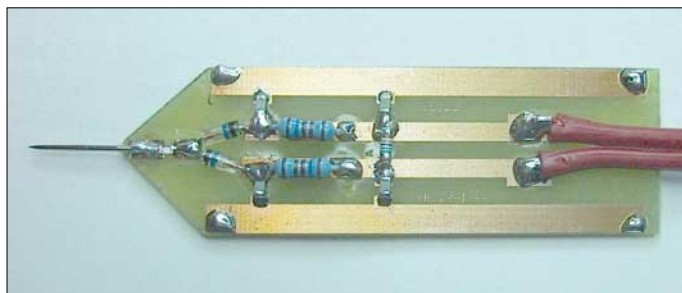


# Einfacher HF-Tastkopf – nutzbar von 1 MHz bis 2,5 GHz

WALTER ZWICKEL – OE2TZL

*Für vergleichende Messungen und Abstimmarbeiten wird häufig ein HF-Tastkopf benötigt. Bei bescheidenem HF-Messgerätepark ist er sogar unverzichtbar. Wie ein solches Exemplar auch für hohe Frequenzen herstellbar ist, verrät dieser Beitrag.*

Man darf durchaus behaupten, ein HF-Tastkopf, auch Demodulatorastkopf genannt, ist das erste Messhilfsmittel nach einem Multimeter, das ein angehender Selbstbauer auf dem HF-Gebiet benötigt. Mit ihm kann man z.B. prüfen, ob ein VFO oder Quarzoszillator korrekt arbeitet. Neben der Hilfe zum Ausfindigmachen schwingender Stufen kann er auch für den Abgleich von Vervielfachern, Treibern, Endstufen sowie der Kontrolle von Abblockmaßnahmen dienen.



**Bild 1:**  
Fast fertiger  
HF-Tastkopf  
vor dem Einbau  
in das Gehäuse.  
Noch nicht montiert  
sind die Federbleche  
zur Verbindung  
mit dem Metallrohr.

Foto: OE2TZL

Demodulatorastköpfe sind zwar kommerziell erhältlich, zählen aber nicht gerade zu den preiswerten Anschaffungen. Dies ist besonders bei Tastköpfen so, die einen großen Frequenzbereich abdecken sollen. Zwar stehen dem Konstrukteur einige technische Herausforderungen gegenüber, jedoch sind diese bei der Beachtung von ein paar Grundregeln relativ einfach zu bewältigen.

## Anforderungen

Verzichtet man auf einen sehr geradlinigen Frequenzgang und somit auf die Möglichkeit einer absoluten Kalibrierung, kommt ein derartiges Projekt durchaus für den Selbstbau infrage. Ein ungeradliniger Frequenzgang bedeutet jedoch nicht, dass die Ausgangsspannung des Tastkopfes an einem fest angebrachten Anzeigegerät nicht kalibriert werden kann. Dieser Vorgang setzt aber genau bekannte Pegel voraus und bedingt die Anfertigung individuell gezeichneter Messgeräteskalen. Im Amateurfunkbereich kommt man, wenn keine genauen Generatoren vorhanden sind oder die Herstellung einer Skale vermieden werden soll, gegebenenfalls sogar mit einer zuverlässigen Trendanzeige aus. Nicht verzichtbar ist jedoch eine möglichst geringe Eingangskapazität. Dieses Krite-

rium ist entscheidend für eine Nutzbarkeit bei möglichst hohen Frequenzen. Es ist stets besser, im oberen Frequenzbereich gegebenenfalls die Empfindlichkeit absinken zu lassen, als das Messergebnis durch eine unzulässig hohe Eingangskapazität zu verfälschen.

Bei dem hier vorgestellten Bauprojekt liegt die Eingangskapazität bei etwa 1 pF. Verglichen mit kommerziellen Produkten von Hewlett-Packard und Rohde & Schwarz, die in diesem Frequenzbereich eine Ein-

gangskapazität von 2 bis 2,5 pF aufweisen, ist unser Wert recht beachtlich. Dafür besitzt das selbst gebaute Gerät leider nicht so einen konstanten Ausgangspegel. Nach mehreren Versuchen entschied ich mich für einen gemischten Aufbau, bei dem sowohl SMD- als auch bedrahtete Bauteile Verwendung finden – eine gute Nachbaulösung. So konnte ich die von mir etwas gefürchteten Scheibenkondensatoren vermeiden, die bei zu langen Lötversuchen schnell zerspringen.

