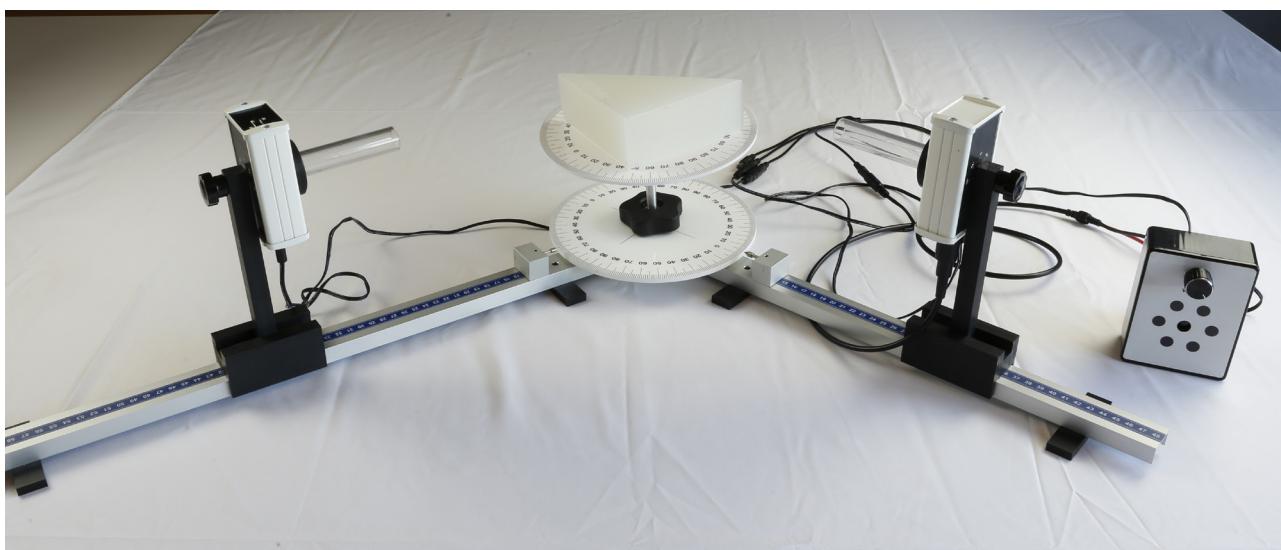


Abb. 28

EXPERIMENT Nr. 9: Polarisation von Mikrowellen

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 1; Verbindungskabel Lautsprecher - Tester, ein Tester (nicht mitgeliefert).

Wie bereits in der theoretischen Einführung erwähnt, besteht eine elektromagnetische Welle mit einer gut definierten Frequenz aus dem Satz von zwei Feldern: einem elektrischen Feld (E) und einem Magnetfeld (B), die senkrecht zueinander stehen und sich in einer Richtung senkrecht zu beiden ausbreiten.

Schwingt der elektrische Vektor und damit auch der magnetische Vektor immer in die gleiche Richtung, wird angegeben, dass die elektromagnetische Welle polarisiert ist (Abb. 29).

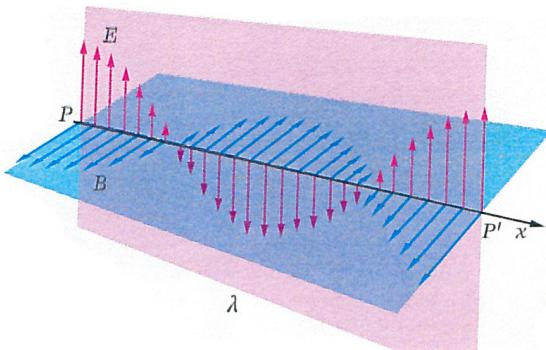


Abb. 29



Abb. 30

Abb. 31

Um festzustellen, ob die vom Sender erzeugten elektromagnetischen Wellen polarisiert sind, können Sie die folgende Erfahrung machen. Auf der Rückseite des Senders befindet sich ein Winkelmesser, wie in Abbildung 30 dargestellt. Durch leichtes Lösen des Handrades ist es möglich, den Sender um bis zu 90° in beide Drehrichtungen zu drehen, wie in Abbildung 31 dargestellt.

Ordnen Sie nun das System wie in Abbildung 32 dargestellt an, stellen Sie die interne Modulation ein und stellen Sie die Lautstärke des empfangenen Signals auf einen mittleren Wert ein. Wenn Sie den Sender langsam drehen, werden Sie sehen, dass, wenn er senkrecht zum Empfänger steht, das Signal erlischt, da der Empfänger einen Polarisationsfilter beinhaltet. Durch Anschluss des Lautsprecherausgangs an einen Tester, der für Wechselspannungsmessungen eingestellt ist, können Sie überprüfen, ob die Intensität des empfangenen Signals proportional zum Kosinus des Drehwinkels ist (Abb. 32).

