

# Lautsprecherkabel

Manfred Zollner

Die Verbindungsleitung zwischen Gitarrenverstärker und Lautsprecher, das *Lautsprecherkabel*, muss die Verstärkerleistung möglichst vollständig zum Lautsprecher transportieren. Die Werbung suggeriert, dass hierfür nur besondere Kabel in Frage kommen, z.B. geflochtene ('verseilte') Leitungen, oder Litzen aus sauerstoffarmen Kupfer. Die Leitungstheorie, aber auch Messungen und Hörversuche bestätigen dies nicht – als Lautsprecherkabel ist aus Sicht der Elektrotechnik jede Zweidrahtleitung geeignet, deren Querschnittsfläche mindestens  $2 \times 0,75 \text{ mm}^2$  beträgt.

Wenn das Verbindungskabel zwischen Gitarrenverstärker und Lautsprecher nur wenige Meter lang ist, kann jedes Kabel mit ausreichend dicken Leitern verwendet werden. Ausreichend ist eine Leiter-Querschnittsfläche von  $0,75 \text{ mm}^2$ , über alle Zweifel erhaben sind  $1,5 \text{ mm}^2$ . Normales Leitungskupfer ist perfekt geeignet, sauerstoffarmes Spezialkupfer oder gar Silber ist nicht erforderlich. Ob von 50 W Verstärkerleistung am Lautsprecher nun 49,4 W oder 49,5 W ankommen, ist völlig unerheblich, und auch etwaige Klangänderungen sind mit  $\Delta L < 0,05 \text{ dB}$  sicher völlig unhörbar. Ungeeignet sind hingegen übliche Gitarren-Kabel, da ihr Innenleiter in aller Regel zu dünn ist. Die nachfolgende Tabelle spezifiziert für 2 m lange Lautsprecherkabel den **prozentualen Leistungsverlust** bei 8- und 16- $\Omega$ -Lastwiderstand:

Lastwiderstand 8  $\Omega$ :

	Cu	Cu!	Ag	Al
$2 \times 0,75 \text{ mm}^2$	2,33 %	2,24 %	2,10 %	3,76 %
$2 \times 1,5 \text{ mm}^2$	1,18 %	1,13 %	1,06 %	1,91 %
$2 \times 2,5 \text{ mm}^2$	0,71 %	0,68 %	0,64 %	1,15 %
$2 \times 4,0 \text{ mm}^2$	0,44 %	0,43 %	0,40 %	0,72 %

Lastwiderstand 16  $\Omega$ :

	Cu	Cu!	Ag	Al
$2 \times 0,75 \text{ mm}^2$	1,18 %	1,13 %	1,06 %	1,91 %
$2 \times 1,5 \text{ mm}^2$	0,59 %	0,57 %	0,53 %	0,96 %
$2 \times 2,5 \text{ mm}^2$	0,36 %	0,34 %	0,32 %	0,58 %
$2 \times 4,0 \text{ mm}^2$	0,22 %	0,21 %	0,20 %	0,36 %

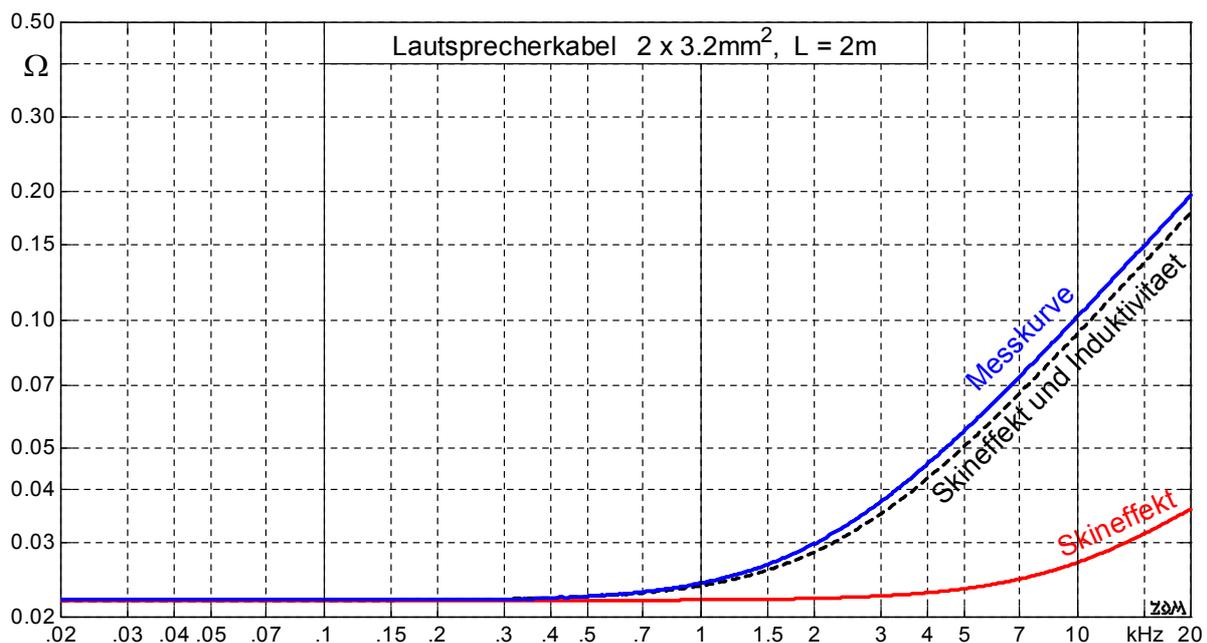
Cu = übliches Kabel-Kupfer, Cu! = hochreines Kupfer, Ag = Silber, Al = Aluminium.

