

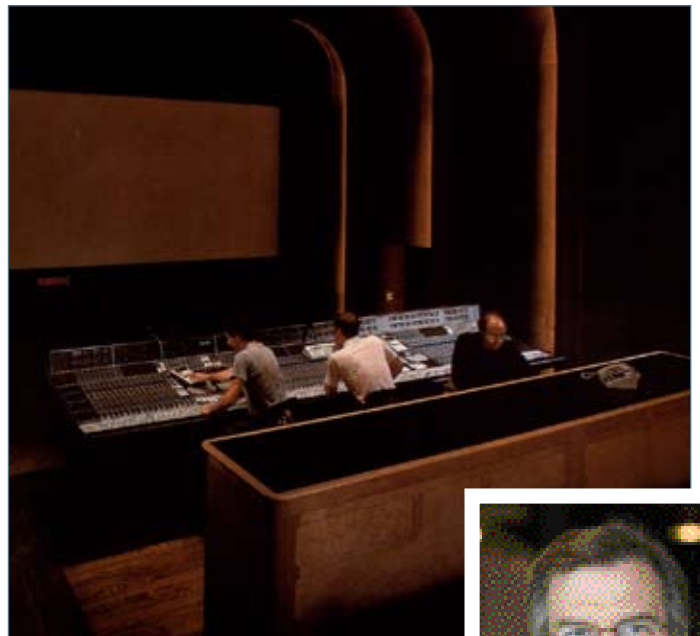
SO GEHT'S

▶ Es ist schon mehr als zehn Jahre her, da entdeckte Gary Rydstrom eine Lücke. Und zwar direkt hinter sich, als er den Soundtrack für die "Star Wars"-Episode "A Phantom Menace" abmischte. Er wollte, dass Töne wirklich von hinten kommen. Ergebnis seiner Entdeckung war das Tonsystem THX Surround EX, das im Jahr 1999 mit diesem Film in die Kinos kam. Seither gibt es mehr als zwei Kanäle hinten – und jede Menge Verwirrung.

Dabei war die Idee relativ einfach und schlüssig: Jede Wand im Kino bekommt einen eigenen Kanal, also nicht nur die rechte und die linke, sondern

auch die hintere. Bis 1999 nutzte man entweder hinten gar keine Lautsprecher oder teilte sie bis zur Mitte den jeweiligen Seiten zu. Rydstroms Idee blieb nicht bei THX, Dolby übernahm sie in Form von Dolby Digital EX. Und DTS zog nach, mit DTS 6.1 ES in zwei Versionen, ES Matrix und ES discrete.

Als es um die Tonformate für die HD-Scheiben Blu-ray-Disc und HD-DVD ging, legte man noch einen oben drauf: Alle neuen Soundsysteme sollten 7.1 möglich machen, also sogar vier Surround-Kanäle. Entsprechend wurden Dolby Digital Plus, TrueHD und DTS-HD konzipiert. Doch umso drängender ist die Frage: Wie gibt man die unterschiedlichen Surround-Formate korrekt wieder? **lö**



Im Stag Theatre auf der Skywalker Ranch von Lucasfilm wurde die Idee geboren, mehr als zwei Surround-Kanäle zu verwenden. Gary Rydstrom war der Erfinder.

Die Normen

Dolby Digital EX – Auch als 5.1 EX oder Surround EX bezeichnet, verwendet die normale 5.1-Technik von Dolby Digital, wobei den beiden Surround-Kanälen ein Center aufmoduliert wird, der vom Decoder bei der Wiedergabe zurückgewonnen wird. Möglich sowohl im Kino wie zuhause; THX Surround EX war der Vorläufer dieses Verfahrens im Kino.

DTS-ES 6.1 Matrix – Funktioniert wie die Dolby-Lösung mit einer Matrix, sowohl im Kino wie im Heimkino.