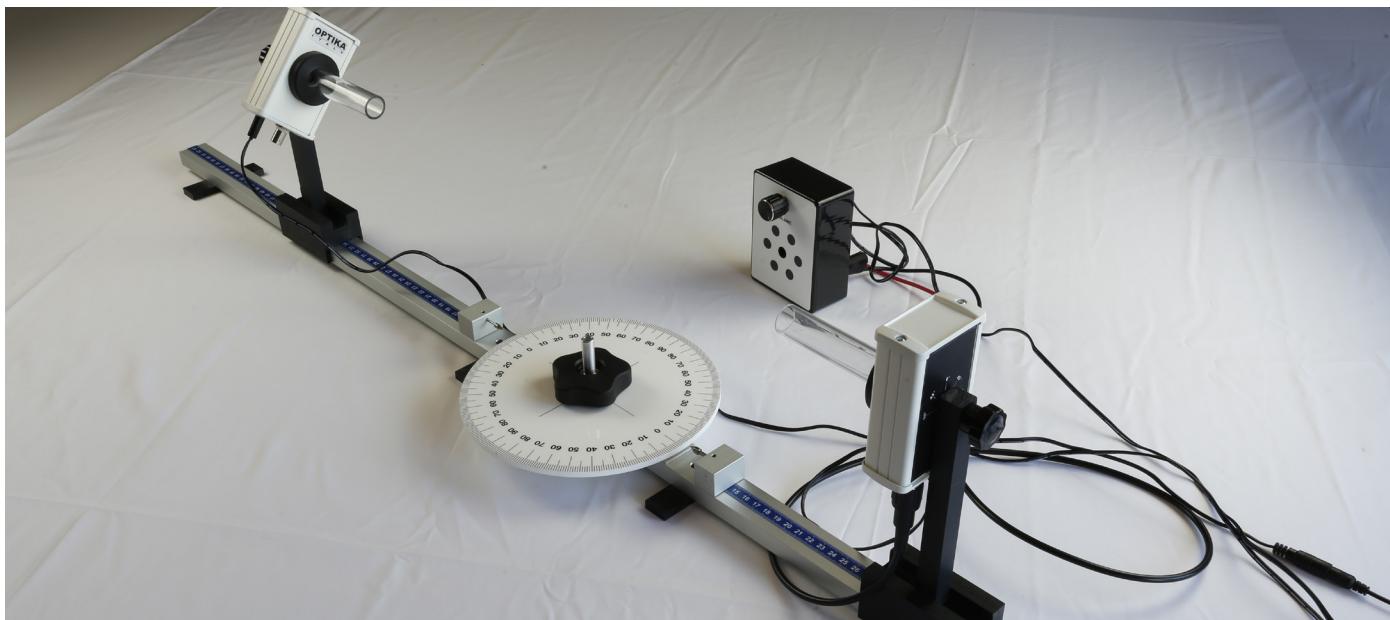


Abb. 32

EXPERIMENT Nr. 10: Mikrowellen Polarisationsebene

Erforderliche Ausrüstung: nach Erfahrung Nr. 1; 11 Schlitze Gitterblech.

Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass die vom Sender erzeugte elektromagnetische Welle linear polarisiert ist, d.h. sowohl der elektrische als auch der magnetische Vektor schwingen immer in die gleiche Richtung. Mit der folgenden Erfahrung können Sie die Richtung der Schwingung bestimmen. Stellen Sie das System wie in Abbildung 33 dargestellt auf und stellen Sie bei aktivierter interner Modulation die Intensität des akustischen Signals auf einen Mittelwert.

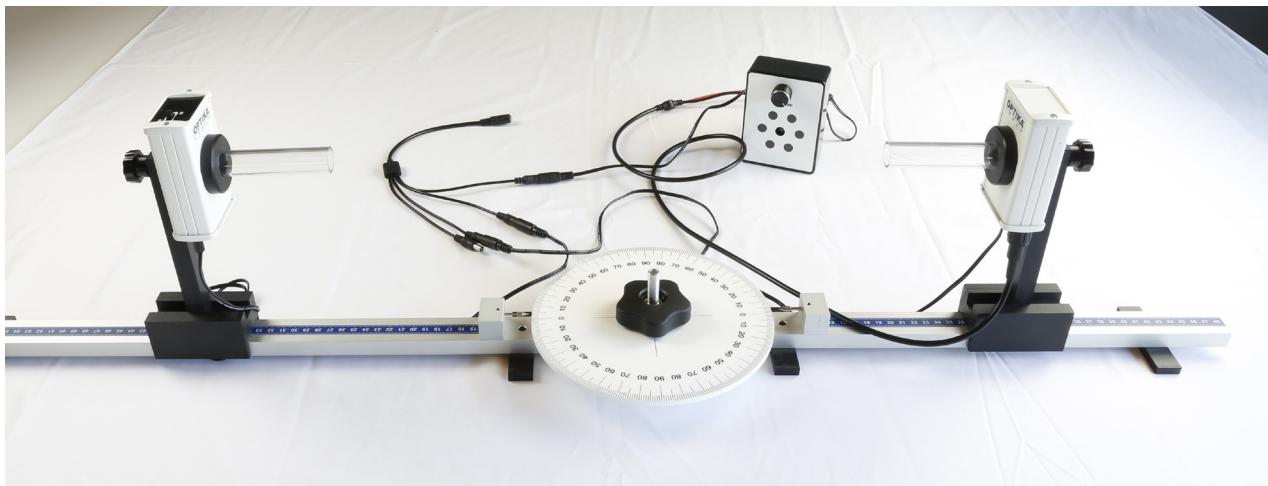


Abb. 33

Legen Sie dann das 11-Schlitz-Raster zwischen Sender und Empfänger, wie in Abbildung 34 dargestellt. Sie werden feststellen dass das akustische Signal seine Intensität behält.

