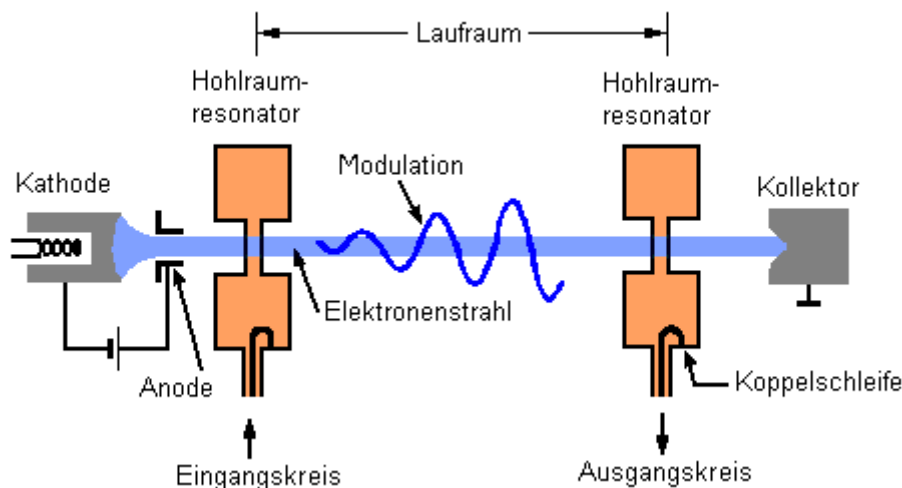


Klystron * Technische Beschreibung

Das Klystron ist eine Laufzeitröhre zur Schwingungserzeugung und -verstärkung im Bereich von ca. 1 - 30 GHz.

Die von der Kathode emittierten, meist durch Fokussierelektroden oder ein Magnetfeld zu einem Strahl gebündelten Elektronen durchfliegen unter dem Einfluss einer Gleichspannung den Laufraum des Klystrons. Dabei passieren sie je zwei siebartige Gittersysteme von Hohlraumresonatoren (Eingangskreis- und Ausgangskreis). Der Kollektor (Anode) und die Hohlraumresonatoren besitzen gegenüber der Kathode die gleiche, positive Spannung. Die Elektronen werden daher nur bis zum ersten Gitter, dem katodenseitigen Gitter des Eingangskreises beschleunigt. Wird dem Eingangskreis, auch Steuerkreis genannt, nun Hochfrequenzenergie zugeführt, werden die Elektronen beim passieren des Steuerkreises je nach Richtung des zwischen den Gittern auftretenden elektrischen Wechselfeldes verzögert oder zusätzlich beschleunigt. Sie verlassen den Steuerkreis mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, die nun beibehalten wird, da im Laufraum keine beschleunigende Spannung mehr auf sie wirkt. Aus diesem Treiben "triften" leitet sich die Bezeichnung Triftröhre ab. An bestimmten Stellen des Laufraums holen nun die schnelleren Elektronen die langsameren ein. Es entstehen Verdichtungen (Elektronenpakete) und Verdünnungen des Elektronenstrahls. Die im Steuerkreis erfolgte Geschwindigkeitssteuerung wird somit zur Dichtesteuerung. Durchlaufen die Elektronenpakete den Ausgangskreis, so erregen sie in ihm elektromagnetische Schwingungen. Die Elektronen werden dadurch gebremst und geben einen Teil ihrer Energie an das elektromagnetische Feld im Ausgangskreis ab. Werden der Ausgangs- mit dem Eingangskreis durch eine Rückkopplung miteinander verbunden, so arbeitet das Klystron als Schwingungserzeuger.



Mit diesem beschriebenen normalen Klystron (auch Zweikreis-Klystron), mit je einem Eingangskreis- und Ausgangskreis, werden Leistungsverstärkungen um den Faktor 20 erreicht. Werden weitere Hohlraumresonatoren zwischen den Eingangskreis- und Ausgangskreis gebracht, so erhöht sich die Leistungsverstärkung um ein Vielfaches. Diese Hohlraumresonatoren werden auf die zu erzeugende bzw. zu verstärkende Frequenz abgestimmt, schwingen aber frei. D. h. es wird Ihnen von aussen weder Energie zugeführt noch abgenommen. Die in ihnen durch Resonanz erzeugten Schwingungen wirken auf die Elektronen im Laufraum zurück und unterstützen so die Bildung von Elektronenpaketen.