DTS-ES 6.1 discrete – Arbeitet mit der separaten Codierung eines Back-Center-Kanals, die in den Zusatzdaten von DTS versteckt wird. Damit der normale Track rückwärtskompatibel ist, enthält er bereits die Matrix-Information für den Center, die Zusatzdaten nur noch die Signale für die bessere Kanaltrennung. Gibt es nur auf wenigen DVDs, nicht im Kino.

Dolby Digital plus – Verfahren mit bis zu sieben Kanälen plus Subwoofer, nur auf Blu-ray-Disc (und HD-DVD). Bei 7.1-Abmischung werden zweierlei Surround-Sets gespeichert, eines für 5.1- und eines für 7.1-Wiedergabe.

Dolby TrueHD – Verlustfreie Wiedergabe von maximal 7.1 Kanälen, enthält wie Dolby Digital plus sowohl einen 5.1- wie einen 7.1-Mix, falls benötigt. Nur auf Blu-ray und HD-DVD zu finden.

DTS-HD – Sowohl die Version High-resolution Audio wie die "Master Audio"-Variante (verlustfrei) enthalten ein so genanntes Remapping, das im Decoder dafür sorgt, dass 5.1 auf 7.1 und umgekehrt angepasst wird; in manchen Fällen wird aber für die Rückwärtskompatibilität mit 5.1 einfach auf den DTS-Core zurückgegriffen. Beide Systeme nur auf Blu-ray und HD-DVD.

RICHTIGE 7.1 WIEDERGABE

Vier Surround-Lautsprecher sind ein Problemlöser, wenn es um perfekten Raumklang geht. Aber auch ein Problem, da es nicht viele Quellen mit echtem 7.1-Ton gibt.

1 5.1, 6.1 oder 7.1?

Es ist nicht korrekt anzunehmen, dass High-End-Installationen unbedingt mit einer 7.1-Lautsprecher-Bestückung arbeiten müssen. Denn anders als im Kino hat man zuhause durchaus die Möglichkeit, die Surround-Lautsprecher etwas nach hinten zu verschieben, so dass ein von beiden hinteren Boxen wiedergegebenes Signal wirklich von hinten zu kommen scheint. Im Kino ist das unmöglich, weil die Wände von vorne bis hinten bestückt werden müssen, damit jeder Platz einigermaßen gleichmäßig beschallt wird. Aber es ist richtig, dass 7.1 gute Voraussetzungen für

optimalen Surround bietet – vor allem unter schwierigen Voraussetzungen.

Für nur einen Zuhörer ließe sich sogar mit nur vier Lautsprechern ein ordentliches Soundfeld erzeugen. Wer jedoch etwas seitlich sitzt, verliert leicht die tonale Balance: Vorne scheinen die Stimmen aus dem seitlichen Speaker zu kommen, hinten verschiebt sich der Raumklang zur Seite. Erst die beiden Center vorne und hinten schaffen eine klare Orientierung jeweils zur Mitte. Je weiter man sich den Boxen nähern muss, sei es aus Platzmangel oder anderen Gründen, umso wichtiger

werden die zusätzlichen Schallquellen. Ein reines 6.1-Layout wie im Kino hat sich aber für zuhause als nicht ideal herausgestellt.

Denn montiert man eine Box exakt in der Mitte der Rückwand, scheint ihr Schall gelegentlich direkt von vorne zu kommen; im Kino passiert das nicht, weil ja nie nur ein Lautsprecher, sondern eine ganze Reihe verwendet wird. Daher hat man Home-Cinema-Lösungen recht bald auf 7.1 umgestellt. Das verhindert zudem, dass für links sitzende Zuhörer der Back-Surround von rechts zu kommen scheint.

2 Boxen-Auswahl

Wie immer bei einem Surround-System ist es bei der Auswahl der Rear-Lautsprecher wichtig, dass sie gut zusammen passen. Denn Töne, die sich bewegen, dürfen dabei ihre Klangfarbe nicht verändern. Auch ein gleichmäßiges Soundfeld ist nur möglich, wenn die Boxen die gleichen Charakteristika aufweisen. Das betrifft vor allem die Hoch- und Mitteltöner, die möglichst vom gleichen Hersteller stammen sollten.

