



Ein Verfahren zum Fernsteuern der Richtcharakteristik eines Kondensatormikrophons mit normgerechter Phantomspeisung

Stephan Peus und Otmar Kern

Vortrag gehalten auf der 94. AES Berlin 1993

Einleitung

Mikrophone mit fernsteuerbarer Richtcharakteristik werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Sie haben alle gemeinsam, daß zusätzlich zu den Modulationsleitungen Steueradern benötigt werden, so daß es spezieller Mikrofonkabel bedarf. Dies steht der Verwendung solcher Mikrophone häufig entgegen, da Studiomikrophone üblicherweise mit 3adrigen XLR-Kabeln betrieben werden.

Im folgenden wird eine Schaltungstechnik beschrieben, mit deren Hilfe die Richtcharakteristik eines Kondensatormikrophons ferngesteuert werden kann, wobei das Mikrophon mit der genormten 48 V Phantomspeisung an 3poligen XLR-Kabeln arbeitet.

Das Prinzip der Richtcharakteristik-Umschaltung

Die Anfänge des in der Richtcharakteristik fernsteuerbaren Mikrophons gehen auf das Jahr 1949 zurück, in dem Großkopf das Patent über ein „Kapazitives Mikrophon mit veränderbarer Richtcharakteristik“ erteilt bekommen hat*).

Darin heißt es in Anspruch 1:

„Kapazitives Mikrophon, bei dem mehrere Einzelmikrophone mit verschiedenen Richtcharakteristiken zu einer Kombination vereinigt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelmikrophone wechsellspannungsmäßig verbunden, aber gleichspannungsmäßig getrennt sind, so daß die Vorspannung der Einzelmikrophone unabhängig voneinander und damit die Richtcharakteristik der Kombination von einer Richtcharakteristik zu mehreren anderen veränderbar sind“.

In Abb. 1 ist aus der Patentschrift das Beispiel der Doppelmembrankapsel dargestellt, deren Hälften jeweils die Richtcharakteristik „Niere“ ergeben. Sie sind wechsellspannungsmäßig durch den Kondensator C verbunden, gleichspannungsmäßig aber getrennt. Die gemeinsame Gegenelektrode B liegt am Potential Null. Sie bildet zusammen mit der an der Gleichspannung $-U$ liegenden Membran M_F ein Mikrophon mit konstanter Empfindlichkeit. Dieses ist üblicherweise das nach vorn gerichtete System der Doppelmembrankapsel.

Die Gleichspannung an der hinteren Membran M_B läßt sich mit Hilfe des Potentiometers P verändern. An dessen Endanschlüssen erhält die Membran M_B die Spannungen $-U$ bzw. $+U$, so daß dieses Mikrophonsystem die gleiche Empfindlichkeit hat wie das erstbeschriebene vordere. Es handelt sich also insgesamt um ein Mikrophon mit zwei Nierenkapseln, die mechanisch Rücken an Rücken angeordnet sind und elektrisch gleichsinnige oder gegensinnige Wechsellspannungen abgeben. Das akustische Ergebnis ist in Abb. 2 dargestellt:

Bei gleichsinniger Vorspannung arbeiten die beiden Mikrophonsysteme additiv. Die Wechsellspannungen beider Einzelsysteme ergänzen sich bei jedem Schalleinfallwinkel zu einer konstanten Gesamtempfindlichkeit, und es ergibt sich die nach allen Richtungen gleichempfindliche Kugelcharakteristik 0 (Abb. 2a).

Bei gegensinniger Vorspannung arbeiten die Mikrophonsysteme subtraktiv. Die Wechsellspannungen beider Einzelsysteme arbeiten gegenphasig. Daher löschen sie sich z. B. bei seitlichem Schalleinfall gegenseitig aus, und es ergibt sich die als „Acht“ bekannte zweiseitige Charakteristik (Abb. 2e).

Wird das Potentiometer mittig eingestellt, liegt die Membran M_B ebenso wie die Gegenelektrode B auf Nullpotential. Dann entsteht an diesem Mikrophonsystem keine Wechsellspannung, und das Gesamtsystem arbeitet mit der Nierencharakteristik der vorderen Hälfte (Abb. 2c).

Teilspannungen ergeben Richtcharakteristiken zwischen Kugel und Niere, wie z. B. die „Halbkugel“ in Abb. 2b, oder solche zwischen Niere und Acht, wie z. B. die Hyperniere in Abb. 2d.

