

Bo Hanus

Hi-Fi, MP3 und Verstärker selbst ins Auto einbauen



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Hi-Fi- und Multimedia-Anlagen selbst einbauen
- ▶ Car-Lautsprecherboxen im Selbstbau
- ▶ Verbindungen und Verkabelungen: Darauf müssen Sie achten!

Bo Hanus
Hi-Fi, MP3 und Verstärker
selbst ins Auto einbauen

Bo Hanus

Hi-Fi, MP3 und Verstärker selbst ins Auto einbauen

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Mit 106 farbigen Abbildungen

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis

Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2008 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz: DTP-Satz A. Kugge, München

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: Delo Tiskarna d.d., Ljubljana

Printed in Slovenia

ISBN 978-3-7723-4279-0

Inhaltsverzeichnis

1	Hi-Fi- und Multimedia-Anlagen im Auto	9
1.1	Das Autoradio	11
1.2	Der CD- und/oder DVD-Tuner	12
1.3	Car-Multimedia	13
1.4	MP3, MP4, iPod und Co	14
1.5	Navigationssysteme	15
1.6	Drahtlose Verbindung über Bluetooth	16
2	Hi-Fi-Audiowiedergabe?	17
2.1	Der hörbare Frequenzbereich	19
3	Verstärker im Auto	23
3.1	Der Klirrfaktor	25
3.2	Zusätzliche High-Power-Endstufen	27
3.3	Mehr Power erwünscht?	29
4	Lautsprecher im Auto	31
4.1	Funktionsweise eines Lautsprechers	33
4.2	Lautsprecher-Frequenzcharakteristik	37
4.3	Passive Frequenzweichen	42
4.4	Aktive Frequenzweichen	47
4.5	Mehrband-Equalizer	48
4.6	Ersetzen eines defekten Lautsprechers	50
4.7	Impedanz eines Lautsprechers	53
4.8	Wirkungsgrad eines Lautsprechers	56
5	Lautsprecherboxen	59
5.1	Welche Boxen sind die besten?	65
5.2	Bassreflex-Boxen	68

Inhaltsverzeichnis

6	Car-Power-Musikanlagen selbst auswählen und installieren	73
6.1	Power und Bässe	74
6.2	Mittelton- und Hochtonlautsprecher	79
6.3	Abstimmung der Lautstärke	83
7	Verkabelung, Verbindungen, Sicherungen	87
7.1	Verbindung des Autoradios mit einem zusätzlichen Endverstärker	89
7.2	Verbindung des Endverstärkers mit der Batterie	91
7.3	Verbindung der Lautsprecher mit der Endstufe	93
7.4	Sicherungen	94
8	Car-Lautsprecherboxen im Selbstbau	95
8.1	Optimale Größe der Selbstbau-Boxen	97
8.2	Selbstbau-Boxen für Mittel- und Hochtöner	98
8.3	Selbstbau-Boxen für Subwoofer	102
9	Energieversorgung der Unterhaltungselektronik im Auto	105
9.1	Was verkraftet eine Autobatterie?	107
9.2	Ist Ihre Autobatterie zu schwach?	112
9.3	Ein zusätzlicher Speicherkondensator für die Leistungsspitzen	117
9.4	Laden und Entladen von Auto- oder Zweitbatterien	118
9.5	Solarelektrisches Laden von Auto- oder Zweitbatterien	122
	Stichwortverzeichnis	126

1 Hi-Fi- und Multimedia-Anlagen im Auto



Autoradios der neuen Generation sind keine einfachen Radioempfänger mehr. Sie sind als wesentlich komplexere Kombigeräte, als leistungsstarke Steuergeräte (Steuerzentralen) oder als Bordcomputer ausgeführt.

Die einfachsten dieser Kombigeräte werden mitunter schlicht z. B. als Autoradios (mit RDS), CD-Tuner, DVD-Tuner, CD-Receiver u. ä.

1 Hi-Fi- und Multimedia-Anlagen im Auto

bezeichnet. Aufwendigere Geräte sehen zwar auf den ersten Blick oft noch wie einfache Autoradios aus, verfügen aber über sehr viel Elektronik mit einer großen Vielfalt an Steuerungs- und Bedienungsmöglichkeiten. Welche Möglichkeiten gegeben sind, ist typenbezogen unterschiedlich. Auch die Anschlüsse und Nachrüstungsmöglichkeiten solcher Geräte unterscheiden sich voneinander. Bei Neuanschaffungen sollte daher dringend darauf geachtet werden, über welche Eigenschaften das neue Steuergerät bzw. der Bordcomputer bereits verfügt. Wichtig sind auch die Anschluss- und Nachrüstungsmöglichkeiten zusätzlicher externer Geräte.

Sie werden bei der Suche nach einem optimalen Gerät auf viele Abkürzungen und Bezeichnungen stoßen. Neben den markenbezogenen Bezeichnungen und Abkürzungen gibt es auch sehr viele, die sich inzwischen in Fachkreisen etabliert haben und auf gewisse Fähigkeiten, Eigenschaften oder Fehlfunktionen hinweisen. Einige davon werden folgend themenbezogen bei der Beschreibung der Funktionen näher erklärt.



Abb. 1.1 – Da kann das „gute alte“ Autoradio vor Neid erblassen: **a)** Auch einfachere Autoradios verfügen gegenwärtig zumindest über einen integrierten CD-/MP3-Receiver; **b)** komfortablere Autoradios, die als Multimedia-Geräte bezeichnet werden, verfügen über einen kleinen eingebauten Monitor und viele Features wie DVD, DVD-R, DVD-RW, MP3, MP4, CD, CD-R, CR-RW, WMA, USB u. ä. **c)** die aufwendigsten Multimedia-Geräte bieten ausfahrbare Touchscreen-Monitore, eine Bluetooth-Freisprecheinrichtung, Dolby-Digital-Sound und natürlich alle Features, die zuvor aufgelistet wurden **d)** Pioneer-Autoradio mit Fernbedienung (Fotos/Anbieter: Ground Zero GmbH).

1.1 Das Autoradio

Ähnlich wie bei jedem anderen Radioempfänger interessiert bei dem eigentlichen Autoradio vor allem der UKW-Bereich, der eine zufriedenstellende Klangwiedergabe bietet.



Bei einem fahrenden Auto hängt jedoch die Qualität der Klangwiedergabe vor allem von dem Abstand zum Sender ab.

Dieses Problem kann unter Umständen zumindest teilweise bei einem *RDS* (Radio Data System)-Autoradio behoben werden. RDS fügt bei UKW-Sendungen

zusätzliche digitale Informationen hinzu, die von einem RDS-Tuner (im Autoradio) ausgewertet und genutzt werden. Die Art der Nutzung dieses Systems wird mit folgenden Abkürzungen spezifiziert, die sich auf unterschiedliche Leistungen des RDS beziehen:

AF (Alternative Frequency) hält eine möglichst gute Wiedergabequalität des empfangenen Senders aufrecht. Wenn z. B. der Sender mit der am Radio eingestellten Senderfrequenz nicht mehr in ausreichender Reichweite des Fahrzeuges ist, schaltet das RDS automatisch auf eine andere Frequenz mit einem besseren Empfang um, mit der das-

selbe Programm von demselben Sender ausgestrahlt wird.

PI (Programme Identity) sucht bei Bedarf nach einem anderen Sender mit demselben Programm, wenn das empfangene Signal zu schlecht wird. Der Erfolg dieser an sich intelligenten Arbeitsweise hängt allerdings davon ab, ob es noch einen anderen Sender mit demselben Programm gibt.

PTY (Programme Type) sortiert die Suche nach themenverwandten Sendern vor: Wetter, Nachrichten, Popmusik, Rockmusik, klassische Musik usw.

TA (Trafic Announcement) ist ein spezielles Feature, das, unabhängig vom jeweiligen Programm, laufend Verkehrsdurchsagen empfängt und wiedergibt. Das empfangene Radioprogramm wird dabei für die Dauer dieser Durchsagen unterbrochen.

Die Bedienung eines modernen Autoradios kann typenabhängig sowohl manuell als auch sprachgesteuert erfolgen.



Abb. 1.2 – Der Anschluss zusätzlicher Endstufen erfolgt an der Rückseite des Autoradios an Ausgängen, die in den Unterlagen z. B. als *Vorverstärker-Ausgangsspannung 4 V* oder *Woofer-Ausgang 2 V* bezeichnet werden oder zeichnerisch dargestellt sind.

1.2 Der CD- und/oder DVD-Tuner

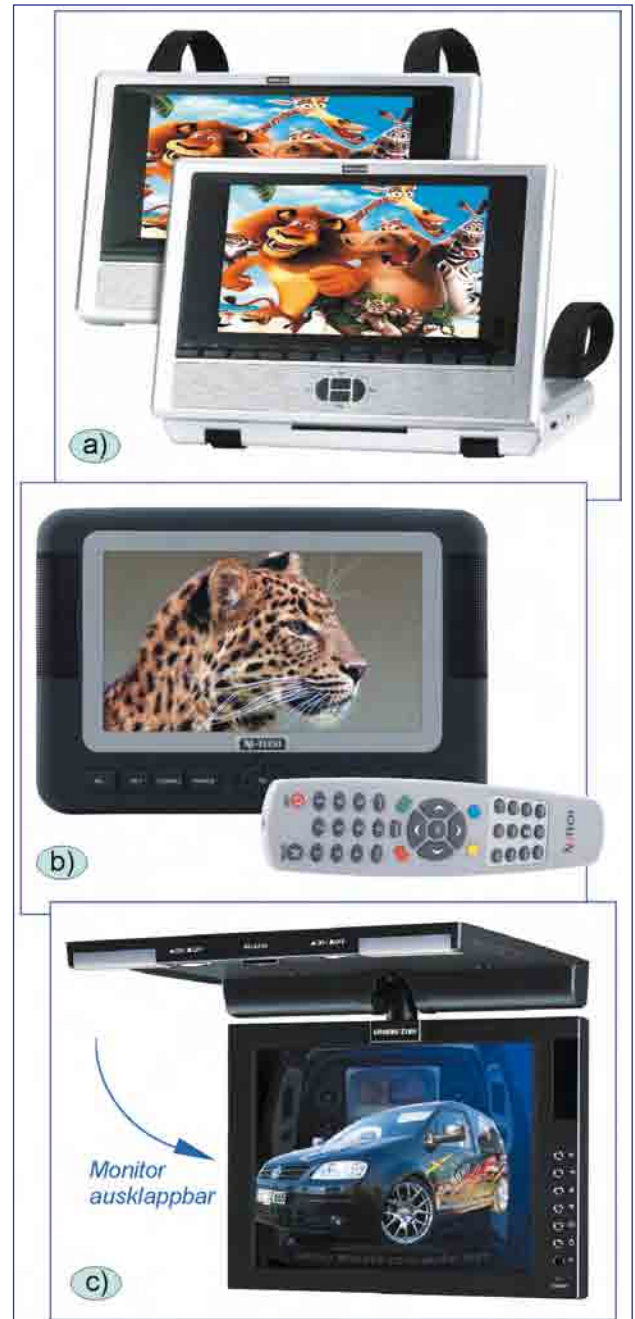
Autoradios verfügten früher oft über einen eingebauten Kassettenrekorder. Heute ist er durch einen CD- oder DVD-Tuner (Player) ersetzt.

Die meisten Autoradios sind mit einem MP3-/MP4-/WMA-fähigen CD-Player, einige mit einem DVD-Player oder -Receiver ausgestattet. Ein DVD-Gerät bietet u. a. den Vorteil, dass sich die Mitreisenden an kleinen Bildschirmen Filme ansehen können.

Abb. 1.3 – An einen Auto-DVD-Tuner können kleine LCD-Monitore angeschlossen werden: **a)** Monitore zum Aufhängen auf die Kopfstützen; **b)** Ausführungsbeispiel eines Monitors für Kopfstützen- oder Individualmontage; **c)** ein ausklappbarer „Flip-Down-Monitor“ für die Decke mit eingebauter Innenraumbeleuchtung. (Fotos/Anbieter: Conrad Electronic und Ground Zero GmbH)



Abb. 1.4 – Auto-CD-Player sind wahlweise auch als selbstständige Geräte erhältlich: Sie bestehen aus einem Monitor und einem hinter dem Monitor integrierten DVD-Player und können an der Rückseite der Kopfstützen befestigt werden. (Foto/Anbieter: Conrad Electronic)



1.3 Car-Multimedia

Was man unter dem Begriff *Multimedia* versteht, ist Ermessensfrage. Schon einen DVD-Tuner mit kleinem Farbmonitor könnte man als „multimediales System“ bezeichnen. Genau definierte Grenzen gibt es hier nicht. Die Möglichkeiten der Nachrüstung sind vielfältig und mit drahtlosem Zugriff auf das Internet zunehmend einfacher.

