

# Lerneinheit zum Thema Mikrowellen



Physik

Elektrizität &amp; Magnetismus

Elektromagnet. Schwingungen &amp; Wellen



Schwierigkeitsgrad

-



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

-



Durchführungszeit

45+ Minuten

Diese Inhalte finden Sie auch online unter:



<https://www.curriculab.de/c/64d9ca6fac7bbb00026c0aab>

PHYWE

# Allgemeine Informationen



## Anwendung

PHYWE

In der Meteorologie werden Mikrowellen-Radarsysteme, oft als Wetterradar bezeichnet, verwendet, um Niederschlag und dessen Intensität zu detektieren. Das Radar sendet Mikrowellen aus, die von Regentropfen, Schneeflocken oder anderen atmosphärischen Partikeln reflektiert werden. Durch die Analyse der zurückkommenden Signale können Meteorologen die Art, Intensität und Bewegung von Niederschlägen bestimmen. Dies hilft bei der Vorhersage von Wetterphänomenen wie Stürmen, Regenfällen oder Schneefällen. Wetterradare sind daher essenzielle Instrumente für genaue und rechtzeitige Wettervorhersagen.



Durch moderne Radartechnologien kann der Niederschlag minutengenau vorhergesagt werden.

## Sonstige Informationen (1/3)

PHYWE

### Vorwissen



Das benötigte Vorwissen befindet sich im Theorieteil.

### Prinzip



Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge, die typischerweise zwischen einem Millimeter und einem Meter liegt. Sie können absorbiert, reflektiert, gebrochen und gebeugt werden.

## Sonstige Informationen (2/3)

PHYWE

### Lernziel



Die Lernenden sollen einen Überblick über die verschiedenen Eigenschaften von Mikrowellen erhalten und untersuchen wie sich Mikrowellen an verschiedenen Materialien verhalten.

### Aufgaben



1. Überprüfe die Funktion des Mikrowellensenders und -empfängers.
2. Untersuche die Übertragung und Absorption von Mikrowellen an diversen Körpern.
3. Untersuche die Reflexion von Mikrowellen.
4. Untersuche die Brechung von Mikrowellen.

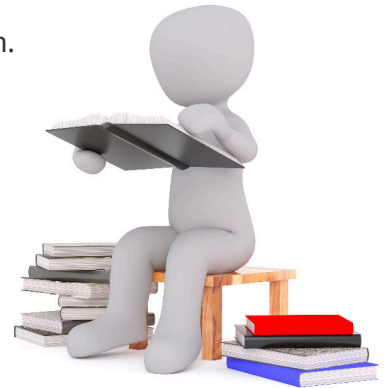
## Sonstige Informationen (3/3)

PHYWE

### Aufgaben



5. Untersuche die Totalreflexion von Mikrowellen.
6. Untersuche die Polarisierung von Mikrowellen.
7. Bestimme die Polarisierungsebene von Mikrowellen.
8. Untersuche die Beugung von Mikrowellen.



## Sicherheitshinweise

PHYWE

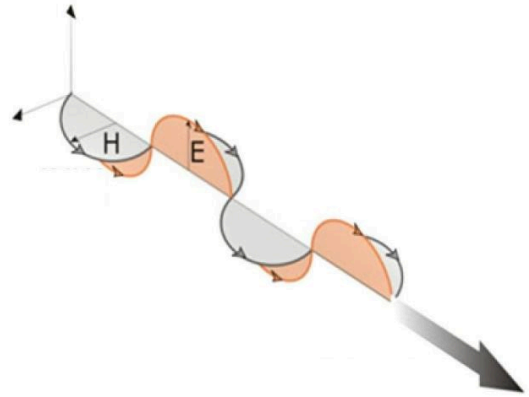
Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

## Theorie (1/14)

PHYWE

### 1. Allgemeine Informationen über elektromagnetische Wellen

Eine monochromatische elektromagnetische Welle (d.h. mit einer fest definierten Frequenz und Wellenlänge) besteht aus einem elektrischen Feld  $\vec{E}$  und einem magnetischem Feld  $\vec{B}$  bzw.  $\vec{H}$ , die senkrecht zueinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle stehen. Eine Welle dieser Art nennt man typischerweise polarisierte ebene Welle. Die Polarisationssebene ist die Ebene, in der das elektrische Feld schwingt.



Darstellung einer elektromagnetischen Welle:

$$\vec{H} \perp \vec{E} \perp \text{Ausbreitungsrichtung}$$

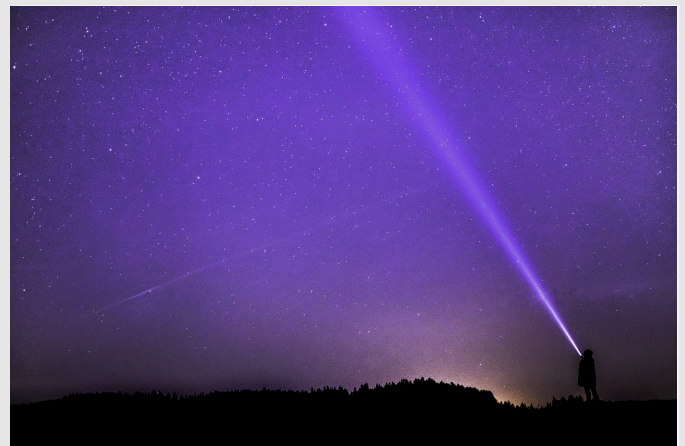
## Theorie (2/14)

PHYWE

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.

### 2. Geschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen im Vakuum

Die Geschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen im Vakuum ist eine fundamentale Größe in der Physik und wird üblicherweise mit  $c$  bezeichnet. Sein Zahlenwert beträgt ca.  $300.000 \text{ km/s}$ .



Das von Sternen emittierte Licht reist mit Lichtgeschwindigkeit durch das Universum.

## Theorie (3/14)

PHYWE

### 3. Geschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen im Medium

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

Je höher der Brechungsindex ist, desto niedriger ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit. Der Brechungsindex hat normalerweise einen Wert  $> 1$  und hängt von den Eigenschaften des Mediums ab. Der Wert des Brechungsindex variiert außerdem mit der Änderung der Wellenfrequenz.



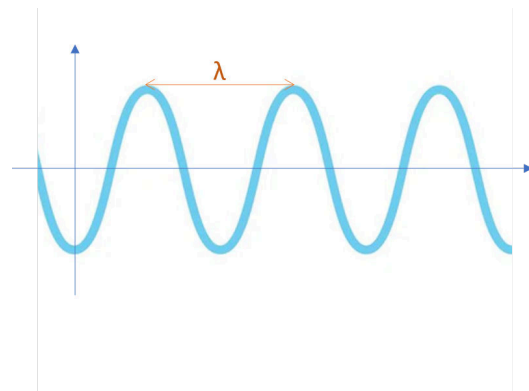
Die Geschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen in verschiedenen Medien ist abhängig vom Brechungsindex des jeweiligen Mediums.