In der Zeit des genannten Patentbesitzes standen geeignete Kapselgleichspannungen durch die für die Röhre notwendige Anodenspannung im Mikrophon stets zur Verfügung.

*) Patent Nr. 927037, Deutsches Patentamt, 28. April 1955. Erfinder: Herbert Großkopf

Bei heutigen umschaltbaren Mikrofonen werden die verschiedenen Spannungen mit einem Gleichspannungswandler erzeugt. Abb. 3 zeigt als Beispiel ein modernes transformatorloses Mikrofon, das fünf schaltbare Richtcharakteristiken bietet. Der Schalter anstelle eines Potentiometers wurde aus Gründen der Reproduzierbarkeit der verschiedenen Einstellungen gewählt.

Sollen die Richtcharakteristiken ferngesteuert werden, müssen die entsprechenden Spannungen von einem Netz- bzw. Steuergerät zur Verfügung gestellt und zum Mikrofon geleitet werden (Abb. 4).

Daher brauchen alle fernumschaltbaren Mikrofone neben den beiden Modulationsleitungen noch mindestens eine Steuerleitung. Üblicherweise wird aber auch die nicht variable Gleichspannung für das vordere Kapselsystem in dem Speisegerät erzeugt. So ergeben sich, zusammen mit einer Nullvolt-Leitung, fünf Adern zum Mikrofon. Da für Mikrofone aber weltweit dreiadrige XLR-Kabel verwendet werden, entstand der Wunsch nach einer Schaltung im Mikrofon, die eine Information zur Steuerung der Richtcharakteristik über die Modulationsadern empfängt und umsetzt.

Eine derartige Schaltung muß eine Reihe von Bedingungen erfüllen:

Bedingungen an die Steuerschaltung

1. Die meisten Studio-Kondensatormikrofone werden mit 48 V phantomgespeist. Diese Speisungsart sollte aus Kompatibilitätsgründen beibehalten werden, läßt aber nur sehr wenig Spielraum bzgl. eines zusätzlichen Stromverbrauchs im Mikrofon ohne Einbuße bei dessen Aussteuerbarkeit. Daher darf eine Schaltung zum Empfangen, Auswerten und Umsetzen der Steuerinformation im Mikrofon nur einen Stromverbrauch deutlich unter 1 mA haben.
2. Die Steuerinformation darf in keinem anderen Gerät Störungen verursachen. Dies sollte auch „normale“ Mikrofone betreffen, die an die Steuerleitung angeschlossen werden; denn es ist nicht erkennbar, welches eine gesteuerte Mikrofonleitung ist, da es sich um übliche XLR-Kabel handeln soll.
3. Die Steuerung soll auch über größere Entfernungen, z. B. in andere Räume, arbeiten. Daher dürfen auch lange Leitungen mit unbekanntem Kabelimpedanzen das Steuersignal nicht beeinträchtigen.
4. Die Steuerinformation muß eindeutig sein. Das Mikrofon darf nicht ungewollt in einen anderen Zustand schalten.
5. Die Schaltung soll preiswert sein.

Verschiedene Lösungsansätze

Es gab verschiedene Überlegungen, über das 3adrige Kabel eine Steuerinformation zum Mikrofon zu senden, um dessen Richtcharakteristik zu beeinflussen. So wären z. B. bestimmte Tonfolgen, Pulse oder Frequenzen außerhalb des Hörbereichs denkbar.

Auch akustische oder optische Steuersignale zur Beeinflussung des Mikrophons wurden

in Erwägung gezogen. Sie hätten den Vorteil, nicht leitungsgebunden zu arbeiten. Damit wäre von vornherein eine Entkopplung von Steuer- und Nutzsignal des Mikrophons gegeben.

Doch standen jedem Lösungsansatz mindestens eine der oben genannten Bedingungen entgegen, so daß nach und nach jede analoge oder digitale Codierung fallengelassen wurde.

Steuerung über die Phantomspeisung

Schließlich entstand die Idee, sozusagen an der Quelle des Mikrophons anzusetzen, nämlich an der Phantomspeisung.

Nach IEC 268-15 bzw. nach DIN 45596 darf die 48 V-Speisespannung einen Wert zwischen 44 V und 52 V haben, also 48 ± 4 V betragen (Abb. 5).

Wenn nun im Mikrophon eine Referenz vorhanden wäre, mit der die absolute Höhe der Phantomspannung innerhalb der vorgegebenen Toleranz verglichen werden könnte, ließe sich daraus eine Information für Steuerfunktionen ableiten. Dies wurde in Form eines Hybridschaltkreises verwirklicht, der in geeigneten Studiomikrophonen mühelos Platz findet.