Viele der „Steuereinheiten“ (einst „Autoradios“ genannt) verfügen über zahlreiche Anschlüsse für externe Geräte und Steckplätze für SD-Karten, um z. B. über einen integrierten MP3-Spieler die auf der SD-Karte gespeicherten Lieblingstitel auch unterwegs wiedergeben zu können. Abb. 1.5 zeigt eine Übersicht, auf

welche Weise sich eine Hi-Fi- und Multimedia-Anlage in einem Auto nützlich machen kann. Diese Übersicht erleichtert eine Vorselektion wünschenswerten Zubehörs.

Wer längere Reisen mit Kindern unternimmt, die sich während der Fahrt auf dem Rücksitz langweilen, kann zwei Monitore anbringen, auf denen während der Fahrt fesselnde Programme laufen.

Bevor jedoch der Stand der Technik weiche Monitore ermöglicht, an denen man sich bei einer Kollision nicht verletzen kann, sollte eine feste Installation der Monitore gut durchdacht sein.



Abb. 1.5 – In ein modernes Steuergerät oder einen Bordcomputer ist zwar ein Radioempfänger integriert, aber der größte Teil der Elektronik bewältigt meist noch sehr viele andere, oft anspruchsvolle Aufgaben.

1.4 MP3, MP4, iPod und Co

Für MP3- und MP4-Player, iPods und ähnliche Kleingeräte gibt es bei den neueren Autoradios, Steuereinheiten oder Bordcomputern entweder Anschlüsse für Kabelverbindungen sowie Anschlüsse für separat angebrachte oder bereits in das System integrierte Bluetooth-Empfänger. In letzterem Fall benötigt der Anwender an seinem „Handgerät“ einen zusätzlichen Bluetooth-Sender.



Unser Tipp

Einige Autoradios, Tuner oder Geräte, die als Nachfolger eines Autoradios konzipiert sind, haben alle wichtigen Anschlüsse an der Frontseite. Bei anderen hat der Hersteller einige der Anschlüsse nur an der Rückseite angebracht. Die benötigten Anschlüsse müssen dann vor der Montage nach außen herausgeführt und zugänglich installiert werden. Dabei sind auch die Sicherheitsmaßnahmen zu berücksichtigen. Zusätzliche Stecker, Schalter und andere Vorrichtungen müssen so installiert werden, dass man sich bei einem Unfall nicht an ihnen verletzen kann.



Abb. 1.6 – Das Pioneer-Autoradio DEH-50UB verfügt über einen MOSFET-Endverstärker mit einer Leistung von 4 x 27 W DIN-Sinus/4 x 50 W, ist mit einem erschütterungsunempfindlichen Laufwerk ausgelegt, MP3/WMA/WAV/ACC abspielbar. Weitere Features: ID3-Tags und WMA-Text, CD-R und CD-WR tauglich, hat je einen USB- und AUX-Anschluss auf der Geräterückseite.

1.5 Navigationssysteme

Navigationssysteme sind wahlweise als portable oder fest eingebaute Geräte ausgelegt. Die Eigenschaften dieser Geräte sind unterschiedlich. Grundsätzlich bieten die meisten der Festeinbausysteme den Vorteil, in die Steuereinheit integriert zu sein und nicht als zusätzliche Fremdkörper installiert werden zu müssen.



Eine Sprachsteuerung kann in dem Fall z. B. über das bereits eingebaute Mikrofon erfolgen. Die Sprachausgabe läuft über die Autolautsprecher, die eine wesentlich bessere Wiedergabequalität bieten als der Minilautsprecher eines portablen Kleingeräts. Zudem ist auch der Bildschirm des Navigationsgeräts im Fahrzeug optisch und hinsichtlich der Sicherheit vor-

teilhaft installiert und kann auch für die Multimedia-Anlage genutzt werden. Das Gleiche gilt für die Sprachsteuerung, die bei diversen integrierten Navigationssystemen für anderweitige Aufgaben, z. B. andere Steuerungen und Kommunikationen, genutzt werden kann.

Komfortable Navigations-Festeinbausysteme bilden oft einen unzertrennlichen Bestandteil der

multimedialen Fahrzeuganlage. Sie können bei einer gut durchdachten Funktionsvielfalt die Bedienung aller Geräte der Unterhaltungselektronik vereinfachen. Sie können aber bei einer zu komplexen Verflechtung der Funktionsvielfalt die Bedienung der mit ihr verbundenen Geräte zu einer anspruchsvollen und mitunter kaum noch überschaubaren Angelegenheit machen.



Abb. 1.7 – Na.8 – Navigationssysteme sind als portable oder in Autoradios integrierte Geräte erhältlich.

1.6 Drahtlose Verbindung über Bluetooth

Bluetooth-Systeme sind Funkverbindungen mit kurzer Reichweite und können sich gerade im Auto als sehr nützlich erweisen. Eine Bluetooth-Schnittstelle ermöglicht eine bequeme drahtlose Verbindung zwischen einem Handy (Mobiltelefon) und dem Autoradio. Manche Autoradios bzw. Steuergeräte und Bordcomputer werden mit einer sogenannten *Handyvorbereitung* angeboten und benötigen einen zusätzlichen *Snap-in-Adapter*, der oft nur optional erhältlich ist.

Die Bluetooth-Systeme der Handys weisen Unterschiede auf, wodurch eine Kompatibilität der Geräte mit der Schnittstellenelektronik nicht sicher gegeben

ist. Vor allem die Funktion der Freisprecheinrichtung beruht bei den gegenwärtigen Anwendungen des Bluetooth-Standards auf Profilen, die herstellungstechnisch unterschiedlich modifiziert sein können. Dies hat in der Praxis zur Folge, dass ein nachträglich kombiniertes System entweder gar nicht oder nur teilweise funktioniert. Zudem ist die Bluetooth-Schnittstelle des Bordcomputers für Headsets, Laptops oder PDAs nur selten vorgesehen. Daher ist es ratsam, beim Kauf zu prüfen, ob alle Funktionen und vorgesehenen Eigenschaften des Bluetooth-Systems den individuellen Ansprüchen gerecht werden.



Abb. 1.8 – Das Pioneer-Autoradio DEH-P700BT verfügt über einen MOSFET-Endverstärker mit einer Leistung von 4 x 27 W DIN-Sinus/4 x 50 W Musik und ist ausgelegt für Bluetooth-Bedienung mit einer Funktionalität von Freisprechen, Telefonbuchübertragung, Steuerung externer Player u. v. a. Funktionen; diese sind nur mit kompatiblen Geräten möglich.

3 Verstärker im Auto



Abb. 3.1 – Autoradio

Geräte, die als Nachfolger der ursprünglich bescheidenen Autoradios unter verschiedensten Bezeichnungen erhältlich sind, verfügen in der Regel über leistungsfähige Verstärker. Die meisten haben zwei bis vier Endverstärker, deren Nennleistung (Musikleistung) jedoch maximal ca. 40 bis 55 Watt pro Kanal beträgt.

3 Verstärker im Auto

Möchte man einen Verstärker zur Musikwiedergabe und nicht als Lärmquelle verwenden, ist die *maximale Musikleistung* nur als sekundärer Richtwert zu sehen. Sie bezieht sich lediglich darauf, was ein Verstärker an Leistung gerade noch verkraftet.

Für die Musikwiedergabe ist nur die Sinusleistung (RMS-Leistung) des Verstärkers bestimmend. Die Grauzone, die zwischen der *Sinus-/RMS-Leistung* und der *Musikleistung (Peek-Leistung)* liegt, darf notfalls für kräftige „Knaller“ genutzt werden. Klänge, die in diese Grauzone geraten, werden um so verzerrter, je mehr sie sich der Obergrenze der maximalen Musikleistung nähern.

Bei der Bedienung eines Verstärkers kann der Anwender nur über sein Gehör beurteilen, wo die Höchstgrenze der brauchbaren *Sinus/RMS-Leistung* liegt, denn lediglich bei Studio-Anlagen kann eine auftretende Verzerrung des Signals auf einem Monitor gesichtet werden. Abgesehen davon gibt es bei einem Verstärker oder Lautsprecher keine feste Schnittstelle, bei der die *Sinuskwiedergabe* in eine *Musikwiedergabe* übergeht. Tatsächlich steigt bei jedem Verstärker und jedem Lautsprecher die Verzerrung mit zunehmender Lautstärke gleitend. Eine Grenze zwischen dem „grünen“ und dem „roten“ Bereich gibt es akustisch nicht. Es handelt sich hier lediglich um eine Grenze der Zumutbarkeit.

Zusätzliche Endverstärker (Endstufen) sind Stromfresser und benötigen – bis auf seltene Ausnahmen – eine zusätzliche Batterie. Die bestehende Autobatterie kann zwar noch einige zusätzliche elektrische Verbraucher bedienen, aber eine größere Endstufe kann sie nur ausnahmsweise mit hoher Energie versorgen. Der in der Autobatterie gespeicherte Energievorrat muss groß genug sein, um dem Anlasser für das Starten des Motors zur Verfügung zu stehen. Aus diesem Grund halten sich die Hersteller von allen Autoradios, Steuerzentralen und Bordcomputern an die Faustregel, dass diese Geräte einen Strom von maximal ca. 10 Ampere beziehen dürfen.



Abb. 3.2 – Mit zusätzlichen Car-Endverstärkern kann die ursprüngliche Lautstärke der Musikwiedergabe bzw. der tiefen Töne verstärkt werden (Foto Pioneer).

Damit ist auch die Audioleistung dieser Geräte eingeschränkt. Wer mehr Power haben möchte, der muss zusätzliche Endverstärker und Lautsprecherboxen installieren und eine Zweitbatterie anwenden. Eine Ausnahme kann man sich nur erlauben, wenn die Anlage selten voll aufgedreht und wenn überwiegend tagsüber gefahren wird und keine stromfressende Beleuchtung eingeschaltet werden muss. Nur dann bekommt die Lichtmaschine genügend Gelegenheit, die Autobatterie ausreichend nachzuladen (siehe auch Kapitel 9).

Die wichtigsten Qualitätsmerkmale eines Verstärkers sind:

- a) Klirrfaktor
- b) Sinus-/RMS-Leistung
- c) Frequenzbereich
- d) Impedanz und Impedanzstabilität (wichtig bei Power-Endstufen)

3.1 Der Klirrfaktor

Die eigentliche Klangqualität aller Verstärker hängt vor allem vom *Klirrfaktor* ab, der in hundertstel oder tausendstel Prozent die Verzerrung des Tons angibt, die bei der Verstärkung entsteht. Steht in einem Prospekt z. B. „Klirrfaktor 0,01 %“, heißt das, dass unter Umständen die vom Verstärker verarbeiteten und verstärkten Signale nur geringfügig verzerrt werden. Allerdings nur „unter Umständen“. Lässt das Datenblatt zusätzlich wissen, dass der angegebene Klirrfaktor (von z. B. 0,01 %) nur bei einer Ausgangsleistung von z. B. 2 Watt und einer Frequenz von z. B. 1.000 Hz ermittelt wurde, ist er somit auch nur bei dieser „Flüster-Lautstärke“ erzielbar. Wird dann ein solcher Verstärker z. B. auf 200 Watt aufgedreht, kann es mit dem Klirrfaktor mehr oder weniger steil bergab gehen. Dies gilt im Prinzip für alle Geräte der Unterhaltungselektronik und Leistungsendstufen. Allerdings verzeichnet der Qualitätsrückgang der Klangwiedergabe mit zunehmender Lautstärke bei guten Geräten weniger Einbußen als bei schlechten Geräten.

