



# Kondensatormikrofone mit Hochfrequenzschaltung

## Sennheiser RF Condenser Microphones MKH

UdK Berlin  
Sengpiel  
03.2001  
MiGru

Nach Unterlagen von Manfred Hibbing / Sennheiser: Bei Kondensatormikrofonen gibt es eine weniger beachtete (akustisch bedingte) Verzerrungsursache, die darauf beruht, dass die in dem nur wenige Hundertstel Millimeter breiten Spalt zwischen Membran und Gegenelektrode eingeschlossene Luft Gegenkräfte auf die Membran ausübt, wenn sie sich bewegt. Die Gegenkräfte sind einerseits durch die physikalischen Eigenschaften der Luft, wie Kompressibilität, Dichte und Viskosität bedingt, andererseits aber auch von den Abmessungen des Luftspalts abhängig. Der Luftspalt stellt daher eine akustische Impedanz dar, die von der momentanen Membranlage abhängt. Die akustische Impedanz wird größer, wenn sich die Membran auf die Gegenelektrode zu bewegt, und kleiner bei umgekehrter Bewegungsrichtung. Dadurch ergibt sich gewissermaßen ein parasitärer akustischer Gleichrichter-effekt, der die Linearität der Signalumwandlung beeinträchtigt.

Bei den MKH-Kondensator-Mikrofonen gibt es einen symmetrisch aufgebauten Wandler. Dabei ist die Membran in der Mitte zwischen zwei gleichartigen Gegenelektroden angeordnet (Abb. 1). Auf diese Weise wird bei Membranbewegungen die Zunahme der Luftspaltimpedanz auf der einen Membranseite durch eine gleichgroße Abnahme der Luftspaltimpedanz auf der anderen Seite kompensiert. Dieser Aufbau bewirkt, dass auf die Membran eine gleichbleibende Luftspaltimpedanz einwirkt und folglich die akustisch bedingten Wandlerverzerrungen abnehmen. Zusätzlich werden noch durch einen elektrisch symmetrischen Aufbau des Gegentaktwandlers die elektrisch bedingten Nichtlinearitäten verringert. Der symmetrische Aufbau bietet darüber hinaus ideale Voraussetzungen für ein Gradientenmikrofon mit räumlich perfekt symmetrischer Achtercharakteristik.

Das Rauschen der Kondensatormikrofone stammt teilweise aus elektrischen Rauschquellen in der Mikrofon-schaltung und zum Teil aus akustischen Rauschquellen im Wandler selbst. Für das Wandlerrauschen sind die akustischen Wirkwiderstände verantwortlich, welche die Reibungsverluste aufgrund der Viskosität der Luft repräsentieren. Wesentlich ist der Wirkanteil der Luftspaltimpedanz, der deshalb möglichst klein sein sollte. Bei den MKH-Mikrofonen wurden die akustischen Wirkwiderstände minimiert und der Wandlerfrequenzgang elektronisch (!) auf den angestrebten geradlinigen Verlauf entzerrt.

Um das Rauschen der Schaltung zu minimieren, arbeiten die MKH-Mikrofone nach dem Hochfrequenzverfahren. Abb. 2 zeigt die Prinzipschaltung. Die beiden gleichartigen Wicklungen  $W_1$  und  $W_2$  einer HF-Spule bilden zusammen mit den Wandlerkapazitäten  $C_1$  und  $C_2$  eine Brückenschaltung, die auf die Frequenz des über die Wicklung  $W_0$  angekoppelten HF-Oszillators abgestimmt ist. Solange sich die Membran in der Ruhelage befindet, ist die Brücke abgeglichen und am Brückenausgang AB entsteht keine HF-Spannung. Erst wenn die Membran durch den Schall ausgelenkt wird, entsteht eine zur Membranauslenkung proportionale Spannung, die über den Synchrongleichrichter, bestehend aus den gleichartigen Wicklungen  $W_3$ ,  $W_4$  und den Dioden  $D_1$ ,  $D_2$ , auf den Ladekondensator  $C$  gelangt. Eine Transistorschaltung (FET) folgt auf diesen Ausgang. Durch die phasenempfindliche Gleichrichtung lässt sich die Richtung der Membranauslenkung erkennen. Die Spannung zwischen A und B weist nämlich entgegengesetzte Phasenlagen auf, wenn sich die Membran in entgegen gesetzte Richtungen bewegt; daher wird der Kondensator  $C$  in beiden Fällen mit unterschiedlicher Polung geladen und es ergibt sich eine zur Membranbewegung in Betrag und Phase analoge Ausgangsspannung.

