

Erstveröffentlichung dieses Aufsatzes in "Mikrofon Special", Studio Magazin 1998.

Wie ein Gespenst spielen manche schlechten 48V-Phantomspeisungen dem Anwender Streiche, die er sich oft nicht erklären kann. Die maximale Aussteuerbarkeit des Mikrofons kann leiden, Wind- und Körperschallprobleme können wachsen und sogar der Klang in Mitteleidenschaft gezogen werden.

Der Sinn von Normen

Was würden Sie sagen, wenn Ihr E-Werk Ihnen demnächst nur noch 150V statt 230V lieferte? Wahrscheinlich würden Sie die schlechte Funktion der meisten Ihrer Elektrogeräte nicht allzu lange bei deren Herstellern reklamieren, sondern den Verursacher des Problems im E-Werk erkennen.

Das E-Werk wird allerdings keine unangekündigte Spannungsreduktion vornehmen. Schließlich gibt es Normen, und bevor diese geändert werden, wissen Sie meist, was auf Sie zukommt. So etwa bei der in Europa erfolgten Erhöhung der Netzspannung von 220V auf 230V, die allenfalls den Umsatz der Elektroindustrie zu Lasten von Altgerätenutzern belebt.

Erlasten der Phantomspeisung

Bei der Phantomspeisung bestehen keinerlei Pläne einer Spannungserhöhung. Im Gegenteil: Schon frühzeitig wurde beklagt, dass eine so hohe Spannung gewählt wurde. Sie brachte den in der Anfangszeit der Transistorisierung gerne genutzten Vorteil, dass sie auch unmittelbar zur Polarisation des Kondensatorwandlers genutzt werden konnte. Dazu musste die Stromaufnahme so gering wie möglich sein, damit

nicht zu viel Spannung an den Speisewiderständen verloren ging.

Ein Nebeneffekt der aus 48V abgeleiteten Polarisationsspannung soll hier am Rande erwähnt werden: 48V sind im Vergleich zu den bei Röhrenmikrofonen nutzbaren Spannungen der Anode wenig und erforderten in vielen Fällen anders aufgebaute Kapseln. Dies ist nur ein Beispiel, warum es falsch ist, wenn Röhrenliebhaber alle Unterschiede zwischen Röhrenmikrofonen und deren Nachfolgern allein auf die Röhre zurückführen.

Die niedrige Stromaufnahme der ersten transistorisierten Kondensatormikrofone kam also der Nutzung der 48V-Spannung für die Polarisation entgegen, und außerdem ergab sie sich einfach daraus, dass diese Mikrofone meist nur einen einzigen Feldeffekttransistor enthielten. Die Stromaufnahme lag meist unter 1mA, und so wurde anfangs im Hinblick auf stromschwache Spannungsquellen (z.B. abgeleitet aus der Anodenversorgung alter Röhrengeräte) die Obergrenze des Stroms auf 2mA genormt.

Nachteile stromschwacher Phantomspeisungen

Diese Stromgrenze hat aber einen großen Nachteil: Wenn nur eine einzige Ader des Mikrofoneingangs mit Masse Verbindung bekommt – z.B. durch Anschluss eines unsymmetrischen Geräts – fließt ein Strom von 7mA (48V an 6,8kΩ Speisewiderstand), und bei einem zweikanaligen Gerät, das nur 2mA pro Kanal bereitstellen kann, bricht auch die Versorgung für den nicht betroffenen Kanal zusammen. Dies ist nur eines von vielen Beispielen, das aber vermutlich schon ausreichend zeigt, dass eine solche Technik die Betriebssicherheit unnötig aufs Spiel setzt. Natürlich sollte die Phantomspeisung grundsätzlich abgeschaltet werden,

