

## Kling Kabel, kling!

### „10 Jahre tools“, Teil 1

Von Frank Pieper und Martin Kennerknecht

Zum Auftakt unserer Serie „10 Jahre tools 4 music“ haben wir einen echten Evergreen „ausgegraben“. Der Vergleich von Gitarrenkabeln aus Heft 6/2002, ergänzt mit Anmerkungen zum Thema Mikrofonkabel aus tools 1/2008. Da auf den Artikel aus Heft 6/2002 immer wieder bei aktuellen Vergleichstests zum Thema Kabel verwiesen wird, haben wir die wichtigsten Gedanken der tools-Autoren Martin Kennerknecht und Frank Pieper zusammengefasst. Die Wertungen der beteiligten Kabel wurden außen vor gelassen, da einige der damals untersuchten Kabel aktuell nicht mehr im Handel erhältlich sind. Statt dessen wurden die grundsätzlichen Erkenntnisse zum Thema „Kapazität“ in den Vordergrund gerückt. Der komplette Test steht in ungekürzter Fassung auch zum Download auf [www.tools4music.de](http://www.tools4music.de).

Instrumentenkabel gibt es in den verschiedensten Ausführungen und zu höchst unterschiedlichen Preisen. Fernost-Importe sind bereits für wenige Euro zu haben, am anderen Ende der Preisskala stehen Kabel von Herstellern wie Vovox oder Monster Cable, die neben erwiesenermaßen guter Road-Tauglichkeit angeblich auch ein besseres Klangverhalten an den Tag legen, dafür aber vergleichsweise teuer sind. Worauf sollte man beim Kauf eines Instrumentenkabels achten? Was ist dran an all den Versprechungen und Mythen um den angeblich „besseren Sound“? Und wie viel Geld muss man tatsächlich anlegen, um

gute Qualität zu bekommen? Um diesen Fragen nachzugehen, sind wir in die „Verbraucherrolle“ geschlüpft und haben inkognito in verschiedenen Musikläden Instrumentenkabel aller Preislagen eingekauft und genau unter die Lupe genommen.

Dass beim Wechsel auf ein anderes Kabel, insbesondere auf eins mit abweichender Länge, plötzlich die Gitarre oder der Bass anders als vorher klingen, darüber hat sich bestimmt der eine oder andere Leser schon gewundert. Ganz offensichtlich besitzen Instrumentenkabel Klang beeinflussende Eigenschaften.

Warum ist das so? Um dies zu verstehen, müssen wir uns vor Augen führen, wie ein Instrumentenkabel aufgebaut ist und welche elektrischen Parameter ins Klanggeschehen eingreifen. Doch nicht nur das Kabel, auch der Charakter der Signalquelle, in diesem Fall also der Tonabnehmer der Gitarre, hat entscheidenden Einfluss. Erst aus dem Zusammenspiel von Signalquelle und Kabel entsteht schließlich im Verstärker ein bestimmter Klang.

### Die Signalquelle

Tonabnehmer elektrischer Gitarren und Bässe arbeiten nach dem elektrodynamischen Prinzip: Unter den Saiten befinden sich ein oder mehrere Dauermagnete, deren magnetische Felder die Saiten umschließen. Werden die Saiten, die in diesem Fall aus Stahl gefertigt sein müssen, durch Anschlagen in Schwingungen versetzt, geraten die eigentlich konstanten Magnetfelder in Unordnung. Die Physik lehrt nun in Form des Induktionsgesetzes, dass an den Enden eines elektrischen Leiters eine Spannung induziert wird, wenn dieser in ein derart „bewegtes“ Magnetfeld eintaucht. Mit diesem Wissen im Hinterkopf konstruierten die

Pioniere der elektrischen Gitarre vor etwa 75 Jahren die ersten magnetischen Pickups, an deren Grundprinzip sich bis heute nichts geändert hat: Haardünner, lackisolierter Kupferdraht wird zu einer Spule gewickelt und diese dann im Permanentfeld eines oder mehrerer Dauermagnete platziert. Da die Höhe der induzierten Spannung bzw. das Ausgangssignal des Tonabnehmers proportional mit der Windungszahl der Spule ansteigt, ist der Draht eines magnetischen Gitarren- oder Basstonabnehmers mehrere hundert Meter lang, um ordentlich Signalpegel zum An- und Übersteuern eines Verstärkers zu erhalten.