## Detektorschaltung

Die robuste Schottky-Diode 1SS99 von Toshiba mit einer geringen Schleusenspannung erwies sich als gut geeignet für den angestrebten Frequenzbereich. Sie wird im Glasgehäuse angeboten und besitzt eine wesentlich höhere Sperrspannung als vergleichbare SMD-Dioden. Gerade bei einem Tastkopf sollte man keine Dioden einsetzen, die bereits bei Sperrspannungen über 4 V durchbrechen. Ein Bautyp mit geringer Schleusenspannung muss es jedoch sein, damit auch noch kleine HF-Spannungen detektiert werden können.

Wer mit einer oberen Frequenzgrenze von ungefähr 500 MHz zufrieden ist, der kann auf Schottky-Dioden sogar ganz verzichten.

Preiswerte Germaniumdioden, wie z.B. die AA118, liefern in diesem Bereich ebenfalls gute Ergebnisse.

Die Gleichrichterschaltung ist als Spannungsverdoppler konzipiert, da man hier mit einem virtuellen Bezugspunkt auskommt und so auf das bei höheren Frequenzen ohnehin unwirksame Masseband verzichten kann. Hier genügt die vorhandene Kapazität der Hand, die den Tastkopf hält, gegenüber dem Erdpotenzial. Bei dem nachfolgenden Anzeigeinstrument ist jedoch zu beachten, dass es an keinem Anschluss eine Erdverbindung aufweisen darf.

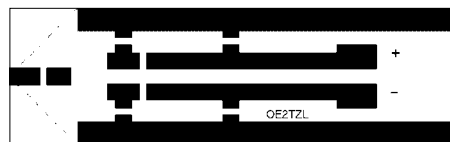
## Anzeigemöglichkeiten

Als Anzeigeinstrument eignet sich jedes empfindliche Drehspulmesswerk mit etwa 25  $\mu$ A als Endausschlag – ein kleinerer Wert ergibt eine höhere Empfindlichkeit. Für unterschiedlich hohe HF-Spannungen kann man, so wie in Bild 6 vorgesehen, zwei oder drei umschaltbare Vorwiderstände einbauen.

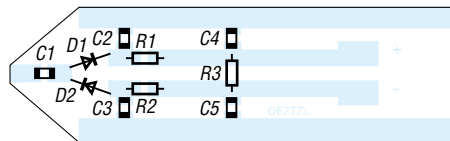
Wer die Abhängigkeit von einer Stromversorgung nicht scheut oder kein Messinstrument mit der notwendigen Empfindlichkeit zur Verfügung hat, kann einen Operationsverstärker vor das Messwerk schalten und so die Empfindlichkeit ganz enorm erhöhen. Eine mögliche Schaltung mit einem gut erhältlichen  $\mu$ A741 ist in Bild 5 zu sehen. Jeder andere Typ ist auch verwendbar, da mit ihm keine hohen Frequenzen verarbeitet werden müssen.

Bei der Spannungsversorgung über ein Netzteil sollte man auf die erforderliche Potentialfreiheit des Tastkopfes achten. Als Alternative sind Batterien oder Akkumulatoren einsetzbar – leider vergisst man bei ihnen oft das Ausschalten, sodass sie bei der nächsten Benutzung leer sind.

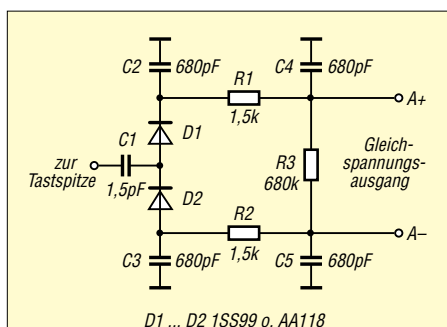
Wenn wir ohnehin eine Spannungsquelle verwenden, könnte man bei dieser Gelegenheit auch gleich die Demodulatorschaltung mit einem kleinen Vorstrom von einigen Mikroampere betreiben, was eine weitere Empfindlichkeitssteigerung ergeben würde.



