

# Mikrowellen

## Geschichtlicher Überblick und Anwendungsbereiche

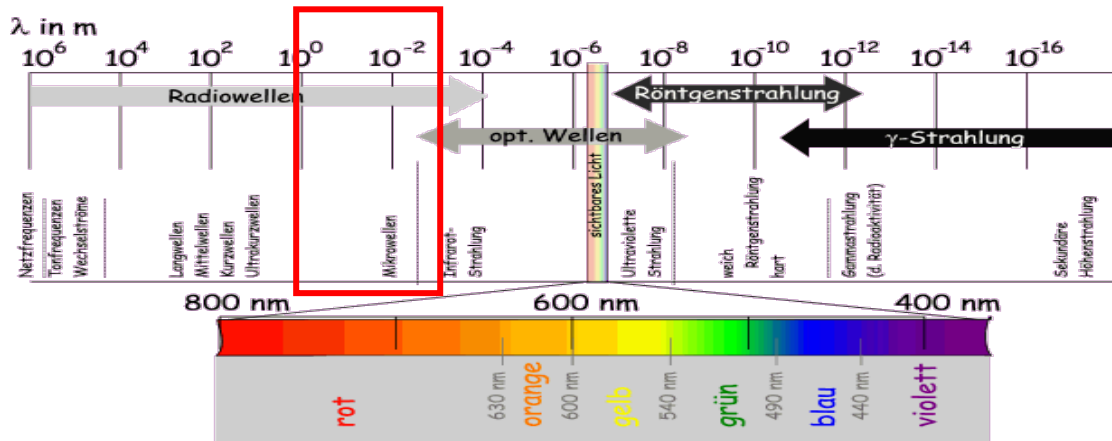
Mikrowellen wurden 1864 von J. C. Maxwell vorhergesagt und 1888 erstmals experimentell durch H. Herz nachgewiesen. Die Idee der Übertragung von Leistung durch Mikrowellen wurde 1899 von N. Tesla vorgeschlagen und schon zwei Jahre später durch eine Übertragung eines Signals über den Atlantik erfolgreich verwirklicht. 1937 entwickelte W. W. Hansen, ein Begründer der Mikrowellentechnologie, das Klystron zur Behebung des Problems der Entdeckung ankommender Flugzeuge durch die Radar-Technologie. Von da an wurden Mikrowellen in vielen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung und des täglichen Lebens genutzt. Detaillierte Untersuchungen der kosmischen Hintergrundstrahlung lieferten die benötigten Informationen, um eine Vielzahl ungelöster Rätsel der Kosmologie anzugehen. So erhielten 1978 A. Penzias und W. Wilson den Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung, welche einen direkten Beweis für die Existenz des Urknalls darstellt.

Aufgrund der kurzen Wellenlänge können sich Mikrowellen leicht durch Luft und die obere Atmosphäre fortbewegen. Mittels einer gekrümmten Scheibe können sie auf eine Antenne fokussiert werden. Deshalb werden sie heutzutage extensiv im Bereich der Satellitenkommunikation und des RADAR's, besonders in aktuellen GPS-Systemen verwendet.

Im Bereich des täglichen Lebens sind die beiden besten Beispiele der Mikrowellenherd und das Handy. Mikrowellen (mit einer Frequenz von 2.45 GHz) können Leistung direkt auf Wasser-Moleküle im Essen übertragen, so dass das Essen quasi von innen gekocht wird. Handys profitieren von der Mikrostreifenleiter -Technologie und arbeiten bei ungefähr 900 - 1800 MHz. Die hohe abgestrahlte Leistung von 0.6 - 3 W lassen das Handy allerdings in letzter Zeit zu einem vieldiskutierten Thema werden.

## Einordnung ins Spektrum

Typischerweise werden Wellen mit einer Frequenz von 300 MHz bis 300 GHz als Mikrowellen bezeichnet. Die Wellenlänge liegt folglich im Bereich zwischen einem Meter und einigen Millimetern.