Die Funktionsweise eines derartigen Mikrophons geht aus Abb. 6 hervor:

Die auf den beiden Modulationsadern liegende Versorgungsspannung von +48 V (abzüglich des bekannten Spannungsabfalls an den genormten Einspeisewiderständen im Netzgerät) wird ausgekoppelt (A) und einem DC/DC-Wandler sowie der Auswerteschaltung B zugeführt. Der Wandler erzeugt eine +10 V-Gleichspannung zur Versorgung der übrigen Schaltkreise und vier weitere Spannungen, mit deren Hilfe die Doppelmembrankapsel am Drehschalter in eine der fünf Richtcharakteristiken Kugel, breite Niere, Niere, Hypernieren und Acht geschaltet werden kann.

Die Auswerteschaltung B erhält mit der ausgekoppelten Spannung die Information über die absolute Höhe der Spannung auf den Tonadern und vergleicht sie mit einer eigenen Referenz. Komparatoren steuern nach dem Prinzip eines 4 BIT A/D-Wandlers Schalttransistoren, die die vom DC/DC-Wandler vorgegebenen Kapselspannungen + 60 V und - 60 V oder Zwischenwerte an die hintere Mikrophonkapsel legen. Dafür muß zuvor der Drehschalter auf die sechste Position R (= Remote: Fernbedienung) gestellt werden, um von der internen Umschaltung der Richtcharakteristiken im Mikrophon auf die Fernsteuerung zu wechseln .

Als Geber der Steuerinformation dient ein Netzgerät in der Größe handelsüblicher Phantomspeisegeräte (Abb. 7). Es ist zweikanalig ausgelegt und besitzt zwei Stufen-Drehschalter, die die absolute Spannungshöhe auf den Tonadern einstellen. Da diese Spannung vom Strombedarf des angeschlossenen Mikrophons abhängig ist, wird die Spannung auf den Tonadern hinter den genormten Einspeisewiderständen ($2 \times 6,8$ kOhm) rückgeführt und mit einer hochpräzisen Referenzspannung verglichen. Hieraus wird ein Steuersignal gewonnen, so daß sich die Wirkung eines geschlossenen Regelkreises ergibt. Ausgehend vom Nennwert +48 V, der der Richtcharakteristik „Niere“ zugeordnet ist, wird die Spannung je Stufe um 1,5 V erhöht bzw. abgesenkt. So werden in der einen Richtung die Charakteristiken „breite Niere“ und „Kugel“ geschaltet, in der anderen „Hypernieren“ und „Acht“.

Vorteile dieses Steuerungsverfahrens

Dieses Verfahren hat folgende Eigenschaften bzw. Vorteile gegenüber den oben erwähnten Lösungsansätzen:

1. Der einzige spezifische Baustein im Mikrofon für die Fernumschaltung ist die Auswerteschaltung B. Sie ist klein, preiswert und verbraucht weniger als 0,25 mA Strom.
2. Die Schaltstufen sind groß und eindeutig, um auch mit Leitungen von mehreren hundert Metern Länge sicher steuern zu können.
3. Das Verfahren ist kompatibel. Das Mikrofon kann an jeder 48 V Phantomspannung nach Norm und an jeder dreipoligen XLR-Leitung betrieben werden. Andererseits arbeitet am zugehörigen Steuergerät jedes Studio-Kondensatormikrofon einwandfrei, da die Phantomspannung innerhalb des genormten Toleranzbereichs bleibt.
4. Es können keine nachfolgenden Geräte gestört werden, da als Steuerinformation nur die 48 V-Gleichspannung mit der zugelassenen Toleranzabweichung verwendet wird.
5. Das fernumschaltbare Mikrofon kann durch Fehlbedienung oder durch ein „falsches“ Netzgerät weder gefährdet oder gestört werden, noch in einen unerlaubten Zustand geraten. Wird das Mikrofon nämlich an einer „normalen“ Phantomspannung betrieben, kann es mit seinem Schalter auf eine der im Mikrofon vorgegebenen Richtcharakteristiken geschaltet werden. Steht der Schalter aber versehentlich auf „Remote“, stellt sich ebenfalls eine der fünf möglichen Richtcharakteristiken ein. Allerdings kann diese nicht vorhergesagt werden, da sie von der Phantomspannung des verwendeten Netzgerätes abhängt.

