

Von Wolfgang Bauernfeind

Damit die Anlage gut klingt, haben wir an Potenziometern geschraubt, Klangregler im DSP gedreht, Laufzeiten korrigiert und die optimalen Übergangsfrequenzen gesucht und gefunden. Das alles mithilfe eines Messprogramms auf dem PC, denn damit gelingt das Auffinden derer Frequenzgangsenken oder drastischer Überhöhungen angenehm leicht.

Doch PC hin oder her – wer die richtigen Tricks kennt, kann auch mit seinem Gehör und geeigneten Test-CDs Frequenzgangprobleme, die richtige Laufzeit und die geeignete Ankopplungsfrequenz vom Subwoofer an das Frontsystem finden. Das Ohr ist schließlich ein hochwertiges Messinstrument. Also versuchen wir diesmal, mit unseren Lauschern ein sehr gutes Klangergebnis zu erzielen.

Das Equipment

Die Basis bei unserer Session ist eine Teilaktiv-Anlage mit passiv gefil-

Hört, hört!

So unwahrscheinlich es klingt: Auch ohne Mess-System kann man die Anlage ganz vernünftig einstellen – man muss nur wissen, wie's geht.

tertem Frontsystem und einem Subwoofer, jeweils mit eigenem Endstufenzweig. Diese Konstellation dürfte in den meisten Autos für den guten Ton sorgen. Um eine Headunit mit feiner Ausstattung kommen wir natürlich nicht herum, es darf aber auch ein externer DSP oder Equalizer sein. Das Computer-Mess-System ersetzen wir durch Test-CDs und unsere Ohren. Wir wollen, dass die Anlage „gut“ klingt, aber „gut“ ist ein subjek-

tiver Begriff, der vom persönlichen Hörgeschmack abhängt. Als Ersttäter orientiert man sich deshalb am Klang seiner Heimanlage.

Eine weitere Hilfe: Wir empfinden einen Klang als ansprechend, wenn er tonal ausgewogen und dynamisch wirkt und wenn Räumlichkeit und Ortbarkeit des Musikgeschehens gegeben sind. Diese Kriterien machen es uns etwas leichter, den Sound Schritt für Schritt zu optimieren.

Als erstes kümmern wir uns um die Ankopplung des Subwoofers an die Frontlautsprecher, denn wir wollen ja mit einem teilaktiven Dreiwegesystem arbeiten. Das geht per Gehör ist relativ gut. Ein Musikstück mit langen und gut hörbaren Basspassagen – etwa Track 11 der CD „Bass Fire“ – ist dabei hilfreich.

Zunächst stellt man an der digitalen oder analogen Frequenzweiche für das Frontsystem einen möglichst

niedrigen Wert ein, zum Beispiel 30 Hz, und tastet sich anschließend langsam hoch. An einer Stelle wird der Bassbereich deutlich leiser, meist um 80 Hz. Hier lassen wir den Hochpass ansetzen, zunächst mit einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave.

Damit haben wir den Bass an dem Punkt ausgekoppelt, an dem das Frontsystem ihn ohnehin nicht mehr ordentlich wiedergeben kann. Dies entlastet das System, was es uns mit deutlich relaxterer Spielweise dankt.

In *autohifi* 1/2006 haben wir gelernt, dass es nicht immer sinnvoll ist, dem Subwoofer die gleiche Übergangsfrequenz zu geben wie dem Frontsystem. Also gehen wir beim Bass ähnlich vor: Den Tiefpass lassen wir zunächst auch mit 12 dB/Oktave bei 30 Hz einsetzen und bewegen ihn schrittweise nach oben.

Sobald der Bass wummrig oder dröhnig wirkt, gehen wir wieder einen Schritt zurück. Es kann durchaus sein, dass wir so auf einer Frequenz von 60 Hz landen, damit der Sub bei einer Frequenz von 80 Hz etwa den gleichen Pegel des Frontsystems erreicht und sich somit besser einfügt.

Ein kleiner Trick: Den Subwoofer umpolen – wenn der Bass danach voller klingt, lassen wir's so. Der erste Schritt in Richtung Ausgewogenheit ist also getan, der nächste gilt dem Frequenzgang.