An dieser Stelle setzt bereits die Klangbeeinflussung durch das Kabel ein: Wegen des langen Drahts und der vielen Windungen ist eine Pickup-Spule grundsätzlich hochohmig und besitzt eine sehr hohe Induktivität von mehreren Henry. Weil die Windungen alle mehr oder weniger parallel zueinander verlaufen, gesellt sich auch noch eine Eigenkapazität dazu. Zusammen ergibt dies einen elektrischen Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz im hörbaren Bereich liegt.

## Was klingt und warum klingt was?

Interessant: Im Vergleichstest aus tools 6/2002 wurden unterschiedliche Gitarrenkabel miteinander verglichen. Diesem Vergleich lag die Annahme zugrunde, dass eventuelle klangliche Unterschiede bei Gitarrenkabeln im wesentlichen auf unterschiedliche Kapazitätswerte zurückzuführen seien. Um das zu beweisen, wählte Martin Kennerknecht folgendes Verfahren: Die Phasengänge der Monster Cable „Jazz“- und „Bass“-Kabel (Abb. 2a) und zweier handelsüblicher RG-58-Standard-Koaxialkabel gleicher Länge wurden gemessen. Zum direkten Vergleich wurden die Standardkabel mittels einiger Zusatzkondensatoren auf die Kapazitätswerte der „Monsterkabel“ gebracht. Das Resultat ist in Abb. 2b zu sehen – zwischen den Messkurven existieren keinerlei Abweichungen. Bei entsprechenden Hörvergleichen, die als „Blindtest“ durchgeführt wurden, ließen sich von den Vergleichshörern keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kabeln feststellen.

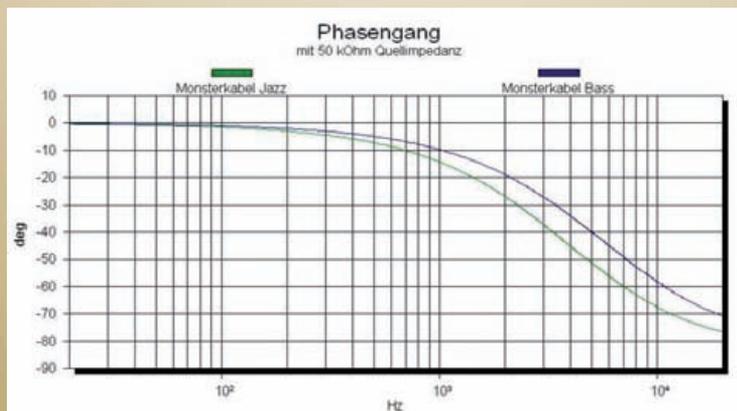


Abb. 2a: Phasengang zweier Standardkabel, die durch Zusatzkondensatoren auf die Kapazitätswerte der „Monsterkabel“ gebracht wurden