## Theorie (4/14)

PHYWE

### 5. Wellenlänge

Die Wellenlänge ist die Entfernung, die die Welle in der Zeit eines Zyklus (Periode) zurücklegt. Grafisch entspricht es dem Abstand zwischen einem Punkt im Zyklus und dem entsprechenden Punkt im nächsten Zyklus (z.B. zwischen zwei Maxima). Die Wellenlänge wird mit dem griechischen Buchstaben  $\lambda$  bezeichnet.



Die Wellenlänge  $\lambda$  ist der Abstand zweier identischer Punkte von zwei aufeinanderfolgenden Zyklen.

## Theorie (5/14)

PHYWE

### 6. Frequenz

Die Frequenz  $f$  beschreibt, wie oft ein Vorgang oder ein Ereignis in einer bestimmten Zeitperiode stattfindet. Bei Wellen, beispielsweise bei Licht- oder Mikrowellen, gibt die Frequenz an, wie oft die Welle in einer Sekunde schwingt. Sie wird in Hertz (Hz) gemessen, wobei  $1\text{ Hz}$  bedeutet, dass ein Ereignis oder eine Schwingung pro Sekunde stattfindet.

Die Frequenz und die Wellenlänge stehen über die Lichtgeschwindigkeit miteinander in Beziehung. Es gilt:

$$c = \lambda \cdot f \text{ im Vakuum und}$$

$$\frac{c}{n} = \lambda \cdot f \text{ im Medium.}$$

Daraus lässt sich folgendes ableiten:

1. Bei höheren Frequenzen und gleichbleibender Geschwindigkeit hat man kleinere Wellenlängen.
2. Bei einer festen Frequenz ist die Wellenlänge abhängig vom Medium mit unterschiedlichem Brechungsindex.

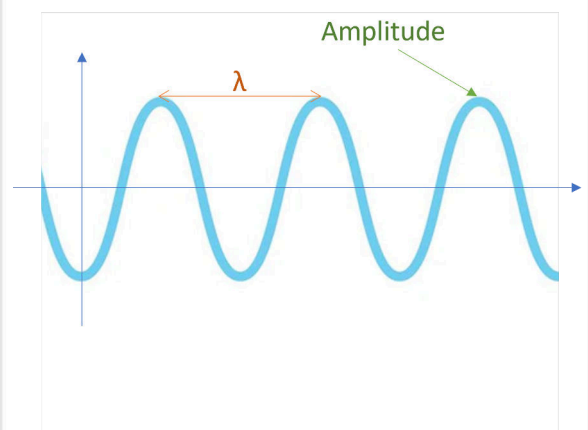


## Theorie (6/14)

PHYWE

### 7. Amplitude

Die Amplitude einer Welle beschreibt den maximalen Ausschlag der Welle von ihrer Ruheposition. In anderen Worten: es ist der Abstand vom Höchst- oder Tiefstpunkt der Welle bis zu ihrer Mittellinie oder ihrem Ausgangsniveau. Bei einer Schallwelle entspricht die Amplitude beispielsweise dem Luftdruckmaximum, und sie ist direkt mit der Lautstärke des Schalls verknüpft. Bei einer elektromagnetischen Welle, wie Licht, ist die Amplitude mit der Intensität oder Stärke des elektromagnetischen Feldes verbunden. Die Amplituden des elektrischen und magnetischen Feld sind nicht unabhängig sondern miteinander verknüpft: elektrisches und magnetisches Feld sind miteinander gekoppelt.



Die Amplitude einer Welle beschreibt den maximalen Ausschlag der Welle von ihrer Ruheposition



## Theorie (7/14)

PHYWE

### 8. Intensität

Die Intensität einer elektromagnetischen Welle beschreibt die Energiemenge, die pro Sekunde und pro Flächeneinheit (z.B. Quadratcentimeter oder Quadratmeter) senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle durchläuft. Sie gibt somit die Stärke oder "Leistungsdichte" der Welle an. Die Intensität ist proportional zum Quadrat der Amplitude des elektrischen oder magnetischen Feldes der Welle. Bei Licht beispielsweise entspricht die Intensität der Helligkeit oder Leuchtstärke. Eine höhere Intensität bedeutet, dass mehr Energie transportiert wird, und umgekehrt. Die Intensität  $I$  wird üblicherweise in  $W/m^2$  gemessen.



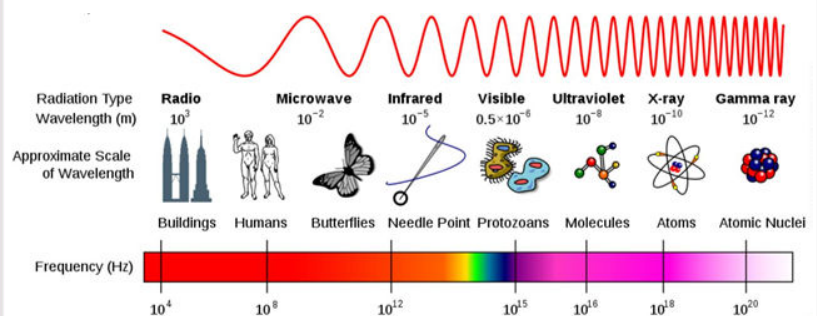
Je heller eine Lampe leuchtet, desto größer ist ihre Intensität.

## Theorie (8/14)

PHYWE

### 9. Spektrum elektromagnet. Wellen

Das elektromagnetische Spektrum umfasst alle Arten von elektromagnetischen Wellen, geordnet nach ihrer Frequenz oder Wellenlänge. Es erstreckt sich von sehr kurzen Gammastrahlen bis zu den längsten Radiowellen. Dazwischen liegen Röntgenstrahlen, ultraviolette Strahlen, sichtbares Licht, infrarote Strahlen und Mikrowellen. Jeder Bereich des Spektrums hat seine eigenen charakteristischen Eigenschaften und Anwendungen, von der medizinischen Bildgebung mit Röntgenstrahlen bis zur Kommunikation mit Radiowellen.



Übersicht des elektromagnetischen Spektrums.



## Theorie (9/14)

PHYWE

### 10. Mikrowellen

Mikrowellen liegen im Spektrum zwischen den infraroten Strahlen und den kürzeren Radiowellen. Sie haben Wellenlängen im Bereich von etwa 1 Millimeter bis 30 Zentimeter und werden häufig in Technologien wie der Mobilfunkkommunikation, Radar- und Satellitensystemen sowie in Mikrowellenherden zur Erwärmung von Lebensmitteln verwendet.



Eine Mikrowelle erhitzt Lebensmittel durch die Emission von Mikrowellen, die Wassermoleküle in den Lebensmitteln anregen und durch Reibung Wärme erzeugen.