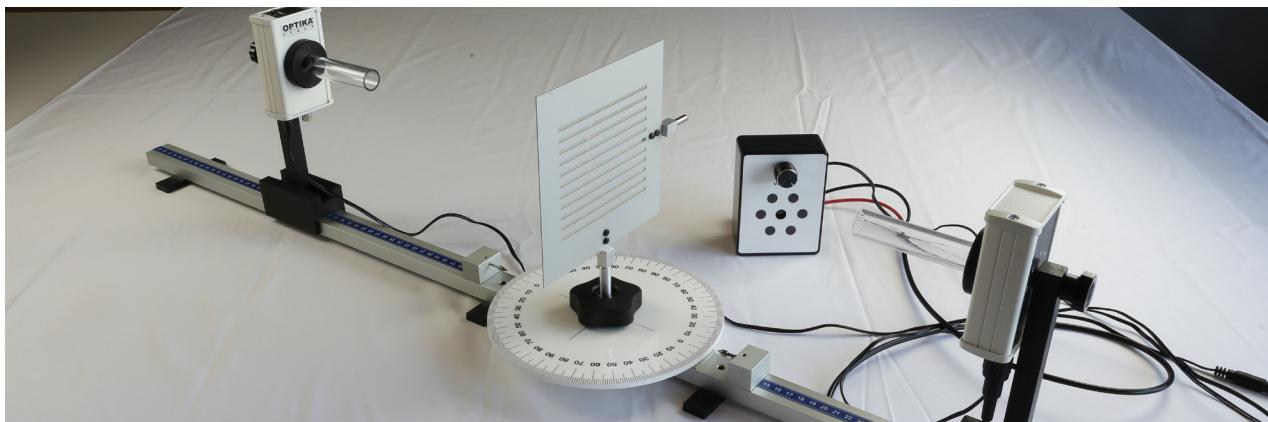


Abb. 34

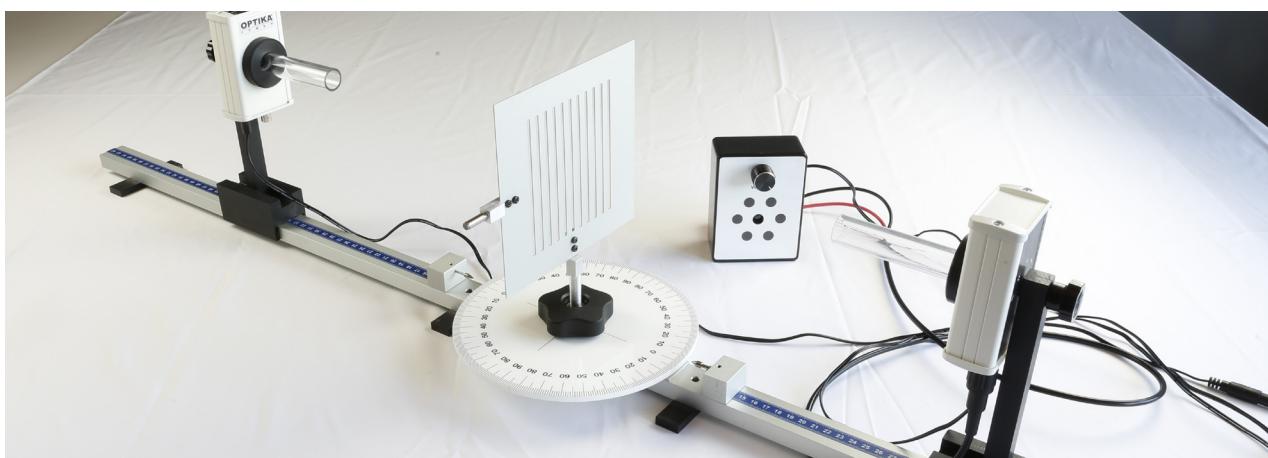


Abb. 35

Durch Drehen des Gitters um 90 Grad, wie in Abbildung 35 dargestellt, wird das akustische Signal gelöscht. In Erinnerung an das, was in der Einleitung erklärt wird, kann man feststellen, dass der elektrische Vektor der vom Sender erzeugten Welle in einer horizontalen Ebene schwingt.

