

Cable Bases von in-akustik

„Dünnes Eis“ oder doch nur profane Physik...?



In Lande „HiFi-Zubehör“ tummelt sich so einiges an klangförderlichen Hilfsmitteln, welche gerne aus dem Lande „Weißbichnichtwoher – aber auf jeden Fall zu Neumond in der Wüste Gobi gefertigt“ stammen und mit dem Nimbus einer „einmaligen Nochniedagewesenheit“ gerne unter die (HiFi-) Leute gebracht werden. In letzter Zeit wird über die Cable Bases viel berichtet und da darüber heftig diskutiert wird, will ich die Angelegenheit an dieser Stelle einmal auf der Basis der Physik ergründen.

Physik ist begründbar – oder auch ganz nüchtern umgangssprachlich gesagt: „Physik ist das, was was macht“! Schlauer Spruch, ich gebe es zu, also zu den Fakten – hier

die Lightversion: Wenn durch einen elektrischen Leiter Strom fließt, entstehen zwangsläufig Magnetfelder, diese werden durch benachbarte Materialien derart beeinflusst, daß sich die Kapazitäten in dem elektrischen Leiter verändern. Folglich stellt sich jede Veränderung im Umfeld des Leiters gleichzeitig als Eingriff in sein Leitungsverhalten dar. Das ist die zugegebenermaßen recht lockere Einlassung zum Thema, welches ja nicht unbekannt ist. Ich erinnere hier nur an die vor Jahren schon



angebotenen Kabelstützen am Markt. Wir wollen dies einmal von der wissenschaftlichen Seite angehen – und weil ich dazu viel zu unerfahren bin, habe ich den Redaktionskollegen Buchinger um die wissenschaftliche Begründung gebeten – schließlich ist er der promovierende Physiker unter uns.

Im Test ohne und mit Cable-Bases klingt das Air-Helix-Lautsprecherkabel von in-akustik nach übereinstimmenden Aussagen bei verschiedenen Hördurchgängen deutlich präziser (das Klangbild wirkt strukturierter und besser aufgelöst), wenn das Kabel von den dazu angebotenen Kabelstützen, den so genannten „Cable-Bases“,

gehalten wird. Damit liegt das Kabel nicht auf dem Boden auf. Stattdessen wird es von einzelnen Kautschukbändern getragen – quasi wie auf Brückenpfeilern – und bekommt dabei einen Abstand von 1 bis 2 cm vom Boden. Der Hersteller begründet die verbesserte Klangqualität durch den Einsatz der Cable-Bases mit der reduzierten Kapazität, die durch den vergrößerten Abstand zum Boden entsteht. Der Boden und das Kabel erzeugen vom Grundprinzip her ein System, das mit einem Kondensator vergleichbar ist. Sowohl das Kabel als auch der Boden verfügen über eine gewisse Aufladung. Damit werden zwei Ebenen unterschiedlicher Ladungsdichte aufgespannt, die in Wechselwirkung zueinanderstehen. Die Luft dazwischen fungiert als Dielektrikum – also als ein Medium, in dem Ladungsträger nicht frei beweglich sind und isolierende Eigenschaften hat, die materialabhängig sind. Physikalisch wird ein Dielektrikum durch den Zusammenhang der Flußdichte \vec{D} , der elektrischen Feldstärke \vec{E} sowie der Permittivität (Durchlässigkeit von Ladungsträgern) ϵ beschrieben:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad \textcircled{1}$$

mit

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad \textcircled{2}$$

Wobei die elektrische Feldkonstante

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \text{ und } \epsilon_r$$

die materialabhängige Permittivität beschreiben.