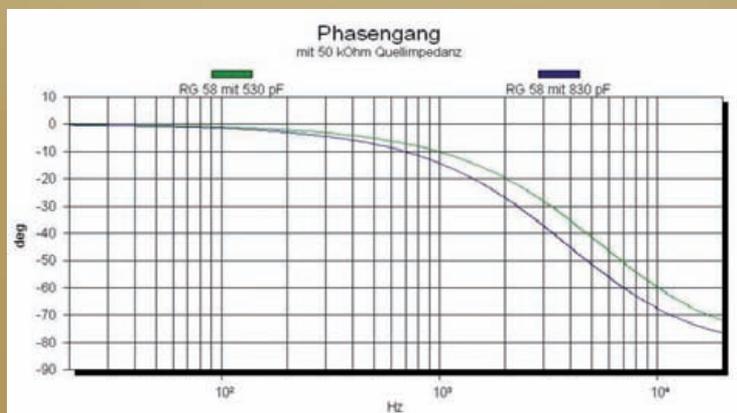


Abb. 2b: Phasengang Monster Cable „Bass“ und „Jazz“

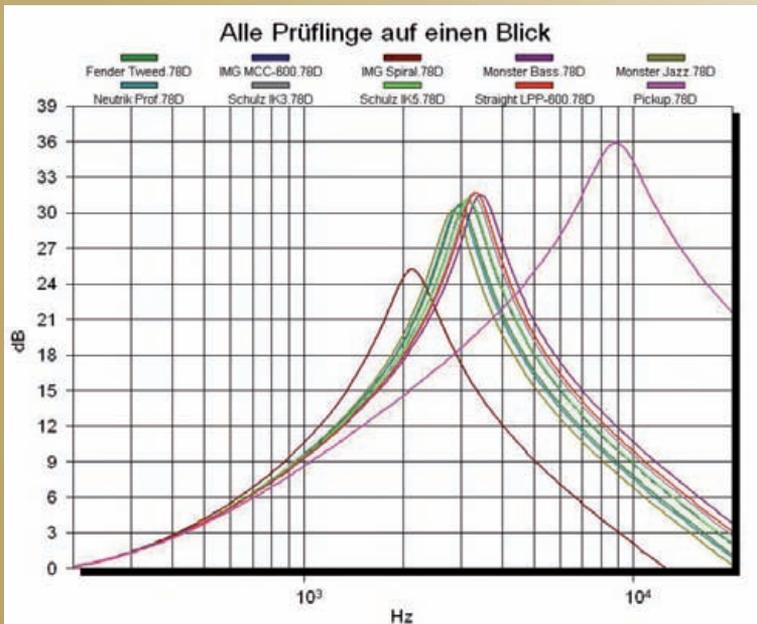


Abb.1

Anschaulich wird dies durch unsere Resonanzmessungen in **Abb. 1**. Hier hat Martin Kennerknecht neben diversen Pickup-/Kabel-Kombinationen den bei unserem Test ausschließlich verwendeten „Stratocaster“-Tonabnehmer auch ohne angeschlossenes Kabel gemessen. Das Ergebnis ist in der rechten, magentafarbenen Kurve dokumentiert und zeigt eine Resonanz bei 9 kHz. In der Praxis heißt das nichts anderes, als dass ein solcher Tonabnehmer die Höhen stark betont.

### Das Kabel

Allerdings ist dieser Eigenklang als solcher nicht hörbar, denn zum Anschluss des Tonabnehmers an den Verstärker ist immer noch das Instrumentenkabel nötig. Wie sich das auf die Resonanz des Tonabnehmers und letztlich auf den Klang auswirkt, zeigen die anderen Messkurven. Durch die Kombination Pickup/Kabel rutscht die Eigenresonanzfrequenz bei fast allen unseren Prüflingen in die Gegend von 3 kHz herunter, des Weiteren fällt die Höhe der Kurve einige Dezibel geringer aus. Diese Tatsache trägt wesentlich dazu bei, den typischen „Stratocaster“-Sound entstehen zu lassen. Warum aber greift ein Instrumentenkabel derart extrem in den Klang eines Tonabnehmers ein?

Wird ein Klinkenstecker geöffnet, erkennen wir eine innere, isolierte Ader, die mit einem umlaufenden Schirm aus feinsten Kupferdrähten umgeben ist. Am Ende zusammengedrillt und verlötet, hat dieser Schirm mit dem langen Schaft des Klinkensteckers Kontakt, während die Ader auf die Spitze („Tip“) gelötet ist. Der Schirm hat die Aufgabe, den Innenleiter vor elektrischen Störfeldern zu schützen. Leider verursacht diese Anordnung aber auch Eigenkapazität, die im Wesentlichen vom Abstand Schirm/Innenleiter und von der Länge des Kabels abhängt. Wird nun das Instrumentenkabel in die Klinkenbuchse einer passiven Gitarre eingesteckt, schalten wir unwissentlich diese Kabelka-

pazität zur Eigenkapazität des Tonabnehmers parallel, was dessen Resonanzspitze bedämpft und die Resonanzfrequenz nach unten wandern lässt.