Mit einem Dreikreis-Klystron, das einen zusätzlichen Hohlraumresonator zwischen dem Eingangskreis- und Ausgangskreis besitzt, ist eine Leistungsverstärkung um den Faktor 3000 möglich. Mit einem Vierkreis-Klystron um den Faktor 100000.

Klystrone können HF-Leistungen von bis zu 500 KW, im Impulsbetrieb bis über 30 MW abgeben. Die Arbeitsfrequenz, die sich vor allem durch die aufeinander abgestimmten Hohlraumresonatoren ergibt, kann nicht wesentlich verändert werden.

<http://www.zes-elektrotechnik.de/ts/tube/beschreibung/klystron.htm>

Für Höchstfrequenzleistungen bis zu einigen Watt, z. B. für die Misch- und Oszillatorstufen wird das Reflexklystron verwendet. Es enthält nur einen Hohlraumresonator, der gleichzeitig als Eingangs- und Ausgangskreis dient. Dieser liegt an einer gegenüber der Katode positiven Spannung, welche die Elektronen bis zum ersten Gitter des Hohlraumresonators beschleunigt. Zwischen dem ersten und dem zweiten Gitter werden die Elektronen wie beim Zweikreisklystron durch das Wechselfeld zwischen den Gittern verzögert oder weiter beschleunigt. Hiermit sind die Voraussetzungen für die Bildung von Elektronenpaketen gegeben. Nach dem Passieren des zweiten Gitters werden die Elektronen durch die der gegenüberliegenden Katode negativer Spannung an der Reflektorelektrode abgebremst und zur Rückkehr gezwungen (reflektiert).

Durch die Wahl der Reflektorspannung erreicht man, dass die gebildeten Elektronenpakete die Gitter des Hohlraumresonators immer dann durchfliegen, wenn sie durch das Feld zwischen den Gittern gebremst werden und in Folge daraus Energie an dieses abgeben. Die erzeugten elektromagnetischen Schwingungen werden nun am Hohlraumresonator ausgekoppelt. Der Vorteil eines Reflexklystron gegenüber einem Zwei- oder Mehrkreis Klystron zur Schwingungserzeugung besteht darin, dass sich die Arbeitsfrequenz über einen weiten Bereich mechanisch und nahezu trägheitslos elektrisch durch die Reflektorspannung variieren lässt.

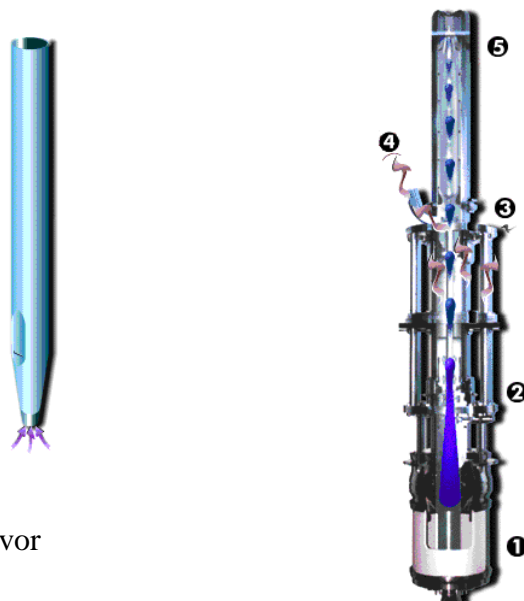
<http://www.zes-elektrotechnik.de/ts/tube/beschreibung/klystron.htm>

Beschleuniger und Speicherringe - Klystron

Die für die Beschleunigungsbausteine nötige *Hochfrequenzstrahlung* wird von sog. *Klystronröhren* (kurz: Klystron) erzeugt. Die Funktionsweise eines Klystrons wird im Folgenden erklärt. Die Funktionsweise eines Klystrons kann (in Grenzen) mit der einer Orgelpfeife verglichen werden.