Die Kapazität C eines Kondensators wird in Folge mit der Darstellung

$$C = \frac{A \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}{d} \quad \textcircled{3}$$

beschrieben, wobei A die Fläche des Kondensators und d den Abstand der Kondensatorflächen zueinander darstellt. Demnach ist die Erklärung des Herstellers inakustik mathematisch betrachtet schlüssig, denn wie man an der Gleichung $\textcircled{3}$ erkennt, nimmt die Kapazität des Systems, das bauartbasierend durch einen Kondensator beschrieben werden kann, mit zunehmendem Abstand d ab. Außerdem reduziert die im Fuß der Cable-Bases integrierte Dämpfung Vibrationen. Diese Vibrationen werden ausgelöst durch die Schallwellen aus der Musikwiedergabe, die physikalisch nichts anderes sind, als Longitudinalwellen (und damit Impulsüberträge) und damit kann einer mit dem Kabelverlauf und der

Zeit sich ändernden Kapazität – die bei Aufliegen unmittelbar auf dem Boden durch die Schallwellen bedingt zu erwarten wäre – deutlich entgegengewirkt werden.

Es erscheint jedoch fraglich, ob derartige Einflüsse (die es zweifelsfrei gibt) tatsächlich zu der empfundenen Klangverbesserung führen. Denn die Grundladung des Bodens – verglichen mit der Ladungsdichte im Kabel – ist eher als gering anzunehmen. Vielmehr erscheint eine andere Ursache als maßgeblich, bei der die Cable-Bases ebenfalls einen erheblichen Mehrwert darstellen. Ein Kabel – wie das in Rede stehende Air Helix – kann man vom Aufbau her mit den Eigenschaften eines Koaxialkabels beschreiben. Der Unterschied zu einem normalen NF-Kabel besteht in dem genormten Wellenwiderstand. Daher werden Koaxialkabel häufig im Bereich der HF-Technik wie z. B. bei Funktechnik oder der Übertragung von digitalen Signalen verwendet. Aber selbstverständlich kann auch im NF-Bereich ein Koaxialkabel zum Einsatz kommen.

Das Besondere an Koaxialkabeln ist deren genormter und über die ganze Länge hinweg konstanter Wellenwiderstand, der oft auch als Wellenimpedanz oder einfach nur als Impedanz bezeichnet wird. Damit dies gewährleistet ist, muß ein Koaxialkabel über die ganze Länge hinweg zentralsymmetrisch aufgebaut sein, das heißt, daß alle Elemente des Kabels stets eine gemeinsame zentrale Zylinderachse besitzen. In der Mitte befindet sich der Innenleiter, der vielfältig aufgebaut sein kann und die eigentliche Information, die übertragen werden soll, enthält. In einem konstanten Abstand um den Innenleiter befindet sich der Außenleiter, der den Innenleiter von störenden Einflüssen von außen abschirmt. Dazwischen befindet sich, ähnlich wie bei einem Kondensator, ein Dielektrikum, das neben festen Materialien auch aus Luft bestehen kann. Die Energie in einem Koaxialkabel wird primär im Dielektrikum übertragen. Mathematisch wird das mit dem so genannten Poynting-Vektor beschrieben. Es handelt sich dabei um einen dreidimensionalen Vektor, der die Energiedichte und die Ausbreitungsrichtung beschreibt. Der Betrag des Poynting-Vektors ist lediglich im Bereich des Dielektrikums vom Wert 0 verschieden und beschreibt den Betrag der Leistungsdichte $|\vec{S}|$ wie folgt:

$$|\vec{S}| = \frac{|\vec{E}|^2}{Z_0} \quad \textcircled{4}$$

wobei $|\vec{E}|$ den Betrag der elektrischen Feldstärke und Z_0 den Wellenwiderstand im Vakuum beschreibt. Die-

se Erkenntnis ist im folgenden Schritt wichtig, denn das verbesserte Verhalten bei der Signalübertragung und die daraus resultierenden besseren Höreigenschaften dürfen maßgeblich mit dem Wellenwiderstand des Kabels zusammenhängen. Das Air-Helix-Kabel enthält eben ein Dielektrikum, das aus Luft besteht. Sobald das Kabel auf dem Boden aufliegt, wird die Symmetrie des Kabels durch sein Eigengewicht verändert. Es hat dann im Durchschnitt betrachtet nicht mehr eine konzentrische Kreisform, bei der die Abstände des Außenleiters sowie des Dielektrikums stets einen konstanten Abstand zum Innenleiter haben, sondern es entsteht eine ellipsoide Form. Je nach Lage des Kabels auf dem Boden und den durch Schalleinwirkung zwangsläufig dazu kommenden Vibrationen ändert sich damit der Wellenwiderstand beliebig und zufällig, weil der Poynting-Vektor im Kabel immer wieder andere Eigenschaften einnimmt, die im Kabelverlauf stets unterschiedlich sein können und damit verändern sich auch die Leitungseigenschaften des Kabels.