Die maximale Leistung eines Verstärkers und die maximale Belastbarkeit eines Lautsprechers werden jeweils als *Sinusleistung* (RMS) und *Musikleistung* (Peak) angegeben. Die *Sinusleistung* ist im-

mer wesentlich geringer als die *Musikleistung* und bezieht sich auf den Leistungsbereich, in dem z. B. ein Sinuston nach Abb. 3.3a relativ unverzerrt oder nach Abb. 3.3b nur geringfügig verzerrt wiedergegeben wird. Die *Musikleistung* bezieht sich auf einen Bereich, bei dem die Verzerrung die Grenze der relativen Zumutbarkeit überschreitet. Ein Sinuston aus Abb. 3.3a wird zu einem nasal klingenden Ton verzerrt, dessen grafischer Verlauf z. B. nach Abb. 3.3c (oder ähnlich) deformiert ist. Je näher die aufgedrehte Lautstärke (Leistung) an die Maximumgrenze kommt, an der ein Verstärker oder ein Lautsprecher zerstört werden kann, desto mehr wird der Klang einer Musikwiedergabe verzerrt. Dies ist vor allem bei Lautsprechern kritisch, denn sie verfügen – im Gegensatz zu den meisten Endstufen – über keinen Überlastungsschutz. Aus diesem Grund sollte der Bereich der *Musikleistung* nur als Sicherheitsbereich betrachtet werden, von dem bei der Musikwiedergabe kein gezielter Gebrauch gemacht wird. Dieser Bereich kann z. B. plötzlich auftretende kräftige Paukenschläge oder Bastonattacken auffangen.

Wenn ein Verstärker nur für die Wiedergabe von Musik verwendet wird, die überwiegend elektronisch erzeugt und bearbeitet wurde,

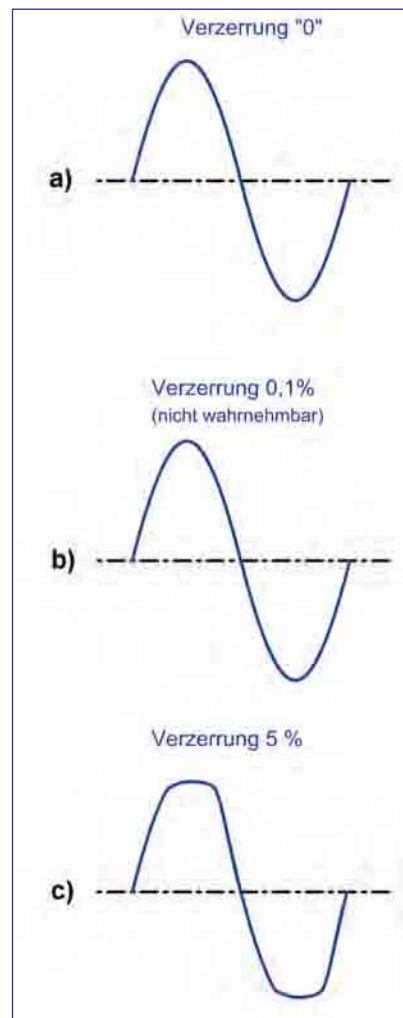


Abb. 3.3 – a) Die Verzerrung eines Tons zeigt z. B. der Bildschirm eines Oszilloskops; **b)** Eine Verzerrung von weniger als ca. 0,1 % ist optisch gar nicht und akustisch nur in Ausnahmefällen wahrnehmbar; **c)** Eine Verzerrung von 5 % hat sowohl hörbare als auch sichtbare Veränderungen des Klangbilds zur Folge.

3.1 Der Klirrfaktor

wirkt sich auch eine stärkere Verzerrung nicht störend aus, da es keine Vergleiche dafür gibt, wie sich das Original anhören müsste. Anders ist es z. B. bei der Wiedergabe einer Blaskapelle oder eines symphonischen Orchesters. Hier kann man den Unterschied zwischen einer elektronisch bearbeiteten Wiedergabe und einer Live-Darstellung hören.

Leider haben die Lautsprecherboxen auf die Wiedergabequalität einen wesentlicheren Einfluss als der (oder die) Verstärker. Das ist auf die vielen technisch und physikalisch bedingten Schwachstellen der Lautsprecher und ihrer Boxen zurückzuführen. Abgesehen davon verfügen die Lautsprecher, die bereits der Hersteller im Auto eingebaut hat, über keine echten Lautsprecherboxen, sondern über „Unterkünfte“. Kein noch so perfek-

ter Verstärker, der in das Autoradio integriert ist, kann dann die Klangwiedergabe verbessern.

Beispiel

Die Leistung eines Verstärkers wird im Prospekt angegeben mit: Sinusleistung (RMS) = 300 W, Musikleistung (Peak) = 600 W. Bei den Planungsüberlegungen sollte grundsätzlich nur von der 300-W-Sinusleistung ausgegangen werden. Die Musikleistung ist nur bei der Dimensionierung der Lautsprecher zu berücksichtigen, denn bei ihnen sollte die Musikleistung um mindestens 1/3 höher sein als die Musikleistung der Endstufe, an die sie angeschlossen werden.

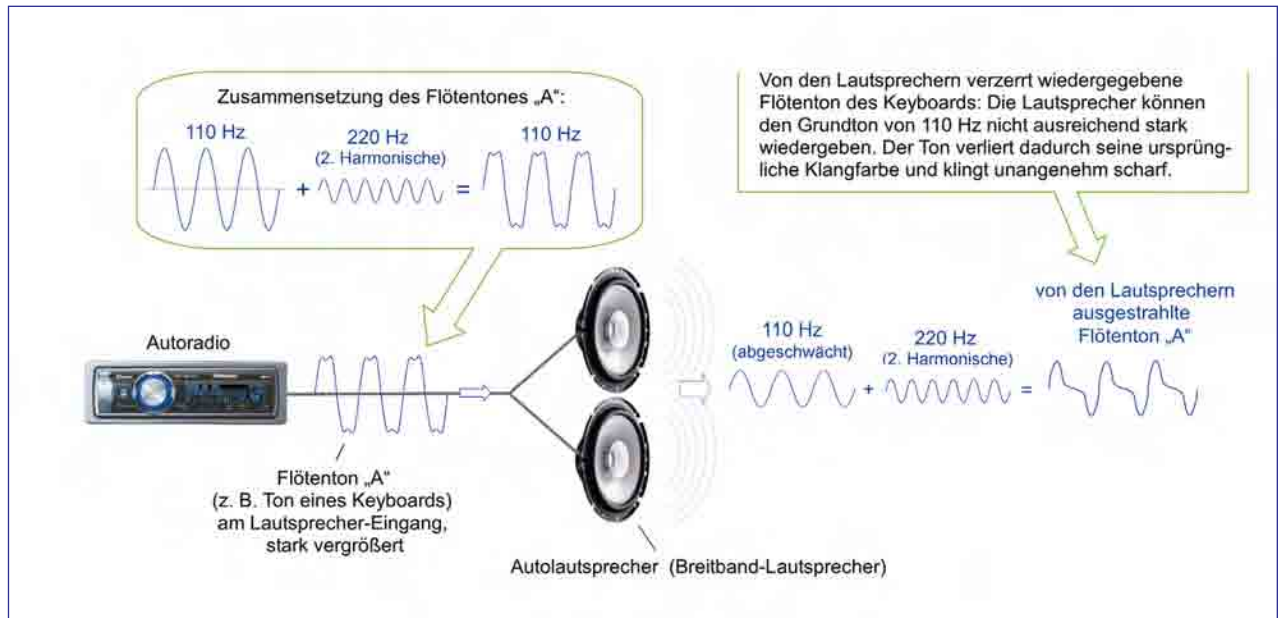


Abb. 3.4 – Die Verzerrung, die in den Lautsprechern bzw. Lautsprecherboxen entsteht, ist oft etwa tausendmal größer als die Verzerrung, die in guten, modernen Verstärkern entsteht, wenn die Musikwiedergabe die Grenzen der vom Hersteller angegebenen Sinusleistung nicht überschreitet.

3.2 Zusätzliche High-Power-Endstufen

Der Handel führt ein großes Angebot an zusätzlichen Hochleistungsendstufen, die speziell für den Anschluss an Autoradios und „Bordcomputer“ vorgesehen sind. Die Leistungen einzelner Endstufen liegen zwischen ca. 100 und einigen 10.000 Watt pro Gerät. Manche sind als Mono-Endverstärker (Mono-Hochleistungsendstufen), andere als Stereo- oder 4-Kanal-Endstufen ausgelegt. Je nachdem, wie viele Ausgänge das Autoradio für den Anschluss von externen Verstärkern hat, kann die zusätzliche Verstärkung über zwei oder vier Endstufen erfolgen. Jede der Endstufen benötigt ein eigenes Lautsprechersystem, das wahlweise nur aus einer Lautsprecherbox oder aus mehreren -boxen bestehen kann.

Bei den Planungsüberlegungen in Bezug auf die Verstärkerleistung sollte man bevorzugt mit der Vorauswahl der passenden Lautsprecher und ihrer Boxen

beginnen. Es ist zwar kein Problem, eine Auto-Hi-Fi-Verstärkeranlage von z. B. 50.000 Watt im Auto unterzubringen, aber die dafür benötigten Lautsprecherboxen würden auch noch das Autodach in Anspruch nehmen oder Raum benötigen, den nur ein Reisebus bieten kann.

Abb. 3.6/7 zeigen einige Beispiele verschiedener Hochleistungsverstärker-Endstufen, deren tatsächlich erzielbare Sinus-/RMS-Leistungen von der Impedanz der angeschlossenen Lautsprecher abhängen. Die jeweils niedrigste Leistung gilt für einen 4-Ohm-, die höchste für einen 1- oder 2-Ohm-Lautsprecher bzw. -Lautsprecherkombination. Da jedem Verstärker eine leicht verständliche Bedienungsanleitung beiliegt, gibt es keine Probleme mit Anschlüssen. Worauf bei der Wahl eines passenden Verstärkers zu achten ist, erfahren Sie in den noch folgenden Kapiteln.

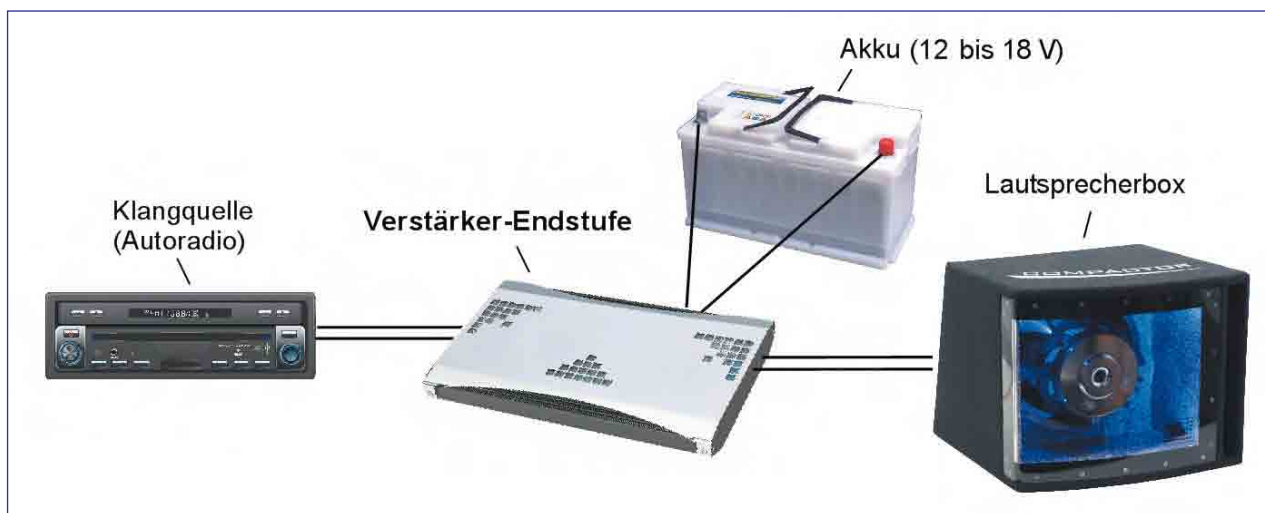


Abb. 3.5 – Hochleistungsendstufen (High-Power-Endstufen) für „Car-Hi-Fi“ sind in verschiedenen Leistungen und Preisklassen als Fertigprodukte erhältlich und benötigen drei zusätzliche „Partner“: Tonquelle, Energiequelle und Lautsprecherbox