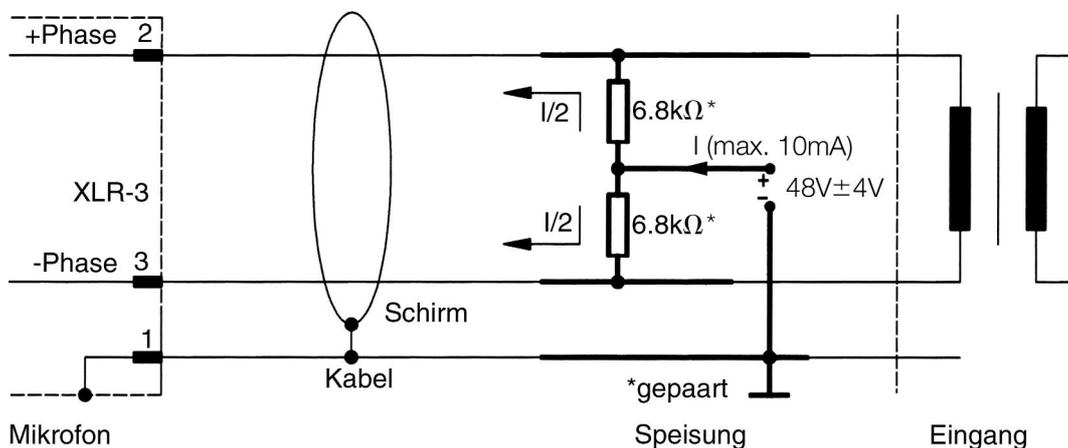


Abb. 1
48V Phantomspeisung nach DIN EN 61938 Juli 97, (zuvor IEC 268-15 und DIN 45596),
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag, Berlin



wenn der Eingang unsymmetrisch beschaltet wird, aber in der Praxis wird dies mitunter vergessen, und ein Einfluss auf andere Kanäle sollte unterbleiben.

Unangenehm ist auch, dass Unterspannung durch Zusammenbruch leistungsschwacher Spannungsversorgungen für Kondensatormikrofone oft unerkannt bleibt. Die Daten der Mikrofone werden in ungewisser Weise in Mitleidenschaft gezogen.

Bei Unterversorgung wird insbesondere die maximale Aussteuerbarkeit reduziert, da diese direkt von der Versorgungsspannung abhängt. Beim Fortissimo der Produktion ergeben sich dann schlechtere Ergebnisse, als sie das Mikrofon leisten könnte und als sie bei den meist leiseren Proben festgestellt werden können. Sogar ein Einfluss auf die Windempfindlichkeit ist möglich, da das Mikrofon eine Auslenkung der Membran durch Luftbewegungen wie Schall verarbeitet und im Falle vorzeitiger Übersteuerung – eventuell auch nur im Infraschallbereich – hörbare Verzerrungsprodukte liefert.

Höhere Ströme für neuzeitliche Phantomspeisungen

Heute erwartet man "Power", und obwohl der Verstärkerteil eines Kondensatormikrofons kein Leistungsverstärker ist, gilt dennoch, dass eine gewisse Leistung eingespeist werden muss, um hohe Spannungen aus möglichst kleinen Innenwiderständen erwarten zu dürfen. Außerdem ist zu bedenken, dass Halbleiterschaltungen meist mehr Strom und weniger Spannung erfordern als bewährte Röhrenschaltungen.

Die zulässige Stromaufnahme von 48V-Kondensatormikrofonen (P48) wurde 1979 auf 10mA erhöht (DIN 45 596, seit Juli 97: DIN EN 61938). 14mA entsprechen dem Kurzschlussfall, bei dem keine Spannung mehr am Mikrofon anliegt.

Die typischen Stromaufnahmen moderner Kondensatormikrofone liegen bei mindestens 2mA, aber es gibt viele Produkte mit 3mA, 4mA, 5mA und ausnahmsweise auch mehr. Sogar ein erstes Mikrofon mit 10mA Stromaufnahme ist inzwischen auf dem Markt.

Leider besteht das Problem, dass einige Speisungen nicht der Norm entsprechen. Die meisten 48V-Speisungen kommen nicht aus der Fertigung der Mikrofonhersteller, sondern obliegen der Verantwortung der Hersteller von Mischpulten, Mikrofonverstärkern, DAT-Recordern und wo sonst noch überall Phantomspeisungen eingebaut werden. Da ist es schon schlimm, wenn festgestellt werden muss, dass es zweifellos unter diesen Herstellern einige gibt, denen noch nicht einmal bekannt ist, dass die Phantomspeisung genormt ist.

Der Anwender, der verständlicherweise jedes beliebige Mikrofon erproben oder in der Wahl nicht eingeschränkt sein will, sollte darauf achten, dass das Gerät,

aus dem die Speisung kommt, der Norm entspricht. Geräte-Tester würden ihren Lesern einen guten Dienst erweisen, wenn sie Phantomspeisungen auf Normkonformität prüfen würden. Dazu ist kaum mehr als die Kenntnis des Ohm'schen Gesetzes und ein Multimeter nötig.