### Bewertungskriterien

Angesichts dieser Erkenntnisse lässt sich bereits jetzt Folgendes festhalten: Um möglichst viel vom Eigenklang eines Tonabnehmers zum Verstärker hinüberzuretten, muss das verwendete Kabel möglichst kurz und kapazitätsarm sein. Je länger die Kabelverbindung, um so mehr Kapazität addiert sich auf, die den Klang immer dumpfer werden lässt. Als erstes Qualitätskriterium bei Instrumentenkabeln werten wir deshalb eine möglichst geringe Eigenkapazität pro Meter. Allerdings ist Sound bekanntermaßen Geschmackssache und die vielen auf dieser Welt existierenden Tonabnehmer fallen elektrisch höchst unterschiedlich aus, sodass es nicht automatisch möglich ist, das Kabel mit der geringsten Kapazität zum klanglich besten zu küren. Wie wir gesehen haben, ist ja die Kombination aus Pickup und Kabel entscheidend und da kann es schon vorkommen, dass ein neues, vermeintlich schlechtes Kabel mit viel Kapazität der eigenen Gitarre plötzlich die lange ersehnte, klangliche Fülle und Wärme verpasst. In Sachen Sound bleibt einem also nichts anderes übrig, als mit der eigenen Gitarre und dem eigenen Verstärker mehrere Kabel und auch unterschiedliche Längen (wichtig) auszuprobieren. Wird in der Zuleitung ein Bodeneffektgerät verwendet, muss dieses beim Testen natürlich auch im Signalweg präsent sein.

Kapazitätsarme Kabel haben zwei entscheidende Vorteile: Dadurch, dass sie die „richtige“ Kapazität erst mit deutlich höherer Meterzahl erreichen, eignen sie sich besonders auf großen Bühnen mit langen Kabelwegen (> 10 m). Außerdem kann man durch Parallelschalten kleiner Kondensatoren, die bequem in einen Klinkenstecker passen, die Kapazität künstlich erhöhen, sodass sich andere Kabel bzw. Kabellängen klanglich simulieren lassen. Anleitung hierzu gab Martin Kennerknecht in seinem tools 4 music-Workshop „Low Budget Tuning“.

Keinen Einfluss hat die Kabelkapazität indes auf aktive Gitarren und Bässe. Hier trennt ein der Pickup-Induktivität nachgeschalteter Zwischenverstärker den Schwingkreis von der Kabelkapazität, sodass der Tonabnehmer jetzt seinen tatsächlichen Eigenklang zum Besten gibt. Dieses Phänomen ist häufig dann zu beobachten, wenn das eigene Instrument mit einer Aktivelektronik nachgerüstet oder über einen Sender gespielt wird. Plötzlich fehlt die kapazitive Last des Kabels und der Klang wird deutlich heller und spitzer, was nicht immer auf Gegenliebe stößt und fälschlicherweise dem Funksystem angelastet wird. Zusätzlich verringert so ein eingebauter Verstärker den hochohmigen Ausgangswiderstand der Spule, sodass aus der Klinkenbuchse der Gitarre ein niederohmiges Ausgangssignal zum Verstärker fließt, auf das die Kabelkapazität keinerlei Auswirkung mehr hat.

Mit anderen Worten: Wer aktive Instrumente spielt, kann sich sein Kabel ausschließlich nach mechanischen

# IPR™ Series

power amplifier

Federgewicht mit  
massig Leistung



Mit nur knapp über 3 Kilo und einer Leistung von bis zu 3000 Watt RMS pro Kanal, setzen die neuen IPR Endstufen einen weiteren Meilenstein in Peavey's langjähriger Endstufen Tradition.



[WWW.PEAVEY-EU.COM/WARRANTY](http://WWW.PEAVEY-EU.COM/WARRANTY)



INNOVATION. AMPLIFIED.™  
[WWW.PEAVEY.COM](http://WWW.PEAVEY.COM)

und optischen Gesichtspunkten aussuchen und ist auch in der „Längenwahl“ völlig flexibel.