EXPERIMENT Nr. 11: Beugung von Mikrowellen durch einen Schlitz

Erforderliche Ausrüstung: wie bei der Erfahrung Nr. 1 und einem geschlitzten Gitterblech.

Wenn eine Welle auf ein Hindernis trifft, in dem ein Spalt etwas breiter als die Wellenlänge gemacht wird, tritt das Phänomen der Beugung auf. Über den Schlitz hinaus verteilt sich die Energie nicht gleichmäßig, sondern zeigt maximale Punkte im Wechsel mit minimalen Punkten. Diese seltsame Verteilung erklärt sich durch das Huygens-Fresnel-Prinzip, nach dem sich alle Punkte des Schlitzes, die zur gleichen Wellenfront gehören, wie kohärente Wellenquellen verhalten, so dass in einem allgemeinen Raumpunkt, jenseits des Schlitzes, die Intensität das Ergebnis der Überlagerung dieser Elementarwellen sein wird. Außerhalb des Bildschirms gibt es einen Wechsel von Maximalintensitätspunkten mit Minimalintensitätspunkten. Sie können es mit dem in Abbildung 36 dargestellten System überprüfen. Achten Sie darauf, dass der Sender nicht mehr als 30 cm von der Mitte der Schiene entfernt ist.

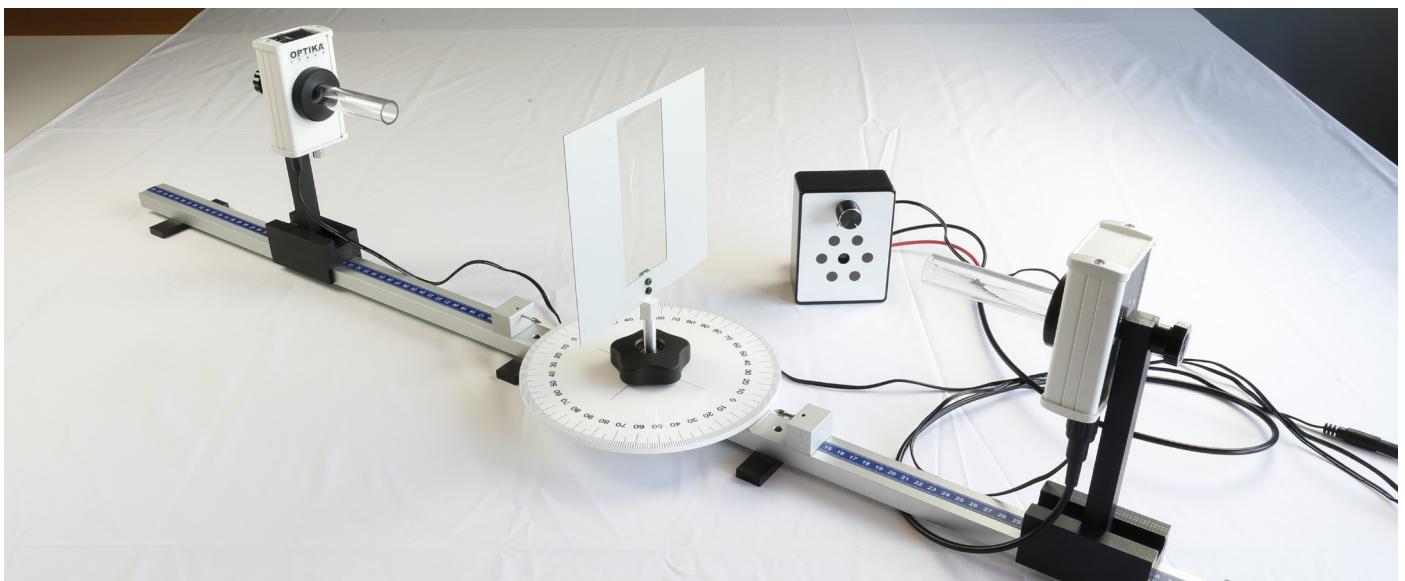


Abb. 36

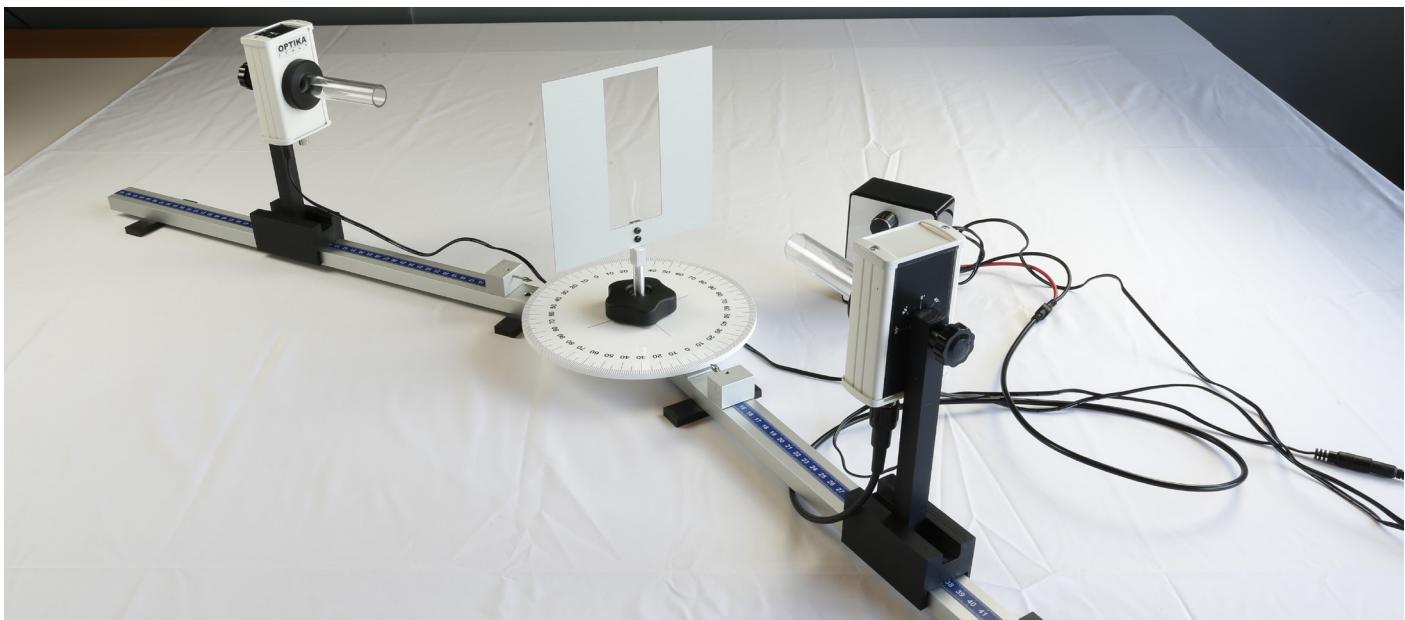


Abb. 37

In der zentralen Position ist die Intensität maximal, aber wenn man den Empfänger langsam bewegt, wird eine Abfolge von Minimal- und Maximalwerten erfasst. Es kann gezeigt werden, dass der Winkelabstand zwischen dem zentralen Maximum und dem ersten Minimum die folgende Beziehung erfüllt:

$$\sin \alpha = \pm \frac{\lambda}{d} \quad (4)$$

wobei α der Verschiebungswinkel des Empfängers, λ die Wellenlänge und d die Breite des Schlitzes ist.

Essendo $\lambda = 2,85$ cm e $d = 5$ cm, il primo minimo deve trovarsi in corrispondenza di un angolo di rotazione del ricevitore di circa 34° . Lo puoi verificare regolando delicatamente l'ampiezza del segnale per annullare possibili segnali riflessi (Abb. 37).

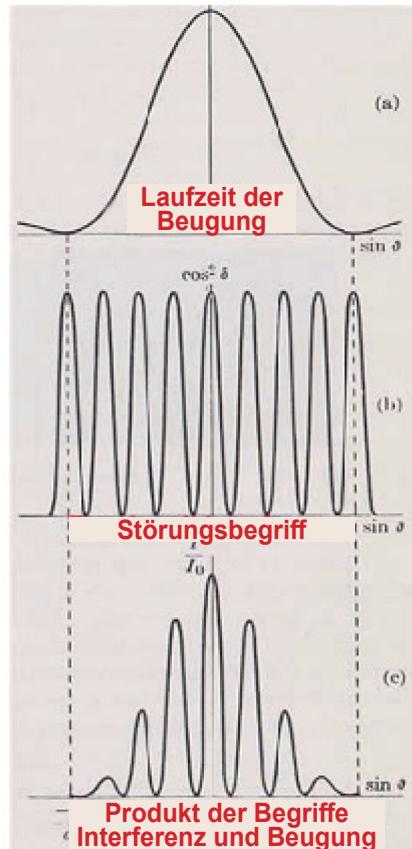


Abb. 39

EXPERIMENT Nr. 12: Beugung von Mikrowellen durch zwei Schlitz (Junger Versuch)

Erforderliche Ausrüstung: wie bei Erfahrung Nr. 1; zwei Schlitz Gitterblech.

Wenn wir nun die beiden Schlitzte des Gitterblechs wie in Abbildung 38 dargestellt verwenden, wird die von jedem von ihnen abgelenkte Strahlung stört sich gegenseitig.

Das ist Young's Experiment. Der in diesem Fall erzielte Effekt ist eine Überlagerung von zwei Phänomenen: die Interferenz zwischen den Elementarwellen, die von den beiden Schlitzten erzeugt werden, und die Beugung, die von jedem der beiden Schlitzte erhalten wird (Abb. 39).

Stellen Sie zuerst Sender und Empfänger in die in der vorherigen Erfahrung angegebenen Positionen, dann ersetzen Sie das Gitterblech durch einen Schlitz mit demjenigen mit zwei Schlitzten. In dieser Situation ist das Empfangssignal maximal, da die beiden Elementarwellen den gleichen Weg zurücklegen.