Bei der Phantomspeisung nach Abb. 1 muss der Kurzschlussstrom einer Ader gegen Masse ca. 7mA betragen. Daran darf sich auch dann kaum etwas ändern, wenn weitere Kanäle belastet werden, da die zentrale 48V-Versorgungsspannung innerhalb ihrer Toleranz von $\pm 4V$ konstant bleiben muss.

Für den Übertrager oder die Speisewiderstände sollte eine derartige Messung ohne Nachteil sein, da versehentliche Kurzschlüsse dieser Art in der Praxis ohnedies nicht auszuschließen sind.

Paarung der Speisewiderstände für gute Symmetrie

Eine gute und normgerechte Phantomspeisung muss aber noch eine weitere wichtige Bedingung erfüllen: Während der Absolutwert des Speisewiderstands unkritisch ist ($\pm 20\%$), ist die Symmetrie von größter Bedeutung. Deshalb müssen beide Speisewiderstände so gleich wie möglich sein! Es mutet sonderbar an, wenn Mischpulthersteller mit Stolz hohe Werte für die Gleichtaktunterdrückung ihrer Eingänge angeben und dabei die Phantomspeisung außer Acht lassen. Wo braucht man höhere Gleichtaktunterdrückungen als bei Mikrofonleitungen?

Bei der noch bescheidenen Forderung der Norm, dass der Unterschied zwischen den beiden Speisewiderständen nicht größer als 0,4% sein soll, sind sogar Widerstände, die mit 1% toleriert sind, theoretisch unzureichend. Leider gibt es aber Hersteller, die im Hinblick auf die Kosten auch vor höheren Toleranzen nicht zurückschrecken. Der Kunde wird dann das Opfer und kommt selten dahinter, wieso es trotz symmetrischer Leitungen Probleme mit Störungen gibt.

Probleme mit einer Vormagnetisierung des Eingangsübertragers

Bei der Wahl eines Übertragers ist es darüber hinaus von Bedeutung, wie er auf momentane oder gar permanente kleine Gleichströme reagiert. Ein momentaner Gleichstrom ergibt sich meist schon beim Aufstecken des Mikrofons aufs Kabel, da die Kontakte kaum gleichzeitig Verbindung bekommen. Im Eingangsübertrager darf danach keine schädliche Magnetisierung zurückbleiben.

Im normalen Betriebsfall fließt der Speisestrom zu gleichen Teilen durch die beiden Speisewiderstände

und verursacht Spannungsabfälle, die sich zwischen den Adern kompensieren. Etwaige Eingangsübertrager werden daher meist direkt angeschlossen.

Eine Ungleichheit der Speisewiderstände führt aber dazu, dass die Gleichspannung am Eingang nicht Null ist und Übertrager von einem kleinen Gleichstrom durchflossen werden. Wie der Übertrager dann reagiert, können auch deren Hersteller oft nicht sagen, da ein derartiger Fall meist nicht angenommen wird. Der Einfluss ist erwiesenermaßen selten deutlich hörbar, aber er stellt einen Unsicherheitsfaktor dar. Es sollte nicht mehr verwundern, wenn bei einem Mischpult in Abhängigkeit von den jeweiligen Speisewiderstandstoleranzen klangliche Unterschiede zwischen den Kanälen auftreten, die mit einer reinen NF-Messung nicht erklärbar sind.

Bei übertragerlosen Eingängen tritt dieses Problem naturgemäß nicht auf, andererseits sind die Vorteile der perfekten Potentialtrennung durch Übertrager nicht zu unterschätzen.

12V- und 24V-Phantomspeisung

Man muss zugeben, dass 10mA Strom aus 48V besonders für batteriebetriebene Geräte eine harte Forderung darstellt. Daher ist die 12V-Phantomspeisung in vieler Hinsicht die bessere Lösung. 12V erfordern meist keinen verlustbehafteten und aufwendigen Gleichspannungswandler, und das Mikrofon kann ebenso leistungsfähig sein wie 48V-Typen. Die Speisewiderstände der 12V-Phantomspeisung sind zu 680Ω genormt.