## Theorie (10/14)

PHYWE



Warnsymbol  
vor nicht  
ionisierender  
Strahlung

### 10. Gefahren von Mikrowellen

Ob Mikrowellen gefährlich sind, hängt von der Intensität, Dauer der Exposition und dem spezifischen Anwendungskontext ab:

1. **Mikrowellenherde:** Diese sind so konstruiert, dass die Mikrowellen im Inneren des Geräts bleiben. Wenn ein Mikrowellenherd korrekt funktioniert und keine Beschädigungen aufweist, ist das Risiko durch Mikrowellenstrahlung für den Nutzer sehr gering.
2. **Mobilfunkkommunikation:** Handys verwenden Mikrowellen, um zu kommunizieren. Die von Handys emittierte Strahlung ist im Allgemeinen gering, und nach aktuellem wissenschaftlichem Stand gibt es keine eindeutigen Beweise für gesundheitliche Risiken durch normale Handynutzung.

## Theorie (11/14)

PHYWE



Warnsymbol  
vor nicht  
ionisierender  
Strahlung

**3. Direkte Exposition:** Eine hohe Dosis von Mikrowellen kann Körpergewebe erhitzen, ähnlich wie in einem Mikrowellenherd. Dies kann zu Verbrennungen oder anderen Verletzungen führen, insbesondere wenn große Flächen des Körpers oder empfindliche Organe wie die Augen betroffen sind.

**4. Langzeitige, hochintensive Exposition:** Obwohl der wissenschaftliche Konsens besagt, dass geringe bis mittlere Expositionen gegenüber Mikrowellen sicher sind, können langfristige oder hochintensive Expositionen zu gesundheitlichen Risiken führen. Einige Studien deuten auf potenzielle biologische Effekte hin, die Ergebnisse sind jedoch nicht konsistent und benötigen weitere Untersuchungen.

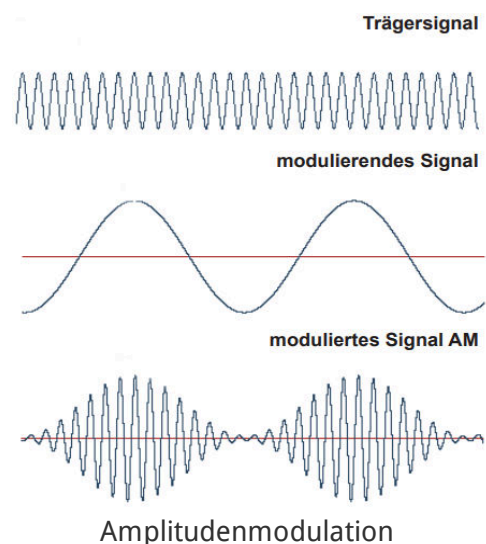
Es ist immer wichtig, sich der spezifischen Quelle und Intensität der Mikrowellenstrahlung bewusst zu sein und Sicherheitsrichtlinien zu befolgen. Bei korrektem Umgang und unter Einhaltung der Sicherheitsstandards sind Mikrowellenanwendungen im Alltag in der Regel sicher.

## Theorie (12/14)

PHYWE

### 11. Amplitudenmodulation

Amplitudenmodulation (AM) ist ein Verfahren, bei dem die Amplitude einer Trägerwelle variiert wird, um Informationen, typischerweise Sprache oder Musik, zu übertragen. Das Signal, das übertragen werden soll, moduliert die Amplitude der Trägerwelle, wodurch die Gesamtwelle die Informationen des Signals repräsentiert. Hierbei variiert die Amplitude des Trägersignals proportional zur Amplitude des modulierenden Signals. Demnach hat das modulierte Signal (AM) die gleiche Frequenz wie das Trägersignal, während seine Amplitude bei den Maxima des modulierenden Signals maximal und bei den Minima des modulierenden Signals minimal ist.



## Theorie (13/14)

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Elektromagnetische Wellen breiten sich mit einer konstanten Geschwindigkeit aus, die als  bekannt ist. Je größer die Frequenz einer Welle, desto kleiner ist in der Regel ihre . Das gesamte Spektrum dieser Strahlungen reicht von Radiowellen mit sehr langen Wellenlängen bis zu Gammastrahlen mit sehr kurzen Wellenlängen. Die  dieser Wellen bestimmt, wie oft sie in einer Sekunde schwingen. Der magnetische Feldvektor senkrecht zum elektrischen Feldvektor und zur Ausbreitungsrichtung der Welle.

☒ Überprüfen

## Theorie (14/14)

PHYWE



Welche der folgenden Aussagen über Mikrowellen ist korrekt?

- ☐ Mikrowellen erhöhen die Temperatur von Lebensmitteln, indem sie direkt die Fette und Zucker erhitzen.
- ☐ Mikrowellen sind sichtbare Lichtstrahlen mit hoher Intensität.
- ☐ Mikrowellenherde nutzen Infrarotstrahlung, um Lebensmittel zu erwärmen.
- ☐ Mikrowellen können Metall erhitzen und Funken erzeugen.

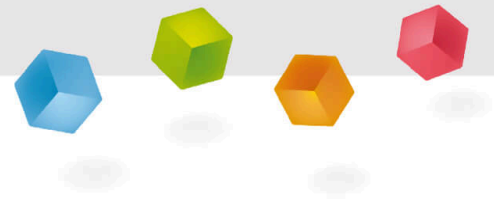
☒ Überprüfen

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Mikrowellensatz II	11743-99	1

PHYWE

# Aufbau, Durchführung und Auswertung



## Aufbau (1/6)

PHYWE



Das Mikrowellen Experimentierset besteht aus einem Sender, einem Empfänger, einem Lautsprecher, einer Gelenkschiene und weiteren Komponenten.

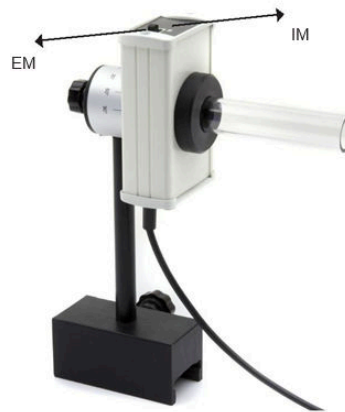
Es können diverse Experimente an Mikrowellen durchgeführt werden. So kann beispiel die Analogie zu Lichtwellen gezeigt werden, indem Phänomene wie Reflexion, Brechung, Interferenz und Beugung untersucht werden.

## Aufbau (2/6)

PHYWE

### 1. Sender

Mit dem Kippschalter an der Oberseite des Senders kann die Trägerwelle entweder mit dem internen Signal (IM) oder mit einem externen Signal (EM) moduliert werden. Der Eingang der Stromversorgung und der Eingang des externen Modulationssignals befinden sich auf der Unterseite des Senders.



Überblick der Sendeeinheit

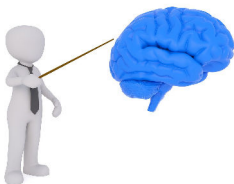
## Aufbau (3/6)

PHYWE



### Technische Daten der Sendeeinheit:

- Stromversorgung:  $12VDC$
- Frequenz der Trägerwelle:  $f_T = 10,5GHz$
- Wellenlänge der Trägerwelle:  $\lambda = 2,85cm$
- Form des internen modulierenden Signals: Rechteckwelle
- Frequenz des internen modulierenden Signals:  $f_M = 550Hz$
- Maximal zulässige Amplitude für das externe modulierende Signal:  $2,5V$



## Aufbau (4/6)

PHYWE

### 2. Empfänger

Der Empfänger ist in der nebenstehenden Abbildung dargestellt.