Abb. 38

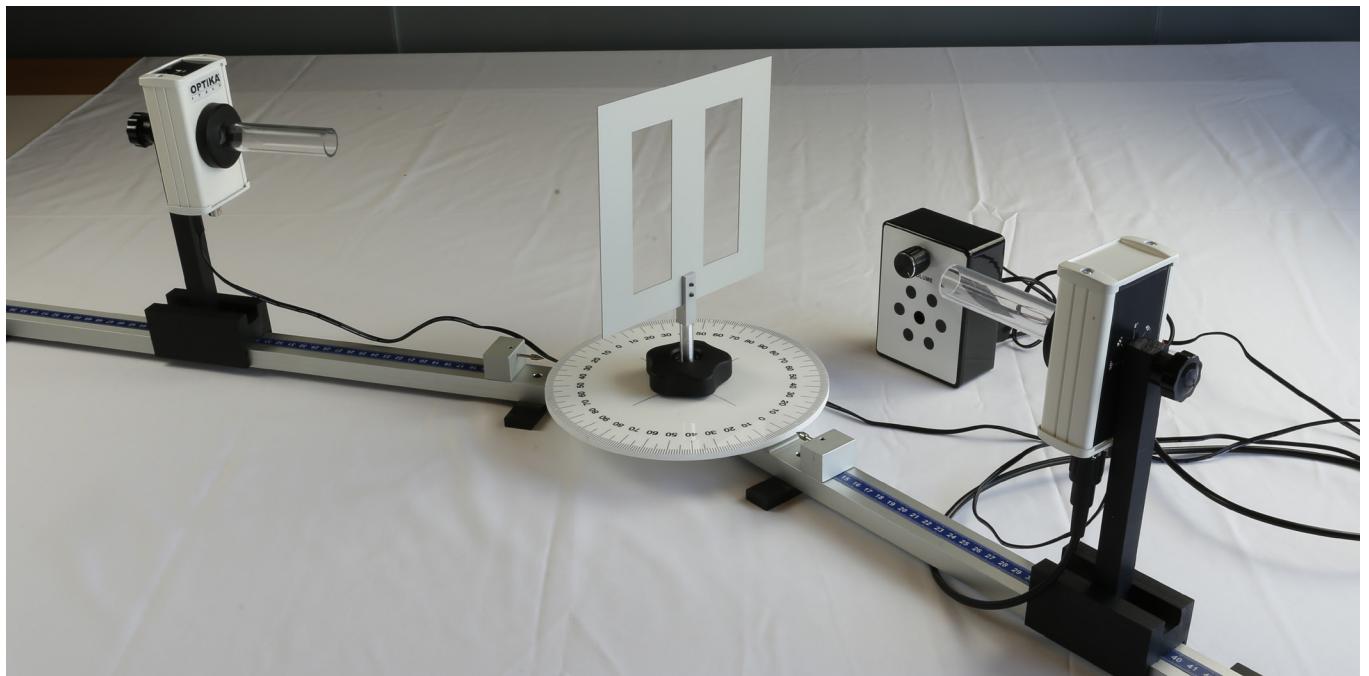


Abb. 40

Durch Drehen des Empfängers ist es möglich, das Ergebnis dieser Überlappung für verschiedene Winkel zu untersuchen (Abb. 40). Wenn a der Abstand zwischen den beiden Schlitzen ist, sind die Maxima der ersten Ordnung der Interferenzfigur durch die folgende Beziehung gegeben:

$$\text{sen } \alpha = \pm \frac{\lambda}{a}$$

MICHELSON-INTERFEROMETER

Im Jahr 1887 versuchten Michelson und sein Mitarbeiter Morley, die Geschwindigkeit der Erde in Bezug auf das feste Bezugssystem des Äthers zu messen, den man sich als sehr dünne Materie wie Luft vorstelle, die sich weder bewegt noch rotiert, sondern nur lokal schwingen und vibrieren kann.

Maxwells gesamte elektromagnetische Theorie basierte auf der Ätherhypothese, die insbesondere den Wellencharakter der Strahlung erklärte.

Michelson ging davon aus, dass es möglich sei, die Bewegung der Erde relativ zum Äther zu beobachten. Der Äther sollte einen „scheinbaren Wind“ verursachen, der die Ausbreitung des Lichts je nach Richtung entweder begünstigte oder behinderte.

Entgegen ihrer Hypothese lieferte das von ihnen durchgeführte Experiment jedoch kein solches Ergebnis und trug somit zum Beweis der inzwischen bestätigten Nichtexistenz des Äthers bei.

Ein Interferometer, das nach der Michelson-Morley-Konfiguration aufgebaut ist, ist ein Instrument zur Beobachtung der Interferenz identischer elektromagnetischer Wellen mit unterschiedlichen optischen Wellängen. Das gleiche System ermöglicht auch die Messung ihrer Wellenlänge.