Die Abb. 8 zeigt ein Kondensatormikrofon, in dem das beschriebene Steuerungsverfahren zur Fernumschaltung der Richtcharakteristik realisiert ist. Wahlweise können diese auch - wie bisher schon möglich - am Mikrofon selbst umgeschaltet werden. Das Mikrofon heißt **TLM 170 R**.

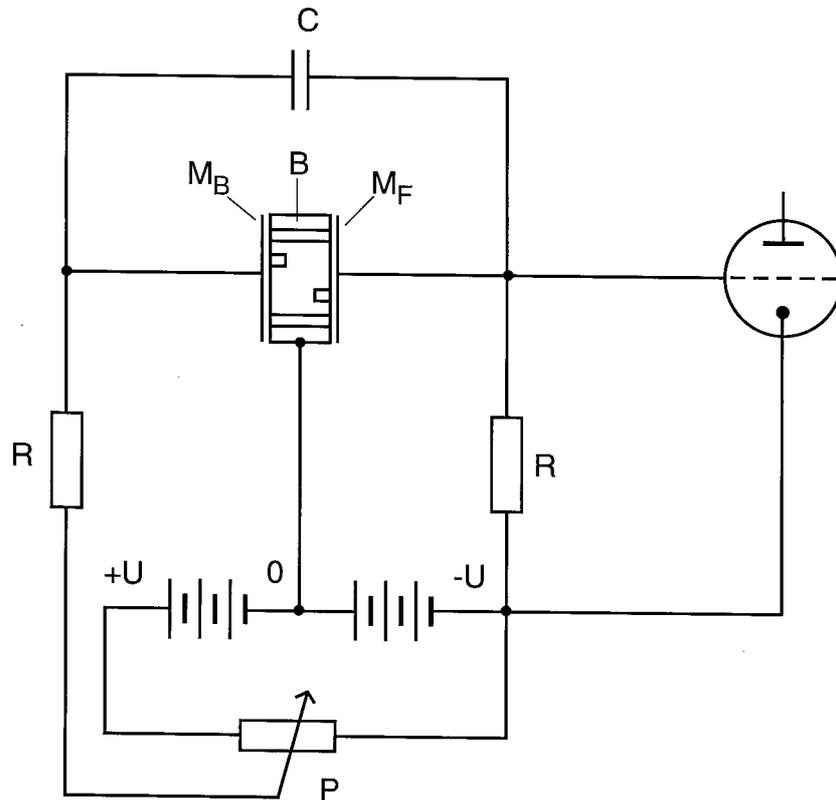


Abb. 1

Prinzip eines Kondensatormikrophons mit variabler Richtcharakteristik.
 M_F : Vordere Membran, M_B : Hintere Membran, B: Gegenelektrode.

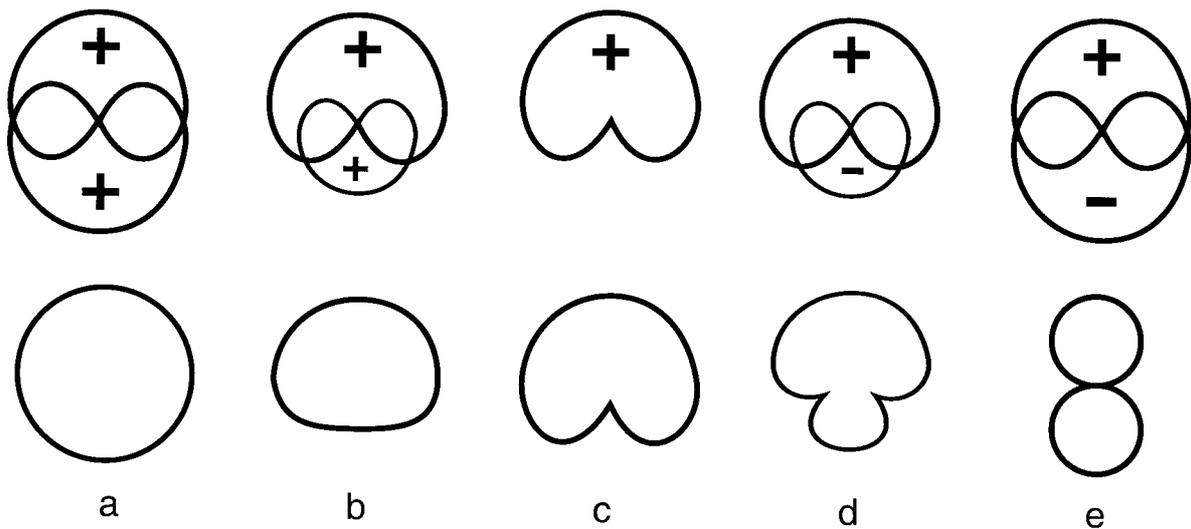


Abb. 2

Die Entstehung verschiedener Polardiagramme durch Überlagerung zweier Einzel-Charakteristiken.