Die BNC-Buchse, die sich im unteren Teil der Empfangseinheit befindet (siehe Pfeil), ermöglicht die Übertragung des empfangenden Signals zu einem Lautsprecher oder zu einem Detektorinstrument (z.B. Taster oder Oszilloskop)

Beachte, dass der Betriebsabstand zwischen Sende- und Empfangseinheit zwischen 0m und 1,5m liegen sollte.



Überblick der Empfangseinheit

## Aufbau (5/6)

PHYWE

### 3. Lautsprecher

Der Lautsprecher wandelt das nach der Demodulation durch den Empfänger erhaltene Signal in ein akustisches Signal um. Nachdem das Signal vom Empfänger zum Lautsprecher gelang ist, wird es anschließend durch den integrierten Verstärker verstärkt. Die Amplitude der Verstärkung lässt sich durch den Drehregler am Lautsprecher einstellen.



Überblick des Lautsprechers

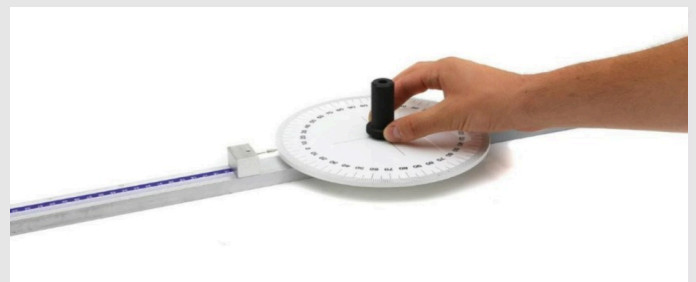


## Aufbau (6/6)

PHYWE

### 4. Montage der Schiene

- Hänge den kurzen Arm (mit Verbindungsflansch) an den langen Arm (mit Drehpunkt) ein.
- Setze die Metallscheibe in den Drehpunkt ein.
- Setze den Winkelmesser auf den Drehpunkt bei  $0^\circ$  ein und schraube zum Schluss das schwarze PVC-Joch auf den Stift.
- Am Ende der Montage muss sich der rechte Arm unabhängig vom linken Arm verdrehen lassen.



## Experiment 1 - Durchführung (1/1)

### Experiment 1: Funktionsprüfung

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf und richte die Empfangseinheit in einer Linie mit der Sendeeinheit aus. Wähle die interne Modulation der Sendeeinheit.
- Drehe den Lautstärkeregler des Lautsprechers ganz nach links und schließe die Spannungsversorgung an. Drehe den Lautstärkeregler danach langsam auf. Mit zunehmender Lautstärke sollte ein Frequenzton von  $550\text{Hz}$  hörbar werden.
- Untersuche welchen Einfluss der menschliche Körper auf die Messung, z.B. durch Hand vor den Empfänger halten, hat.



## Experiment 1 - Auswertung (1/1)



Welche Aussagen sind richtig?

- ☐ Es ist sinnvoll, sich während der Messung so nah wie möglich an den Aufbau zu stellen, damit man die Veränderung des Signals deutlich hört.
- ☐ Die Umgebung des Aufbaus sollte möglichst frei von anderen Objekten sein.
- ☐ Der Körper ist in der Lage Mikrowellen zu reflektieren und zu absorbieren.
- ☐ Das Signal wird durch die Interaktion mit dem menschlichen Körper gestört.

✓ Überprüfen

## Experiment 2 - Theorie (1/2)

### Experiment 2: Transmission und Absorption von Mikrowellen durch eine Polystyrolplatte

Die Absorption und Übertragung von Mikrowellen liefert wichtige qualitative Informationen über die physikalischen Eigenschaften von Substanzen, die mit elektromagnetischen Wellen interagieren. Betrachten wir nun die Absorption:

Beim Durchdringen eines Mediums mit der Dicke  $x$  wird beobachtet, dass für die Intensität der transmittierten Strahlung folgendes gilt:

$$I = I_0 \cdot e^{-kx},$$

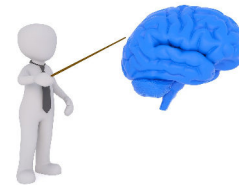
wobei  $k$  der Absorptionskoeffizient des Materials bei einer bekannten Frequenz ist. Diesen Zusammenhang bezeichnet man auch als Lambert'sches Gesetz. Wenn ein Material den Wert  $k = 0$  besitzt, findet demnach keine Absorption statt. Es kann durchaus vorkommen, dass ein Material für bestimmte Frequenzen transparent und für andere Frequenzen absorbierend wirken.

## Experiment 2 - Theorie (2/2)

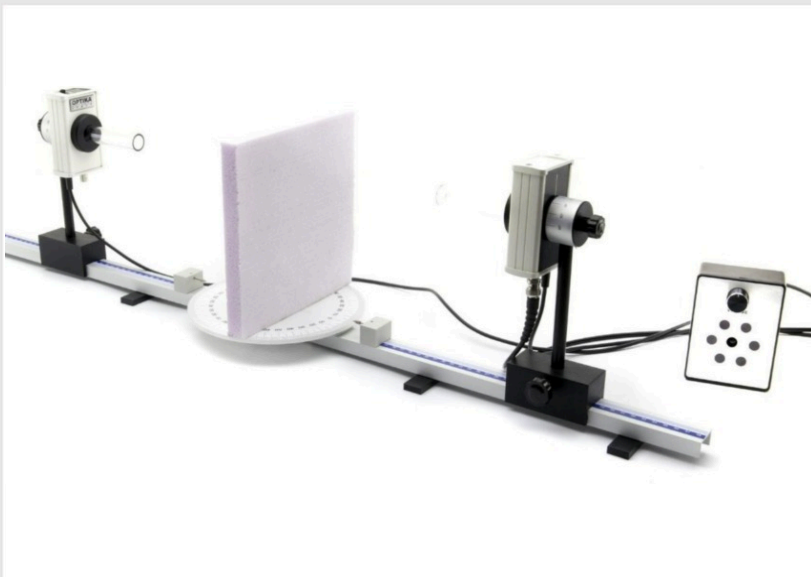
Mikrowellenstrahlung wird von verschiedenen Stoffen absorbiert, wobei die Absorptionsfähigkeit von der chemischen Struktur und dem Wassergehalt des Materials abhängt. Hier sind einige Stoffe und Materialien, die Mikrowellenstrahlung absorbieren:

1. Wasser
2. Bestimmte Keramikmaterialien
3. Gewebe und biologische Materialien
4. Einige Kunststoffe die Wasser oder absorbierende Materialien enthalten

Es ist wichtig zu beachten, dass Metalle Mikrowellen reflektieren und nicht absorbieren. Das ist der Grund, warum Metallgegenstände in einem Mikrowellenherd Funken erzeugen können und warum die Innenwände von Mikrowellenherden oft mit Metall beschichtet sind – um die Mikrowellen im Inneren des Geräts zu halten.