**Abbildung 1:** Wellenlängenspektrum

# Erzeugung von Mikrowellen

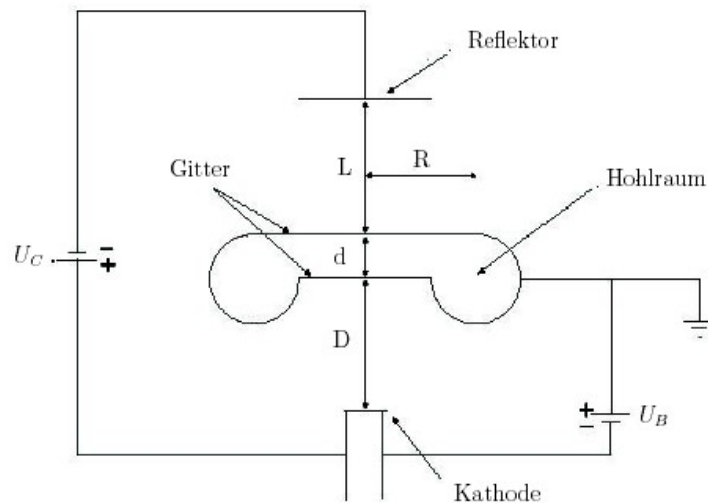
## Das Reflexklystron

In der Schule lernt man bereits die Erzeugung von elektromagnetischen Wellen durch einen LC – Schwingkreis kennen, in dem sich die Energie des elektrischen und die des magnetischen Feldes periodisch ineinander umwandeln.

Für die Erzeugung von Mikrowellen werden jedoch relativ hohe Frequenzen benötigt, wodurch der Widerstand der Induktivität zu groß wird. Deshalb verwenden wir in unseren Versuchen ein sog. Reflexklystron zur Erzeugung der Mikrowellen.

### Aufbau:

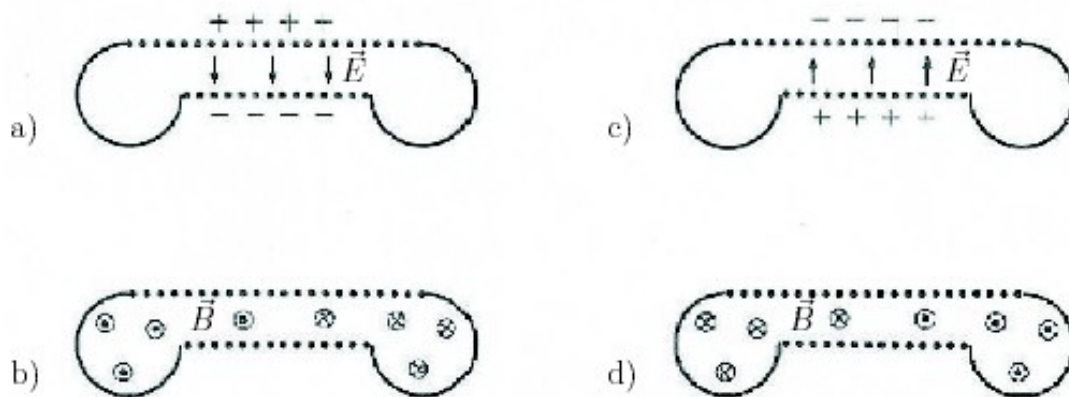
Die wichtigsten Bauteile eines Reflexklystrons sind die Kathode, der Reflektor und der Resonator:



**Abbildung 2 :** Aufbau eines Reflexklystrons mit den Hauptbestandteilen Kathode, Resonator und Reflektor.

Das Kernstück bildet der Resonator (Hohlraum), der wie ein LC-Resonanzkreis aufgebaut ist. Zwei parallele Gitter wirken wie ein einfacher Plattenkondensator, die zylinderförmige Verbindung an den Seiten wirkt wie eine Spule mit einer Windung. Das zu verstärkende Signal wird in diesen Resonator eingekoppelt. Analog zu einem LC-Resonanzkreis oszilliert die Ladung zwischen "Kondensatorplatten" und

”Spulen“, so dass abwechselnd mit einer Phasenverschiebung von  $T/4$  ein elektrisches und magnetisches Feld entsteht:



**Abbildung 3:** Der Hohlraumresonator, mit periodisch wechselndem E- und B- Feld.

Eine andere verwendete Möglichkeit Mikrowellen zu erzeugen, ist der **Gunn - Oszillator**.