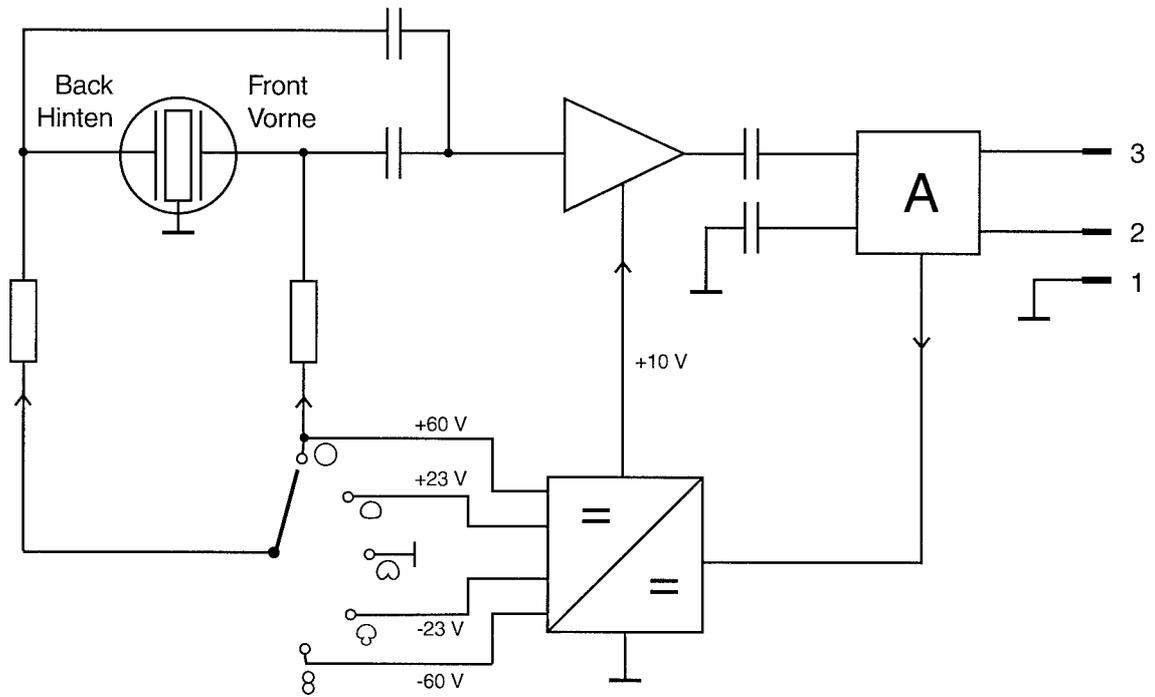


Abb. 3

**Kondensatormikrophon mit fünf schaltbaren Richtcharakteristiken.
A: Auskoppel-Schaltung.**

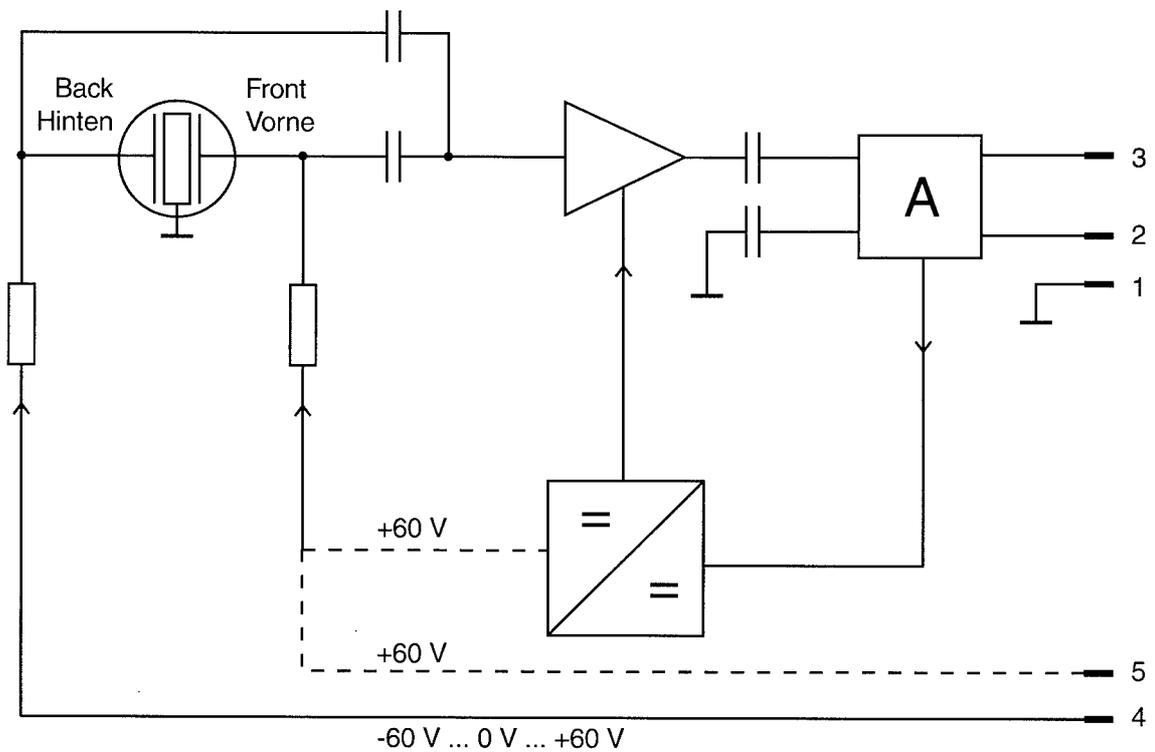


