

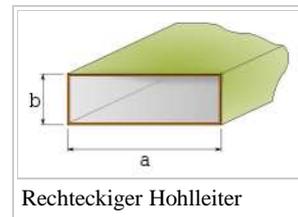
# Hohlleiter

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Ein **Hohlleiter** ist ein Wellenleiter für elektromagnetische Wellen vorwiegend im Frequenzbereich von 1 GHz bis 200 GHz. Hohlleiter sind Metallrohre mit meist rechteckigem, kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt. Mit ihnen lässt sich elektrische Leistung im genannten Frequenzbereich viel verlustärmer als mit elektrischen Kabeln wie Koaxialkabeln übertragen.

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Physikalischer Hintergrund
- 2 Moden
  - 2.1 E-/H-Moden
  - 2.2 Hohlleiterwellenlänge und Grenzfrequenz
- 3 Wellenimpedanz
- 4 Verschiedene Hohlleiter und ihre Moden
  - 4.1 Rechteckhohlleiter
  - 4.2 Rundhohlleiter
  - 4.3 Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt
- 5 Anschlüsse und Verbindungen eines Hohlleiters
- 6 Geschichte
- 7 Hohlleiter-Frequenzbänder
- 8 Hohlleiter in der Praxis
- 9 Fachliteratur
- 10 Weblinks
- 11 Einzelnachweise



## Physikalischer Hintergrund

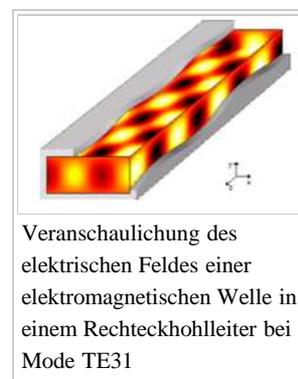
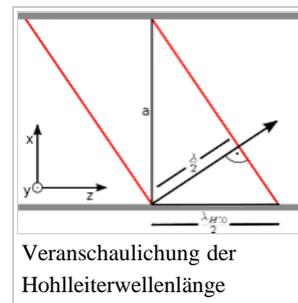
Trifft eine elektromagnetische Welle senkrecht auf eine gut leitende Grenzfläche, wird sie in sich selbst reflektiert. Bei geeignetem Abstand einer parallelen zweiten Grenzfläche bildet sich eine Stehende Welle. Kommen seitliche Wände hinzu, entsteht ein Hohlraumresonator. Auch in diesem sind die elektromagnetischen Wellen stehende Wellen; es handelt sich um ein ortsfestes elektrisches und magnetisches Wechselfeld. Die möglichen Resonanzfrequenzen der stehenden Wellen hängen vom Abstand der Wände zueinander ab.

In einem Hohlleiter bewegt sich dagegen das elektrische und magnetische Wechselfeld fort:

Man stelle sich ein langes Rohr mit rechteckigem Querschnitt vor, in dem eine ebene Welle senkrecht auf eine Schmalseite trifft und zwischen beiden Wänden hin und her reflektiert wird. Die Wellenlänge ist doppelt so groß wie der Abstand der beiden Wände, sodass eine stehende Welle entsteht. Wird nun die Wellenlänge etwas verkleinert, kann sich die Welle nur in einem speziellen Winkel ausbreiten, bei dem zwischen den beiden Wänden wieder eine stehende Welle entsteht. Dazu muss die Wellenlänge entlang der längeren Wand wieder doppelt so groß wie der Abstand der beiden Wände sein. Die resultierende Wellenlänge in Längsrichtung führt zu einer Wellenausbreitung entlang des Hohlleiters. Man spricht daher zur Unterscheidung von stehenden Wellen auch von einer Wanderwelle.

Die Mindestbreite eines Rechteckhohlleiters entspricht etwa der halben Wellenlänge der übertragenen Frequenz – genau dann passt nur ein einziger Schwingungsbauch in Querrichtung hinein. Man kann daher aus der Breite eines Rechteck-Hohlleiters auf die im zugehörigen Gerät verwendete niedrigste Frequenz schließen. Die dazugehörige Wellenlänge nennt man die kritische Wellenlänge  $\lambda_k$  oder die Grenzwellenlänge  $\lambda_c$  (mit c für „cut-off“). Sie errechnet sich nach der Beziehung  $\lambda_k = 2 \cdot a$  (wobei  $a$  die längere Seite des Rechteckhohlleiterquerschnitts ist, siehe Skizze oben). Durch die Erweiterung zum Hohlleiterfilter können gezielt bestimmte Frequenzbereiche unterdrückt werden.