Entscheidend ist auch die Road-Tauglichkeit eines Instrumentenkabels. Was Kabel in der Praxis auszuhalten haben, dürfte bekannt sein. Folglich erreicht nur hochwertiges, akkurat verarbeitetes Material eine lange Lebensdauer. Die Qualität der Klinkenstecker, die Widerstandsfähigkeit des Kabelmantels, die Lötarbeiten, all dies lässt sich visuell beurteilen. Als Ergänzung haben wir bei jedem unserer Prüflinge noch die mechanische Verbindung Kabel/Klinkenstecker einem Reißtest unterzogen. Dies lässt Rückschlüsse auf die Stärke der unterschiedlichen Klinkenstecker-Zugentlastungen zu, wenngleich man darüber streiten kann, ob die kräftigste Verbindung in der Praxis auch die beste ist. Wer es nach einem kräftigen Ruck schon einmal mit einer verbogenen Frontplatte am Verstärker oder einer aus einer Gitarrenzarge herausgerissenen Klinkenbuchse zu tun hatte, der weiß, was ich meine.

Schließlich ist auch das Handling und die Flexibilität eines Instrumentenkabels von Interesse. Lässt es sich

leicht auf- und abwickeln, ohne zu verdrehen und zu verheddern? Liegt das Kabel glatt am Boden oder bilden sich Schlaufen, die sich gerne zu „Stolperfallen“ entwickeln, in denen man meist in den ungünstigsten Momenten hängen bleibt?

## Abschließend

Abseits von den vollmundigen Versprechen seitens der Hersteller oder gar zu Werbezwecken angeworbener „Signature-Künstler“ zu den Eigenschaften eines Kabels, ist letztendlich der Anwender gefragt, auf der Suche nach „seinem Kabel“ eine Lösung zu finden. Unser Tipp zum Kabelkauf: Einfach beim „Lieblingshändler“ mindestens drei unterschiedliche Kabel möglichst auch unterschiedlicher Länge kaufen und in Ruhe daheim oder im Probenraum ausprobieren. Audio-Aufnahmen können bei der Beurteilung von Klangunterschieden hilfreich zur Seite stehen. Ebenso einfach gestaltet sich der Einkauf über das Internet, da durch das Fernabsatzgesetz der Umtausch verbindlich geregelt wird. Und noch etwas: Falls demnächst jemand über „hervorragend klingende“ Kabel doziert, die wo-

## Was gemessen wurde

Um den Klang von Kabeln ranken sich derart viele Mythen, dass Homers Sagen Konkurrenz bekommen könnten. Darum wurde anno 2002 bei diesem Vergleich nicht lange um den heißen Brei herumgeredet, sondern alle relevanten Beurteilungskriterien durch Messungen dokumentiert. Folgende Disziplinen mussten von den Kandidaten absolviert werden:

### Kapazitätsmessung

Es wurde von jedem Kabel die absolute Kapazität gemessen und daraus die relative Kapazität, bezogen auf 1 m, berechnet.

### Messung der Resonanzfrequenz

Dafür wurde zunächst jedes Kabel mit einem Single Coil Pickup auf der einen Seite und einem 1-M $\Omega$ -Widerstand zur Simulation eines Verstärkereingangs auf der anderen Seite verbunden; dann ermittelten wir die Resonanz des daraus resultierenden Parallelschwingkreises. Zum Einsatz kamen ein handgewickelter Fender Single Coil mit einem Gleichstromwiderstand von 7,43 k $\Omega$  und der bereits bekannte Signalanalysator SR-785 von Stanford Research Systems (**Foto 1**). Die Ergebnisse zeigt Abbildung 1: Mit Ausnahme des Monacor Spiralkabels, das aufgrund seiner hohen Eigenkapazität eine deutlich höhere Dämpfung und eine auffallend tiefe Resonanzfrequenz von 2,1 kHz verursachte, lagen alle Prüflinge nahe beieinander, und auch die Resonanzüberhöhung schwankte nur in geringem Maße.