Von der Bauart her ist man bei einer 7.1-Installation flexibler als sonst. Es ist sogar vorstellbar, verschiedene Typen zu mischen, etwa Dipole an der Seite und Direktstrahler hinten in der

Dipol- oder Bipol-Speaker eignen sich bei 7.1-Anlage vor allem für die seitlichen Surrounds, weniger für die Lautsprecher hinten.



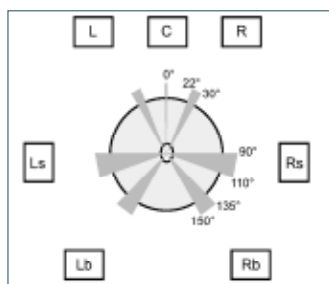
Mitte. Genauso gut wäre es möglich, als Back-Surrounds ältere Hauptlautsprecher zu nehmen, die man vorne durch höherwertigere Exemplare ersetzt hat. Falls ein Tieftöner vorhanden ist, sollte das nicht mehr als ein Platzproblem darstellen, solange das Bassmanagement für alle hinteren Speaker gleich eingestellt ist.

3 Lautsprecher-Aufstellung

Patentrezepte für die Platzierung der Boxen bei Surround existieren nicht, zumindest nicht für alle denkbaren Bedingungen. Ideal wäre jedenfalls ein gleich großer Abstand zum Hörplatz mit möglichst geringen Abweichungen für mehrere Zuschauer, also relativ weit weg. Denn dann lassen sich die widersprüchlichen Anforderungen unter einen Hut bringen, nämlich ein homogenes, raumfüllendes Klangfeld mit ausreichender Ortbarkeit zu vereinbaren. Gleichzeitig ist es notwendig, einen sauberen Übergang von vorne nach hinten zu sichern. Denn wenn man zwar hinter sich tolle Effekte hört, aber keine Verbindung zum Geschehen vorne existiert, ist das auch kein guter Film-Sound. Um das zu erreichen, gibt es zahlreiche Ansätze.

Nimmt man das Kino als Vorbild, gehören die beiden Lautsprecher für die normalen Surround-Kanäle bei einer 7.1-Konfiguration seitlich neben den Sitzplatz; daher werden sie dann

Side-Surrounds genannt. Die Boxen hinten bezeichnet man in diesem Fall als Surround-Back. Die Empfehlung lautet dann, die seitlichen Lautsprecher in etwa auf 90 Grad zur Sichtachse anzubringen, also direkt neben dem Sitzplatz. Bis zu 110 Grad, also etwas weiter hinten, wären denkbar, dann wäre man etwa auf der Position, wo man bei einem 5.1-System die Rear-Speaker hinstellt. Die Back-Surrounds platziert



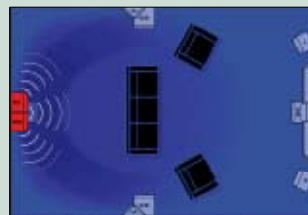
Die gebräuchlichste 7.1-Anordnung sieht neben den drei Front-Speakern (L, C, R) Surround an der Seite (Ls, Rs) und Back-Speaker (Lb, Rb) vor.

Das THX-Konzept ASA

Die Diskussion um die beste Positionierung der Surround-Lautsprecher möchte THX mit einer eigenen Technologie beenden: Advanced Speaker Array (ASA) heißt das Verfahren, das seit Einführung von THX Ultra2 zum Standard bei 7.1-Prozessoren gehört. Auf Lautsprecherseite sieht dieses Verfahren Dipole links und rechts neben dem Hörplatz vor und zwei Direktstrahler hinter den Zuhörern, die ohne Abstand nebeneinander montiert werden. Anders als bei THX Surround EX bekommen die beiden Boxen hinten aber kein identisches Signal zugespielt. Der Prozessor soll vielmehr aus dem Zusammenspiel der Schallquellen im Raum platzierte Phantom-Lautsprecher erschaffen, die je nach Betriebsart und Zuspiegelung relativ frei her-

umgeschoben werden können. Dabei nutzt man Erkenntnisse aus der Virtualisierung, wie man sie bisher bei künstlichem Surround ("Virtual Surround") eingesetzt hat.