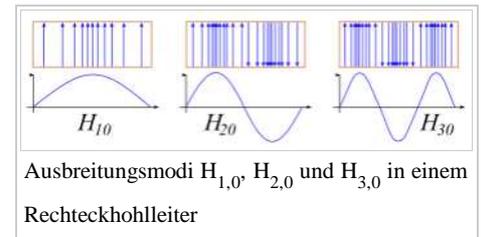
Hohlleiter können auch unter erhöhten Gas-Innendruck gesetzt werden, um höhere Leistungen übertragen zu können, ohne dass Überschläge beziehungsweise Luftdurchschläge auftreten. Das Phänomen *Multipaction* bedeutet in diesem Zusammenhang die konstruktive Überlagerung mehrerer verschiedener Wellenlängen, wodurch sehr hohe Feldstärken entstehen können.



## Moden

Die beschriebene Art der Ausbreitung kann so erfolgen, dass ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge zwischen die Schmalseiten passt. Die verschiedenen möglichen Zustände sind die sogenannten Schwingungsmoden, kurz Moden, und werden mit den Zahlen bezeichnet, die diesem Vielfachen entsprechen; also: 1, 2, 3, ...

Bei höheren Frequenzen gesellen sich zu den horizontalen transversalen Moden noch die vertikalen zwischen Ober- und Unterseite des Rohrs, wo unabhängig wiederum verschiedene Moden auftreten. Deshalb ist zur Beschreibung einer Mode im rechteckigen Hohlleiter jeweils die Angabe von 2 Zahlen notwendig: z. B. (2,3)-Mode. Dabei steht je eine der Zahlen für eine der transversalen Moden in Richtung der elektrischen und der magnetischen Feldkomponente (E- und H-Richtung).



Die Feldlinien des elektrischen Feldes stehen immer senkrecht auf dem Außenleiter und verlaufen von einer Wandseite zur anderen. Je nachdem, wie viele Extremwerte der Feldverlauf über die gesamte Breite des Hohlleiters aufweist, erhält die Modenbezeichnung ihren ersten Index. Die Breite eines Hohlleiters wird mit  $a$  bezeichnet. Bei einem Maximum, der Mindestanzahl für die elektrische Feldverteilung, spricht man also von einer  $H_{1m}$ - bzw.  $E_{1m}$  Welle.

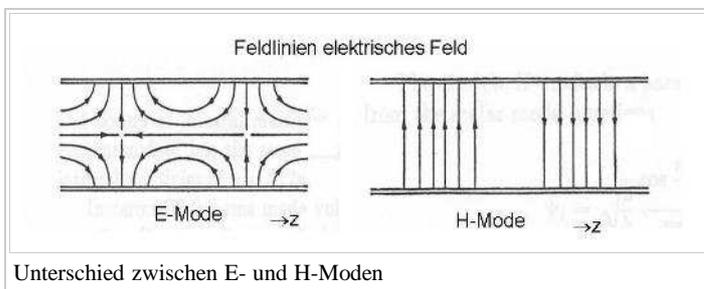
Analog bezeichnet die Anzahl an Maxima im Feldverlauf des elektrischen Felds über die gesamte Höhe des Hohlleiters den zweiten Index. Die Höhe eines Hohlleiters wird mit  $b$  bezeichnet. Die Feldstärke kann über die gesamte Hohlleiterhöhe konstant bleiben (es muss also kein Maximum geben), man spricht dann von einer  $H_{n0}$  bzw.  $E_{n0}$  Welle.

Vergleichbare Moden gibt es auch in runden Hohlleitern. Hier kommen jedoch noch Moden hinzu, die entlang des Rohrumfanges eine homogene Feldverteilung haben.

Die Ein- und Auskopplung der HF-Energie erfolgt durch Schlitzte, Koppelschleifen, Stäbe, Trichter (Hornstrahler) oder Löcher - je nachdem, ob die Energie in einen anderen Hohlleiter, in ein Koaxialkabel oder ins Freie gelangen soll. Ort und Gestalt dieser Koppelemente bestimmen die Mode und die Ausbreitungsrichtung der Wellen.