Der Wellenwiderstand Z_L eines Systems hängt vom Außen- und Innendurchmesser des Kabels ab und wird mathematisch folgendermaßen beschrieben:

$$Z_L = \frac{Z_0}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad \textcircled{5}$$

wobei D den Innendurchmesser des Außenleiters und d den Durchmesser des Innenleiters beschreibt. Bereits an dieser Stelle erkennt man einfach, daß sich Z_L ändern muss, sobald sich D ändert. Dies wäre dann der Fall, wenn sich die Geometrie des Außenleiters durch das Auflagegewicht und ein Dielektrikum aus Luft sowie Einflüssen aus Vibrationen ständig ändert. Die räumliche und zeitliche Änderung von D verändert die Gleichung $\textcircled{5}$ um einen kleinen Zusatz:

$$Z_L = \frac{Z_0}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{D(l, t)}{d}\right) \quad \textcircled{6}$$

wobei die Variablen l und t im Klammerausdruck $D(l, t)$ anzeigen, daß D eine Funktion der Länge des Kabels l und der Zeit t ist.

Nimmt man nun die Relation aus $\textcircled{6}$ und bringt diese mit dem Poynting-Vektor, der, wie oben beschrieben, die Ausbreitungsrichtung und Energiedichte im Kabel beschreibt, in Zusammenhang, so erkennt man, daß auch





die Leistungsdichte des Systems vom Wellenwiderstand abhängt. Löst man ⑥ nach Z_0 auf und setzt dies in die Gleichung ④ ein, die durch den Betrag des Poynting-Vektors die Leistungsdichte beschreibt, so erhält man folgenden Zusammenhang:

$$|\vec{S}| = \frac{|\vec{E}|^2}{Z_L \cdot 2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{D(l, t)}{d}\right) \quad \textcircled{7}$$

Damit erkennt man, daß sich mit dem Wellenwiderstand die Leistungsdichte des Kabels unweigerlich ändert, sobald D einer Veränderung oder Deformation unterliegt.

Die Cable-Bases sorgen nun dafür, daß die Symmetrie des Kabels in weiten Teilen unverändert bleibt. Und dadurch, daß das Air-Helix-Kabel auf den Stützen weich aufliegt, fällt die Deformation des Außenleiters und des Dielektrikums entsprechend gering aus. Damit bleibt der Wellenwiderstand und daraus folgend auch die Leistungsdichte des Kabels über seine ganze Länge konstant und genau dieser Fakt ist es, welcher zu besseren/reicheren Klangerlebnissen führt. Wichtig sind hierbei auch die Kreuzungskontakte von anderen Kabeln, insbesondere Netzleitungen, die so weit wie möglich verhindert werden sollten. Im Grunde sollte man die Cable-Bases mit dem Kabel „frei verlegen“.

Auf den Punkt gebracht

Physik ist erklärbar und sie ist letztlich hörbar. Die aufgezeigten Formeln mögen auf den ersten Blick für den Laien „Böhmische Dörfer“ sein. Tatsächlich lassen sich elektrische Einstreuungen nicht nur bei derartigen Kabelkonstruktionen wie der Air-Helix-Serie klanglich deutlich nachvollziehen. Ergo: Alles richtig gemacht, in-akustik!

Information

Cable-Base
 Preis 10er Set: 399 Euro, 6er Set: 249 Euro
 Hersteller:
 in-akustik GmbH & Co.KG
 Untermatten 12-14
 79282 Ballrechten-Dottingen
 Tel.: +49 (0) 76 34 – 56 10-0
 Fax: +49 (0) 76 34 – 56 10-80
 info@in-akustik.de
 www.in-akustik.de

Alexander Aschenbrunner
 Mario Buchinger