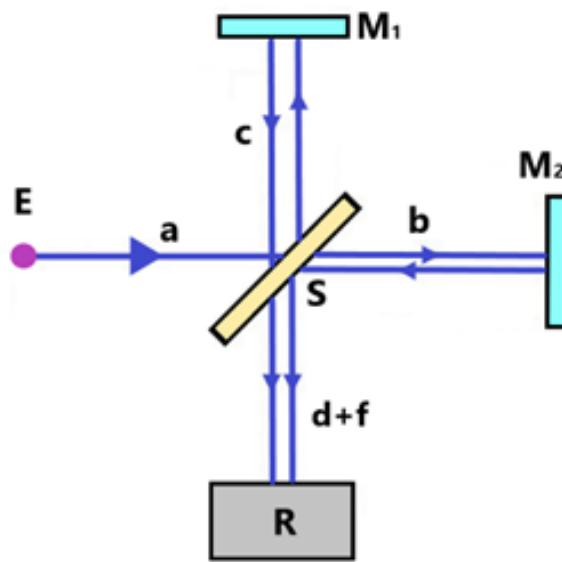


Abbildung 41

Beschreibung des Michelson-Interferometers (vereinfachte Darstellung gemäß Abbildung 41):

1. Eine Lichtquelle **E**, im Folgenden als "Sender" bezeichnet, emittiert eine elektromagnetische Welle **a** in Richtung einer teildurchlässigen Platte **S**, die in einem Winkel von 45° zur Ausbreitungsrichtung der Welle positioniert ist.
2. Idealerweise teilt die teildurchlässige Platte **S** die einfallende Welle **a** in zwei identische Wellen **b** und **c** auf.
3. Welle **b** durchläuft die Platte **S** ungestört und läuft in der ursprünglichen Richtung zu einer totalreflektierenden Platte **M₂**, während Welle **c** zu einer zweiten totalreflektierenden Platte gelenkt wird.
4. Die Wellen **b** und **c** werden von **M₂** bzw. **M₁** total reflektiert und somit zurück zur teildurchlässigen Platte **S** gelenkt.
5. An diesem Punkt wird Welle **b** in zwei identische Wellen aufgeteilt. Eine dieser Wellen setzt ihren Weg ungestört in Richtung **E** fort, während die andere zum Empfänger **R** reflektiert wird.
6. ähnlich wird die Welle **c** in zwei identische Wellen aufgeteilt, wobei eine in Richtung **E** reflektiert wird und die andere die Platte **S** ungestört passiert und ihren Weg zum Empfänger **R** fortsetzt.
7. Schließlich interagieren die beiden von **R** erfassten Wellen, die hier als **d** und **f** bezeichnet werden, gemäß dem Prinzip der Welleninterferenz miteinander.

Je nach räumlicher Differenz zwischen dem optischen Weg **SM₂ - M₂S - SR** und dem optischen Weg **SM₁ - M₁S - SR** kann die Interferenz zwischen **d** und **f** destruktiv oder konstruktiv sein. Dieser Unterschied bestimmt die Phasenverschiebung der beiden von **R** erfassten Wellen und damit die Art und das Ausmaß der Interferenz.

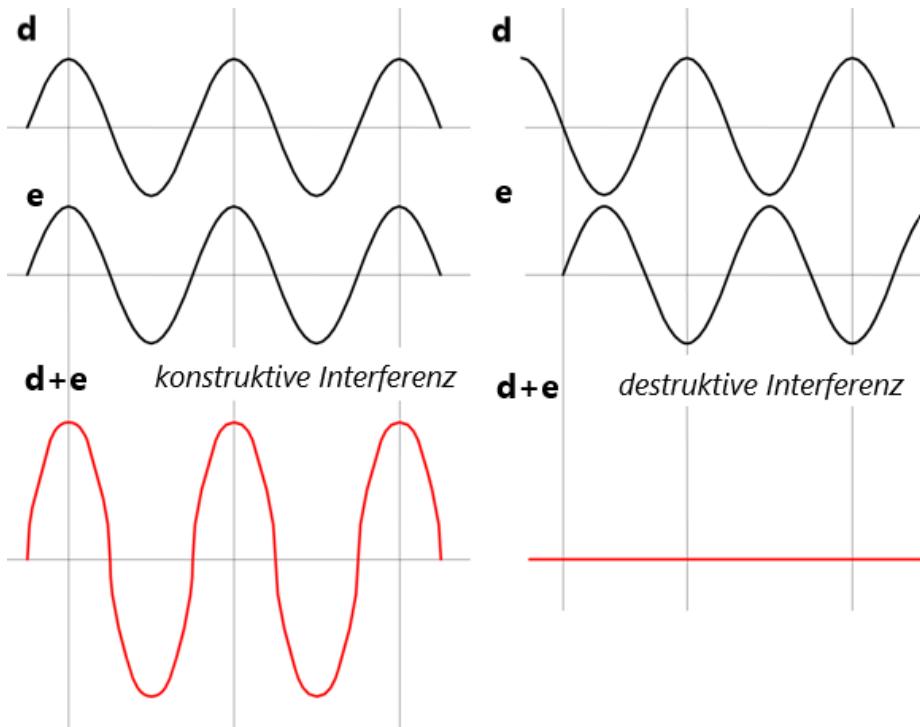


Abbildung 42

Definiert man **A** als Amplitude und **I** als Intensität, so gilt für elektromagnetische Wellen die folgende Beziehung