### E-/H-Moden

Elektrisches und magnetisches Feld stehen bei elektromagnetischen Wellen immer senkrecht aufeinander. Damit die Welle sich in einer Raumrichtung fortpflanzen kann, müssen Wellenkomponenten in diese Raumrichtung existieren. Steht das elektrische Feld senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, spricht man von E-Moden. Steht das magnetische Feld senkrecht Ausbreitungsrichtung, spricht man von H-Moden. Die Abbildung zeigt einen Längsschnitt durch einen Hohlleiter (z-Richtung).



### Hohlleiterwellenlänge und Grenzfrequenz

Während der Abstand der Maxima der Feldverteilung in x- bzw. y-Richtung von der Freiraumwellenlänge der Welle abhängt, ist für den Abstand der Maxima in z-Richtung, also in Ausbreitungsrichtung, die Hohlleiterwellenlänge entscheidend.

Die Hohlleiterwellenlänge  $\lambda_{H, nm}$  ist gemäß der Gleichung von der Freiraumwellenlänge  $\lambda_0$ , der Breite  $a$  des Hohlleiters und der Höhe  $b$  und dem jeweiligen Mode abhängig. Die Hohlleiterwellenlänge ist immer größer als die Freiraumwellenlänge gleicher Frequenz. Es gibt keinen Unterschied zwischen der Hohlleiterwellenlänge des  $H_{nm}$ -Modes und des entsprechenden  $E_{nm}$ -Modes.

Die Hohlleiterwellenlänge hängt nicht-linear von der Freiraumwellenlänge ab. Es existiert eine Wellenlänge, für die die Hohlleiterwellenlänge gegen unendlich geht.

$$\lambda_{H, nm} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \lambda_0^2 \left[ \left( \frac{n}{2a} \right)^2 + \left( \frac{m}{2b} \right)^2 \right]}}$$

Eine unendlich große Hohlleiterwellenlänge bedeutet, dass die Welle nicht ausbreitungsfähig ist. Da die Hohlleiterwellenlänge für einen Mode einer bestimmten Frequenz von den Abmessungen des Hohlleiters abhängt, sind in einem Hohlleiter nicht beliebige Moden ausbreitungsfähig. Je höherwertig ein Mode ist, desto größer ist seine Grenzfrequenz, bzw. desto kleiner ist die Grenzwellenlänge  $\lambda_{\text{grenz}, nm}$ .

$$\lambda_{\text{grenz},nm} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{n}{2a}\right)^2 + \left(\frac{m}{2b}\right)^2}} = \frac{c}{f_{\text{grenz}}}$$

Die Grenzfrequenz teilt den Frequenzbereich in zwei Bereiche, den Dämpfungsbereich und den Ausbreitungsbereich. Entscheidend ist hierbei das Verhalten des Ausbreitungskoeffizienten  $\gamma$  über der Frequenz.

Im Dämpfungsbereich ist die Welle nicht ausbreitungsfähig. Der Ausbreitungskoeffizient ist als  $\alpha_{\text{max}}$  rein reell. Die Welle wird demnach aperiodisch gedämpft. Nicht ausbreitungsfähige Moden können angeregt werden und zumindest zeitweilig einen Teil der Wellenenergie binden. Ist die Frequenz der Welle gleich der Grenzfrequenz, so ist der Ausbreitungskoeffizient gleich Null. Die Welle wird im rechten Winkel zwischen den Seiten des Hohlleiters reflektiert, ohne dass ein Energietransport stattfindet.

Für Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz ist die Welle ausbreitungsfähig. Der Ausbreitungskoeffizient ist im Idealfall  $\beta_{\infty}$  und damit rein imaginär. Die Welle wird demnach nicht gedämpft, sondern breitet sich im Hohlleiter mit einer frequenzabhängigen Phasenverschiebung aus. Im realen Hohlleiter wird auch eine ausbreitungsfähige Welle gedämpft. Dazu tragen die Verluste in der nur endlich leitfähigen Hohlleiterwand (Oberflächenströme) bei. Der (Verlust)anteil der Oberflächenströme am Leistungstransport ist modenabhängig, sinkt tendenziell mit höheren Moden und steigt tendenziell aufgrund des Skineffektes. Da Hohlleiter in der Regel luft- oder gasgefüllt sind, treten keine dielektrischen Verluste auf. Das ist ein wesentlicher Faktor für ihren Einsatz bei sehr hohen Frequenzen.