3.2 Zusätzliche High-Power-Endstufen

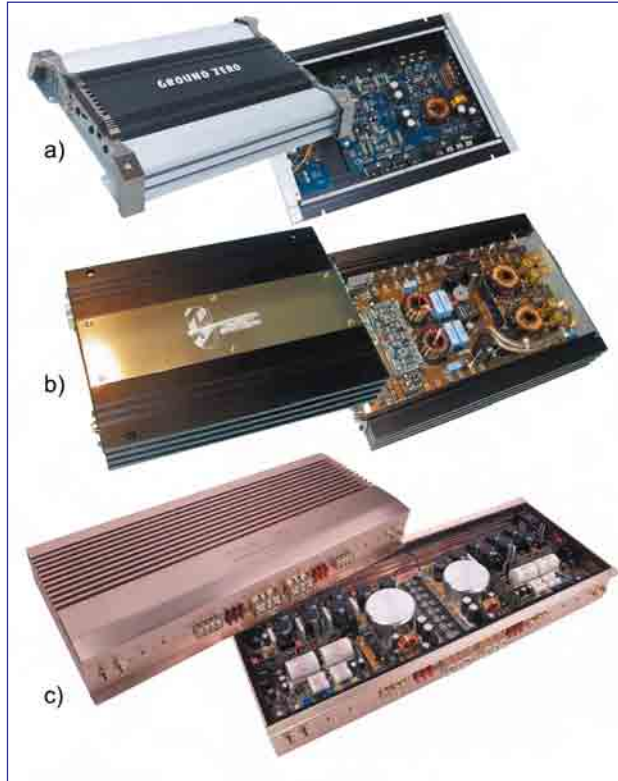


Abb. 3.6 – Ausführungsbeispiele einiger Hochleistungsverstärkerendstufen: **a)** 2-Kanal-Verstärker *GZTA 2.250MK²*, 2 x 165/260 Watt RMS + 2 x 300 Watt RMS + 1 x 600 Watt RMS; **b)** 1-Kanal-Verstärker *GZPA 1.4000D*, 1 x 1.000 bis 2.700 Watt RMS und 1 x 1.350 bis 4.100 Watt RMS; **c)** 4-Kanal-Verstärker *pure SQ Verstärker GZPA Reference 4*, 4 x 150/270 Watt RMS + 2 x 550/660 Watt RMS. (Fotos/Anbieter: Ground Zero GmbH)



Abb. 3.7 – Der *GZPA 2.20000SPL* der Ground-Zero GmbH ist innen eine echte Augenweide, aber seine Leistung könnte so manche zu schwach dimensionierte Lautsprecherboxen das Fürchten lehren: Dieser Einkanalverstärker hat eine stolze Leistung 22.000 Watt RMS und ist somit einer der stärksten Car-Verstärker der Welt.

3.3 Mehr Power erwünscht?

Abgesehen von den Errichtungskosten ist die Power einer Car-Hi-Fi-Anlage nur noch durch den Platz beschränkt, den Verstärker, Boxen und zusätzliche Batterien in Anspruch nehmen. Natürlich kommt es bei der Planung eines solchen Vorhabens auch darauf an, dass vor allem der Wirkungsgrad der Lautsprecher möglichst hoch ist (mehr dazu in Kapitel 4). Gut durchdacht sollte auch die erforderliche Kapazität der Zweitbatterie für die Stromversorgung der Endstufen sein. Hier kommt es vor allem darauf an, welche Betriebszeiten eine voll aufgeladene Batterie überbrücken kann und unter welchen Umständen und wie oft die volle Lautstärke beansprucht wird.



Der Stromverbrauch eines Endverstärkers hängt größtenteils davon ab, wie laut die Musikwiedergabe als Summe der in einer Zeitlupe anfallenden Momentabnahmen des Leistungsbedarfs stattfindet. Vereinfacht heißt das: Je lauter die Musik, desto höher ist der Stromverbrauch einer Endstufe. Das stimmt jedoch nur bedingt, denn bei einer Musikwiedergabe wechseln sich laute und leise Töne ab, dazwischen gibt es Pausen usw. Die Struktur des jeweiligen Musikstücks, also seine Fülle, ist somit für den Energiebedarf der Endstufe mit ihren Lautsprechern bestimmend. Überträgt eine 500-Watt-Anlage z. B. nur Sprache, bezieht auch ein auf volle Lautstärke aufgedrehter Verstärker aus der Batterie während der Pausen zwischen einzelnen Worten fast keine Leistung. Volle Leistung bezieht er z. B., würde man eine Schiffsirene auf eine DVD aufnehmen und diese ununterbrochen über eine 500-Watt-Audioanlage in voller Lautstärke wiedergeben. Dann wäre eine mittelgroße Zweitbatterie recht schnell geleert. Aber wie schnell genau?

Nehmen wir an, die Zweitbatterie hat eine Spannung von 12 Volt und eine Kapazität von 90 Amperestunden (Ah) und der Verstärker ist so aufgedreht, dass er bei der Wiedergabe der Schiffsirene 500 Watt als elektrische Leistung von der Zweitbatterie bezieht. Der in der Zweitbatterie gespeicherte elektrische Leistungsvorrat als „Spannung mal Strom“ berechnet man nach der Formel

Leistung = Spannung × Strom

Im hier genannten Beispiel multipliziert man also 12 Volt (der Batteriespannung) mit 90 Amperestunden (Ah). Das ergibt 1.080 Wattstunden. Teilt man nun diese 1.080 Wattstunden durch die 500 Watt Endstufenleistung, ergibt es 2,16 Betriebsstunden der Musikanlage. Man kann also davon ausgehen, dass die Zweitbatterie nach etwa zwei Stunden Betrieb entleert ist. Allerdings ist die Klangwiedergabe einer ununterbrochen klingenden Schiffsirene ungewöhnlich intensiv und bezieht ohne jegliche Unterbrechung Energie aus der Batterie. Ein gängiges Musikstück besteht dagegen aus sehr vielen leiseren Passagen oder Pausen, die sich auf den Stromverbrauch reduzierend auswirken. In der Praxis reicht bei einer Non-Stop-Musikwiedergabe laut diesem Beispiel die Batteriekapazität für ca. 2,5 bis 3 Stunden aus – vorausgesetzt, die Batterie ist intakt und wurde vorher voll aufgeladen.

Eine schnelle informative Übersicht über das Verhältnis des Kapazitätsvorrats einer 12-Volt- (Auto-)Batterie zu der Abnahmeleistung einer Endstufe zeigt Tabelle 3.1. Diese Tabelle kann auch Klarheit darüber verschaffen, ab welcher Endstufenleistung man eine Zweitbatterie auch dann benötigt, wenn man überwiegend tagsüber fährt.

Batterie-Kapazität	 Endstufen-Leistung	 Batterie leer nach ca.
Batterie 12 V / 70 Ah 	200 Watt	5,5 - 7,1 Stunden
	250 Watt	4,3 - 5,6 Stunden
	300 Watt	3,6 - 4,8 Stunden
	350 Watt	3,1 - 4,1 Stunden
	400 Watt	2,7 - 3,6 Stunden
	450 Watt	2,5 - 3,2 Stunden
	500 Watt	2,2 - 2,8 Stunden
	600 Watt	1,8 - 2,4 Stunden
Batterie 12 V / 90 Ah 	300 Watt	4,7 - 6,1 Stunden
	350 Watt	4,0 - 5,3 Stunden
	400 Watt	3,5 - 4,6 Stunden
	450 Watt	3,1 - 4,1 Stunden
	500 Watt	2,9 - 3,7 Stunden
	600 Watt	2,3 - 3,1 Stunden
	700 Watt	1,9 - 2,5 Stunden
	800 Watt	1,7 - 2,2 Stunden
	900 Watt	1,6 - 2,0 Stunden
	1000 Watt	1,4 - 1,9 Stunden
	1100 Watt	1,3 - 1,7 Stunden
	1200 Watt	1,2 - 1,5 Stunden
	1300 Watt	1,1 - 1,4 Stunden
1400 Watt	1,0 - 1,3 Stunden	
1500 Watt	0,9 - 1,2 Stunden	
2000 Watt	0,5 - 0,7 Stunden	

Hinweis: Als Endstufen-Leistung ist die jeweilige Leistung zu verstehen, die durch das Einstellen der Wunsch-Lautstärke individuell bestimmt werden kann. Wird die Lautstärke der Musikwiedergabe so weit aufgedreht, dass dem Verstärker seine maximale Sinusleistung abverlangt wird, ist die „typenbezogene Sinusleistung“ des Verstärkers identisch mit der hier aufgeführten Endstufen-Leistung. Wird die Wiedergabe-Lautstärke der Anlage niedriger eingestellt, als die maximale Sinusleistung der Endstufe erlaubt, sinkt entsprechend auch die Stromabnahme der Endstufe und der in der Batterie gespeicherte Energievorrat reicht dementsprechend länger aus. Die hier aufgeführten Erfahrungswerte sind nur als unverbindliche Richtwerte für Planungsüberlegungen zu betrachten.

Tabelle 3.1 – Der Stromverbrauch einer Car-Hi-Fi-Anlage hängt von der Lautstärke der Musikwiedergabe und somit auch von der Sinusleistung der Verstärkerendstufe ab.

8 Car-Lautsprecherboxen im Selbstbau

Sofern die vorgesehene Lautsprecherbox nicht z. B. in einen Kleinbus installiert werden kann, kommen nur der Kofferraum oder die Hutablage infrage. Der Raum ist meist zu klein, um große Boxen aufzunehmen.

Ein guter Tieftonlautsprecher (Car-Hi-Fi-Subwoofer), dessen Frequenzbereich bei zumindest 20 Hz anfängt, kann die tiefen Töne auch dann zufriedenstellend ausgewogen wiedergeben, wenn er in eine zwar kleine, aber richtig konzipierte Lautsprecherbox eingebaut ist.

Hier stellt sich vor allem die Frage, ob die unterste Schwelle des Woofer-Frequenzbereichs bei den 20 Hz der Hersteller eine „Flüsterlautstärke“ ist, oder ob hier auch tatsächlich noch Töne wiedergegeben werden. Das kann typenbezogen sehr unterschiedlich sein.

Es gibt noch keine Lautsprecher, die ohne Unterstützung einer guten Box Frequenzen (Töne) im Bereich von 16 bis 30 Hz genauso laut wiedergeben wie z. B. Fre-

8 Car-Lautsprecherboxen im Selbstbau

quenzen von 200 Hz aufwärts. Das hängt auch mit der zu geringen Empfindlichkeit unserer Ohren für tiefe Töne zusammen (siehe Tabelle 2.2 im Kapitel 2), teilweise liegt es auch daran, dass der Wirkungsgrad der Lautsprecher bei sehr niedrigen Frequenzen stark rückgängig ist. Einige der moderneren Endstufen können dieses Manko etwas beheben – aber eben nur „etwas“. Die Anhebung der Tiefen kann zwar mithilfe eines *Mehrband-Equalizers* erfolgen, der bereits im CD-Tuner (oder einem anderen „Steuergerät“) integriert ist, dies gelingt aber nur selten zufriedenstellend linear. Die eigentliche Bassbox bleibt dennoch maßgeblich bestimmend dafür, wie gut die tiefsten Frequenzen wiedergegeben werden.

Lautsprecherboxen für den Mitteltöner und für zusätzliche Hochtöner sind im Vergleich mit der Bassbox (bzw. Bassreflexbox) recht bescheiden was den Literinhalt der Box und die Gehäuseform anbelangt. Dennoch hat auch hier die Box einen bedeutenden Einfluss auf die Qualität der Klangwiedergabe.

Beim Entwurf sowie beim Bau einer Lautsprecherbox sollten folgende Faustregeln beachtet werden:

- Ein möglichst großer Literinhalt unterstützt die Klangwiedergabe der tiefen Töne.
- Eine gute interne Dämpfung der Box absorbiert die internen Luftschwingungen und verhindert, dass durch Reflexionen der Klangwellen die Schwingungen der Lautsprechermembran an ihrer Rückseite gedämpft werden.
- Die Box muss möglichst luftdicht sein, damit durch akustische Kurzschlüsse keine unnötigen Klangverluste oder Klangverzerrungen entstehen.
- Die Box darf unter keinen Umständen mitresonieren.



Abb. 8.1 –Subwoofer sind wahlweise als kahle Lautsprecher oder als komplette, anschlussfertige Bassboxen erhältlich. Letzteres trifft normalerweise nicht auf die Mittel- und Hochtöner zu: Sie sind üblicherweise nur als kahle Lautsprecher ohne Boxen erhältlich.

8.1 Optimale Größe der Selbstbau-Boxen

Eine Car-Hi-Fi-Anlage wird üblicherweise als Stereoanlage ausgelegt und benötigt daher mindestens zwei separate Lautsprecherboxen. Unsere Ohren können die Klangquellen von Basstönen nicht lokalisieren, wenn diese z. B. nicht sehr weit auseinander stehen. Eine Autostereoanlage braucht daher nicht für jeden der Stereokanäle einen separaten Tieftonlautsprecher und kann sich problemlos auch nur einen gemeinsamen Tieftonlautsprecher teilen. Das hat den Vorteil, dass damit das Volumen (der Literinhalt) der Bassbox größer werden kann, wodurch die Wiedergabe der tiefsten Frequenzen erheblich verbessert wird. Es setzt jedoch voraus, dass der verwendete Endverstärker über drei Kanäle (Ausgänge) verfügt, von denen der eine für eine gemeinsame Subwooferbox vorgesehen ist, oder dass bereits das Autoradio einen separaten Woofer- (oder Subwoofer-) Ausgang hat.