## Experiment 2 - Durchführung (1/1)



- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf, die Polystyrolplatte ist zunächst nicht eingesetzt. Sender und Empfänger sind dabei ca.  $25\text{cm} - 30\text{cm}$  vom Drehpunkt entfernt.
- Drehe den Lautstärkeregler leicht nach rechts, um einen Klang zu erhalten, der in einer Entfernung von einigen Metern zu hören ist.
- Platziere nun die Polystyrolplatte in der Mitte der Anordnung und Beobachte die Änderung der Lautstärke.

## Experiment 2 - Auswertung (1/2)

Wie ändert sich die Lautstärke, wenn eine Polystyrolplatte in den Aufbau integriert wird?

Der Ton wird leiser.

Die Lautstärke bleibt gleich.

Der Ton wird lauter.

Was folgt aus den Beobachtungen?

☐ Eine Polystyrolplatte absorbiert Mikrowellen vollständig.

☐ Eine Polystyrolplatte absorbiert Mikrowellen nicht. Sie ist für Mikrowellen "transparent".

☐ Eine Polystyrolplatte absorbiert und transmittiert einen Teil der Mikrowellen.

✓ Überprüfen

## Experiment 2 - Auswertung (2/2)

Wie lautet das Lambert'sche Gesetz (Absorbtionsgesetz)?

$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot x}$$

$$I = (1 - I_0) \cdot e^{k \cdot x}$$

$$I = I_0 \cdot e^{k \cdot x}$$

Wenn Medien einen Wert von  $k = 0$  besitzen, findet keine Absorption statt. Dementsprechend besitzt die Polystyrolplatte einen Wert von  $k > 0$

☐ Wahr

☐ Falsch

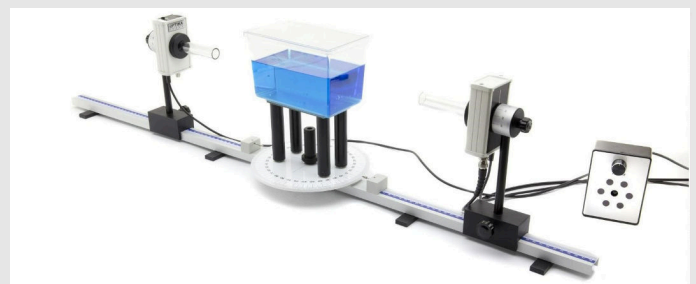
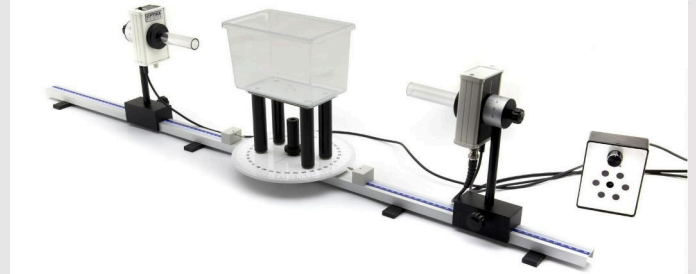
✓ Überprüfen



## Experiment 3 - Durchführung (1/1)

### Experiment 3: Transmission und Absorption von Mikrowellen durch Wasser

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf. Zunächst ist das Wasserbecken leer.
- Was kann man beobachten? Wie verändert sich der Ton?
- Fülle nun das Wasserbecken mit Wasser.
- Wie verändert sich nun der Ton?



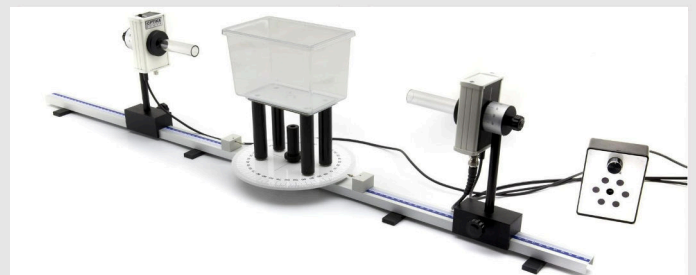
## Experiment 3 - Auswertung (1/2)

Wie verändert sich die Lautstärke, wenn das ungefüllte Becken in den Aufbau integriert wird?

Die Lautstärke bleibt gleich.

Der Ton wird lauter.

Der Ton wird leiser.



## Experiment 3 - Auswertung (2/2)

Wie verändert sich die Lautstärke, wenn nun das Becken mit Wasser gefüllt wird?

Es ist gar kein Ton zu hören.

Die Lautstärke bleibt gleich.

Der Ton wird lauter.

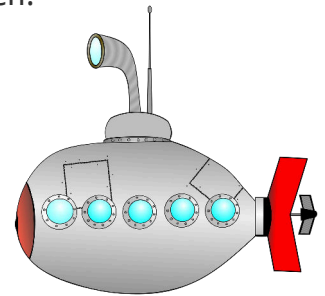
Der Ton wird leiser.

Aus diesem Grund ist es wichtig, das U-Boote und Boote ein Sonarsystem (basierend auf Schall) und kein Radarsystem benutzen.

☐ Wahr

☐ Falsch

☒ Überprüfen



## Experiment 4 - Durchführung (1/1)



### Experiment 4: Transmission und Absorption von Mikrowellen durch ein menschliches Organ

- In dem nächsten Experiment wird eine Hand zwischen Sender und Empfänger gehalten.
- Was lässt sich beobachten?
- Was kann man dadurch für Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des menschlichen Körpers ziehen?

## Experiment 4 - Auswertung (1/2)

Wenn man die Hand zwischen Sender und Empfänger legt wird das Signal fast vollständig abgeschwächt.

☐ Wahr☐ Falsch

✓ Überprüfen



Welche Aussage ist richtig?

Der menschliche Körper besteht zu ca. 75% aus Wasser, deshalb transmittiert er Mikrowellen besonders gut.

Der menschliche Körper besteht zu ca. 75% aus Wasser, deshalb absorbiert er Mikrowellen besonders gut.

Im menschlichen Körper befindet sich nahezu kein Wasser, deshalb absorbiert er Mikrowellen besonders gut.

## Experiment 4 - Auswertung (2/2)

Wie werden Lebensmittel in einer Mikrowelle erwärmt?

Lebensmittel werden in einem Mikrowellenherd durch die Wechselwirkung von Mikrowellenstrahlung mit  im Lebensmittel erwärmt. Die  regen die Wassermoleküle im Essen an, sich schnell zu drehen und auszurichten, da diese Moleküle eine  haben. Diese schnelle Rotation erzeugt  zwischen den Wassermolekülen. Diese Reibung erzeugt , die sich durch das Lebensmittel ausbreitet und es so erwärmt. Es ist die Energieumwandlung von Mikrowellenstrahlung in thermische Energie durch die Bewegung von Wassermolekülen, die das Essen erwärmt.

Wassermolekülen

Dipolnatur

Mikrowellen

Reibung

Wärme



✓ Überprüfen



## Experiment 5 - Durchführung (1/1)

### Experiment 5: Transmission und Absorption von Mikrowellen durch einen Metallkörper

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf.
- In der Mitte der Anordnung wird eine Metallplatte platziert.
- Was kann am Empfänger beobachtet werden?