## Wellenimpedanz

Die Wellenimpedanz verknüpft die Amplituden der elektrischen und magnetischen Feldstärken einer elektromagnetischen Welle. Im Hohlleiter ist sie frequenzabhängig und unterscheidet sich für TM- und TE-Modus, besitzt aber überall im Hohlleiter den gleichen Wert.

$$Z = \frac{Z_{w0}}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_{\text{grenz}}}{f}\right)^2}} \quad (\text{TE Mode}),$$

wobei  $f_{\text{grenz}}$  die cut-off Frequenz des jeweiligen Modus bedeutet und  $Z_{w0} \approx 377 \Omega$  der Freiraumwellenwiderstand ist.

$$Z = Z_{w0} \sqrt{1 - \left(\frac{f_{\text{grenz}}}{f}\right)^2} \quad (\text{TM Mode})$$

Oberhalb der Grenzfrequenz ( $f > f_{\text{grenz}}$ ) ist die Impedanz reellwertig und im Hohlleiter pflanzt sich Energie fort. Unterhalb der Grenzfrequenz ist die Impedanz dagegen imaginär und die Welle dringt mit abnehmender Amplitude in den Hohlleiter ein.

## Verschiedene Hohlleiter und ihre Moden

Viele charakteristische Eigenschaften sind allen Hohlleitertypen gemeinsam. Dazu gehört eine *cut-off*-Frequenz, unterhalb der keine Wellenausbreitung stattfindet.

Während sich in einem Koaxialkabel TEM-Wellen ausbreiten (elektrische und magnetische Felder sind stets senkrecht zur Ausbreitungsrichtung), finden sich in einem Hohlleiter ausschließlich sogenannte H-Wellen (auch TE-Wellen) und E-Wellen (TM-Wellen), bei denen magnetische beziehungsweise elektrische Feldkomponenten in Ausbreitungsrichtung weisen.

Hohlleiter weisen ein Hochpassverhalten auf, mit  $f_c = c/\lambda_c$  als Grenzfrequenz. Rechteck- wie Rundhohlleiter zeigen die unten genannten Grundwellentypen. Haben diese Grundwellen (bezogen auf H- bzw. E-Wellen) aufgrund der Abmessungen der Hohlleiter keine Möglichkeit, sich auszubreiten, werden sich auch keine anderen Wellentypen ausbreiten. Siehe auch Hohlraumresonator. Oberhalb der Grenzfrequenz hängt die Ausbreitung der Wellen (beispielsweise Gruppengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit und Wellenlänge) von der Frequenz ab. Die Wellenausbreitung im Hohlleiter ist somit prinzipiell dispersiv.

Folgende Regeln gelten für die Existenz von Moden:

- Elektrische und magnetische Feldlinien stehen stets senkrecht aufeinander.
- Magnetische Feldlinien sind immer geschlossen und können nicht auf Wände treffen – sie können Wände nur tangieren.
- Elektrische Feldlinien können nicht entlang den Wänden auftreten, sondern nur senkrecht auf sie treffen.

### Rechteckhohlleiter

Für einen Rechteckhohlleiter ist, wie vorangehend bereits erwähnt, die größte Abmessung ausschlaggebend. Das heißt, die Breite bestimmt die ausbreitungsfähigen Wellen in diesem Leiter.

Für die E-Welle in Ausbreitungsrichtung gilt:

$$E_z = E_0 \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot y}{b}\right) \cdot e^{j(\omega t - \beta z)}$$



wobei  $m$  und  $n$  die Modenzahlen darstellen ( $m$ : x-Richtung (quer) und  $n$ : y-Richtung (vertikal) bzgl. Ausbreitung in Längsrichtung  $z$ ).  $a$  ist die größere Abmessung des Hohlleiters. Siehe auch Maxwellsche Gleichungen.

Rechteckhohlleiter mit Flansch

Hieraus ergibt sich, dass der Grundwellentyp der E-Wellen die  $E_{11}$ -Welle ist, da obige Gleichung mit den Werten  $m=0$  oder  $n=0$  zu  $E_z = 0$  führt und somit keine E-Komponente in Ausbreitungsrichtung besteht. Somit müssen im Rechteckhohlleiter mindestens  $E_{11}$ -Wellen in Ausbreitungsrichtung entstehen können.