Der Literinhalt der Subwoofer-Lautsprecherbox hat jedenfalls Vorrang vor dem Literinhalt der zwei Stereoboxen für die Wiedergabe mittlerer und hoher Töne. Der Raum, der im Auto für das ganze Wiedergabesystem „geopfert“ werden darf, hängt davon ab, inwieweit es nichts ausmacht, wenn der Kofferraum von der Anlage be-

schlagnahmt wird. Moderne Subwoofer geben sich oft mit einer recht kleinen Lautsprecherbox zufrieden und so kann bei Bedarf auch ein leistungsstarkes Wiedergabesystem raumsparend im Kofferraum untergebracht werden – eventuell auch um den Preis, dass bei zu kleinen Abmessungen der Bassbox die Wiedergabe der tiefsten Frequenzen etwas in Mitleidenschaft gezogen wird.

Die hörbaren Frequenzen fangen zwar theoretisch bei 16 Hz an, aber die tiefsten Töne der modernen Musikinstrumente (z. B. die E-Bassgitarre) beginnen erst bei ca. 42 Hz. Somit kann z. B. bei der Audiowiedergabe von Rockmusik kaum ein Klangunterschied zwischen zwei Subwooferboxen festgestellt werden, von denen die eine

bereits ab 20 Hz und die andere erst ab ca. 40 Hz die Frequenzen in weitgehend voller Lautstärke wiedergeben kann. Andererseits kann eine Bassbox nicht so gebaut werden, dass sie z. B. unterhalb von 40 Hz still bleibt und ab 40 Hz aufwärts dann mit voller Power loslegt. Will man also, dass eine Bassbox Frequenzen ab ca. 40 Hz mit Power wiedergeben kann, sollte grundsätzlich angestrebt werden, dass sie so tief wie möglich, in der Nähe von 16 Hz, „loslegen“ kann. Sucht man sich zu diesem Zweck den besten Lautsprecher (Subwoofer) aus, hängt die Wiedergabe der tiefen Töne nur noch vom Lautsprechergehäuse (und seinem Literinhalt) ab. Abb. 8.2 zeigt, wie sich der Literinhalt auf den Frequenzgang der Box auswirkt.

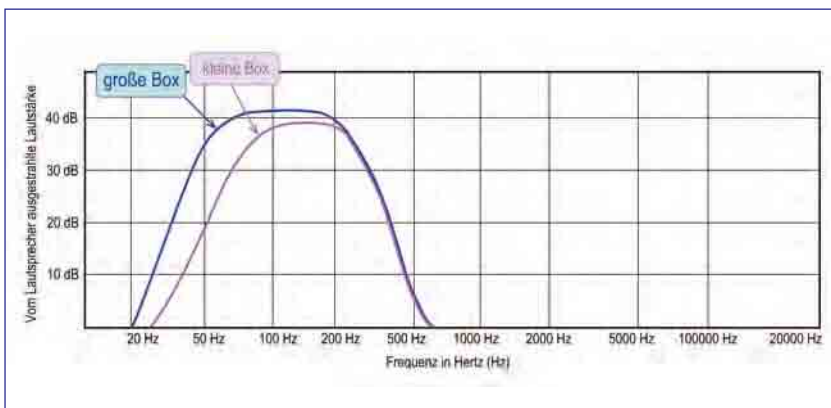


Abb. 8.2 – Derselbe Subwoofer kann tiefe Frequenzen umso besser wiedergeben, je größer seine Box ist.

8.2 Selbstbau-Boxen für Mittel- und Hochtöner

Die Box eines Mittel- und Hochtonlautsprechers muss zwei Grundbedingungen erfüllen: Ihr unterer Frequenzbereich sollte möglichst optimal an den oberen Frequenzbereich der Subwooferbox (nach Abb. 8.3a) anschließen. Das Klangspektrum des Subwoofers sollte nach oben nicht zu breit sein (seine Lautstärke sollte z. B. ab ca. 200 Hz abwärts einen starken Rückgang verzeichnen). Wenn sich die Frequenzgänge der Bassbox und der Mittel- und Hochtonbox nach Abb. 8.3b zu sehr überschneiden, erhöht sich die Lautstärke in dem gelb eingezeichneten Teil störend.

Steht eine Endstufe zur Verfügung, die einen Lautstärkeausgleich im Bereich der Cross-Over-Schnittstelle ermöglicht, lässt sich die Frequenzcharakteristik der Anlagenaudiowiedergabe zufriedenstellend in den Griff bekommen.

Das Prinzip des Lautsprecherboxen-Konzepts zeigt Abb. 8.4. Wer sich ein komplettes Car-Power-Set anschafft, das bereits einen Subwoofer mit seiner Box enthält, braucht nur noch zwei Lautsprecherboxen für die restlichen Lautsprecher. Dabei handelt es sich meist um Stereoboxen mit je einem bis drei Lautsprecher nach Abb. 8.4b/c. Die zwei Stereoboxen (für die Mittel- und Hochtöner) müssen nicht, wie eingezeichnet, zwingend neben der

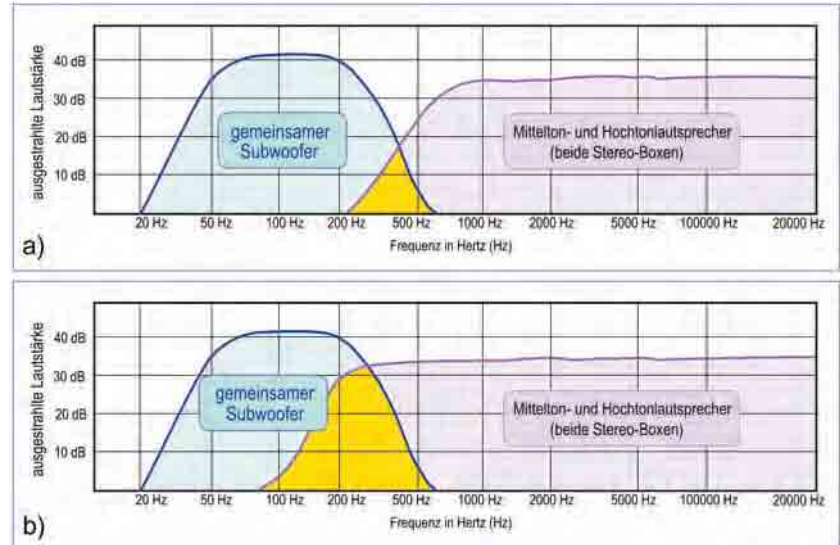


Abb. 8.3 – Die Frequenzgänge der verwendeten Lautsprecher mit Boxen sollten aufeinander optimal abgestimmt werden: **a)** gut abgestimmte Boxen; **b)** schlecht abgestimmte Boxen, bei denen im gelben Übergangsbereich die Wiedergabelautstärke zu hoch ist, da sich hier die Lautstärken beider Boxen addieren.

Subwooferbox aufgestellt werden. Viel wichtiger ist, dass man die Hochtöner so installiert, dass sie möglichst genau in Richtung der Ohren der Zuhörer ausgerichtet sind – auch um den Preis, dass sie nicht direkt in die Stereoboxen integriert, sondern evtl. separat im Fahrzeug untergebracht werden. Auch sollte sich zwischen ihnen und den Ohren der Zuhörer kein akustisches Hindernis befinden. Hochtöner strahlen hohe Frequenzen in einem recht schmalen Klangkegel aus. In Richtung der Achse eines Hochtonlautsprechers ist die Lautstärke am stärksten, seitlich der Achse sinkt sie

mit zunehmender Frequenz stark ab. Zu beachten ist daher:

- a)** Der Klang eines Subwoofers bzw. einer Bassbox breitet sich um die Box fast kugelförmig aus. Das bezieht sich auf die Verbreitung der niedrigen Tonfrequenzen. Interessant an den tiefen und sehr tiefen Tönen ist, dass wir ihre Schwingungen mit ganzem Körper (und vor allem mit dem Bauch) wahrnehmen können. Je tiefere Töne der Subwoofer wiedergeben kann, desto stärker wird die Wiedergabe der Bässe empfunden.

8.2 Selbstbau-Boxen für Mittel- und Hochtöner

- b) Die niedrigeren Tonfrequenzen, die ein Mitteltonlautsprecher ausstrahlt, breiten sich von ihm mehr oder weniger ähnlich kugelförmig aus, wie bei der Bassbox. Je höher aber diese Frequenzen werden, desto schmaler wird der akustische Ausstrahlungskegel. Ist der Mitteltonlautsprecher nicht axial gegen die Ohren des Zuhörers ausgerichtet, hört der Zuhörer nur die tieferen Frequenzen sehr gut, die höchsten aber schlecht bzw. gar nicht.
- c) Ein Hochtöner strahlt die wiedergegebenen Frequenzen nur in einem sehr schmalen Kegel aus. Ähnlich wie bei dem Mitteltonlautsprecher, wird der Kegel der intensiven (gut hörbaren) Luftschwingungen mit steigender Frequenz schmaler und mit sinkender Frequenz breiter. Diese trichterförmige Ausstrahlung der Klangwiedergabe wird oft als *Schrotflinteneffekt* bezeichnet. Nur ein Zuhörer, dessen Ohren sich in der „Schusslinie“ befinden, kann von den ausgestrahlten Tönen etwas mitbekommen. Einen besonderen Nachteil weisen die sehr hohen Frequenzen auf: Sie biegen sich nicht (bzw. nur gering), sie reflektieren nicht und steht ihnen etwas im Weg, werden

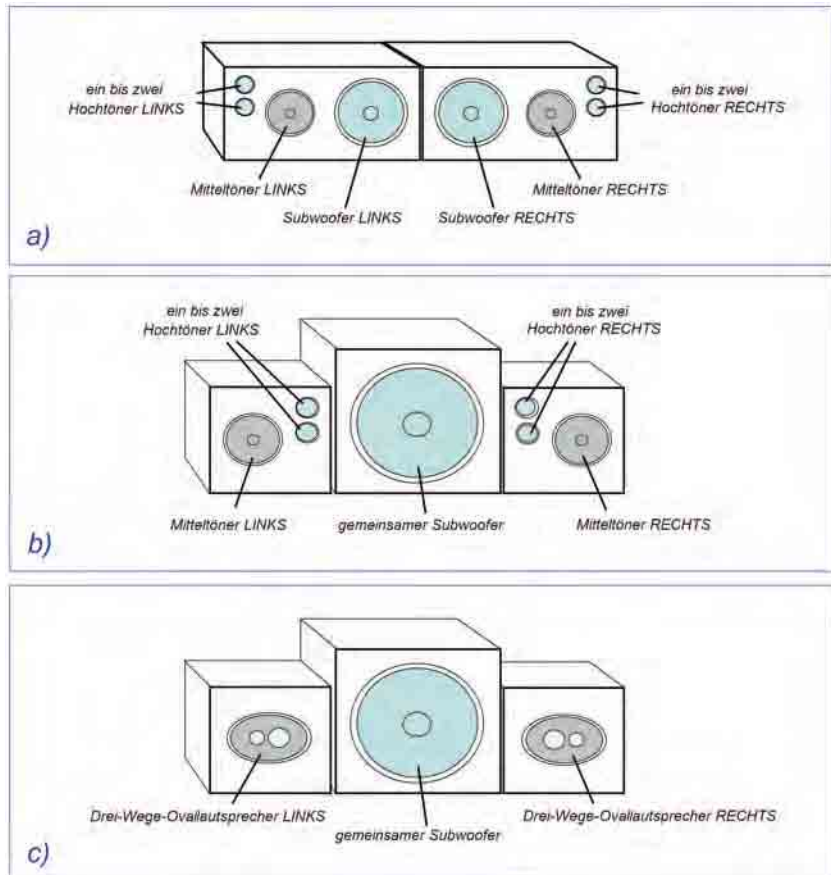


Abb. 8.4 – Drei Beispiele des Lautsprecherboxen-Konzepts

sie davon absorbiert. Aus diesem Grund sollten entweder alle oder zumindest einige der Hochtöner im Fahrzeug so angebracht werden, dass sie die Ohren des Fahrers, des Beifahrers und evtl. auch der auf dem Rücksitz befindlichen Mitfahrenden beschallen können. Wenn

das bestehende Autoradio eine kräftigere Klangwiedergabe bewältigt und zudem mit einem Equalizer versehen ist, können eventuell die eingebauten Autolautsprecher größtenteils für die verstärkte Wiedergabe der hohen Töne genutzt werden. Die Hochtöner könnten dann in

8.2 Selbstbau-Boxen für Mittel- und Hochtöner

den zusätzlichen Stereoboxen (Abb. 8.4 a/b) unter Umständen ganz entfallen oder nur als zusätzliche Unterstützung der Autolautsprecher angebracht werden.