Für die Berechnung wurde eine ideale Spannungsquelle ( $R_i = 0$ ) angenommen; bei einem Röhrenverstärker sind die Verluste noch viel geringer (höherer Innenwiderstand).

**Beispiel 50-W-Verstärker:** Mit einem  $0,75\text{-mm}^2$ -Normalkupferkabel kommen am  $16\text{-}\Omega$ -Lautsprecher nicht mehr  $50\text{ W}$  an, sondern nur mehr  $49,41\text{ W}$ . Verwendet man statt Normalkupfer hochreines Kupfer, steigt die Lautsprecherleistung auf  $49,44\text{ W}$ , mit einem Reinsilberkabel werden es 'sogar'  $49,47\text{ W}$ . Bleibt man bei Normalkupfer, nimmt aber statt  $0,75\text{ mm}^2$  das dickere  $1,5\text{-mm}^2$ -Kabel, kommen am Lautsprecher  $49,71\text{ W}$  an.

Offiziell ist ein  $0,75\text{-mm}^2$ -Kabel für maximal  $6\text{ A}$  spezifiziert, bei freier Verlegung sind aber auch  $10\text{ A}$  kein Problem. Bei  $100\text{ W}$  fließen nur  $3,5\text{ A}$  ( $8\text{ }\Omega$ ) bzw.  $2,5\text{ A}$  ( $16\text{ }\Omega$ ). In Hinblick auf die maximal zulässige Strombelastung ist also selbst das dünne  $0,75\text{-mm}^2$ -Kabel geeignet. Weil aber  $1,5\text{ mm}^2$  gegenüber  $0,75\text{ mm}^2$  nur unwesentlich mehr kosten, sollte man bei  $2\text{ m}$  Länge generell  $1,5\text{ mm}^2$  verwenden. Die Mehrausgabe für ein Kabel aus hochreinem Kupfer oder gar für ein Silberkabel ist aus technischer Sicht unsinnig. Viel wichtiger sind gute Stecker, z.B. Speakon oder Klinkenstecker mit hochwertiger Zugentlastung (Spannzange). Beim Klinkenstecker darf sich die Kontaktkugel nicht drehen lassen, die Verbindung zum Kabel muss massiv sein! Keine Schraub- oder Nietverbindung beim Innenstift!