**Bild 2:** Das Layout des HF-Tastkopfes auf FR-4 Leiterplattenmaterial verdeutlicht die abzuschneidenden Ecken.

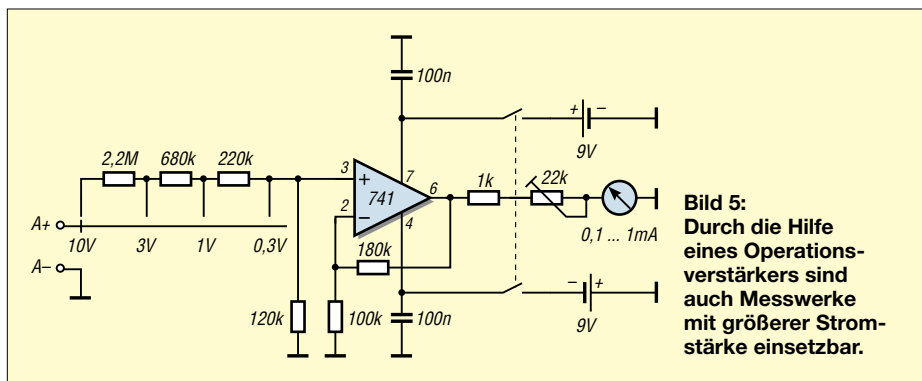


**Bild 3:** Auf der Bestückungsseite lötet man alle Bauelemente flach auf. Bohrungen sind nicht erforderlich.



**Bild 4: Stromlauf des HF-Tastkopfes mit niedriger Eingangskapazität, der für Relativmessungen bis in den Gigahertz-Bereich brauchbar ist.**

Ich verzichtete jedoch darauf, da zur Kompensation des Temperaturkoeffizienten sonst ein Nullpunktsteller erforderlich wäre. Da die Anzeigeschaltung in großen Bereichen variierbar ist, füge ich kein Layout für eine Leiterplatte bei. Im einfachsten Fall können sich die Vorwiderstände direkt am Drehspulmessinstrument befinden. Möchte man die Empfindlichkeit mit einem Operationsverstärker steigern, bietet sich der Aufbau auf einer Universalleiterplatte an, da in diesem Schaltungsteil nur noch Gleichspannungen zu verarbeiten sind.



**Bild 5:**  
Durch die Hilfe  
eines Operations-  
verstärkers sind  
auch Messwerke  
mit größerer Strom-  
stärke einsetzbar.

Genauso gut wie Drehspulmessinstrumente eignen sich analoge Gleichspannungsmessgeräte, die einen kleinen Messbereich aufweisen. Digitalinstrumente sind in der Regel zwar hochohmiger als Multimeter, aber die Ziffern- oder Bargraphanzeige ist für Abgleichaufgaben durch die schrittweise Änderung des Anzeigewerts weniger geeignet als ein gut sichtbarer Zeiger, bei dem auch noch kleine Bewegungen erkennbar sind.

Beiden Geräten gemeinsam ist Folgendes: Je hochohmiger das Messinstrument ist, desto kleinere HF-Spannungen können angezeigt werden.

## ■ Aufbau des Kopfes

Als Leiterplattenmaterial für den Tastkopf kommt FR4-Epoxid zum Einsatz. Vor der Bestückung ist die 59 mm × 18 mm große Platine an den gestrichelten Linien entsprechend Bild 2 spitz zuzuschneiden. Da-

nach sind die vier SMD-Abblockkondensatoren von 680 pF einzulöten, deren Wert übrigens unkritisch ist – er kann von 470 pF bis 1 nF variieren.

Der ATC-Kondensator C1 mit 1,5 pF folgt als Nächstes. Dies ist ein spezieller, hochwertiger und vor allem besonders induktionsarmer Kondensator. Als Bezugsquellen bieten sich einerseits die Händler, z.B. Gustav Kelemen [1], an, die neben Geräten auch Bauteile für den Gigahertzbereich vertreiben, sowie andererseits alte LNBs aus Satellitenanlagen.

Wenn kein ATC-Chip erhältlich ist, tut es  
notfalls ebenso ein normaler SMD-Kon-  
densator.