Equalizing: Schwierig, aber äußerst hilfreich

Dieser wird stark von der Fahrzeugakustik beeinflusst und von der möglicherweise noch nicht korrekten Phasenlage von Woofer und Frontsystem. Doch während die Heimanlage dann ausgewogen klingt, wenn der Frequenzgang eine möglichst lineare horizontale Linie bildet, sieht das im Auto etwas anders aus.

Hier wird es als angenehmer empfunden, wenn das Frequenzspektrum eine Bassüberhöhung (unter 200 Hz)

bis zu 10 dB und eine Absenkung der Höhen (ab 8 kHz) um bis zu 3 dB aufweist. Dazwischen sollte Linearität herrschen, weil dieser Bereich dem der menschlichen Stimme entspricht und unser Gehör auf dort stattfindende Abweichungen sehr empfindlich reagiert.

Nun ist das Equalizing – zumindest per Gehör – der schwierigste Teil der Anlagenoptimierung. Die wenigsten von uns dürften mit dem absoluten Gehör ausgestattet sein, das es ermöglichen würde, einzelne Frequenzen perfekt herauszuhören und einschätzen zu können. Mit der folgenden Vorgehensweise lässt sich zwar ein grobes Ergebnis erreichen, aber für die Feinabstimmung sei dringend geraten, den Auto-HiFi-Händler des Vertrauens aufzusuchen (Händlerliste siehe Heftmitte). Der misst den Frequenzgang, mit dem man sich dann an die Feinjustage macht.

Doch davor lassen sich wie gesagt ein paar Widrigkeiten ausmerzen. Mit Track 5 der CD „Absolute Sound“ stellt man fest, ob der wichtige Stimmbereich (Frauenstimmen) der Anlage Probleme bereitet. Die Einstellungen nehmen wir am Equalizer vor.

Dieser sollte mindestens sieben grafische Bänder besitzen, denn mit weniger Bändern gelingen Korrekturen nur durch Zufall. Noch besser sind mindestens fünf parametrische Equalizerbänder, betroffene Frequenzen können so exakter behandelt werden.

Mögliche Probleme: Klingt die Stimme nasal und topfig, steckt zu viel Energie im Bereich von 700 bis 1300 Hz. Grafische Equalizer haben für diesen Bereich im Optimalfall drei bis vier Bänder. Also regeln wir Band für Band den Pegel in 1-dB-Schritten herunter, bis niemand mehr näselt.

Mit einem parametrischen EQ ist mehr Tüftelei gefragt, doch das Ausprobieren von verschiedenen Gütefaktoren und noch mehr Frequenzen kann ein besseres Ergebnis bringen.

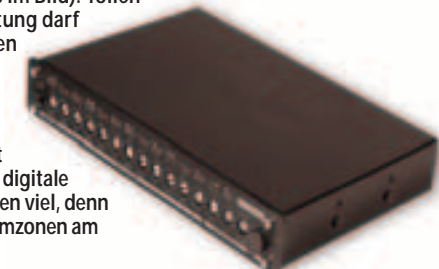
Klingt die Stimme substanzlos und dünn, haben wir es mit Einbrüchen bei Frequenzen um 400 Hz zu tun. Hier gehen wir genau wie oben beschrieben vor, nur dass diesmal der Pegel leicht angehoben wird. Ausprobieren lautet die Devise. Das Ziel ist erreicht, wenn Gesangsstimmen das nötige Volumen aufweisen, ohne vorlaut oder dröhnig zu klingen.

Fehlt das Funkeln, etwa beim Schlagzeugbecken oder bei Geigen, dann stimmt etwas beim Hochton ab 9000 Hz nicht. Es kann auch sein, dass eben dieser Frequenzbereich harsh oder nervig klingt. Entsprechend ge-

1 Das Equipment



Externe digitale DSPs vereinen Laufzeitkorrektur, Equalizing und Frequenzweiche (links im Bild). Tollen Komfort und gute Ausstattung darf man auch von hochwertigen Headunits erwarten (rechts im Bild).



Dem Frequenzgang widmet sich der analoge (Bild) oder digitale Equalizer. Viele Bänder helfen viel, denn so erwischen wir die Problemzonen am genauesten.

2 Das „Mess-System“

Unser wichtigste Messinstrument sind die Ohren. Standardmäßig ist von Geburt an ein Pärchen davon links und rechts an unserem Kopf installiert.