Abb. 4

**Kondensatormikrophon mit fernsteuerbaren Richtcharakteristiken.
A: Auskoppel-Schaltung.**

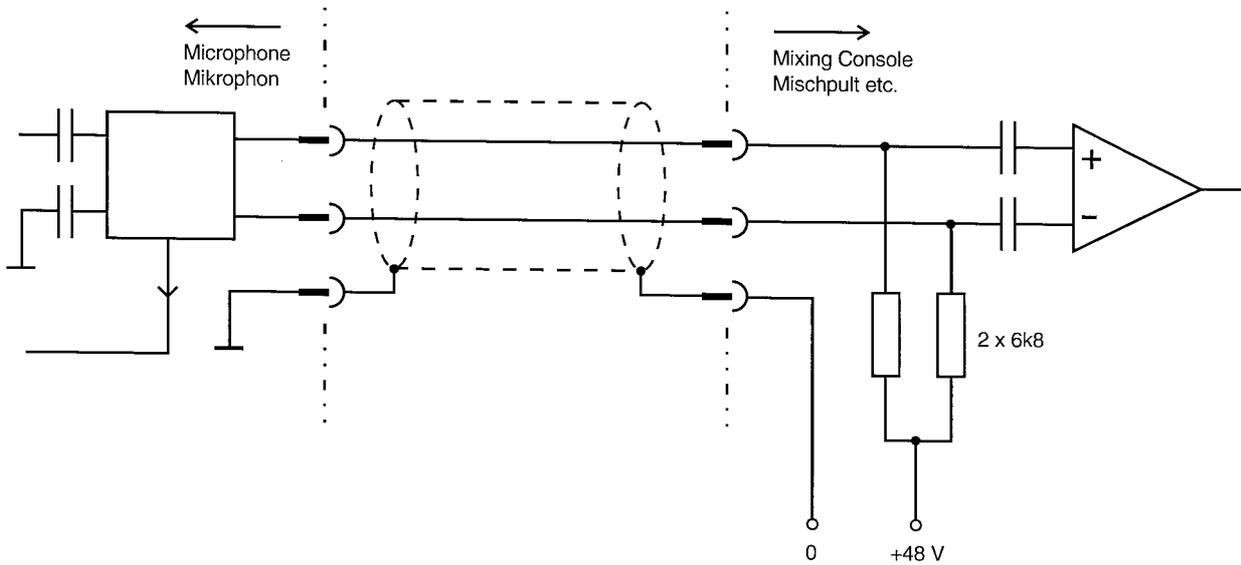


Abb. 5