## Experiment 5 - Auswertung (1/1)



Wie verändert sich die Lautstärke wenn ich eine Metallplatte in die Anordnung einbringe?

Es ist kein Ton zu hören, demnach empfängt die Empfangseinheit kein Signal.

Die Lautstärke bleibt unverändert. Die Mikrowellen durchdringen den Metallkörper vollständig.

Der Ton wird leiser, d.h. ein Teil der Mikrowellen durchdringt den Metallkörper und ein Teil wird reflektiert bzw. absorbiert.

## Experiment 6 - Durchführung (1/2)

### Experiment 6: Mikrowellenreflexion

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf. Achte dabei darauf, dass die Metallplatte entlang des Nullpunktes des Winkelmessers ausgerichtet ist. Die Schiene, auf dem die Sendeeinheit befestigt ist, bildet mit dem Nullpunkt einen Winkel von  $45^\circ$ .
- Stelle die Lautstärke am Lautsprecher knapp unter der Hörschwelle ein.



## Experiment 6 - Durchführung (2/2)

- Während der linke Arm in Position gehalten wird, verdrehe den rechten Arm entgegen den Uhrzeigersinn.
- Beobachte die Änderung der Lautstärke.
- Gibt es einen Punkt, an dem die Lautstärke maximal ist?



## Experiment 6 - Auswertung (1/1)

Was kann bei der Veränderung des Winkels beobachtet werden?

Das empfangene Signal nimmt an Intensität zu und erreicht seinen Maximalwert bei  $45^\circ$ .

Das empfangene Signal nimmt an Intensität ab und erreicht seinen Minimalwert bei  $45^\circ$ .

Das empfangene Signal nimmt an Intensität zu und erreicht seinen Maximalwert bei  $30^\circ$ .

Warum ist das Signal bei diesem Winkel maximal? Weil dann gilt..

☐ Es gibt keinen mathematischen Zusammenhang.

☐ Einfallswinkel = Ausfallswinkel

☐ Einfallswinkel – Ausfallswinkel = 1

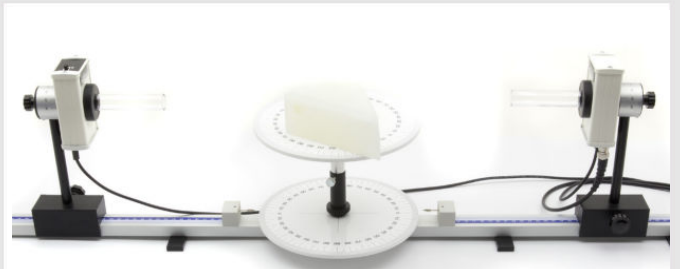
☐ Einfallswinkel – Ausfallswinkel = 0

✓ Überprüfen

## Experiment 7 - Durchführung (1/2)

### Experiment 7: Mikrowellenbrechung

- In diesem Experiment soll nun untersucht werden, ob ein Paraffinprisma, wie ein optisches Prisma bei sichtbarem Licht, dazu in der Lage ist, eine Brechung der Mikrowellen zu erzeugen. Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf.
- In dieser Position beträgt der Winkel am Scheitelpunkt  $A = 45^\circ$ . Der Wert des Einfallswinkels  $i$  kann auf dem oberen Goniometer abgelesen werden. Wähle beispielsweise  $i = 30^\circ$ .



Es empfiehlt sich, den Sender  $25\text{cm} - 30\text{cm}$  vom Prisma entfernt zu platzieren, um die Mikrowellen, die nicht durch das Prisma gehen am Empfänger so gering wie möglich zu halten.

## Experiment 7 - Durchführung (2/2)



- Richte zunächst den Empfänger direkt gegenüber dem Sender aus. Was kann beobachtet werden?
- Halte nun den linken Zweig fest und drehe den rechten Zweig langsam gegen den Uhrzeigersinn. Notiere die Position an dem das Signal seinen maximalen Wert erreicht. So kann der gesamten Ablenkungswinkel  $\delta$ , unter Berücksichtigung der Position des Zweigs, auf dem der Empfänger steht, auf dem unteren Winkelmesser ermittelt werden.

## Experiment 7 - Auswertung (1/1)

Wenn der Empfänger auf den Sender ausgerichtet ist, empfängt er kein Signal, da der vom Sender gesendete Wellenstrahl vom Prisma abgelenkt wird.

☐ Wahr☐ Falsch☒ Überprüfen

Aus geometrischen Überlegungen erhalten wir für den Ablenkungswinkel:

$$\delta = i + e - A,$$



verwendet man diese Formel, mit den bekannten Werten für  $\delta$ ,  $i$ ,  $A$  kann der Winkel  $e$  berechnet werden.

Man erhält für den Winkel  $e$  den folgenden Wert:

## Experiment 8 - Theorie (1/1)

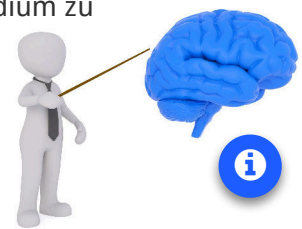
### Experiment 8: Totalreflexion von Mikrowellen

Der Brechungsindex  $n$  ist eine Größe die bei einer definierten Temperatur sowohl vom Material als auch von der Wellenlänge abhängt. Paraffin ist eine Mischung aus verschiedenen Alkanen mit Brechungsindizes von 1 bis 1.4 im Fall von Mikrowellen. In diesem Experiment soll der Brechungsindex des Paraffins bei einer Frequenz von  $10,5\text{GHz}$  bestimmt werden.

Um den Brechungsindex bestimmen zu können, machen wir uns das Phänomen der Totalreflexion zu nutzen und untersuchen den Übergang einer Welle von einem Medium zu Luft.

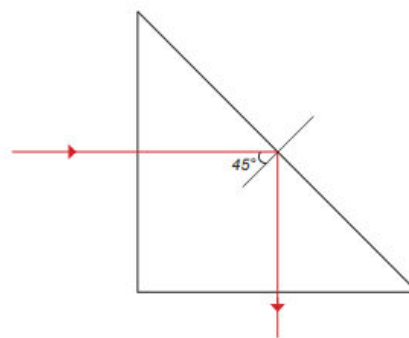
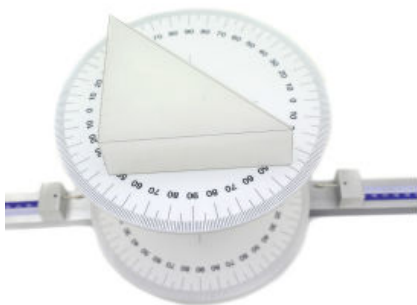
Der Brechungsindex steht mit dem Grenzwinkel  $\alpha_G$  in folgendem Zusammenhang:

$$\alpha_G = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right), \text{ mit } n_2 = 1, \text{ da es sich um den Übergang in Luft handelt.}$$



## Experiment 8 - Durchführung (1/2)

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf. Die Welle erreicht das Prisma in einem rechten Winkel und wird somit nicht abgelenkt. Anschließend behält sie ihre Richtung bei und erreicht die geneigte Fläche des Prismas unter einem Winkel von  $45^\circ$ .