Die Schaltung ist in der dargestellten Form allerdings noch nicht gebrauchstüchtig; so muss der Gleichstromweg zwischen A und B noch über eine HF-Drossel geschlossen werden.

Durch die Brückenschaltung wird das Amplituden- und Phasenrauschen des Oszillators weitgehend unterdrückt. Da die Impedanzen der Wandlerkapazitäten im HF-Bereich um einige Zehnerpotenzen geringer als im Audio-bereich sind, entfallen beim HF-Kondensatormikrofon außerdem die Probleme, die beim NF-Kondensatormikrofon durch Luft und Atemfeuchtigkeit entstehen können. HF-Kondensatormikrofone sind daher besonders rauscharm und klimafest. Bei diesen Studio-Kondensatormikrofonen wurden die Eigenverzerrungen durch einen symmetrischen Wandleraufbau (Gegentaktprinzip) sowie das Eigenrauschen durch Minimierung der akustischen Wirkwiderstände des Wandlers und der Anwendung des Hochfrequenzverfahrens (Brückenschaltung) verringert.

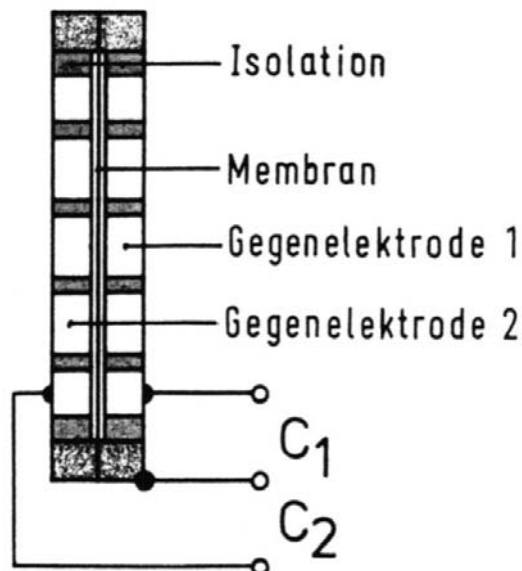


Abb. 1: Gegentaktwandler

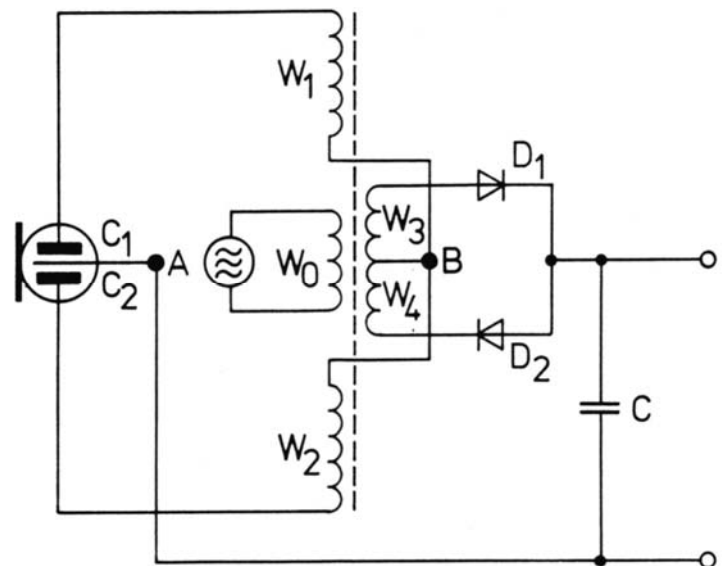


Abb. 2: Hochfrequenz-Brückenschaltung