Der Markt hat sich aber für die 48V-Phantomspeisung entschieden. Um eine "bessere Speisung" durchzusetzen, die es erlaubt, mehr Leistung in den Mikrofonverstärker zu transportieren, wurde 1979 zusätzlich eine 24V-Phantomspeisung genormt, deren Speisewiderstände zu nur $1,2k\Omega$ genormt sind. Es bestand die Vorstellung, dass alle zukünftigen Geräte so ausgerüs-

tet werden sollten. Heute kann man sagen, dass dieser Gedanke zu spät kam. Kein Gerätehersteller kann es sich erlauben, nur eine 24V-Phantomspeisung einzubauen. 48V müssten also zusätzlich verfügbar sein. Umgekehrt will kein Mikrofonhersteller ein Produkt anbieten, das nur an 24V funktioniert. Wenn also die Funktion an 48V ebenso gegeben ist wie an 24V, warum sollen dann die Gerätehersteller ihren Aufwand durch eine zusätzliche 24V-Speisung erhöhen? Die möglichen Vorteile sind nicht überzeugend genug. Es ist unwahrscheinlich, dass die 24V-Phantomspeisung noch zum Zuge kommt, von Ausnahmefällen abgesehen.

Andere Phantomspeisungen

Außer der genormten Phantomspeisung nach Abb. 1 gib es noch eine Unterart, die ein gleichstrommäßiges Äquivalent darstellt. Abb. 2 zeigt diese Schaltung. Bei ihr ist ein Eingangsübertrager erforderlich. Er muss primärseitig eine Mittenanzapfung haben, in die mit dem halben Widerstandswert der Abb. 1 eingespeist wird. Sofern die beiden Übertragerhälften eine gute Symmetrie aufweisen, ist gegen diese Schaltungsvariante nichts einzuwenden. Allerdings bezieht sich die zu fordernde Gleichheit sowohl auf die Gleichstromwiderstände der Wicklungshälften als auch darauf, dass sich die magnetischen Flüsse im Übertragerkern aufheben müssen.

Bei der 24V- und besonders bei der 12V-Ausführung bringt diese Schaltung den Vorteil mit sich, dass die Serienschaltung der Speisewiderstände zwischen den Adern gemäß Abb. 1 keine zusätzliche Last für das Mikrofon parallel zum Eingang darstellt. Bei der 48V-Speisung hat dieses Argument auf Grund der vergleichsweise hohen $2 \times 6,8k\Omega$ jedoch keine praktische Bedeutung.

Eine besonders elegante Variante der Phantomspeisung mit "elektronischer Drossel" findet heute aus