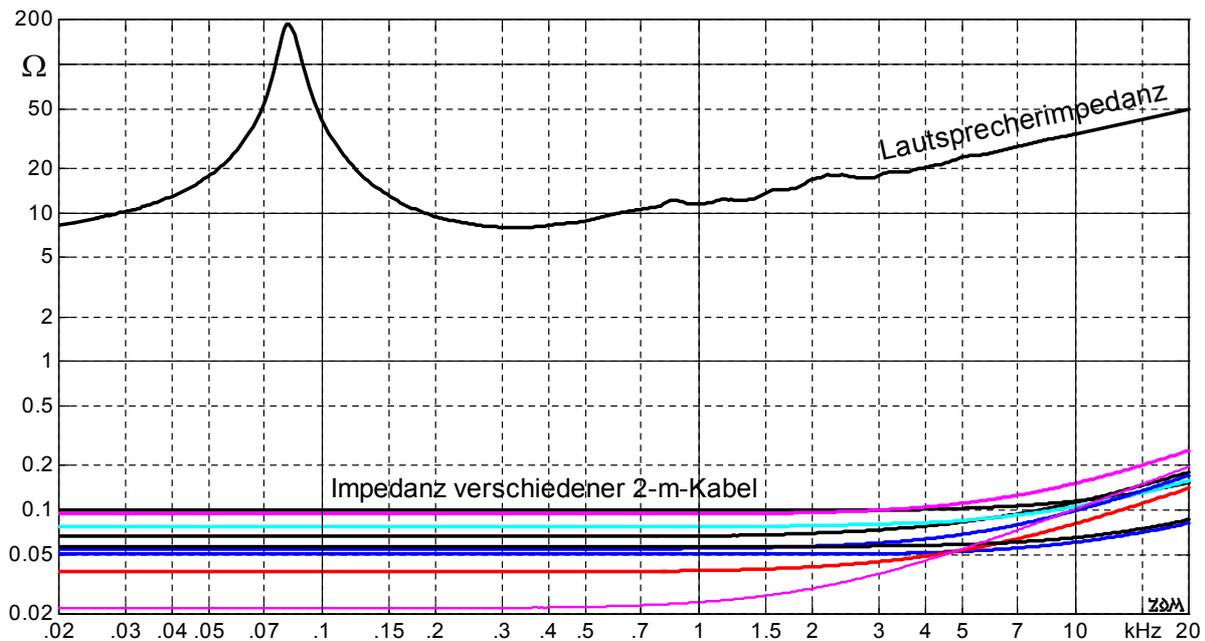
Da brauchbare  $1,5\text{-m}$ -Kabel schon für  $5\text{ Euro}$  erhältlich sind, bringt das Selbermachen fast keine Vorteile. Achtung: Ein **CCA-Kabel** (copper clad aluminum) ist ein Alu-Kabel mit einer dünnen Kupferbeschichtung. Geht zur Not auch, muss man aber nicht haben. Silberbeschichtete Kupferkabel bringen keinen Vorteil, der Skineffekt ist bei  $10\text{ kHz}$  belanglos. Grund für die zu hohen Frequenzen hin ansteigende Kabel-Impedanz ist die Kabel-Induktivität.



**Abb 1:** Frequenzgang der Impedanz eines  $2\text{ m}$  langes Lautsprecherkabels.

In Abb.1 ist blau der gemessene Impedanzfrequenzgang eines mit  $3.2\text{ mm}^2$  sehr dicken Lautsprecherkabels dargestellt. Wie bei allen Kabeln zeigt sich ein Anstieg bei höheren Frequenzen, als dessen Ursache in der Werbung gern der **Skineffekt** bemüht wird. Dieser Effekt ist tatsächlich vorhanden; es handelt sich hierbei um eine Verdrängung des Stromes in periphere Bereiche, die zu einem Impedanzanstieg führt. Allerdings ist der Skineffekt an der Impedanz-erhöhung nur in unbedeutendem Maße beteiligt – Hauptursache ist die Induktivität der Zweidrahtleitung. Dass derartige Effekte vorhanden sind, bedeutet aber noch keine hörbare Klangverschlechterung.

**Abb. 2** zeigt einige (gemessene) Kabel-Impedanzfrequenzgänge im Vergleich zu einem Lautsprecher-Impedanzfrequenzgang. Dass die Kabelimpedanzen zu hohen Frequenzen hin leicht zunehmen, hat keine Bedeutung, denn auch die Lautsprecher-Impedanz nimmt zu. Selbst an einer sehr niederohmigen Transistor-Endstufe wäre die Kabelimpedanz vernachlässigbar, bei einer Röhrendstufe sind die Kabelverluste noch geringer. Besonders extrem sind die Verhältnisse bei nicht-gegengekoppelten Endstufen (z.B. Vox AC-30): Ihr Innenwiderstand kann 200  $\Omega$  betragen, da spielt es dann wirklich keine Rolle mehr, ob das Kabel zusätzliche 0.05  $\Omega$  hat oder 0.2  $\Omega$ . Die vom Kabel verursachten Dämpfungen sind mit < 0,1 dB sicher unhörbar.



**Abb. 2:** Gemessene Kabelimpedanzen im Vergleich zu einer Lautsprecherimpedanz.

**Fazit:** Als Lautsprecherkabel eignet sich jede ausreichend dicke Netzleitung (z.B. mit einer Querschnittsfläche von  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ). Reinstkupfer- oder Silberkabel sind überflüssig, und natürlich existiert der angebliche Vorteil von richtungsabhängigen Kabeln nur in der Vorstellung der Werbetexter. Eine robuste Bauweise und ein dicker, strapazierbarer Mantel sind nie von Nachteil, in Ausnahmefällen kann auch eine Abschirmung sinnvoll sein.

Weitere Details in: [www.gitarrenphysik.de](http://www.gitarrenphysik.de)

Mehr über Lautsprecher in **Physik der Elektrogitarre**, Kap. 11: [www.gitarrenphysik.de](http://www.gitarrenphysik.de)

Sowie in Zollner M., Zwicker E.: **Elektroakustik**, ISBN 3-540-64665-5.