Der eigenhändige Bau einer Breitband- und Hochton-Lautsprecherbox ist nicht schwierig. Als Material kann man Holz, Sperrholz, Spanplatten, Möbelplatten oder auch MDF verwenden.

Hochtöner benötigen bis auf seltene Fälle kein Gehäuse, da ihre Rückseite luftdicht geschlossen ist. Wenn sie in eine Lautsprecherbox nach den Beispielen aus Abb. 8.4a/b eingebaut werden, nehmen sie keinen Anteil des Boxinnenraums in Anspruch. Der eigentliche Literinhalt der Box steht somit nur dem Mitteltonlautsprecher zur Verfügung. Ähnlich wie bei der Subwooferbox ist auch hier der Literinhalt der Box für die Wiedergabe der tieferen Töne maßgeblich. Mit zunehmendem Literinhalt der Box verschiebt sich ihr Frequenzgang etwas mehr in Richtung der tiefen Töne. Dies ist allerdings nicht immer erstrebenswert, denn die Klangwiedergabe sollte möglichst ausgewogen sein. Es ist unerwünscht, wenn sich die Frequenzcharakteristi-

ken des Mitteltöners und des Subwoofers zu sehr nach Abb. 8.3b überschneiden.

Wenn die Frequenzcharakteristik der Subwooferbox z. B. erst oberhalb von 200 Hz zu sinken beginnt, dürfte die Frequenzcharakteristik der Mittelton- und Hochtonbox keine volle Lautstärke bis zu 200 Hz aufweisen, sondern bei ca. 250 Hz zu sinken anfangen. Unterhalb von 200 Hz dürfte sich dann der Mitteltöner still verhalten, denn ab da arbeitet schon der Subwoofer in voller Lautstärke.

Soweit die Theorie. In der Praxis überschneiden sich meist die Frequenzbereiche der Subwoofer und der Mitteltöner in einem recht breiten Band. Der Mitteltöner fängt oft wesentlich früher mit der Wiedergabe an, als der Subwoofer aufhört. In solch einem Fall braucht man für die Mitteltöner keine zu großen Boxen bauen, um ihnen die Wiedergabe der tiefen Töne gerade in dem Bereich zu ermöglichen, in dem sich bereits ohnehin die Lautstärken des Subwoofers und der Mitteltöner addieren. Die Lautsprecherbox darf jedoch wiederum nicht zu klein sein, denn die Rückseite der Lautsprechermembran erzeugt „pumpende“ Schwingungen, die in der Box ohne einen zu hohen pneumatischen Widerstand abgefangen (abgefedert) werden sollten.

Eine gute Dämpfung sorgt dabei dafür, dass die Schwingungen nicht gegen die Lautsprechermembran zurückgeprallt werden können, aber sie wirkt sich nur geringfügig auch druckausgleichend aus. Daher sollte der Literinhalt der Box groß genug sein, um die Druckunterschiede abfangen zu können. Sofern der Hersteller der Lautsprecher keinen Hinweis auf die optimale Größe der Lautsprecherbox gibt, reicht für Mitteltöner mit einer Sinusleistung von bis zu etwa 300 Watt Sinus ein Literinhalt von ca. 15 bis 20 Litern aus (15 bis 20 dm³). Eine Box mit Außenabmessungen von ca. 30 × 30 × 20 cm würde diese Bedingung erfüllen. Für größere Lautsprecherleistungen sollte der Literinhalt

Wichtig

Im Gegensatz zum Korpusbau einer Geige oder anderer Streichinstrumente darf eine Lautsprecherbox nicht mitresonieren. Eine optimale Lautsprecherbox ist daher theoretisch aus Beton gegossen oder mit Ziegelsteinen gemauert (und innen gut gedämmt). Klopft man an eine gute bzw. gut gedämmte Lautsprecherbox, sollte sie annähernd ähnlich stumpf klingen wie eine Mauer. Das gelingt zwar in der Praxis nicht perfekt, sollte jedoch durch eine gute interne Dämmung der Boxwände angestrebt werden.

8.2 Selbstbau-Boxen für Mittel- und Hochtöner

der Box proportional größer gewählt werden.

Die Form der Box spielt eine untergeordnete Rolle. Sie sollte aber lieber etwas tiefer als breiter ausfallen, damit ihre Rückwand nicht zu nahe an den Lautsprecher kommt. Das würde die Schwingungen der Lautsprechermembran sehr dämpfen. Dadurch würde der Wirkungsgrad der Klangwiedergabe vor allem bei den tieferen Tönen des Mitteltonlautsprechers sinken – was jedoch unter Umständen nichts ausmacht (wenn der Subwoofer diesen Teil des Tonbereichs abdeckt).

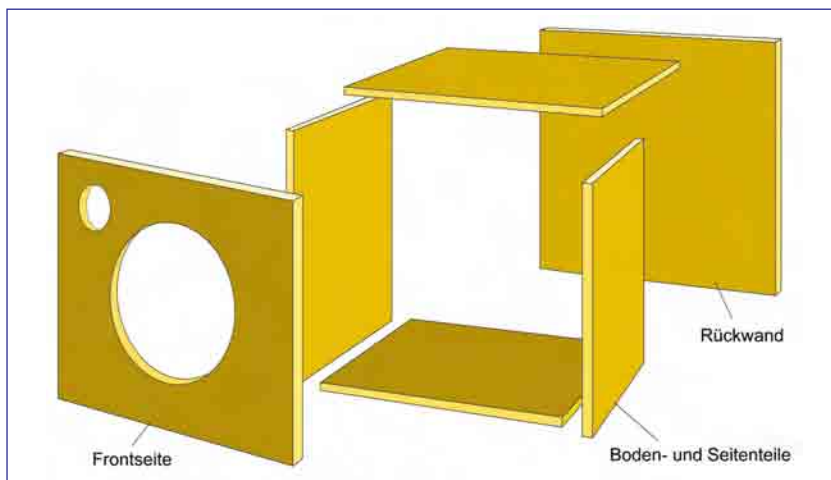


Abb. 8.5 – Grundbauteile einer Lautsprecherbox

Die in Abb. 8.5 dargestellte Lautsprecherbox kann aus Holzresten unterschiedlicher Dicke oder Struktur erstellt werden. Die Front und die Rückwand sollten mindestens 18 mm, die Seitenteile mit dem Bodenteil mindesten ca. 16 mm dick sein. Kostengünstig können sie aus ausrangierten Möbelteilen gesägt werden. Wenn Sie keine Kreissäge besitzen, können Sie sich Holz bei der Holzabteilung eines Baumarkts oder in einer Schreinerei zusägen lassen. Die Verbindung der Boxbauteile kann als Dübel-, Nut- und Feder- oder Schraubverbindung erfolgen. Die Verbindungen müssen verleimt werden.

Die Innenwände der Lautsprecherboxen können mit Akustiknoppenschaum (Abb. 8.6) versehen werden, der vollflächig mit Kleber oder Teppichklebeband angebracht wird. Die Außenwände der Boxen können mit Kunstleder verkleidet werden. Das Kunstleder kann einfach mit Holzleim an die Lautsprecherbox aufgeleimt werden. Holzleim hält allerdings nur auf unbeschichteten und unlackierten Holzwänden. Werden für den Bau der Boxen kunststoffbeschichtete Möbelplatten verwendet, muss Kleber verwendet werden, z. B. Pattex.

Unser Tipp

Sie können Zeit und Geld sparen, wenn Sie bei einer kostengünstigen Bezugsquelle zwei preiswerte Stereo-Fertigboxen kaufen, die als 2- oder 3-Wege-Boxen ausgelegt und deren Abmessungen für Ihren Zweck geeignet sind. Die bestehenden Lautsprecher können Sie durch zwei Sets guter Car-Mittel- und Hochtöner ersetzen.

Abb. 8.6 – Akustiknoppenschaum ist eine handelsübliche Schaumgummidämmung der Lautsprecherboxen-Innenwände. (Anbieter: Conrad Electronic)



9.2 Ist Ihre Autobatterie zu schwach?

Die Kapazität einer Autobatterie dimensioniert der Hersteller üblicherweise großzügig, damit sie auch unter ungünstigen Umständen Energiereserven behält. Auch die Lichtmaschinen der Motorfahrzeuge sind so ausgelegt, dass sie bei normalem Betrieb die Autobatterie ausreichend nachladen können.

Das Zusammenspiel zwischen Stromverbrauch und Ladestromnachlieferung funktioniert daher unter normalen Umständen reibungslos. Wenn jedoch die Autobatterie durch stromzehrende zusätzliche Verbraucher belastet wird, zu denen kräftige Endverstärker einer Musikanlage gehören, kann das Gleichgewicht zwischen Stromverbrauch und Nachladen aus den Fugen geraten.

Vor allem von der Lautstärke und der Dauer einer Power-Musikwiedergabe hängt ab, wie schnell die Autobatterie entleert wird. Eine wichtige Rolle spielt dabei aber auch die Belastung der Batterie z. B. durch andere Verbraucher, die als Fahrzeugzubehör vorhanden sind. Wen beispielsweise überwiegend tagsüber gefahren und wenig Beleuchtung benötigt wird, hat die Lichtmaschine mehr Gelegenheit, die Batterie nachzuladen. Unter Umständen kann eine wenig belastete Lichtmaschine nach Abb. 9.6 sogar noch eine Zweitbatterie nachladen, wenn diese nicht allzu stark beansprucht wird.

Ein großzügig konzipierter Car-Hi-Fi- oder Multimedia-Ausbau benötigt immer eine größere Menge Energie, als die Autobatterie alleine aufbringen kann. Bei manchen Fahrzeugen, in denen unter der Motorhaube noch genügend Platz vorhanden ist, kann die ursprüngliche Autobatterie durch eine etwas größere ersetzt werden. Eine perfekte Änderung der Batteriehalterung ist allerdings erforderlich – und ab und zu ein Nachladen der Batterie mit einem externen Ladergerät.

Eine solche Lösung reicht allerdings nur dann aus, wenn eine Power-Klangwiedergabe nur gelegentlich erwünscht ist oder ein zusätzliches regelmäßigeres Nachladen der Batterie mithilfe eines externen Ladege-

räts problemlos erfolgen kann. Oft wird in solchen Fällen lieber eine Zweitbatterie installiert, die entweder separat die Verstärkerendstufen mit Strom versorgt oder sich diese Aufgabe mit der Autobatterie teilt.

Bei der Lösung nach Abb. 9.6a bezieht die Hi-Fi-Anlage ihren Strom aus beiden Batterien. Die eingezeichnete Schottky-Diode kann hier entfallen, wenn die Zweitbatterie exakt von derselben Type wie die Fahrzeugbatterie ist. Anstelle einer Schottky-Diode kann hier auch eine normale Silizium-Gleichrichterdiode verwendet werden. Sie hat jedoch gegenüber der Schottky-Diode den Nachteil, dass in ihr ein Spannungsverlust von bis zu etwa 0,9 bis sogar über 1 Volt entsteht. In einer guten Schottky-Diode entsteht dagegen ein Spannungsverlust von nur ca. 0,28 bis 0,3 Volt. Somit erhält die Zweitbatterie beim Nachladen fast die gleiche Ladespannung wie die Fahrzeugbatterie und kann daher besser nachgeladen werden – vorausgesetzt, der Energieverbrauch der Fahrzeugbatterie ist ausreichend bescheiden.

Bei der Lösung nach Abb. 9.6b wird jede der Batterien über eine eigene Schottky-Diode geladen. Diese Dioden erlauben dem von den Batterien bezogenen

Wichtig

Bevor Sie eine Zweitbatterie mit der bestehenden Fahrzeugbatterie nach Abb. 9.6a verbinden, muss diese voll aufgeladen sein. Ihre Spannung darf nicht niedriger sein, als die jeweilige Spannung der Fahrzeugbatterie – höher hingegen schon. Bei der Lösung nach Abb. 9.6b ist diese Maßnahme nicht erforderlich. Achten Sie darauf, dass die angewendeten Schottky-Dioden polaritätsgerecht angeschlossen sind. Die richtige Polarität einer Schottky-Diode können sie z. B. nach dem Beispiel aus Abb. 9.8 überprüfen.