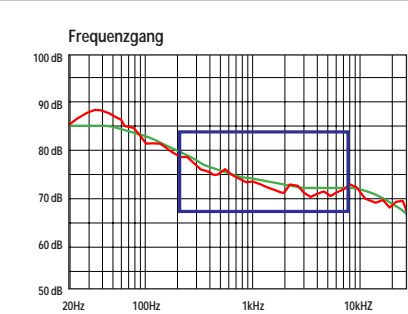
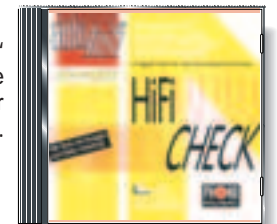


Die CD „Bass Fire“ (zu bestellen unter www.zounds.de) ist perfekt, um das Bass-Staging zu justieren und die Dynamik der Anlage zu kontrollieren.



Tracks mit fokussierten Stimmen, die sich für die Laufzeitkorrektur eignen, bietet die CD „Absolute Sound“ (Beilage zum Sonderheft *autohifi* High-End 2005, zu beziehen über bestellservice@scw-media.de, Tel. 0711/182-2626).

Die Test-CD „HiFi-Check“ beinhaltet Signale, um die Balance und die Polung zu testen (zu bestellen unter www.zounds.de).



3 Ausgewogenheit

Im hervorgehobenen Bereich sollte der Frequenzgang möglichst linear sein und nur sanft zu den Höhen abfallen. Bei den tieferen Frequenzen darf es ruhig etwas mehr Power sein. Die Höhen sollten leicht abgesenkt werden, damit sie nicht nervig klingen.

4 Räumlichkeit



Das Klangbild wirkt räumlich, wenn es eine breite Bühne erzeugt, die sich außerdem in die Tiefe staffelt.

5 Ortbarkeit



Von Ortbarkeit wird gesprochen, wenn sich die einzelnen Akteure (Sänger, Instrumentalisten) oder Klangereignisse auf einem definierten Platz der Bühne befinden.

ben wir Pegel zu oder regeln ihn herunter. Führt man nämlich dem Signal zu viel Energie zu, kann es sehr schnell zu Verzerrungen kommen.

Der Bass unter 100 Hz ist eher Geschmackssache. Viele bekommen nicht genug davon, für andere darf der Tiefton nicht vorlaut klingen, sondern soll sich harmonisch einfügen.

Ein erster Beitrag zur Ausgewogenheit und Tonalität wäre somit geleistet. Wichtig ist, immer wieder eine Pause einzulegen, denn unser Gehör ermüdet sehr schnell. Zwischendurch sollten die Test-CDs auch ruhig immer mal auf der Heim-Anlage zum Vergleich gehört werden. Und wie gesagt: Von einer Einstellung des Equalizers per Ohr sollte man keine Wunder erwarten.

Räumlichkeit und Ortbarkeit

Von Räumlichkeit sprechen wir, wenn sich das Klanggeschehen über eine breite Bühne erstreckt und sich in die Tiefe staffelt – ein dreidimensionaler Eindruck entsteht **4**. Auch die Ortbarkeit ist ein faszinierender Effekt **5**, der durch penible Justage

und gewissenhaften Einbau erreicht werden kann. Glückt das Experiment, erscheinen Sänger und Instrumente klar umrissen genau und unverrückbar an dem Ort, an dem sie der Toningenieur beim Abmischen haben wollte bzw. dort, wo die Akteure bei der Liveaufnahme standen.

Allerdings stellt uns das Fahrzeug etliche Hürden in den Weg, so dass wir meistens zu Kompromissen zwischen Räumlichkeit und Ortbarkeit gezwungen werden. Neben widrigen Umständen wie unterschiedlich reflektierenden Materialien ist der Haupteinflussfaktor die Sitzposition des Hörers. Anders als im Wohnzimmer sitzt der Hörer im Auto nicht in der Mitte zwischen den Lautsprechern, sondern links versetzt. Glücklicherweise können hochwertige Headunits und externe DSPs diesen Umstand kompensieren.

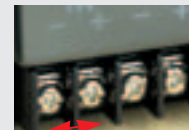
Laufzeitkorrektur für die Ortbarkeit

Das Zauberwort heißt Laufzeitkorrektur. Als erstes sollten wir checken, ob die Lautsprecher richtig angeschlossen sind. Tracks 3 und 4 der

6 Die richtige Polung



Sind die Frontlautsprecher falsch angeschlossen, ergibt es ein diffuser Klang.