Der Gunn-Oszillator besteht im wesentlichen aus einem GaAs-Kristall, der in einen Hohlraumresonator eingebaut ist. Die Wirkungsweise des Mikrowellengenerators beruht auf der negativen differentiellen Leitfähigkeit des homogenen Halbleiterkristalls. Um diesen Effekt und seine Auswirkungen verstehen zu können, muss man sich näher mit der Energieverteilung der Elektronen im Valenz- und Leitungsband des GaAs befassen.

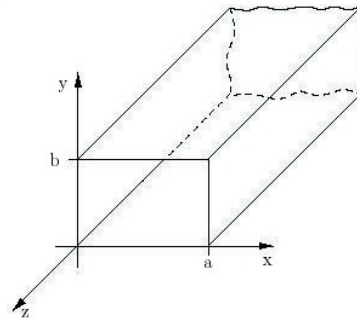
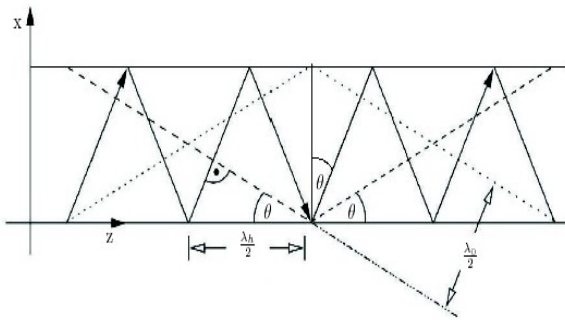
Am Versuchsnachmittag wird deshalb ein kurzer Blick auf Bändermodell und Halbleitergrundlagen geworfen.

## Leitung von Mikrowellen

Es existieren verschiedene Arten der Mikrowellenleitung, so z. B. die Leitung in Luft bzw. in Hohlleitern, die Leitung durch Koaxialkabel oder die Leitung durch Mikrostreifenleiter

### Leitung in Hohlleitern

Hohlleiter werden hauptsächlich zur Fortleitung von Mikrowellen benutzt, da bei gewöhnlichen Drähten ein zu großer Strahlungsverlust auftritt und der Skin-Effekt (Ströme fließen nur an Oberflächen) zu Problemen führt. Häufig werden Rechteckhohlleiter benutzt, da man aufgrund ihrer einfachen Symmetrie relativ leicht Berechnungen für Bedingungen der Wellenlängen und Frequenzen der Mikrowellen im Leiter finden kann. Die Ausbreitung kann zum Teil mit den Gesetzmäßigkeiten der Geometrischen Optik beschrieben werden.

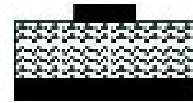


**Abb. 4:**  
Ausbreitung  
im

Hohlleiter.

## Mikrostreifenleitung

Als Streifenleitungen werden Hochfrequenzleitungen bezeichnet, die in Form flacher, leitender Streifen ausgeführt sind. Die Gegenelektrode zu den Streifen besteht aus einer oder aus zwei unendlich ausgedehnten, dünnen leitenden Ebenen, die durch dielektrisches Trägermaterial (Substrat) parallel zu den Streifen gelagert werden. Die planare Leitungstechnik gestattet die Herstellung fast aller aus der Hohlleitertechnik bekannten Bauelemente. Die häufigste Bauform ist, die hier dargestellt:



## Themen am Versuchsnachmittag

- Weiterführende Erläuterungen zur Mikrowellentechnologie
- Stehende Wellen → Bestimmung der Phasengeschwindigkeit
- Verkehrs – Radar (Dopplereffekt)
- Untersuchung der Handy - Abstrahlung
- [Materialuntersuchung mit Mikrowellenstrahlung]

### Literaturangabe:

Anleitung zum Fortgeschrittenen – Praktikum „Mikrowellen“ der Universität des Saarlandes.

Adresse: <http://www.uni-saarland.de/fak7/hartmann/lehre/lehre.html>