## Experiment 8 - Durchführung (2/2)

- Überprüfe unter welchem Winkel die Welle vollständig reflektiert wird, indem der linke Zweig festgehalten wird und der rechte Zweig gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird.



## Experiment 8 - Auswertung (1/1)

Bei welchem Winkel zwischen Sende- und Empfangseinheit ist das Signal am stärksten?

0°

45°

90°

Ist der Einfallswinkel größer als der Grenzwinkel, wird der Strahl vollständig reflektiert (Totalreflexion), andernfalls wird er gebrochen.

☐ Wahr

☐ Falsch

☒ Überprüfen

Der Grenzwinkel beträgt demnach

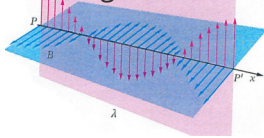
Somit erhalten wir für den Brechungsindex einen Wert von:



## Experiment 9 - Theorie (1/1)

### Experiment 9: Polarisation von Mikrowellen

Wie bereits im Theorieteil erwähnt, besteht eine elektromagnetische Welle aus einem elektrischen Feld  $\vec{E}$  und einem magnetischen Feld  $\vec{B}$  die senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung stehen. Die Richtung des elektrischen Feldvektors gibt dabei die Polarisationsrichtung an.



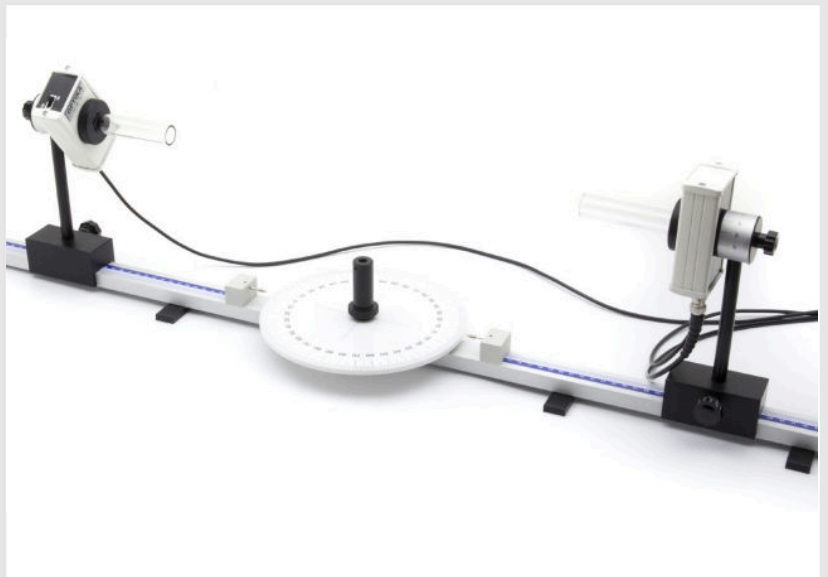
Um festzustellen, ob die vom Sender emittierten Mikrowellen polarisiert sind, kann die Orientierung der Sendeeinheit verändert werden. Auf der Rückseite des Senders befindet sich ein Winkelmesser. Durch Lösen einer kleinen Feststellschraube kann der Sender um 90° in beide Richtungen gedreht werden.



## Experiment 9 - Durchführung (1/1)

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf.
- Stelle die Lautstärke des empfangenen Signals auf einen mittleren Wert ein.
- Beginne nun den Sender zu drehen und beobachte, wann das Signal erlischt.

Zusatzaufgabe:





## Experiment 9 - Auswertung (1/3)

In welchem Winkel müssen Sende- und Empfangseinheit zueinander stehen, damit das Signal erlischt?

Warum erlischt das Signal unter diesem Winkel?

Der Empfänger hat einen Polarisationsfilter eingebaut und unter diesem Winkel passieren die Mikrowellen den Polarisationsfilter nicht.

Der Sender sendet nur unter bestimmten Drehwinkeln Mikrowellen aus.

Der Empfänger kann nur Mikrowellen detektieren, wenn er im gleichen Winkel zum Sender steht, da die Mikrowellen ansonsten "verdreht" sind.

## Experiment 9 - Auswertung (2/3)

Wie funktioniert ein Polarisationsfilter?

Ein Polarisationsfilter funktioniert, indem er nur Wellen durchlässt, die in einer bestimmten  schwingen und alle anderen blockiert. Das bedeutet, dass, wenn Wellen auf den Filter treffen, nur die Wellen, die parallel zur  des Filters schwingen, hindurchgelangen können. Das Prinzip basiert auf der Eigenschaft der Transversalwellen in bestimmten Schwingungsebenen zu schwingen. Durch die Auswahl der richtigen  des Filters kann man steuern, welcher Anteil durchgelassen wird.

☒ Überprüfen

## Experiment 9 - Auswertung (3/3)

Was zeigt das Experiment bezüglich der Art der Polarisation?

Die vom Sender erzeugte elektromagnetische Welle ist zirkular polarisiert, weil sich der elektrische und der magnetische Feldvektor auf einer Kreisbahn bewegen.

Die vom Sender erzeugte elektromagnetische Welle ist linear polarisiert, weil der elektrische und der magnetische Feldvektor immer in die gleiche Richtung schwingen.

Wofür werden Polarisationsfilter im Alltag verwendet?

Markiere die richtigen Begriffe.

Fotografie, LCD-Bildschirme, Fernglas, Sonnenbrillen, Mikroskopie, 3D-Kino, Astronomie, Stressanalyse

✓ Überprüfen

Zusatzaufgabe:



## Experiment 10 - Durchführung (1/2)

### Experiment 10: Bestimmung der Polarisationsebene von Mikrowellen

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf und stelle die Intensität des akustischen Signals auf einen Mittelwert.



## Experiment 10 - Durchführung (2/2)

- Verwende nun zunächst das Gitter in horizontaler Ausrichtung der Schlitze und beobachte wie sich das Signal des Empfängers verändert.
- Drehe nun das Gitter um  $90^\circ$  sodass die Schlitze nun vertikal ausgerichtet sind.



Horizontale Gitterorientierung



Vertikale Gitterorientierung

## Experiment 10 - Auswertung (1/1)

Welche Aussage ist richtig?

Bei vertikaler Orientierung des Gitters bleibt das Signal erhalten, während es bei horizontaler Orientierung ausgelöscht wird.

Bei horizontaler Orientierung des Gitters bleibt das Signal erhalten, während es bei vertikaler Orientierung ausgelöscht wird.

Das Signal bleibt unabhängig von der Orientierung erhalten.

In welcher Richtung schwingt demnach der elektrische Feldvektor  $\vec{E}$ ?

In der vertikalen Ebene.

In der horizontalen Ebene.

In keiner definierten Ebene.