### Messung des Schirmmaßes

Als „Störsender“ musste ein 1 m langer, horizontal eingespannter, blanker Kupferdraht herhalten, der mit einem 10-kHz-Sinus und einer Spannung von 10 Veff beaufschlagt wurde. Das zu prüfende Kabel lag in 5 cm Abstand parallel, dabei wurde

der offene Stecker mit einer Doppelkupplung versehen, sodass auch hier eine Abschirmung vorhanden war. Das andere Ende war mit dem Messgerät verbunden, dessen Eingang mit 1 M $\Omega$  in etwa dem einer hochwertigen Gitarrenverstärker-Eingangsstufe entspricht. Mit dem Analysator konnte dann per FFT (Fast Fourier Transformation) exakt der vom Kabel eingefangene Effektivwert der Störspannung bestimmt werden. Dieser Wert wurde jeweils mit der gesendeten Spannung ins Verhältnis gesetzt und in dB umgerechnet. Diese Messmethode basiert auf keiner genormten Grundlage, ist aber für einen Vergleich durchaus relevant. Grundsätzlich gilt: Je höher das Schirmmaß in dB, desto besser ist die Abschirmeigenschaft des Kabels, wobei eine Erhöhung um 6 dB der doppelten Abschirmwirkung entspricht. Allerdings darf dem Schirmmaß eines Gitarrenkabels keine allzu große Bedeutung zugemessen werden, da die Pickups (auch Humbucker) bauartbedingt die Hauptempfangsquelle für „Störungen“ in der Gitarrenanlage darstellen.

### Zugfestigkeit des Steckers

Zur Verwendung kam ein professionelles Zugprüfgerät, in dessen obere Spannzange jeweils der Stecker, in die untere über eine extra dafür angefertigte Vorrichtung das Kabel eingespannt wurde (**Foto 2**). Mit einer Geschwindigkeit von 50 mm/Minute wurde diese Mimik dann auseinandergezogen, bis die Verbindung das Zeitliche segnete. Dabei wurde jeweils eine

möglich durch die Signatur bekannter Musiker verkaufsfördernd in Szene gesetzt werden, hilft manchmal die Frage nach der Kapazität, um Flach- von Fachwissen zu unterscheiden. Letztendlich lässt sich der Zauber bei der Signalübertragung auf die vergleichsweise überschaubaren physikalischen Grundlagen zurückführen.

Der komplette Test steht in ungekürzter Fassung auch zum Download auf [www.tools4music.de](http://www.tools4music.de). Dort findet sich auch der Vergleichstest zum Thema Gitarrenkabel aus tools 3/2008.



Foto 2: Legendär, die zu diesem Test eingesetzte Kabelzugmaschine: ziehen, ziehen, ziehen – bis das Material aufgibt



Foto 1: Alle „Testkandidaten“ des Vergleichstests aus dem Dezember 2002 – zudem der speziell für diesen Test konstruierte, stufenlose „Drehkondensator“, der als Referenz genutzte Single Coil Pickup sowie die beteiligte Messtechnik

Kurve mitgeschrieben und der höchste Wert festgehalten. Ebenfalls befand sich ein elektrisches Messgerät am Kabel, um festzustellen, bei welcher Kraft die elektrische Verbindung des Kabels unterbrochen wurde. Meistens trafen der mechanische und elektrische „Tod“ im gleichen Moment ein.

### Kabelsimulation

Um zu beweisen, dass der Klang eines Gitarrenkabels (wohlge-merkt nur in Verbindung mit einem passiven, mit Magnet-Ton-abnehmern bestückten Instrument) lediglich von dessen Kapazität abhängt, wurde folgender Versuchsaufbau gewählt: Ein relativ niederkapazitives Kabel mit der Bezeichnung RG-58 wurde mit einem Kästchen ausgerüstet, behelfs dessen ein stufenlos einstellbarer Drehkondensator sowie eine feste, bei Bedarf parallel aktivierbare Kapazität in den Signalweg geschaltet wurden (Foto 3). Damit ließ sich jeder gewünschte Kapazitätswert von 500 pF bis 1.500 pF einstellen und so jedes Kabel simulieren, das sich innerhalb dieses Fensters befand. Als Beispiele seien die beiden Monster Cable betrachtet. Das „Monster Bass“ besaß 530 Picofarad, das „Monster Jazz“ 830 Picofarad Kapazität. Das zur Simulation eingesetzte RG-58 hingegen brachte es nur auf 500 pF, also mussten zur klanglichen Simulation eines „Monster Bass“-Kabels 30 pF und zur Nachbildung des „Monster Jazz“ 330 pF parallel geschaltet werden.