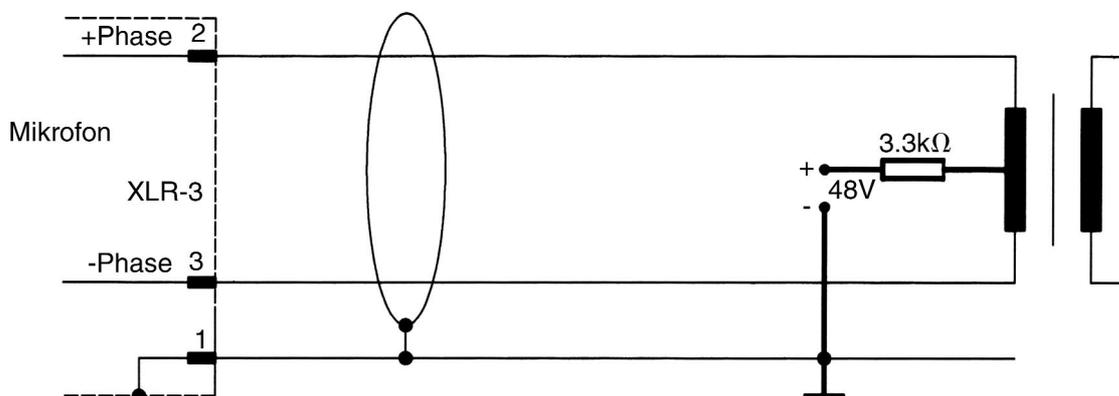


Abb. 2
Phantomspeisung über Mittenanzapfung des Eingangsübertragers

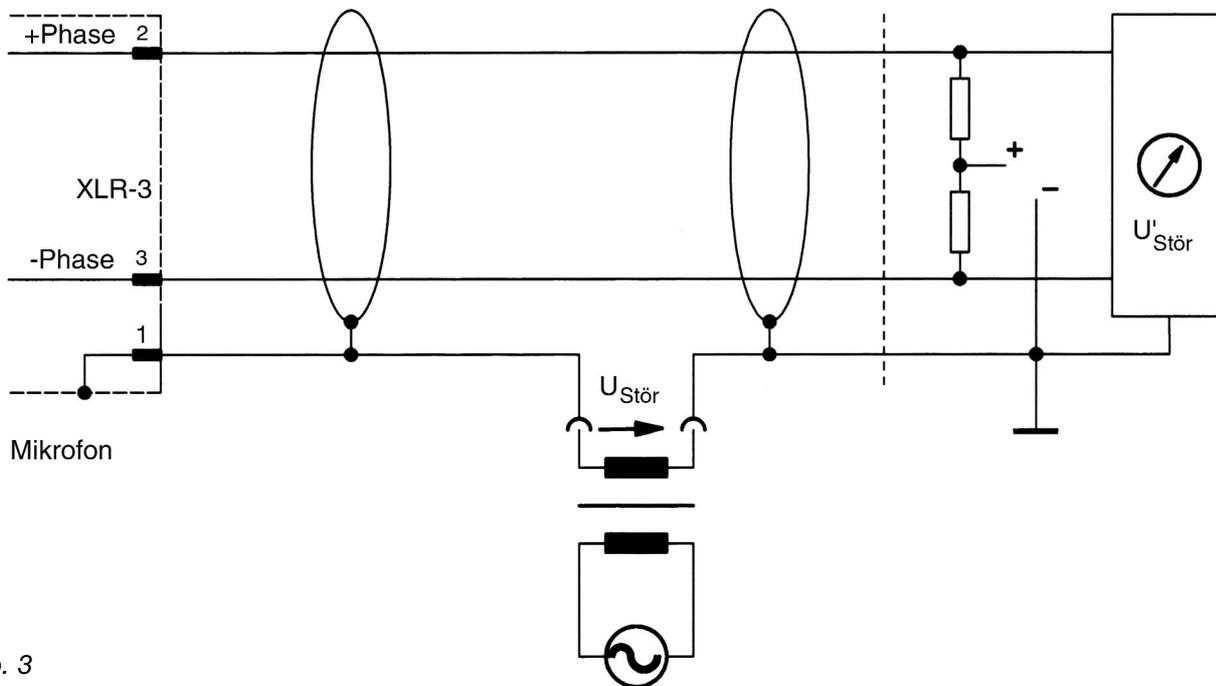


Abb. 3
Messung der Betriebsunsymmetriedämpfung

Kostengründen kaum noch Anwendung. Durch sie kann die Störsicherheit gesteigert werden.

Die Betriebsunsymmetriedämpfung

Abb. 3 zeigt eine altbewährte Messanordnung, die dazu dient, praxisnah den Einfluss von Störungen auf das Mikrofon mit seinem Kabel zu untersuchen. Da das eingekoppelte Störsignal zur Speisespannung in Serie liegt, geht aus der Messung auch hervor, wie unempfindlich der Schaltkreis gegenüber einer etwaigen Restwelligkeit der Versorgungsspannung oder einer Einkopplung von Nachbar Kanälen über den zentralen Speisungspunkt ist.

Diese Messung wurde vor mehr als 20 Jahren routinemäßig vom IRT (Institut für Rundfunk-Technik) durchgeführt, als es noch seinen Sitz in Hamburg hatte. Das Ergebnis ist die so genannte Betriebsunsymmetriedämpfung, die meist frequenzabhängig ist. Sie ergibt sich aus der Beziehung:

$$20 \lg (u_{\text{Stör}}/u'_{\text{Stör}})$$

Betriebsunsymmetriedämpfungen von mehr als 60dB sind wünschenswert. Eine Störspannung von 1V entlang dem Kabel tritt also nur noch mit 1mV als Störsignal auf. Gute Mikrofone können bei guter Symmetrie der Speisewiderstände (wie zuvor beschrieben) auch ohne weiteres 80dB Betriebsunsymmetriedämpfung erreichen.

Wenn man die Störuneempfindlichkeit noch höher treiben will, kann die schon erwähnte "elektronische

Drossel" helfen. Sie sorgt dafür, dass die Gleichstromverhältnisse denen entsprechen, die bei normgerechter Speisung vorliegen, aber sie erhöht den Wechselstrom-Innenwiderstand der 48V-Spannungsquelle, so dass die Störspannung weniger in die Stromversorgung eingespeist wird.

Hierzu ließe sich noch einiges sagen, aber zuvor bleibt der Wunsch, dass wenigstens die eingangs beschriebenen Grundvoraussetzungen an die Phantomspeisung realisiert werden.

Manchmal lassen sich Störungen auf einfache Art reduzieren – vergessen Sie den Dämpfungsschalter!