Typisch für Rechteckhohlleiter ist jedoch die  $H_{10}$ -Welle.

## Rundhohlleiter

Für den Rundhohlleiter ergeben sich die Schwingungsmoden über die Besselfunktion und deren Ableitungen sowie Nullstellen, mit welchen die ausbreitungsfähigen H- und E-Wellen für den Rundhohlleiter bestimmt werden können. Für den Rundhohlleiter erhält man mit dem Radius  $R$  als Grundmode  $H_{11}$ ; deren Grenzwellenlänge  $\lambda_c$  berechnet sich über die erste Nullstelle der ersten Ableitung der Besselfunktion erster Ordnung, die an der Stelle 1,841 liegt:

$$\lambda_c = \frac{2\pi R}{1,841}$$

Die Dämpfung der  $H_{11}$ -Welle ist höher als die der  $H_{01}$ -Welle. Deshalb ist es oft wünschenswert, die Ausbreitung der  $H_{11}$ -Welle zu verringern. Dazu wird die Innenseite eines Rundhohlleiters mit Rillen versehen. Diese stören nur die Ausbreitung der  $H_{11}$ -Welle (siehe Bild unten, Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt). Die Grenzwellenlänge der  $H_{01}$ -Welle berechnet sich mit:

$$\lambda_c = \frac{2\pi R}{3,832}$$

Somit ist die Grenzwellenlänge der  $H_{01}$  kleiner als die der Grundwelle  $H_{11}$ , weswegen sich der Hohlleiter für die  $H_{01}$ -Welle nicht mehr monomodig verhält.

## Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt

Neben Rechteck- und Rundhohlleitern finden auch Hohlleiter mit elliptischem Querschnitt Verwendung. Die Grenzwellenlänge entspricht auch bei ihnen grob der doppelten Querabmessung ( $\lambda_k \approx 2 \cdot a$ ). Als Faustregel gilt, dass elliptische Hohlleiter in ihren Querabmessungen etwas größer sind als ein Rechteckhohlleiter mit gleicher Grenzfrequenz.

Elliptische Hohlleiter lassen sich technisch günstig auch als flexible Leitungen gestalten. So können größere Längen davon in Rollen oder auf „Kabel“-trommeln aufbewahrt und transportiert werden. Auch lassen elliptische Hohlleiter kleinere Biegeradien zu als runde oder eckige.

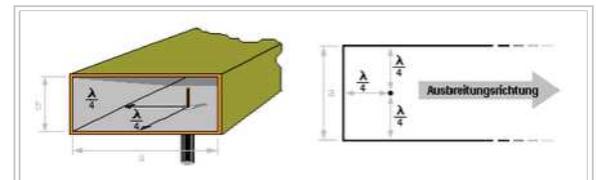


Elliptischer Hohlleiter für 3,8 bis 5,8 GHz

## Anschlüsse und Verbindungen eines Hohlleiters

In einen Hohlleiter kann die Energie verschiedenartig ein- bzw. ausgekoppelt werden. Die für viele technische Anwendung bedeutende  $H_{10}$ -Welle wird durch eine im

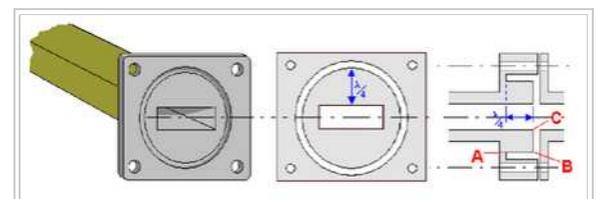
Abstand  $\lambda/4$  vom geschlossenen Ende entfernten Einspeisepunkt angebrachte Stabantenne eingekoppelt. Bei der kapazitiven Einkopplung von einem Koaxialkabel aus, wie in der nebenstehenden Abbildung dargestellt, ist der Innenleiter ähnlich wie bei einer Stabantenne offen. Durch diese Anordnung erzwingt man ein Feldmaximum der eingekoppelten Welle am Einkopplungspunkt, womit sich die  $H_{10}$ -Welle nur in der einzig verbleibenden Richtung ausbreiten kann.