Im nächsten Schritt werden die drei Schutzwiderstände auf die Platine gelötet. Es sind sowohl SMD- als auch bedrahtete Widerstände mit einer Belastbarkeit von 0,25 oder 0,125 W verwendbar. Die Platine ist so gestaltet, dass SMD-Bauteile der gängigen Baugrößen 0805 und 1206 Platz finden.

Zuletzt werden die beiden Demodulatordioden mit möglichst kurzen Anschlussdrähten eingelötet. Nach dem Festlöten sollte keiner der Drähte länger als 1 mm sein. Bei Verwendung von Germaniumdioden

## ■ Gehäuseaufbau

Die von mir ergonomisch am angenehmsten empfundene Form für die Benutzung des Gerätes in der Hand ist ein runder Tastkopf, auch wenn dadurch etwas mehr Arbeit bei der Herstellung anfällt.

Das Material des Metallrohres ist an sich belanglos – gute Leitfähigkeit ist jedoch wichtig. Aufgrund der erforderlichen Masseverbindung über die Handkapazität scheiden Plastikgehäuse aus.

Daher verwendete ich für das Gehäuse ein dünnes Metallrohr mit 70 mm Länge und 20 mm Innendurchmesser. Bei der Verwendung von eloxiertem Aluminium ist dieses vor dem Einschieben der Platine unbedingt von innen mit Schleifpapier und Feile von der Oxidschicht zu befreien.

Jetzt wird das Nähkästchen der Partnerin um eine kleine Nähnaedel beraubt. Mit einer nicht zu groben Nadelfeile ist der Nickelbelag am stumpfen Ende etwas wegzufeilen, um diese Seite an das freie Ende des ATC-Kondensators gerade und mit nicht zuviel Zinn anlöten zu können. Vor dem Festlöten ist sie darüber hinaus noch von der spitzen Seite aus auf eine Gesamtlänge von etwa 8 mm zu kürzen.

## ■ Einbau ins Gehäuse

Die beiden auf der Leiterplatte außen liegenden Masseflächen werden mit je einem lötbaren, 0,2 mm starken Federblech mit einer Größe von 10 mm × 50 mm versehen. Am besten für diesen Zweck wäre Phosphorbronze, aber dieses Material ist nicht überall erhältlich. Als Ausweichmaterial ist dünnes Messing- oder Weißblech einsetzbar.

Nach dem Festlöten der beiden Federbleche biegt man sie gefühlvoll – damit nicht die Kupferschicht von der Platine losgerissen wird – etwas nach innen, so dass Innendurchmesser und -form des Gehäuses fast erreicht sind.

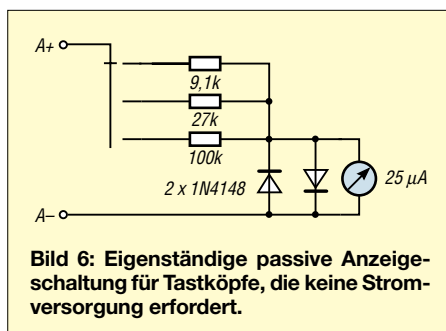
Die Tastkopfflatine kann man nach einem Funktionstest in das vorbereitete Metallrohr schieben. Durch die beiden Federbleche sollte ein strammer Sitz erfolgen. Somit ist ein guter elektrischer Kontakt vorhanden und es erübrigt sich eine weitere Befestigung mittels Schrauben oder Ähnlichem innerhalb des Gehäuses.

Auf der Rückseite bleiben nach dem Einschieben bis zum Beginn der schrägen Seiten am entgegengesetzten Ende noch 20 mm frei. Dieser Raum ist mit Schaumstoff auszufüllen, damit die Verbindungsleitung zur Anlage eine gute Führung erhält und als Nebeneffekt die Platine zusätzlich vor dem Herausziehen schützt.

[w.zwicker@utanet.at](mailto:w.zwicker@utanet.at)

## Bezugsquelle

[1] Kelemen Elektronik, Im Lauser 3, 88444 Ummendorf, Tel. (073 51) 37 13 61



**Bild 6: Eigenständige passive Anzeigeschaltung für Tastköpfe, die keine Stromversorgung erfordert.**