Die 48 V Phantomspeisung nach DIN 45596/IEC 268-15

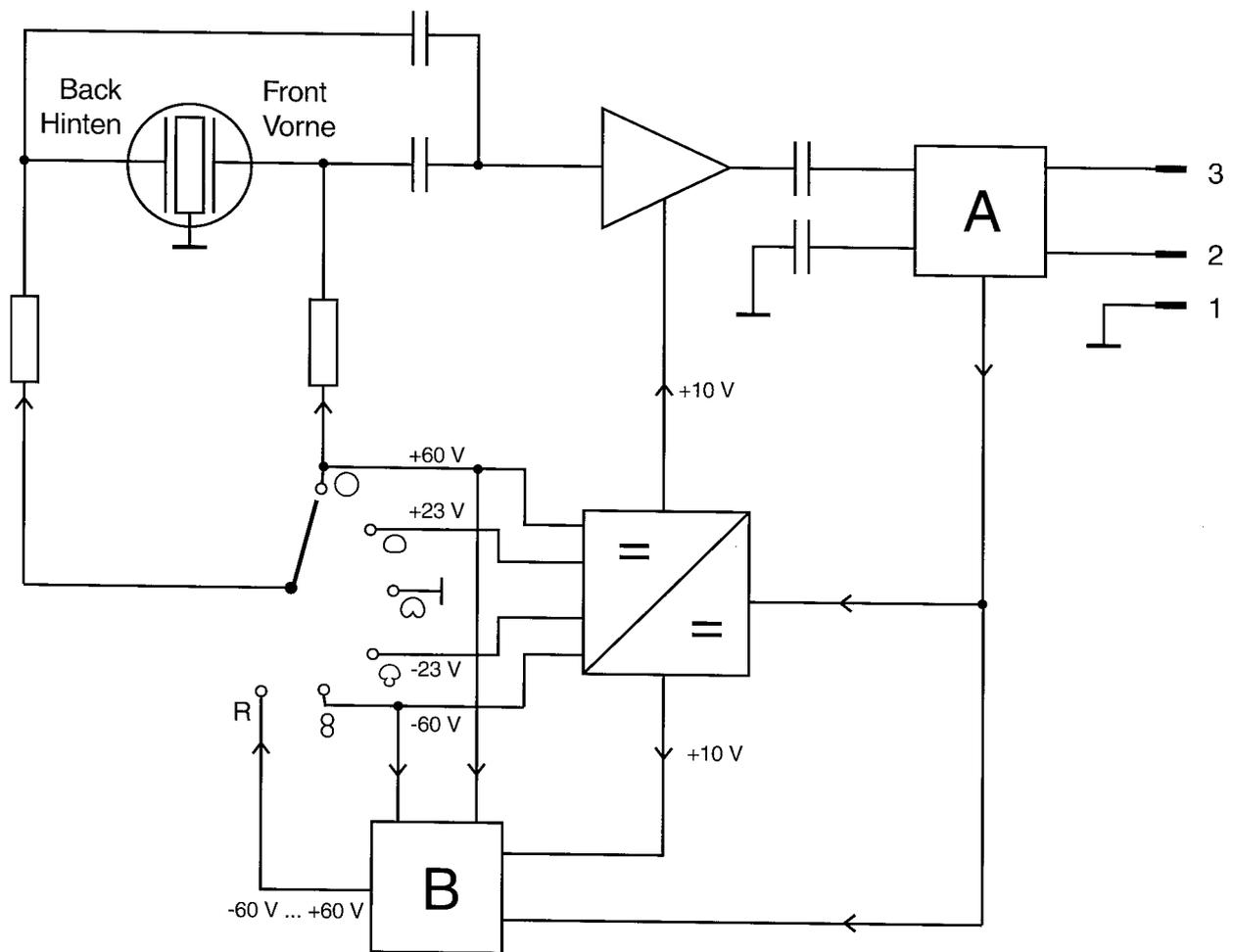


Abb. 6
Die Auswerte- und Steuerschaltung B in einem Kondensatormikrofon.