Drei Modi kennt das ASA-Setup, nämlich Movie, Music und Games. Für Filme wird so eine Platzierung der Speaker über die Breite der Rückwand simuliert, Musik wird wie mit zwei Lautsprechern im Kreis um den Hörplatz wiedergegeben, während bei Games das Augenmerk auf vollen Leistung aus allen Kanälen liegt. Wer die klassische EX-Anordnung mit zwei Boxen auf Abstand hinten bevorzugt, muss in den Einstellungen der Surround Backs auf Position "Apart" schalten, also auseinander. Dann passt sich der Prozessor dieser Positionierung an.



Die ASA-Schaltung an THX-Receiver funktioniert am besten, wenn die Back-Surrounds (linkes Bild, rot eingefärbt) direkt nebeneinander montiert werden.

man am besten in dem Abstand voneinander, den die Sitzplätze maximal haben, also den rechten Lautsprecher hinter dem Sitz rechts außen und links ebenso. Damit ist sichergestellt, dass es auf jeder Position eine stabile Orientierung nach hinten gibt. Für Filme ist diese Aufstellung am besten geeignet.

Darüber hinaus existieren eine ganze Reihe weiterer 7.1-Konfigurationen, bei denen die zusätzlichen Kanäle als reine Seitenfüller eingesetzt werden, ebenso als Höhenkanäle in allen Richtungen. DTS behauptet, dass sowohl mit High-resolution Audio wie mit Master Audio sieben unterschiedliche Layouts möglich seien. Leider bieten nur wenige Gerätehersteller wenigstens einige davon an, zum Beispiel Pioneer im Modell SC-LX90. Ein Sonderfall ist

die Empfehlung von THX, wenn das so genannte Advanced Speaker Array eingesetzt wird (siehe Kasten oben).

Was die Höhe angeht, gilt für vier Surrounds das gleiche wie für zwei: Angebracht werden sollten sie einen halben bis einen Meter über Kopfhöhe der sitzenden Zuschauer, auf jeden Fall in einer Ebene. Maßgeblich dafür ist der Hochtöner, wenn man zum Beispiel Standboxen als Back-Boxen verwendet. Unter ungünstigen Raumbedingungen, etwa wenn man nahe an der Rückwand sitzen muss, gilt es zu experimentieren. Dann kann eine indirekte Abstrahlung über Decke oder Wände die ansonsten zu kurzen Abstände ausgleichen, so dass man auf vielen Plätzen ein homogenes Surround-Erlebnis spürt – und nicht einzelne Boxen hervortönen.

Das Original-Tonsystem aus "Star Wars – A Phantom Menace" sieht eine Matrix-Decodierung des hinteren Surround-Kanals vor.



4 Endstufen

Wie für die Boxen gilt auch für die jeweiligen Endstufen: Die vier Verstärker sollten gleiche oder zumindest ähnliche Eigenschaften aufweisen. Das ist nicht immer einfach, weil in manchen AV-Receivern zwar die entsprechenden Decoder eingebaut sind, aber nicht immer die benötigten sieben Endstufen. Vorgesehen ist vielmehr, dass man für die Surround-Back-Lautsprecher eigene Endstufen anschafft und anschließt. Inzwischen geht der Trend freilich eindeutig zu sieben und mehr Endstufen, so dass sich hier keine großen Hindernisse mehr auftun.

Für die Gesamtanlage förderlicher als ein Stereoverstärker für die Back-Speaker ist allerdings in der Regel eine separate Endstufe für die beiden Hauptlautsprecher; das investierte Geld ist hier meistens besser aufgehoben, da man dadurch die Stereowiedergabe deutlich verbessern kann. Voraussetzung dafür ist freilich, dass der AV-Receiver oder die Vorstufe eine freie Zuweisung erlauben.