Bei einer Orgelpfeife versetzt ein Luftstrom die Luft im Inneren in Schwingungen. Die Schwingungen übertragen sich auf die umgebende Luft und führen so zur Ausbreitung von Schallwellen.

In einem Klystron erzeugt eine Teilchenquelle Elektronen (vgl. 1 in rechter Abb.). Im Bündelrohr (2) wird die Geschwindigkeit der Elektronen so verändert, dass sie sich als ein Teilchenpaket bewegen. Die Elektronenpakete erzeugen Mikrowellen (3), die durch den Wellenleiter (4) zum Beschleuniger geleitet werden. Am Ende der Klystronröhre (5) werden die Elektronen wieder absorbiert.



Beide Bilder liegen als GIF-Animationen vor

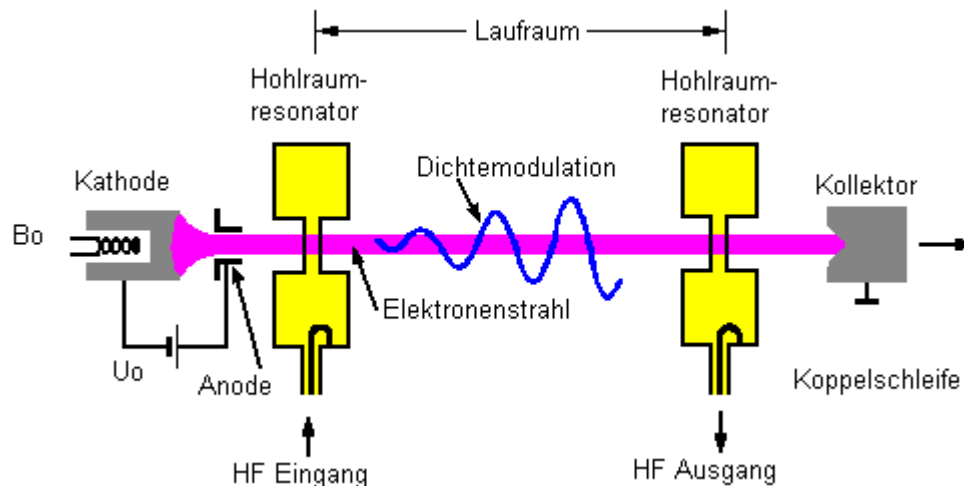
[orgelpfeife.gif](#) und [klystron_ani.gif](#)

http://www.didaktik.physik.uni-erlangen.de/grundl_d_tph/exp_besch/exp_besch_klystron.html

Radartechnik - Zweikammer - Klystron

Zweikammer - Klystrons sind Hochleistungsverstärker, die im GHz - Bereich arbeiten und sehr hohe Ausgangsleistungen erbringen können.

Der Verstärkungseffekt eines Zweikammer - Klystrons beruht auf dem Prinzip der abwechselnden Beschleunigung und Verzögerung von Elektronen im Rhythmus des Eingangssignals. Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Elektronen (Geschwindigkeitsmodulation) ergeben sich an bestimmten Orten in Ausbreitungsrichtung Anhäufungen von Elektronen (Dichtemodulation). Wird an diesem Punkt die Energie abgegriffen, so stellt man eine hohe Verstärkung gegenüber dem Eingangssignal



fest.

Elektronen, von der Kathode ausgeschickt und über die Anode beschleunigt, setzen ihren Weg über den Laufraum zum Kollektor fort. Bei anliegendem HF - Eingangssignal werden die Elektronen im Wechsel der Eingangsspannung beschleunigt und verzögert. Im Ausgangsresonator entstehen Elektronenpakete, die sich im Rhythmus der Eingangsschwingung wiederholen.

Diese HF - Schwingung ist gegenüber dem Eingangssignal wesentlich verstärkt und wird über den schwingenden Hohlraumresonator ausgekoppelt.

Der Kollektor, nimmt die restliche Energie auf und wandelt sie in Wärme und Röntgenstrahlung um.

von <http://www.radarstrahlung.de/Radartechnik-Klystron.htm>

ausführlichere Information auf

<http://www.fys-online.de/wissen/ph/mikrowellen/mikrowellen.htm#5>