Zu den Vorteilen von Kondensatormikrofonen gehört es, dass bei gleichen akustischen Pegeln etwa 20dB mehr Pegel auf den Leitungen liegt als bei dynamischen Mikrofonen. Dadurch ist auch der Störspannungsabstand bezüglich Stör-Einkopplungen auf das Kabel entsprechend besser.

Leider erwarten viele Anwender aber routinemäßig, dass Kondensatormikrofone einen Dämpfungsschalter haben, und manche Mikrofonhersteller scheinen diesen deshalb auch im Vordruck ihrer Pflichtenhefte verankert zu haben. Diesbezüglich wäre etwas mehr Überlegung meist besser als die Benutzung dieses Schalters.

Alte Kondensatormikrofone mit sehr kleinen Stromaufnahmen konnten Schallpegel über 120dB-SPL tatsächlich nicht verzerrungsfrei übertragen. Vor allem deshalb ist der Dämpfungsschalter aufgekommen. Um auch höhere Pegel aufzunehmen, waren diese Mikrofone darauf angewiesen. Moderne Kondensatormikrofone mit Stromaufnahmen von 2mA und mehr können heute aber ohne eingeschaltete Dämpfung Schallpegel übertragen, die früher nicht einmal mit Dämpfung verzerrungsfrei aufgenommen werden konnten.

Die Grenzschalldruckpegel aktueller Kondensatormikrofone mit eingeschalteter Dämpfung erreichen daher auch Werte, deren größte Bedeutung in der Veröffentlichung eindrucksvoller Prospektwerte gesehen werden kann. Dabei wird leider kaum darauf hingewiesen, dass sich in fast allen Fällen die Störspannung des Mikrofons kaum ändert, wenn die Dämpfung eingeschaltet wird, und der effektive Störspannungsabstand wird ganz erheblich schlechter, wenn auch noch Störungen auf dem Kabel hinzukommen.

Sofern der Einsatz von Dämpfungsschaltern damit begründet werden muss, dass die hohen Ausgangsspannungen von Kondensatormikrofonen bei Grenzschalldruck (Volt-Bereich) vom nachfolgenden Eingang nicht verzerrungsfrei übertragen werden können, muss festgestellt werden, dass die Dämpfung am Mikrofon dennoch der schlechteste Ort ist. Ein Dämpfungsglied, das man am Kabelende vor dem folgenden Eingang einfügt, kann besser helfen. Hier wird nicht nur das Signal, sondern auch eine etwaige Störspannung auf dem Mikrokabel gedämpft. Abb. 4 zeigt ein Schaltbild.

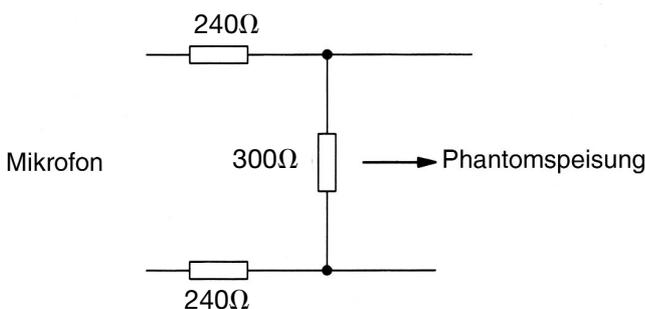


Abb. 4
Dämpfung eines Mikrofonsignals mit Widerstandsnetzwerk (Pad) (vorzugsweise am Ende des Kabels)

Die korrekte Stromversorgung des Mikrofons durch die Phantomspeisung wird hierdurch nicht gefährdet. Der absolute Wert der Speisewiderstände, zu denen die Längswiderstände in Serie liegen, ist nämlich unkritisch. Wichtig ist nur, dass auch die Längswiderstände keine Unsymmetrie herbeiführen, also möglichst gleich sind. Die Impedanzverhältnisse bleiben in einem Rahmen,

der studioüblich ist. Bei einem Mikrofon mit z.B. 40Ω Innenwiderstand ergibt sich der Ausgangswiderstand zu 190Ω .

Schlussbetrachtung

Bei den heutigen Qualitätsforderungen allgemeiner Art und der lebhaften Diskussion marginaler Klangunterschiede, verursacht durch Röhre oder Transistor, 48kHz- oder 96kHz-Abtastrate und vielem mehr, ist es Zeit für Geisteraustreibung. Fahrlässig realisierte Phantomspeisungen für Kondensatormikrofone dürfen nicht Ursache sein für gravierende Einflüsse auf qualitativ hochwertige Tonproduktionen.