5 5.1-Software wiedergeben

Das entscheidende Problem beim Betrieb einer 7.1-Anlage ist die Frage, was man mit ganz normalen Filmen macht, die einen 5.1-Soundtrack haben – und das ist schließlich die ganz große Mehrheit aller Filme, auch auf Blu-ray-Disc. Da gibt es eine Reihe von Möglichkeiten:

- Die hinteren Surrounds einfach unbelegt lassen. Das geht, wenn man die Side-Surrounds so aufgestellt hat, wie man normalerweise auch die Rear-Boxen einer 5.1-Anlage aufstellen würde. Hat man aber die Side-Lautsprecher weiter nach vorne gezogen, dann kann es sein, dass hinten der akustische Zusammenhalt fehlt. Und auf jeden Fall verzichtet man auf die Vorteile, die ein Set mit vier Rear-Speakern bieten kann,

zum Beispiel unter schwierigen Raumbedingungen.

- Auf die hinteren Surrounds den gleichen Ton wie auf die seitlichen legen. Das ist speziell dann sinnvoll, wenn mehrere Personen relativ nahe an den Lautsprechern sitzen müssen. Aber die Differenz zwischen links und rechts geht etwas verloren. Außerdem ist es wichtig, eine solche Anordnung mit einem 5.1-Signal einzupegeln, damit die doppelte Wiedergabe nicht zu überhöhtem Pegel führt – also beide Surround-Speaker einer Seite gemeinsam.

- Eine Matrix-Schaltung (Prologic, Neo:6) für die Surrounds verwenden, damit sich die Töne unterschiedlich auf die vier Lautsprecher verteilen. Das funktioniert ideal, wenn der Film

bereits entsprechend abgemischt wurde, kann aber auch unter anderen Bedingungen gute Ergebnisse bringen. Allerdings kann es vorkommen, dass das hintere Klangpanorama verfälscht wird, etwa dann, wenn beide Kanäle das gleiche Tonereignis transportieren – etwa Regen oder Straßengeräusche, die nur in Mono aufgenommen worden waren. Eine Matrixschaltung legt diese Geräusche nach hinten, die seitlichen Boxen bleiben stumm. Und es regnet nicht ringsum, sondern nur hinten.

Unter diesen Varianten ist die einfache Wiederholung die Nummer sicher, da hier nicht viel schiefgehen kann. In den meisten Fällen ist aber eine Matrix auch kein Problem und klingt sogar etwas besser.

6 Einstellungen am AV-Receiver

Mehrkanalton kann auf drei Arten in einen AV-Receiver oder anderen Decoder beziehungsweise Vorstufe gelangen: als Bitstream, als PCM über HDMI oder analog. Für 7.1-Ton, wie auch in den meisten anderen Fällen, ist Bitstream die beste Möglichkeit, und zwar unabhängig davon, ob dieser Bitstream die Standard-Tonformate Dolby Digital und DTS oder die HD-Systeme wie TrueHD und DTS-HD transportiert. Denn dann kann das Gerät gleich nach dem Decodieren die Töne passend auf die Kanäle verteilen, was nicht einmal bei 7.1-Quellen von selbst richtig funktioniert. Denn Bassmanagement, Entfernungen und sonstige Besonderheiten der Anlage müssen berücksichtigt werden, da

mit der Sound passt. Die Nutzung einer "Direct"-Schaltung, die den Inhalt der einzelnen Kanäle unverändert zu den Boxen durchschleift, ist nur bei audiophiler Musikwiedergabe und hochwertigsten Installationen zu empfehlen.