Foto 3: Eine wichtige Variable für den „Kabelklang“: Die Kapazität, angegeben in Picofarad – mit Hilfe des hier abgebildeten, stufenlos einstellbaren „Drehkondensators“ ließ sich nahezu jede Kapazität und die damit verbundene Beeinflussung auf den Klang simulieren

Wer diese Simulation nachahmen möchte, benötigt lediglich eine ordentliche Kapazitätsmesseinrichtung, die heutzutage in den meisten Multimetern integriert ist, sowie ein Kabel, dessen Kapazität unter der des „Wunschkabels“ liegt. Zuerst wird das eigene, dann das „Wunschkabel“ gemessen, die Kapazitätsdifferenz muss zugeschaltet werden. Sollte dieser Wert zwischen zwei Normwerten liegen, so ist der niedrigere zu wählen und die Differenz durch Parallelschalten eines weiteren Kondensators auszugleichen. Beispiel: 30 pF lassen sich durch Parallelschalten von 27 pF und 3,3 pF näherungsweise erreichen.

## Warum klingen Mikrofonkabel nicht?

Auszug aus dem Vergleich Mikrofonkabel aus tools 4 music, Ausgabe 1/2008

Von Martin Kennerknecht

Wenn wir einmal von ganz normalen Voraussetzungen in der Welt der Ton-technik ausgehen, sprich, kein Mikrofonkabel ist länger als 100 Meter und das verwendete Equipment entspricht den einschlägigen Normen, ist die Kabelverbindung klanglich neutral. Allerdings kann ein Kabel unter bestimmten Bedingungen durchaus Klang beeinflussend sein, und auf genau diese Bedingungen möchte ich etwas näher eingehen. Leider lässt sich dabei wie gewohnt ein kleiner Abstecher in die Physik nicht vermeiden.

Für unsere Berechnungen wählen wir die klassische Verkabelung: Mikrofon - Kabel - Mischpult/Preamp, wobei als Limit für die Kabellänge stolze 100 Meter angenommen werden. Als Berechnungsgrundlage dienen handelsübliche bzw. genormte Daten.

### 1. Der elektrische Widerstand

Ohmsche Widerstände sind grundsätzlich nicht für den Klang verantwortlich, da sie sich frequenz- und phasenneutral verhalten. Sie beeinflussen lediglich den Pegel eines Signals. Unsere Berechnungen ergaben einen Spannungsabfall am Kabel (der Teil des Gesamtpegels, der im Kabel verbleibt) von 0,802 Prozent. Es bleibt also selbst am 100 m langen Kabel nicht mal 1 Prozent des Pegels im wahrsten Sinne des Wortes auf der Strecke, bei einem 10-Meter-Kabel sind es lediglich 0,8 Promille, und die interessieren uns wirklich bloß beim Autofahren.

### 2. Die Kabelkapazität

Stellt man sich die vereinfachte Schaltung eines Mikrofons mit angestecktem Kabel vor, so ergibt sich ein typischer Tiefpass, bestehend aus der Quellimpedanz des Mikros und der Kabelkapazität (den Ohmschen Widerstand des Kabels vernachlässigen wir hier der Einfachheit halber). Unsere Berechnungen ergeben eine Grenzfrequenz von 146 kHz. Das ist die Frequenz, bei der erstens ein Pegelabfall von 3 dB erfolgt und zweitens die Phasenverschiebung des Signals 90

Grad erreicht. Da die Höhe der Grenzfrequenz linear mit zunehmender Kabellänge abnimmt, kann sich nun jeder selber ausrechnen, dass man sich über dieses Verhalten, je nach Kabeltyp, erst ab einem halben Kilometer ernsthaft Gedanken machen muss.