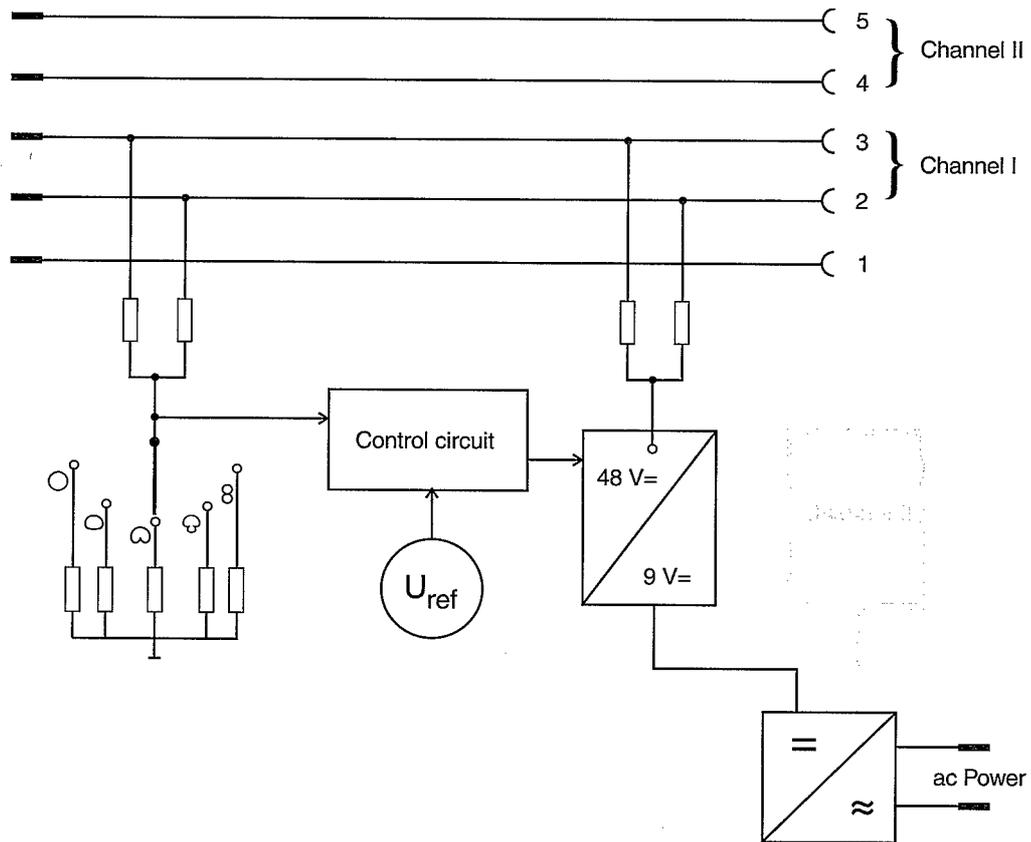


Abb. 7
Das zweikanalige Netzgerät mit Fernsteuerung.

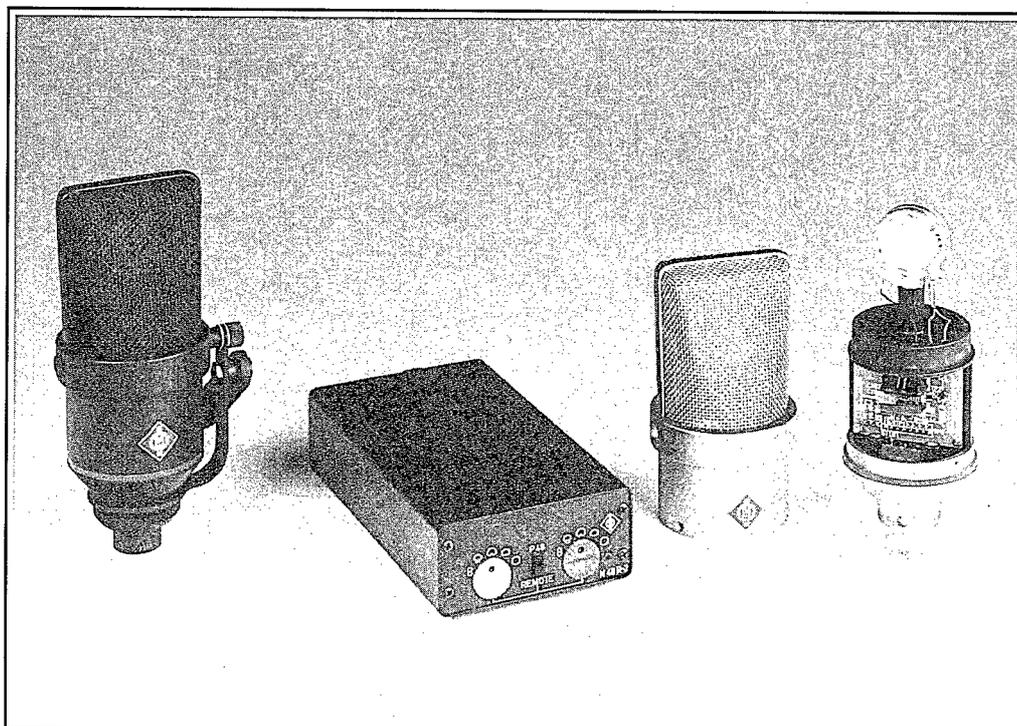


Abb. 8
Das (fern-) umschaltbare Kondensatormikrofon TLM 170 R.