Bei 5.1-Quellen hat man die Auswahl, welche Art von Matrix man anwenden möchte. Wenig überraschend empfiehlt Craig Eggers von Dolby das Prologic-2x-Verfahren, während Achim Scherner von DTS für sich Neural 7.1 bevorzugt, ersatzweise Neo:6. Je nach Receiver gibt es weitere Optionen, zum Beispiel Logic 7 von Harman. Eine 6.1-Disc, die es sowohl bei DVD wie bei Blu-ray gibt, ertönt im Normalfall mit zweimal der gleichen Back-Tonspur, bei

manchen Geräten gibt es als Option einen Mix über alle vier Surround-Kanäle. In Dolby Digital EX und DTS-ES existieren Kennungen, die dem Decoder signalisieren, dass es sich um 6.1-Surround handelt. Bei Dolby ging aber ziemlich viel schief, so dass nur wenige Scheiben diese Flag enthalten und nicht alle Decoder sie korrekt erkennen.

Auch bei PCM-Zuspielung über HDMI können die meisten AV-Receiver ihre DSPs anwerfen, so dass es egal ist, ob 5.1 oder 7.1 angeliefert wird. Damit lassen sich Programme wie Prologic & Co zuschalten, so dass hinten keine Lücke entsteht. Allerdings geht bei PCM eine eventuelle 6.1-Flag verloren.

Über den analogen Mehrkanalein-



Über den analogen 7.1-Eingang, hier von einem Onkyo TX-SR805, lässt sich meistens keine Matrix-Schaltung für 5.1-Quellen nutzen.

gang, egal ob 5.1 oder 7.1 genutzt wird, geht das Signal bei fast allen AV-Receivern unverändert zu den Lautsprecher-Ausgängen. In diesem Fall ist es wichtig, dass der Zuspeler den Ton passend aufbereitet. Zur Not muss man, wenn es nicht anders geht, sein Boxen-Setup diesen Gegebenheiten anpassen.

7 Decodierung im BD-Player

DVD-Spieler können nur den Bitstream ausgeben oder in manchen Fällen analogen 5.1-Ton. Bei Blu-ray-Playern ist nicht nur die Zahl der Anschlussoptionen größer, die internen Decoder werden auch häufiger benötigt als bei DVD. Inzwischen stecken in den meisten Blu-ray-Spielern Decoder für alle Tonformate, doch es ist nicht immer eindeutig, welche Tonspuren genommen und was daraus gemacht wird.

Der Normalfall ist es, dass der Soundtrack mit genau der Kanalzahl als PCM- oder analoges Signal ausgegeben wird, mit der er auf der Disc gespeichert ist. Das bedeutet zum einen, dass hier keine Matrix-Decodierung stattfindet, also 6.1-Soundtracks nicht erkannt werden. Und die Back-Surrounds bleiben leer, für eine korrekte Anpassung auf ein 7.1-Set muss der AV-Receiver sorgen.

Da das nicht immer möglich ist, hat Panasonic einen anderen Weg gewählt und dupliziert die Surround-Kanäle – auf Anweisung von DTS, so die japanischen Techniker. Andere Firmen und auch DTS-Mitarbeitern ist das freilich



Die **Panasonic-BD-Player** wie der DMP-BD80 geben 5.1-Soundtracks über die analogen Ausgänge in 7.1-Form aus.

unbekannt. Und ganz konsequent ist es auch nicht, denn bei DVD bleibt es bei 5.1, selbst wenn Dolby EX oder DTS-ES auf der Scheibe ist.

Für den Fall, dass eine Weiterverarbeitung im AV-Receiver nicht möglich ist, wäre es ideal, wenn der Blu-ray-Player bereits eine Matrix-Schaltung oder eine andere Form der Anpassung hätte. Das ist jedoch bisher nur bei einem einzigen Player der Fall, dem Denon DVD-A1UD, dessen Decoder-Teil auf den Komponenten der entsprechenden Vorstufen aufbaut.

Andere Player, zum Beispiel der Pionier BDP-LX91, greifen für die Mehr-

kanal-Ausgänge auf den Core-Stream von DTS zurück, so dass es 7.1 bei dieser Norm gar nicht gibt. Ein besondere Falle lauert auch noch in den Mix-Einstellungen. Ist diese Funktion aktiviert, um zum Beispiel Button-Sounds zu hören, kommt gelegentlich nur der 5.1-Basistrack zum Einsatz, eventuell wird im Player zu Dolby Digital oder DTS umgewandelt.