Hinweis:



## Experiment 11 - Theorie (1/1)

### Experiment 11: Beugung von Mikrowellen an einem Spalt

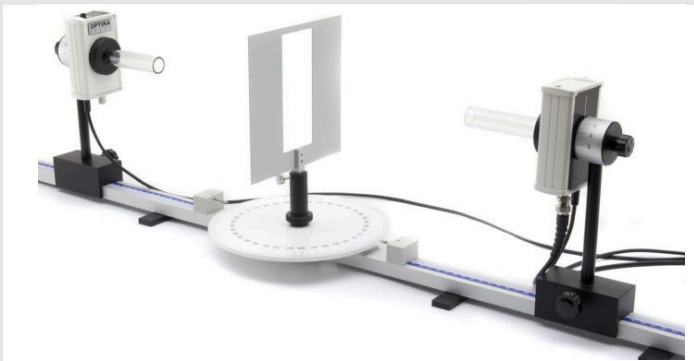
Die Beugung von Wellen beschreibt das Phänomen, bei dem Wellen um Hindernisse herum oder durch Öffnungen (wie Spalte) hindurch abgelenkt werden. Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen, und wenn sie auf einen Spalt treffen, der in etwa die Größe ihrer Wellenlänge hat, werden sie gebeugt.

Wenn Mikrowellen auf einen schmalen Spalt treffen passiert folgendes:

1. Sie verbreiten sich in wellenförmigen Fronten, die von dem Spalt ausgehen.
2. Das Muster, das hinter dem Spalt entsteht, zeigt einen zentralen Hauptmaximum (intensivster Punkt des Musters), gefolgt von mehreren schwächeren Nebenmaxima und Minima.
3. Die Breite des Hauptmaximums und die Positionen der Nebenmaxima können genutzt werden, um Informationen über die Wellenlänge der Mikrowellen zu gewinnen.

## Experiment 11 - Durchführung (1/1)

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf. Achte dabei darauf, dass der Sender nicht mehr als 30cm von dem Spalt entfernt ist und untersuche die Intensitätsverteilung des Signals in Abhängigkeit vom Winkel zwischen Sender und Empfänger. Bewege dafür den Empfänger langsam erst gegen und anschließend in Richtung des Uhrzeigersinns.



## Experiment 11 - Auswertung (1/1)

Was konnte beobachtet werden?

Die Intensitätsverteilung des Signals ist winkelunabhängig.

In der zentralen Position ist die Intensität maximal.

In der zentralen Position ist die Intensität minimal.

Es gilt der folgende Zusammenhang zwischen dem zentralen Maximum und dem ersten Minimum:

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

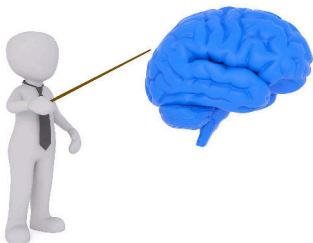
wobei  $\alpha$  der Verschiebungswinkel des Empfängers,  $\lambda$  die Wellenlänge und  $d$  die Spaltbreite ist.

Bestimme die Wellenlänge der Mikrowellen:

Hinweis:



## Experiment 12 - Theorie (1/1)



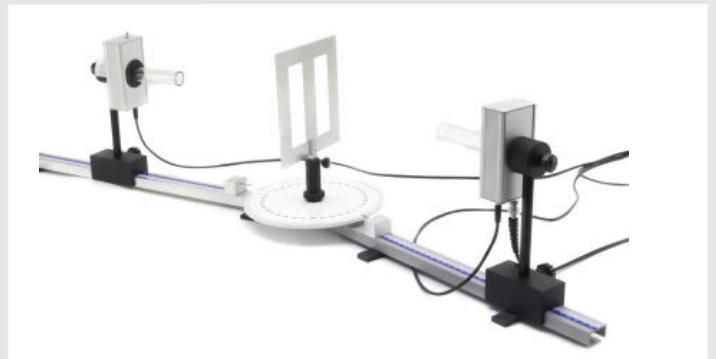
### Experiment 12: Beugung von Mikrowellen an einem Doppelspalt (Young'scher Doppelspalt Versuch)

In diesem Experiment wird anstelle des Spaltes ein Doppelspalt verwendet. Wenn nun Wellen auf den Doppelspalt treffen passiert folgendes:

1. Jeder Spalt fungiert als Quelle für Wellenfronten, die sich in wellenförmigen Mustern ausbreiten.
2. Dort, wo Wellenberge (Maxima) von einem Spalt mit Wellenbergen des anderen Spalts zusammentreffen, interferieren sie konstruktiv, was zu einem intensiven Maximum führt.
3. Dort, wo Wellenberge von einem Spalt mit Wellentälern (Minima) des anderen Spalts zusammentreffen, interferieren sie destruktiv und heben sich gegenseitig auf. Das Resultat ist ein Minimum.

## Experiment 12 - Durchführung (1/1)

- Baue den Versuch entsprechend der Abbildung auf. Verwende als Beugungsobjekt den Doppelspalt.
- Untersuche wie zuvor, die Winkelabhängigkeit der Intensität.



## Experiment 12 - Auswertung (1/1)

Was konnte beobachtet werden?

In der zentralen Position ist die Intensität maximal.

Die Intensitätsverteilung des Signals ist winkelunabhängig.

In der zentralen Position ist die Intensität minimal.

Es gilt der folgende Zusammenhang zwischen dem zentralen Maximum und dem ersten Minimum:

$$\sin(\alpha) = \pm \frac{\lambda}{a},$$

wobei  $\alpha$  der Verschiebungswinkel des Empfängers,  $\lambda$  die Wellenlänge und  $a$  der Abstand der beiden Spalte ist.

Bestimme die Wellenlänge der Mikrowellen:

## Fazit

Trage die fehlenden Wörter ein.

Mikrowellen sind eine Form von elektromagnetischer Strahlung, die eine bestimmte Bandbreite von Wellenlängen innerhalb des elektromagnetischen Spektrums aufweist. Wenn Mikrowellen auf verschiedene Materialien treffen, können verschiedene Phänomene auftreten. Eines dieser Phänomene ist die , bei der Mikrowellen von einem Material aufgenommen werden. Dies ist der Grund, warum Wasser in Lebensmitteln in einem Mikrowellenofen erhitzt wird. Ein weiteres Phänomen ist die , bei der Mikrowellen von einer Oberfläche abprallen, ähnlich wie Licht von einem Spiegel reflektiert wird. Schließlich kann, wenn Mikrowellen auf Spalte oder Hindernisse treffen, das Phänomen der  beobachtet werden, bei dem die Mikrowellen abgelenkt werden und wellenförmige Muster bilden.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 19: Elektromagnetische Strahlung	0/3
Folie 20: Eigenschaften von Mikrowellen	0/1
Folie 30: Einflussfaktoren Signalstörung bei Mikrowellen	0/3
Folie 34: Mehrere Aufgaben	0/2
Folie 35: Mehrere Aufgaben	0/2
Folie 37: Absorption von Mikrowellen durch Plastikbecken	0/1
Folie 38: Mehrere Aufgaben	0/2
Folie 40: Mehrere Aufgaben	0/2

Gesamtpunktzahl  0/48

👁️ Lösungen anzeigen

🔄 Wiederholen

📄 Text exportieren