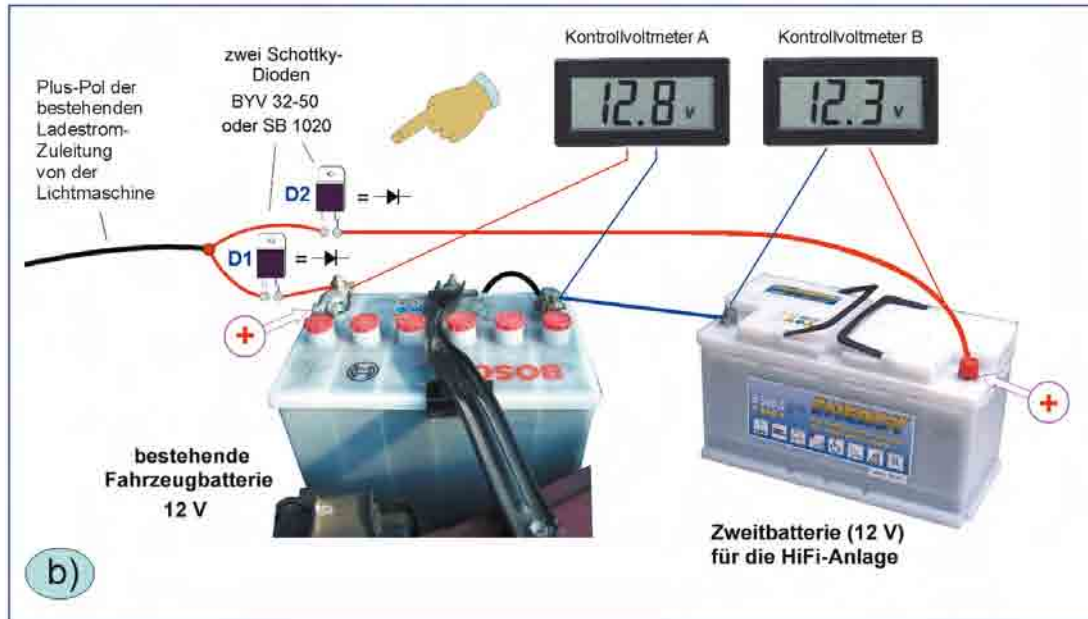
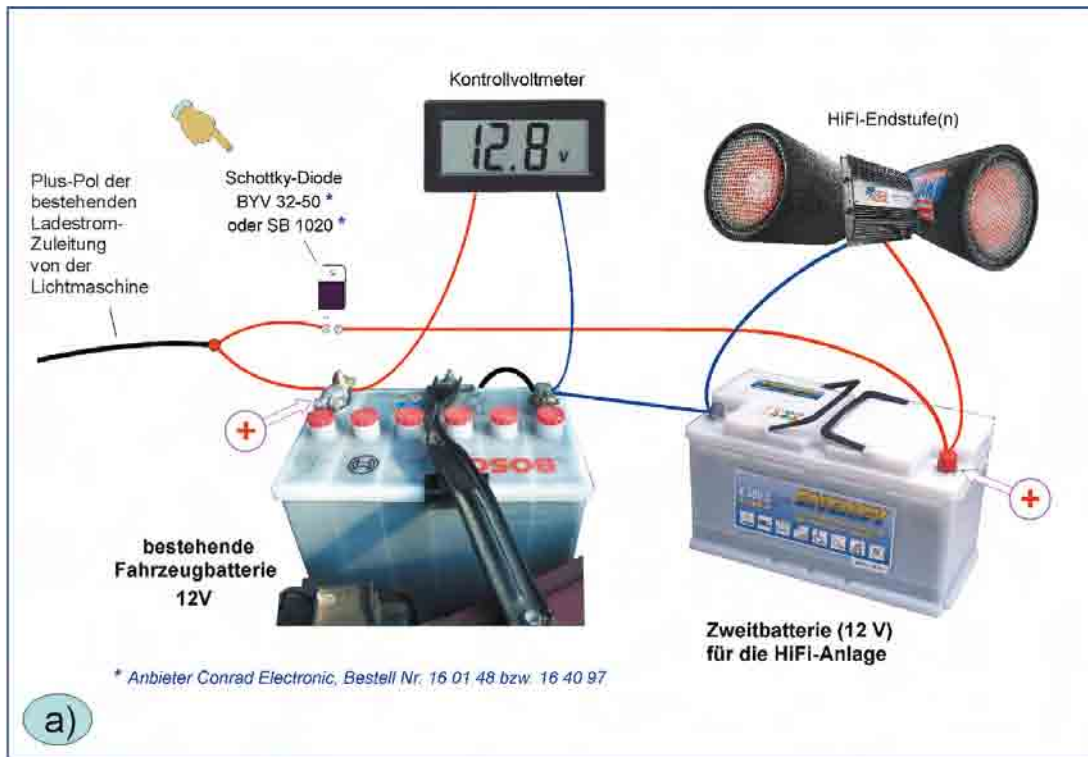
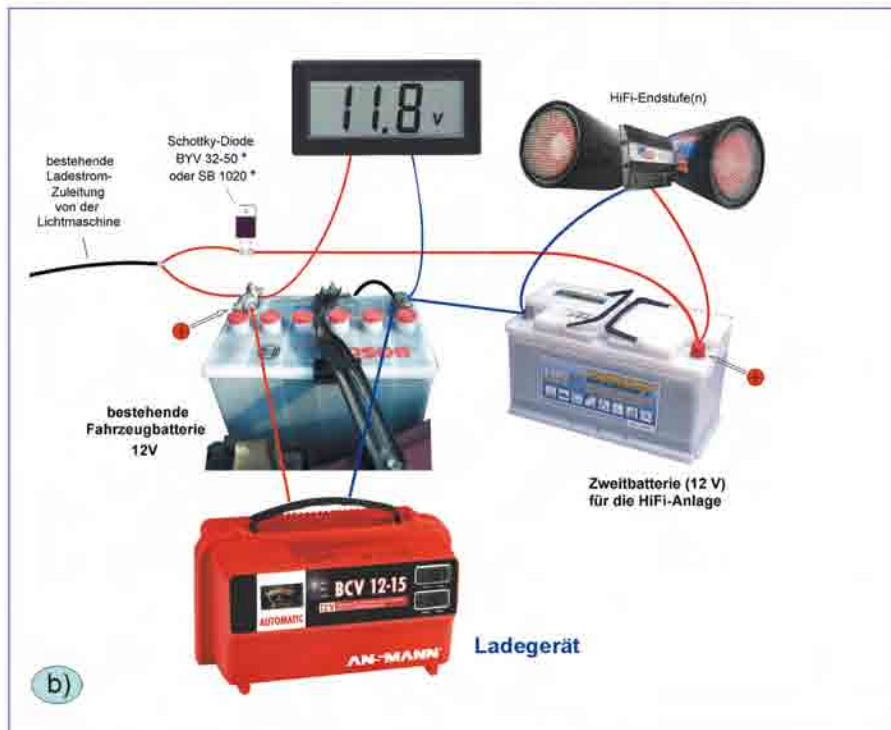
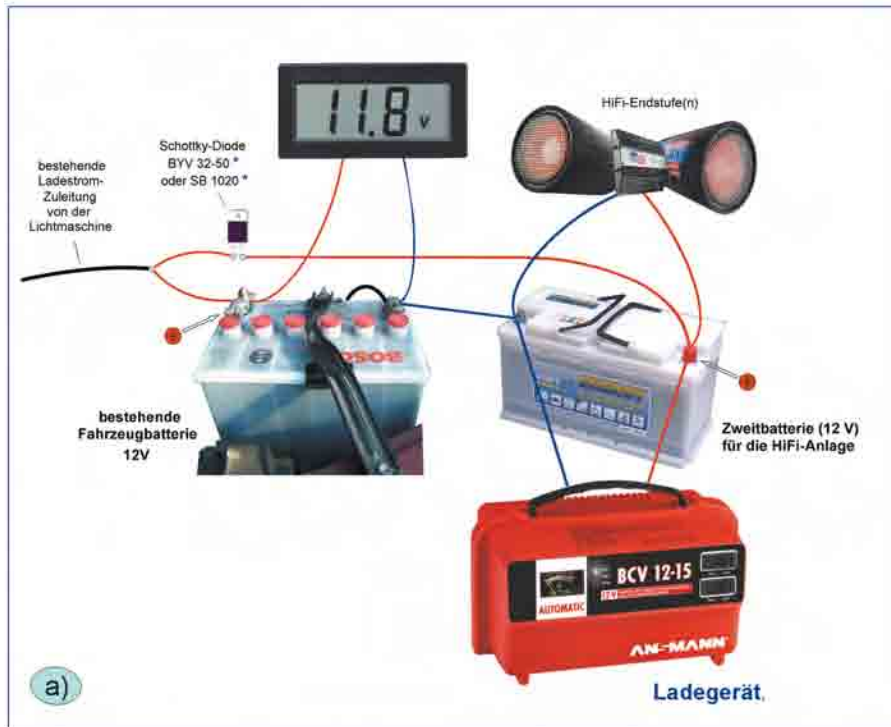


Abb. 9.6 – Eine Zweitbatterie kann unter Umständen gleichzeitig mit der Autobatterie der Lichtmaschine des Fahrzeugs geladen werden: **a)** Die Hi-Fi-Anlage bezieht ihren Strom aus beiden Batterien; **b)** die Hi-Fi-Anlage bezieht ihren Strom nur aus der Zweitbatterie.



Strom nur eine Richtung: Verbraucher, die an der Fahrzeugbatterie angeschlossen sind, können von der Zweitbatterie keinen Strom beziehen, weil Diode D2 in der Gegenrichtung keinen Strom durchlässt. Das Gleiche gilt auch umgekehrt für die Verbraucher, die an die Zweitbatterie angeschlossen sind: Hier bildet wiederum Diode D1 eine Sperre.

Eine Lösung nach Abb. 9.6 bietet den Vorteil, dass eine wenig ausgelastete Lichtmaschine das Nachladen der beiden Batterien weitgehend vornehmen kann. In beiden Fällen ist es aber zwingend erforderlich, dass das in Abb. 9.6a eingezeichnete Voltmeter eine laufende Kontrolle über die Spannung der Fahrzeugbatterie ermöglicht. Sobald diese auf ca. 11,5 Volt sinkt, ist ein

Abb. 9.7 – Wenn nur die Zweitbatterie über eine Schottky-Diode an die Lichtmaschine angeschlossen ist, sollte das Nachladen der Batterien nach der hier dargestellten Reihenfolge erfolgen: **a)** Erst wird die Zweitbatterie voll aufgeladen, **b)** anschließend wird die Fahrzeugbatterie aufgeladen.

9.2 Ist Ihre Autobatterie zu schwach?

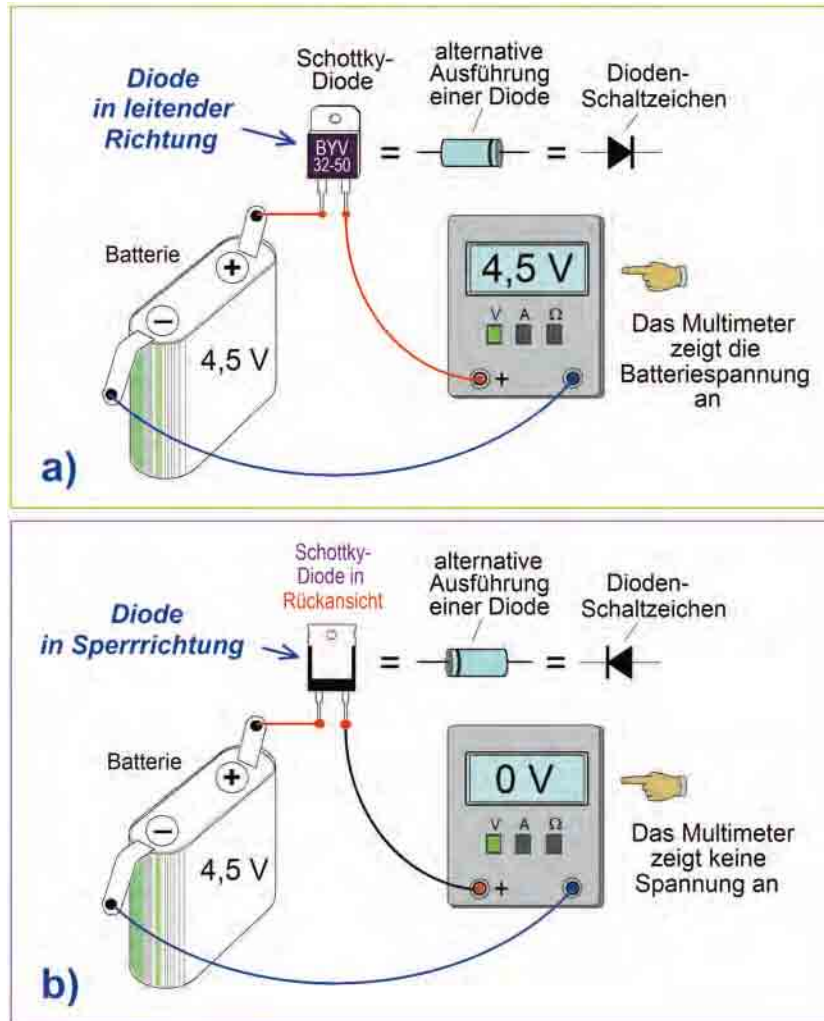


Abb. 9.8 – Auf diese Weise können Sie bei Bedarf die Polarität einer Schottky-Diode (sowie einer jeden anderen Diode) überprüfen.