8 Richtige Einstellungen

Bei der Wiedergabe von 5.1-Soundtracks mit einem 7.1-Boxset erzielt man die besten Ergebnisse durch die Aktivierung einer Matrix. In der Redaktionspraxis hat sich Dolby Prologic 2x als beste Variante bewährt. Je nach Raum und Lautsprechern kann das

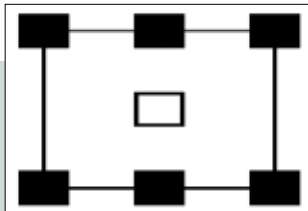
7.1-Software

Spielfilme mit echtem 7.1-Soundtrack gibt es nicht, weil dieses Tonformat im Kino nicht vorkommt. Trotzdem existieren etliche Blu-ray-Discs, bei denen unterschiedliche Lösungen verwendet wurden. Ideal wäre es, wenn für die Disc ein Remix der Original-Tracks gefertigt würde, so dass die Geräusch und Tonspuren nachträglich perfekt positionieren lassen. Das ist allerdings äußerst selten der Fall, da mit viel Aufwand verbunden. Konzerte wurden teilweise schon so produziert. Wenn für das Kino ein echter 6.1-Track erstellt wurde, kann der auf Blu-ray-Disc ebenfalls direkt so gespeichert werden, eventuell mit einfacher Verdoppelung bei gleichzeitiger Pegelabsenkung der Back-Kanäle für 7.1. Weniger gut, aber noch sinnvoll ist die Speicherung einer Matrix-Decodierung auf den hinteren Surround-Spuren. Man nimmt damit dem Decoder in der Anlage die Arbeit ab und liefert eine saubere Aufteilung auf vier Surrounds, wenn der Player die analogen Ausgänge verwenden muss.

anders aussehen, so dass man andere Schaltungen ausprobieren sollte, wenn man mit dem Surround unzufrieden ist. Es kann zudem vorkommen, dass nicht für alle Filme die gleiche Einstellung perfekt funktioniert, je nach Abmischung und Kanalbestückung der Disc.

6.1-Software

Auf DVD gibt es Spielfilme mit maximal 6.1 Kanälen, in Form der Normen Dolby Digital EX oder DTS-ES. Auch die so genannten Core-Tracks auf Blu-ray-Disc, also die normalen Dolby-Digital- und DTS-Spuren, können 6.1-Töne enthalten. In diesem Fall ist eine Matrix-Schaltung die richtige Wiedergabe-Einstellung. Bei DTS-ES sorgt eine Flag automatisch für die richtige Wiedergabe, wenn der Decoder darauf vorbereitet ist und der Soundtrack als Bitstream ankommt; bei Dolby existiert diese Flag in zwei Versionen, von denen keine auf allen Discs vorhanden ist und keine in allen Geräten zuverlässig ausge-



wertet wird. Im manchen Fällen kommt auf der Disc-Hülle ein Symbol zum Einsatz, das auf drei Surround-Kanäle hinweist (Abbildung). Zweifelsfrei festzustellen, ob ein Film in 6.1 abgemischt wurde, ist kaum möglich. Eine recht gute Übersicht über 6.1- und 7.1-Streifen gibt die Schweizer Webseite www.dvdsurround.ch.

9 Fazit

Eine 7.1-Installation kann eine prima Sache sein, weil damit der Surround bessere Bedingungen erhält, gleichzeitig raumfüllend und gerichtet zu klingen. Man muss sich aber darüber im Klaren sein, dass das eine Aufstellung ist, die so im Kino nicht vorkommt und für deren Wiedergabe es kein Patentre-

zept gibt. Ideal wäre es, wenn auf jeder Blu-ray-Disc ein 7.1-Track vorzufinden wäre, der auf diese Lautsprecher-Layout vorproduziert ist. Die Abwärtskompatibilität ist hier besser geregelt, während es aufwärts viele Unwägbarkeiten gibt. Mit Experimenten und Erfahrung bekommt man die Probleme in den Griff.