$$I = A^2$$

Da die teildurchlässige Platte ein Reflexionsvermögen von 50 % hat, trägt jeder der beiden Strahlen **b** und **c** (siehe Abb. 41) die Hälfte der Intensität der ursprünglichen Welle **a**. Die entsprechenden Schwingungen haben somit die Amplituden:

$$A_1 = \sqrt{I_1} = \sqrt{\frac{I}{2}} = \sqrt{\frac{A^2}{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

Nachdem sie von den Platten **M**₁ und **M**₂ total reflektiert wurden, treffen **b** und **c** ein zweites Mal auf die teildurchlässige Platte und erzeugen so die Strahlen **d** und **e**. Die Amplitude der letzteren ergibt sich somit:

$$A_2 = \sqrt{I_2} = \sqrt{\frac{I_1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{I}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{A^2}{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = \frac{A}{2}$$

Bei Phasenübereinstimmung ergibt sich eine resultierende Amplitude von:

$$\frac{A}{2} + \frac{A}{2} = A$$

während bei Phasenopposition ergibt sich eine resultierende Amplitude von:

$$\frac{A}{2} - \frac{A}{2} = 0$$

Konstruktive Interferenz tritt auf, wenn Wellen mit gleicher Amplitude und Frequenz in Phasenkonkordanz sind. Wie in Abbildung 42 dargestellt, ist die Amplitude der resultierenden Welle gleich der Summe der Amplituden der ursprünglichen Wellen. Dies ist der Fall, wenn die Differenz **D** zwischen den beiden optischen Pfaden gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge entspricht, d. h.

$$D = n \lambda$$

(mit $n=0, 1, 2 \dots$)

Destruktive Interferenz tritt auf, wenn Wellen mit gleicher Amplitude und Frequenz gegenphasig sind. Wie in Abbildung 42 dargestellt, kompensiert sich die algebraische Summe der Amplituden der ursprünglichen Wellen, was zu einer resultierenden Welle mit geringerer oder keiner Amplitude führt. Dies ist der Fall, wenn die Differenz zwischen den beiden Pfaden ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge + halbe Wellenlänge ist

$$D = (n+1/2) \lambda$$

(mit $n=0, 1, 2 \dots$)

Wenn der Empfänger kein Signal registriert, reicht es aus, die bewegliche Platte um eine Strecke zu verschieben, um den entsprechenden Weg zu verlängern. $\lambda/2$ und zur Umkehrung des Interferenzphänomens.

In dieser neuen Anordnung sind die auf den Empfänger gerichteten Strahlen in Phasenübereinstimmung. Diesmal wird die gesamte Intensität vom Empfänger aufgezeichnet.

$\lambda/4$

EXPERIMENT 13: Michelson-Interferometer

Benötigtes Material: Gelenkschiene; Sender (Lichtquelle); Empfänger; Lautsprecher; Dreileiterkabel; 12-V-Netzteil; Verbindungskabel zwischen Empfänger und Lautsprecher; 1 Metallfolie; 1 Michelson-Interferometer-Bausatz.



Abbildung 43

Bauen Sie das Gerät wie in Abbildung 43 dargestellt auf. Achten Sie besonders auf die Anordnung der S-Platte, die in einem Winkel von etwa 45° zur Richtung des Senders positioniert werden muss. Die zuvor erläuterten Funktionsweise des Interferometers und das Phänomen der Interferenz lassen sich mit diesem Experiment überprüfen. Darüber hinaus kann die Wellenlänge des vom Mikrowellensender ausgesandten Strahls bestimmt werden.

Nachdem der Aufbau fertiggestellt und in Betrieb genommen wird, bewegen Sie einen der beiden Spiegel M1 oder M2 (vollreflektierender Metallfolie) bis der Empfänger ein Intensitätsmaximum anzeigt. Notieren Sie die aktuelle Position x_1 der vollreflektierenden Metallfolie. Bewegen Sie die Platte anschließend langsam vor oder zurück, bis ein neues Intensitätsmaximum erreicht wird. Notieren Sie sich die neue x_2 -Position der Folie. Definieren Sie Δx als die Differenz zwischen den beiden Positionen:

$$\Delta x = |x_2 - x_1|$$

Unter Bezugnahme auf die vorherigen Erklärungen folgt daraus, dass:

$$\frac{\lambda}{2} = \Delta x$$

Überprüfung der Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert von $\lambda = 2,85$ cm.

WARNUNG

Die kleinen Unterschiede zwischen den Eigenschaften der gelieferten Teile und den Designs, die sie repräsentieren, werden durch den technologischen Fortschritt begründet.



OPTIKA S.r.l. - Copyright

Vervielfältigung auch nur teilweise verboten