Das Umpolen eines Lautsprechers behebt das Problem.

7 Laufzeitkorrektur



An diese Position soll die Stimme bei der Justage rücken, um die Bühne genau vor den Fahrer zu bekommen.

8 Dynamik

Einen wichtigen Beitrag zum guten Klang und zur Dynamik leisten ein stabiler Lautsprecher-Einbau und die Dämmung von Karosserie- und Verkleidungsteilen:



Die Dämmung der Türen (Außenblech und Verkleidung) ist essenziell, um das Mitschwingen von Fahrzeugteilen zu unterbinden.



Die stabile Verschraubung der Tieftonlautsprecher trägt ebenfalls dazu bei, dass Schwingungen nicht auf Verkleidungsteile übertragen werden.



Eine feste Hochtönerbehauung muss sein, denn auch der Tweeter regt sein Gehäuse zum Schwingen an. Das kann sich negativ auf den Klang auswirken.

„HiFi-Check“-Test-CD 2 zeigen, ob linker und rechter Kanal stimmen.

Mit Track 1 kann leicht herausgehört werden, ob die Lautsprecher verpolt sind. Abwechselnd wird ein phasenrichtiges (3 Sekunden lang) und anschließend ein verpoltes Signal (eine Sekunde lang) abgespielt. Hört sich das eigentlich phasenrichtige Signal diffus an 6, als ob es von irgendwoher käme, nur nicht aus der Mitte zwischen den Lautsprechern, dann muss ein Speaker umgepolt werden (Plus- und Minuszuleitung an der Frequenzweiche vertauschen 6). Steht der Ton wie festgenagelt in der Mitte, dann stimmt die Polung.

Track Nummer 5 der CD „Absolute Sound“ 2 muss jetzt erhalten, um das Musikgeschehen von der Fahrzeugmitte auf die Fahrerseite zu hieven. Die Laufzeitkorrektur des Radios, vorzugsweise in Millisekunden einstellbar, justieren wir zunächst für den linken Lautsprecher.

Dafür tasten wir uns nach und nach an den optimalen Wert heran, indem wir die Laufzeit in 0,1-Millisekundenschritten verzögern. Gut hörbar wandert die Stimme immer weiter nach links, bis sie schließlich direkt auf dem Armaturenbrett hinter dem Lenkrad steht 7. Bei den meisten Autos beträgt der Verzögerungswert etwa 1,2 Millisekunden.

Der Subwoofer darf niemals ortbar sein

Ein weiterer Schritt in Richtung Ortbarkeit ist getan, aber ein Problem haben wir uns damit eingehandelt. Mit Track 11 der CD „Bass Fire“ 2 hören wir nämlich, dass sich der Bass nicht in den Klang vor uns einschmiegt, sondern seine Position im Kofferraum verrät.

Aber auch das lässt sich mit der Laufzeitkorrektur in den Griff bekommen: Wir verzögern beide Frontkanäle in Schritten von 1 bis 2 Millisekunden so lange, bis sich der Bass präziser und vor allem lauter anhört und nicht mehr ortbar ist.

Den letzten Physikstreich, nämlich dass der Bass immer einen Tick zu spät zu kommen scheint, gleichen wir aus, indem wir den Basswellen eine ganze Phase (360 Grad) Vorsprung geben. Ausschlaggebend dafür ist die Übergangsfrequenz des Subs. Die Tabelle 9 zeigt, welcher Millisekundenwert einer ganzen Phase entspricht. Am Ende sollte das Musikgeschehen geschlossen und gut ortbar, allerdings auch nicht auf einen Punkt gedrängt vor dem Fahrersitz spielen.

Viel Verstärker-Power verbessert die Dynamik

Auch in Sachen Dynamik lässt sich noch etwas drehen. Enorm wichtig sind dafür bereits der Einbau der Speaker und die Komponenten. Um den Lautsprechern ein Maximum an Kontrolle zu ermöglichen, spendieren wir ihnen schön viel Power.

Mehr Leistung bringt aber nicht nur mehr Pegel, sondern auch weniger Verzerrungen. Selbst bei mittleren Lautstärken ergibt sich somit eine hohe Dynamik, also ein deutlicher Unterschied zwischen den leisesten und den lautesten Passagen.