### 3. Die Kabelinduktivität

Die Induktivität bildet zusammen mit der Eingangsimpedanz des Mischpultes ebenfalls einen Tiefpass. Die Grenzfrequenz in unserem Beispiel beträgt 31,8 MHz - weitere Kommentare überflüssig. Im Gegenteil: Beim Betrieb mit Mikrofonen kann die Kabelinduktivität zusammen mit der Kabelkapazität und den HF-Protect-Spulen der Mikrofon-Ausgangsschaltung sogar eine Resonanzüberhöhung von mehreren dB im Bereich zwischen 50 und 100 kHz bewirken, was zu einer Linearisierung der Übertragung im hörbaren Bereich führt.

### 4. Der Wellenwiderstand

Hierbei handelt es sich um ein in Hi-Fi-Kreisen immer wieder heiß diskutiertes Thema. Ich möchte es kurz machen: Eine Daumenpeilung besagt, dass der Wellenwiderstand erst dann beginnt, relevant zu werden, wenn die Kabellänge bei einem Viertel der Wellenlänge des Signals liegt. Die Geschwindigkeit, mit der sich ein NF-Signal innerhalb einer elektrischen Leitung bewegt, resultiert aus dem Produkt der Lichtgeschwindigkeit mit dem Verkürzungsfaktor des Kabels. Die Behauptung, dass sich hohe Frequenzen schneller durchs Kabel bewegen als tiefe, gehört in die Literatursparte der Legendenbildung. Die höchste im NF-Bereich zu berücksichtigende Frequenz von 20 kHz flitzt also nach unseren Berechnungen mit einer Geschwindigkeit von 210.000 km/s durchs Kabel. Daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 10,5 km. Nehmen wir davon ein Viertel, so wird klar, dass uns auch diese Größe im normalen Beschallungs- und Studiobetrieb nicht allzu sehr ärgern kann. Anders sieht das in der digitalen Welt aus, hier sind Frequenzen im Spiel, bei denen der Wellen-

widerstand tatsächlich zum Tragen kommt.

### 5. Der Skin-Effekt

Von den Herstellern gerne werbewirksam eingesetzt wird der sogenannte Skin(Haut)-Effekt. Dieser besagt, dass sich die elektrische Energie bevorzugt an der Außenhaut eines Leiters entlang bewegt und nicht in seinem Innern. Aus diesem Grund werden Hochfrequenzkabel versilbert, da Silber noch eine Ecke besser leitet als Kupfer. Der Skin-Effekt beginnt sich auszuwirken bei:

1. mehreren Megahertz
2. mehreren zig Kilovolt oder
3. mehreren Kiloampère und jeder Kombination dieser Größen.

In der kompletten NF-Technik liegen die Grenzwerte bei 1. ca. 20 kHz, 2. ca. 200 Volt und 3. ca. 50 Ampere. Ich denke, eine nähere Erläuterung erübrigt sich hiermit.

An dieser Stelle möchte ich näher auf ein Zitat aus einer Vovox-Produktbeschreibung eingehen (*aus 2008, Ann. der Red.*): „Vovox Klangleiter entfalten ihre Eigenschaften nur dann optimal, wenn sie ihrer Laufrichtung entsprechend eingesetzt werden.“

So weit das Zitat. Ähnlichen Aussagen begegnete ich bereits in der Vergangenheit bei Kabeln der Firma Monster Cable. Jene Kabel waren tatsächlich auf die ein oder andere Art unsymmetrisch aufgebaut, sprich die Kontaktierung einer blinden Ader war nur einseitig vorhanden. Beide uns zur Verfügung stehenden Vovox-Kabel verfügten über einen völlig symmetrischen Aufbau, stecker- wie kupplungsseitig. Dies veranlasste mich, beim Erstellen der Auralisationen, das Vovox „Link Protect S“ mal verkehrt herum zu betreiben. Die resultierende Datei ließ zwischen „richtig“ und „falsch“ keine Unterschiede erkennen. Die Erklärung dafür ist trivial: Wir haben es beim Transport von Audiosignalen ausschließlich mit Wechselströmen zu tun, diese kennen keine Laufrichtung im Kabel. Warum dennoch damit geworben wird, ist für mich technisch nicht nachvollziehbar.