



Klirr und Intermodulation beim Verstärker

Die Güte einer HiFi-Anlage wird zu einem erheblichen Teil durch die Freiheit von Verzerrungen bestimmt, das heißt durch den hohen Grad der Übereinstimmung zwischen den Schallspektren von Originalklang und Wiedergabe. Unterschiede zwischen Original und Wiedergabe bezeichnet man als Verzerrungen. Es werden lineare und nicht-lineare Verzerrungen unterschieden. Handelt es sich nur um eine gegenseitige Verschiebung in der Lautstärke der einzelnen in der Originaldarbietung vorkommenden Töne, so spricht man von linearen Verzerrungen. Sie entstehen durch Abweichungen der Übertragungskurve des Gerätes vom angestrebten linearen, das heißt frequenzgeraden Verlauf. Die linearen Verzerrungen moderner Geräte sind — mit Ausnahme der Lautsprecher — im gesamten Übertragungsbereich gering und leicht zu begrenzen.

Im Gegensatz **dazu** bestehen die nicht-linearen Verzerrungen aus Tönen, die im Originalklangbild nicht vorkommen, sondern die innerhalb der Apparatur zusätzlich entstehen. Sie werden durch Schaltelemente hervorgerufen, die keine gerade Kennlinie besitzen, zum Beispiel Röhren und Übertrager. In modernen Geräten, in denen diese Teile fehlen, treten nichtlineare Verzerrungen auf, wenn die Amplitude der aufgedrückten Spannung so groß wird, daß sie über den aussteuerbaren geraden Bereich der Kennlinie eines Schaltelementes hinausragt. Diese Gefahr besteht hauptsächlich in den Endstufen der Verstärker. Sie nimmt mit steigender Ausgangsleistung zu. Ein erheblicher Teil der neu gebildeten Frequenzen besteht aus ganzzahligen Vielfachen der Grundtöne. Da sie harmonisch zu den Grundtönen liegen, werden sie harmonische Verzerrungen genannt. Sie beeinflussen die Klangfarbe der Wiedergabe. Mit höherer Ordnungszahl nimmt die Amplitude der Obertöne zwar rasch ab, das heißt, der dritte Oberton ist kleiner als der zweite, ihr Einfluß auf den Klang nimmt aber zu, je breiter das übertragene Frequenzband ist.

Als Maß für die harmonische Verzerrung dient der Klirrgrad. Man erregt das zu prüfende Gerät mit einer Meßfrequenz (reiner Sinuston) und bestimmt am Ausgang die Obertöne. Der Klirrgrad ist das Verhältnis der Summe aller Oberwellen zur Summe von Grundton mit Oberwellen und wird in Prozenten angegeben.

Die Hörbarkeit des Klirrgrades hängt, wie gesagt, von der Breite des übertragenen Frequenzbandes ab. Je hochwertiger die Anlage ist, um so kleiner muß er sein. Außerdem ist die Wahrnehmbarkeit von der Art der Musik abhängig. Bei obertonarmen Klängen werden Klirrgrade von 0,5% bemerkt. Bei Orchestermusik liegt dagegen die Grenze bei etwa 2%.

Die DIN-Vorschrift für HiFi-Anlagen verlangt, daß der Klirrgrad höchstens 1% betragen darf bei einer Leistungsbandbreite von 40 bis 12 500 Hz. Es wird darunter der Frequenzbereich verstanden, innerhalb dessen bei diesem Klirrgrad die Ausgangsleistung an den Übertragungsenden um maximal die Hälfte abgesunken ist. Einen besseren Überblick über die Eignung des Verstärkers ergibt ein Kurvenblatt, auf dem die Abhängigkeit des Klirrgrades von der abgegebenen Leistung, und zwar bei verschiedenen über das Übertragungsgebiet

verteilten Frequenzen, aufgezeichnet ist. Man kann aus dieser Kurvenschar ablesen, bis zu welcher Grenze eine praktisch verzerrungsfreie Leistungsabgabe möglich ist. Streuen diese Kurven stark, so ist auch die Verzerrung frequenzabhängig. Liegt die Kurvenschar eng beisammen, so kann man daraus entnehmen, daß die Wiedergabe im gesamten Übertragungsbereich gleichmäßig verzerrungsarm, das heißt unabhängig vom Charakter der Musik ist. Die Kurven zeigen aber auch, wie wichtig die Leistungsreserve eines Verstärkers für HiFi-Wiedergabe ist. Ein Gerät, das für 30 W Leistung ausgelegt ist, aber nur 20 W abzugeben braucht, wird mit Sicherheit weit unter der 1%-Klirrgradgrenze des 20-W-Verstärkers bleiben.



Die Angabe des Klirrgrades ist allerdings allein nicht ausreichend, um die Verzerrungsfreiheit einer HiFi-Anlage zu beschreiben. Im praktischen Betrieb wird nicht nur ein Ton verstärkt, sondern eine ganze Anzahl gleichzeitig. Wenn aber eine tiefe und eine hohe Frequenz gleichzeitig übertragen werden, so beeinflussen sie sich gegenseitig. Es entstehen zusätzliche Kombinationstöne, und zwar Summen- und Differenz-töne. Diese liegen unharmonisch zum Grundton und wirken deshalb für das Ohr besonders unangenehm. Man bezeichnet diese nichtlinearen Verzerrungen als Intermodulation. Als Maß dient der Intermodulationsfaktor. Er wird dadurch festgestellt, daß man zwei Frequenzen gleichzeitig auf den Eingang des Gerätes gibt und am Ausgang das Verhältnis Summe aller Oberwellen 4-Kombinationstöne zur Summe aller Frequenzen einschließlich Grundwellen bildet und in Prozenten ausdrückt.

Intermodulationsfaktoren können bei Solo-instrumenten schon mit Werten um 1% hörbar werden. Höhere Anteile bewirken heisere Klänge und Zischen. Die DIN-Norm läßt Werte bis zu 3% zu. Der Intermodulationsfaktor soll mit den Frequenzen 250 und 8000 Hz bei einem Amplituden-Verhältnis 4:1 und Vollaussteuerung gemessen werden.

Bei allen bestimmenden Faktoren innerhalb einer HiFi-Anlage ist stets das schwächste Glied für die Gesamtwirkung maßgebend. Es hat also keinen Sinn, den Klirrgrad im Verstärker auf Bruchteile von Prozenten herabzudrücken, wenn zum Beispiel der Tonabnehmer einen Intermodulationsfaktor von 3% besitzt. Beim heutigem Stand der Technik sind die höchsten Verzerrungen beim Lautsprecher zu erwarten. Auch bei diesem Geräteteil steigen sie mit der Größe der Membranauslenkung, das heißt mit der Leistungsabgabe, an. Es ist also niemals falsch, die Lautsprecher zu überdimensionieren, damit in einem Bereich gearbeitet werden kann, in dem der Klirrgrad noch klein ist. Eine Überreibung in dieser Richtung, die ebenfalls falsch wäre, ist aus wirtschaftlichen Gründen kaum zu erwarten. Die Erfahrung zeigt vielmehr, daß eher das Gegenteil der Fall ist. Unbefriedigende Ergebnisse sind oft darauf zurückzuführen, daß gute HiFi-Anlagen mit ungenügenden Lautsprechern betrieben werden, die auf Grund äußerlicher Vorzüge, zum Beispiel kleiner Abmessungen, gewählt wurden.

Gerhard Jung

Die Klirrgradkurve eines guten HiFi-Verstärkers: Die Werte bleiben bis zur Nennleistung für alle Frequenzbereiche niedrig, die Kurven liegen nahe beieinander