Nachladen der Batterien mithilfe eines externen Ladegeräts erforderlich.

Das externe Nachladen der Batterien sollte in der Reihenfolge nach Abb. 9.7 erfolgen, wenn nur die Zweitbatterie an die Lichtmaschine über eine Schottky-Diode (nach dem Beispiel aus Abb. 9.7a) angeschlossen ist: Erst wird die Zweitbatterie voll aufgeladen, danach die Fahrzeugbatterie.

Wenn jede der Batterien nach Abb. 9.6b über eine eigene Schutzdiode an die Lichtmaschine angeschlossen ist, spielt die Reihenfolge des Nachladens der Batterien keine Rolle, denn zwischen den Batterien besteht keine leitende Verbindung. Das externe Nachladen der Batterien sollte unbedingt jeweils erfolgen, sobald das Kontrollvoltmeter eine Spannung von ca. 11,5 Volt anzeigt. Bevor die Batterien nicht ausreichend nachgeladen sind, sollte die Hi-Fi-Anlage nicht betrieben werden.

Einige High-Power-Endstufen sind für eine Versorgungsspannung von 16 oder 18 Volt ausgelegt und benötigen daher ihre eigene Batterie, die sich z. B. nach Abb. 9.9 aus

9.2 Ist Ihre Autobatterie zu schwach?

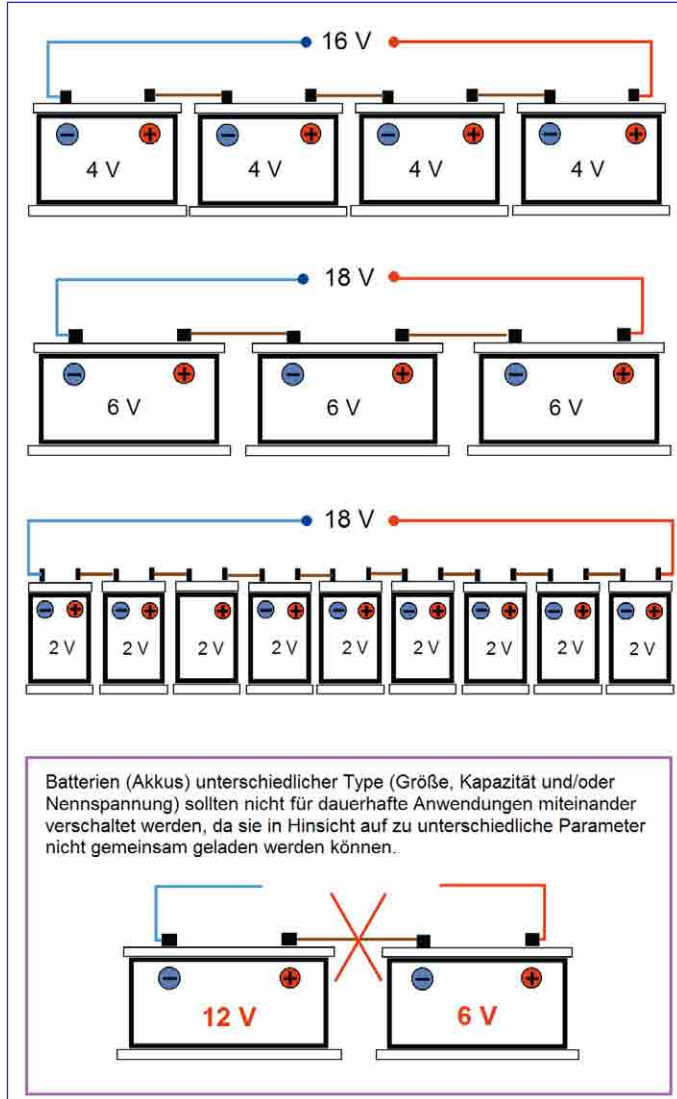


Abb. 9.9 – Ist eine Endstufe für eine Versorgungsspannung von 16 oder 18 Volt ausgelegt, muss sie ihre Stromversorgung aus separaten Batterien (Bleiakkus) beziehen, die z. B. aus mehreren in Reihe verschalteten 6-, 4- oder 2-Volt-Akkus zusammengesetzt werden.

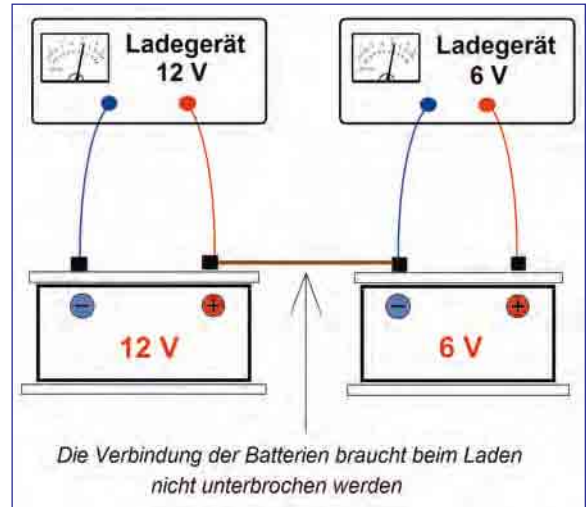


Abb. 9.10 – Arbeiten zwei oder mehrere Batterien unterschiedlicher Type und Spannung in Reihe, müssen sie einzeln geladen werden.

mehreren, in Reihe verschalteten Einzelbatterien zusammensetzt. In diesem Fall ist ein eventuelles Nachladen von der Lichtmaschine des Fahrzeugs nicht möglich. Das benötigte externe Ladegerät muss für das Nachladen von 16- oder 18-Volt-Batterien ausgelegt sein. Wiederaufladbare Batterien (Akkus) unterschiedlicher Type (Kapazität, Spannung und Ausführung) können zwar für experimentelle Zwecke miteinander in Reihe verschaltet werden, aber ein Nachladen der ganzen Einheit ist dann nicht möglich bzw. nicht sinnvoll. Durch die unterschiedlichen Parameter lassen sich nicht alle in Reihe geschalteten Batterien ausgewogen nachladen. Sie können allerdings einzeln, mit z. B. zwei separaten Ladegeräten nach Abb. 9.10 nachgeladen werden.

9.3 Ein zusätzlicher Speicherkondensator für die Leistungsspitzen

Als Car-Hi-Fi-Zubehör sind auch spezielle Speicherkondensatoren erhältlich, die parallel zur Anlagenbatterie angeschlossen werden können, um kurzfristig auftretende Leistungsspitzen abzufangen.

Solche Leistungsspitzen entstehen durch starke Klangimpulse, die z. B. durch gleichzeitiges Auftreten eines Basstons, eines Paukenschlags und weiterer lauter Töne vorkommen. Oft handelt sich dabei um Zeitspannen von nur einem Sekundenbruchteil, während der aber die Endstufe aus der Batterie eine wesentlich höhere Leistung beziehen müsste, als sie liefern kann.

Vorstellen kann man sich eine solche Situation anhand eines praktischen Beispiels: Versuchen Sie, Ihr Auto bei eingeschaltetem Licht zu starten, wird im Moment der Betätigung des Anlassers die Batteriespannung vorübergehend sichtbar sinken – was sich dadurch äußert, dass das Autolicht in diesem Moment sehr schwach wird. Die Batterie kann den großen Stromstoß nur schwer verkraften. Sie ist zwar gezielt dafür entwickelt, und der Anlasser gibt sich damit zufrieden, bei einem Endverstärker wirkt sich eine derart starke Stromabnahme aber als „Dämpfer“ der Lautstärke aus. Gerade die sehr lauten Klänge, die dafür zuständig sind, die Musikwiedergabe zu beleben, kommen nicht in voller Pracht durch die Endstufe heraus, weil die Batterie den erhöhten Leistungsbedarf nicht angemessen flexibel bewältigt.

Wird parallel zur Batterie ein zusätzlicher Speicherkondensator (Pufferelko) nach Abb. 9.11 angeschlossen, fungiert er quasi als eine zweite „Hilfsbatterie“, deren Energiereserve groß genug ist, um Leistungsspitzen aufzufangen. Dieser Kondensator sollte nach Möglichkeit an die Batterieanschlussklemmen des Endverstärkers (und nicht an die Batterie selbst) ange-

schlossen werden, damit er auch eventuelle Spannungs- und Leistungsverluste in einer längeren Stromzuleitung abfängt.



Abb. 9.11 – Ein zusätzlicher Speicherkondensator (Pufferelko) fängt gelegentliche Leistungsspitzen ab, die bei abrupt auftretenden lauten Klangimpulsen entstehen.



Abb. 9.12 – Speicherkondensatoren sind wahlweise mit oder ohne integrierten Voltmeter erhältlich. (Anbieter: Conrad Electronic und Ground Zero GmbH)

Hi-Fi, MP3 und Verstärker selbst ins Auto einbauen

Möchten auch Sie Ihr Auto mit einer leistungsstarken Hi-Fi- oder Multimedia-Anlage nachrüsten?

Die Geräte sehen zwar auf den ersten Blick oft wie einfache Autoradios aus, verfügen aber über sehr viel Elektronik mit einer großen Vielfalt an Steuerungs- und Bedienungsmöglichkeiten. Die Anschlüsse und Nachrüstungsmöglichkeiten unterscheiden sich von Gerät zu Gerät.

Oft fehlen aber leicht verständliche Beschreibungen dazu, wie die einzelnen Bausteine richtig ausgewählt, perfekt aufeinander abgestimmt und fachgerecht installiert werden müssen. Genau diese finden Sie in diesem Buch.

Aus dem Inhalt

- Hi-Fi- und Multimedia-Anlagen selbst auswählen und installieren
- Mehr Power erwünscht: Verstärker im Auto
- Verkabelungen und Verbindungen
- Optimaler Klang: Darauf müssen Sie bei Lautsprechern achten
- Car-Lautsprecherboxen im Selbstbau

Zum Autor

Bo Hanus zählt zu den erfahrensten Autoren von DO-IT!-Büchern. Mit seinen etwa 50 Ratgebern zu den verschiedensten Themen hat er wohl so manchem aus der sprichwörtlichen Patsche geholfen.

Der Markt bietet eine Vielzahl von passenden Car-Hi-Fi-Bausteinen an. Einfachere Autoradios haben zurzeit zumindest einen integrierten CD-/MP3-Receiver. Komfortablere Autoradios, die auch als Multimedia-Geräte bezeichnet werden, verfügen zusätzlich über einen eingebauten Monitor, einen DVD-Player, ein Navigationsgerät und noch viel mehr. Auf der Suche nach dem passenden Gerät stoßen viele Kunden dabei auf kryptische Bezeichnungen sowie Abkürzungen und sind später bei einer fachgerechten Installation überfordert. Dieses Buch hilft Ihnen bei der Auswahl der Geräte und zeigt Ihnen mit vielen Abbildungen und Zeichnungen, wie Sie Ihre Anlage selbst planen und installieren können.

Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit Lautsprechersystemen und ihrem fachgerechten Einbau. Es gibt Ihnen zahlreiche Tipps zur optimalen Anpassung der Frequenzweichen, zur Kontrolle der Frequenzcharakteristik, zur perfekten Klangwiedergabe und zu vielem mehr.

Das Buch setzt keinerlei technische Kenntnisse oder handwerkliches Geschick voraus – die beste Voraussetzung für den Laien, um eine Anlage zu installieren und betreiben.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