9 Zusammenhang Verzögerung/Strecke und Phase

60 Hz (Tondauer 16,7 ms)

Verzögerung	Strecke	Phase
2,1 ms	0,7m	45 Grad
4,2 ms	1,4m	90 Grad
8,4 ms	2,9m	180 Grad
12,6 ms	4,3m	270 Grad
16,7 ms	5,7m	360 Grad

80 Hz (Tondauer 12,5 ms)

Verzögerung	Strecke	Phase
1,5 ms	0,5 m	45 Grad
3,1 ms	1,0 m	90 Grad
6,2 ms	2,1 m	180 Grad
9,3 ms	3,2 m	270 Grad
12,5 ms	4,2 m	360 Grad

90 Hz (Tondauer 11,1 ms)

Verzögerung	Strecke	Phase
1,4 ms	0,4 m	45 Grad
2,8 ms	0,8 m	90 Grad
5,6 ms	1,9 m	180 Grad
8,4 ms	2,8 m	270 Grad
11,1 ms	3,8 m	360 Grad

100 Hz (Tondauer 10 ms)

Verzögerung	Strecke	Phase
1,3 ms	0,4 m	45 Grad
2,5 ms	0,9 m	90 Grad
5,0 ms	1,7 m	180 Grad
7,5 ms	2,6 m	270 Grad
10,0 ms	3,4 m	360 Grad

Gut gedämmt ist halb gewonnen

Wichtiger für guten Klang ist auch der stabile Einbau der Lautsprecher. Die Mitteltöner sollten fest in den Türen verschraubt sein; auch ist es ratsam, Türblech und Türverkleidung ordentlich mit Bitumenmatten oder -masse zu dämmen 8. Unterlässt man dies, kann es passieren, dass ein Großteil der Leistung verpufft, nur

weil Verkleidungsteile mitschwingen. Dabei soll doch nur die Lautsprecher-membran schwingen! Auch das Dröhnen und Klappern sich bewegender Plastikteile nervt.

Übel ist es auch, wenn die Lautsprecherbehauung nicht sauber gedämmt und abgedichtet wurde: Vom Chassis nach hinten abgestrahlte Schallanteile gelangen durch die Lecks nach außen und verursachen vor der Membran einen akustischen Kurzschluss. Gegenphasige Schallwellen löschen sich aus, es kommt zu einem Frequenzgangeinbruch, der mit dem Equalizer schwer in den Griff zu bekommen ist. Man bessert daher lieber beim Einbau nach.

Auch die Hochtönerbehauung sollte stabil sein, denn der kleine Tweeter erzeugt ebenfalls Schwingungen 8. Insgesamt wird das Klangbild durch festen Einbau und gute Dämmung deutlich präziser.

Mit Hecklautsprechern zu mehr Räumlichkeit

Für Ausgewogenheit, Ortbarkeit und Dynamik haben wir also gesorgt. Doch auch der Räumlichkeit können wir noch auf die Sprünge helfen. Wer ein paar Euro für Hecklautsprecher einplant, darf sich bei richtiger Konfiguration nicht nur über räumlicheren und luftigeren Klang, sondern auch über zufriedene Hintensitzer freuen.

Allerdings dürfen die Speaker auf keinen Fall ortbar sein, da sie sonst das Klangbild ruinieren. Sie müssen daher leiser als die Frontlautsprecher eingestellt werden, so weit, bis sie eben nicht mehr vorlaut spielen.

Am einfachsten erreicht man dies durch die Fadereinstellung am Radio – je weiter der Fokus nach vorne gerückt wird, desto leiser spielt das Hecksystem. Das beste Ergebnis erzielt man aber, wenn man sogar die Rearspeaker in der Laufzeit verzögert.

Wie beim Frontsystem müssen wir auch hier darauf achten, dass wir im Übergangsbereich zum Subwoofer keine Einbrüche erhalten. So muss auch das Hecksystem so lange in Schritten von 1 bis 2 Millisekunden verzögert werden, bis der Bass als am lautesten empfunden wird.

Anschließend bekommt das System wieder eine komplette Phase Verzögerung (siehe Tabelle 9), um den Subwoofer genügend Zeit zu lassen. Das Hecksystem in den Griff zu bekommen stellt die größte akustische Herausforderung dar, wird aber mit einer weniger seitenlastigen, freien und offeneren Bühne belohnt. ■