Kapazitive Einspeisung in einen Hohlleiter; im rechten Bild Ansicht von oben

Bei der magnetischen Ankopplung einer Koaxialverbindung an den Hohlleiter ist der Innenleiter im Hohlleiter mit der hinteren Wandung kurzgeschlossen. Auch dabei wird ein Feldmaximum am Einspeisepunkt erzeugt.

Bei der Verbindung eines Hohlleiters mit anderen Geräten muss der elektrische Widerstand entlang des gesamten Umfangs sehr gering sein, da in der Wandung hohe Ströme fließen können. Ein einfacher Anpresskontakt kann den Übergangswiderstand nicht dauerhaft gering halten, deshalb verwendet man im Flansch eine  $\lambda/2$ -Transformationsleitung A-C, die einen Kurzschluss bei A in einen Kurzschluss bei C transformiert (siehe Sonderfall  $\lambda/2$ ). Man wählt einen Hohlleitermodus, bei dem bei C ein Spannungsmaximum liegt (siehe mittleres Bild).



Resonanzdichtung mit  $\lambda/4$  an der Verbindungsstelle (Flansch) zwischen zwei Hohlleitersegmenten

Da in der Mitte bei Punkt *B* nur geringe Ströme fließen, wirkt sich dort ein etwaiger Übergangswiderstand wenig aus. An dieser Stelle kann man sogar eine isolierende Gummiplatte einbauen, um den Hohlleiter mit Schutzgas füllen zu können. Dieses Prinzip der Resonanzdichtung wird auch eingesetzt, um die Tür eines Mikrowellenherdes hochfrequenztechnisch abzudichten.

Der Abschluss eines Hohlleiters kann reflexionsfrei mittels eines Wellensumpfes erfolgen.

## Geschichte

Erste Ideen zu Hohlleitern und Koaxialkabeln gehen auf Joseph John Thomson und Oliver Lodge in den Jahren 1893 und 1894 zurück. Die erste mathematische Ausarbeitung der Vorgänge stammt von Lord Rayleigh, der um 1897 vorschlug, bei den damals schon bekannten Koaxialkabeln den Innenleiter zu entfernen, damit sich die elektromagnetische Welle, geführt nur durch die Außenwandung, darin ausbreiten könnte. Er beschrieb die Vorgänge durch Reflexionen der Welle an der Ummantelung, ähnlich wie es bei Lichtwellenleitern der Fall ist. Rayleigh war auch der Erste, der erkannte, dass jeder Hohlleiter eine untere Grenzfrequenz haben muss, die von seiner Abmessung bestimmt ist. Erste praktisch verwendete Hohlleiter, zunächst mit kreisförmigen Querschnitt, wurden 1932 von George Clark Southworth und J. F. Hargreaves gebaut.<sup>[1]</sup> Größere Verbreitung erhielten Hohlleiter mit der aufkommenden militärischen Radartechnik im Zweiten Weltkrieg. Zivile Anwendungen, beispielsweise bei Nachrichtensatelliten, folgten in den Jahrzehnten danach.

## Hohlleiter-Frequenzbänder

Ein Hohlleiter mit bestimmten Abmessungen wird jeweils nur in einem bestimmten Frequenzbereich mit weniger als einer Oktave Bandbreite sinnvoll benutzt. Unterhalb der unteren Grenzfrequenz ist keine Ausbreitung möglich und die elektromagnetische Welle wird blindgedämpft, oberhalb der oberen Frequenzgrenze sind neben der gewünschten Grundmode unerwünschte höhere Moden ausbreitungsfähig. Handelsübliche Rechteck-Hohlleiter sind unter anderem für die folgenden Frequenzbereiche erhältlich:

Frequenzbereich/GHz	Bandbezeichnung	Bezeichnung		Breite/mm	Breite/Zoll
		DIN 47302 / IEC 153	EIA		
0,77 ... 1,14	UHF/L	R 9	WR 975	247,65	9,750
1,12 ... 1,7	L	R 14	WR 650	165,10	6,500
1,7 ... 2,6	LA	R 22	WR 430	109,22	4,300
2,2 ... 3,3	LS	R 26	WR 340	86,36	3,400
2,6 ... 3,95	S	R 32	WR 284	72,14	2,840
3,22 ... 4,90	A	R 40	WR 229	58,17	2,290
3,95 ... 5,85	G	R 48	WR 187	47,55	1,872
4,64 ... 7,05	C	R 58	WR 159	40,39	1,590
5,85 ... 8,2	J	R 70	WR 137	34,85	1,372
7,05 ... 10,0	H	R 84	WR 112	28,50	1,122
8,2 ... 12,4	X	R 100	WR 90	22,86	0,900
10,0 ... 15,0	M	R 120	WR 75	19,05	0,750
12,4 ... 18,0	P	R 140	WR 62	15,80	0,622
15,0 ... 22,0	N	R 180	WR 51	12,95	0,510
18,0 ... 26,5	K	R 220	WR 42	10,67	0,420
21,7 ... 33,0		R 260	WR 34	8,64	0,340
25,5 ... 40,0	R	R 320	WR 28	7,11	0,280
33,0 ... 50,0	Q		WR 22	5,69	0,224
40,0 ... 60,0	U		WR 19	4,78	0,188
50,0 ... 75,0	V		WR 15	3,76	0,148
75,0 ... 110	W		WR 10	2,54	0,100
90 ... 140			WR 8	2,032	0,080
110 ... 170			WR 6	1,651	0,065
140 ... 220			WR 5	1,295	0,051
170 ... 260			WR 4	1,092	0,043
220 ... 325			WR 3	0,864	0,034



Mehrere Hohlleiter im Argonne National Laboratory

Dieser Tabelle liegt ein Breite-Höhe-Verhältnis von 2:1 zugrunde. Die unteren empfohlenen Übertragungsfrequenzen liegen im Mittel um das 1,26fache über der sich aus der Breite ergebenden kritischen unteren Grenzfrequenzen, die oberen Übertragungsfrequenzen betragen im Mittel das 1,48fache der unteren empfohlenen Übertragungsfrequenzen. Der Faktor 1,86 (Mittelwert) der oberen Übertragungsfrequenzen zur jeweiligen kritischen unteren Grenzfrequenz sichert monomodige Ausbreitung (Wert < 2).

Zur *WRxxx*-Bezeichnung der Hohlleiter: Dabei wird die Breite des Hohlleiters in % eines Zolls (1 Zoll (inch) = 25,4 mm) ausgedrückt. Ein *WR-28*-Hohlleiter ist somit 28 % eines Zolls = 7,11 mm breit.

## Hohlleiter in der Praxis

Hohlleiter werden verwendet:

- im Mikrowellenherd (hier ist nur ein kurzes Stück zwischen Magnetron und Garraum vorhanden)
- an Richtfunkanlagen und Radioteleskopen zur Antennenspeisung (siehe auch Hornstrahler)
- in Satelliten zur Antennenspeisung und zur Speisung des Empfangsverstärkers
- im Plasmagenerator als Verbindung zwischen den Magnetrons und der Plasmakammer
- in Radargeräten zur Übertragung der hohen Sendeimpulsleistung zur Antenne und des empfangenen Echos zurück in den Empfänger
- in Teilchenbeschleunigern zur Speisung der Beschleunigungskammern.

Ein Leitungslüfter hält Feuchtigkeit aus der Umgebung fern, die die Anpassung des Hohlleiters verfälschen könnte.

## Fachliteratur

- Horst Stöcker: *Taschenbuch der Physik*. 4. Auflage, Verlag Harry Deutsch, Frankfurt am Main, 2000, ISBN 3-8171-1628-4
- *Technik der Nachrichtenübertragung Teil 3 Drahtgebundene Nachrichtenübertragung – Leitungstechnik*. Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmethoden e.V., Bremen



Magnetron mit Hohlleiteranschluss aus einem Radargerät

## Weblinks

**Commons: Hohlleiter** (<https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Waveguides?uselang=de>) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien

**Wiktionary: Hohlleiter** – Bedeutungserklärungen, Wortherkunft, Synonyme, Übersetzungen

## Einzelnachweise

- ↑ T.K. Sarkar, Robert Mailloux, Arthur A. Oliner, M. Salazar-Palma, Dipak L. Sengupta: *History of Wireless*. John Wiley & Sons, 2006, ISBN 0-471-78301-3, S. 90 und 129.

Von „<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hohlleiter&oldid=142235673>“

Kategorien: Elektrische Leitung | Nachrichtentechnik | Hochfrequenztechnik

- Diese Seite wurde zuletzt am 19. Mai 2015 um 19:56 Uhr geändert.
- Abrufstatistik

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.