

Musik und Sound spielen in Kino, TV aber auch in Computerspielen eine immer wichtigere Rolle. Sowohl für Film- und Spieleproduktionen als auch für die Herstellung von Audio-CDs kommen dabei jeweils unterschiedliche Soft- und Hardwaresysteme zum Einsatz, die wiederum auf verschiedene Formate und Kompressionsverfahren setzen. Dieser Artikel beschäftigt sich mit der Frage, welche Systeme und Verfahren die höchste Marktdurchdringung haben und wo die zukünftige Entwicklung hingeht.

FORMATE UND SYSTEME IN SOUNDPRODUKTIONEN

Die höchste Präsenz im Handel und das höchste Umsatzvolumen erzielt aktuell die Audio-CD. Durch DVD-Audio bekommt dieses Format zunehmend Konkurrenz. Im amerikanischen Raum hat sich mit dem SACD-Format ein weiteres Daten-Layout etabliert. Die neuen Formate arbeiten jeweils mit einem eigenen Audio-Codierungsverfahren: DVD-Audio mit PCM und SACD mit DSD. Der durchschnittliche Konsument wird im direkten Vergleich der beiden Verfahren kaum einen Unterschied bezüglich der akustischen Qualität feststellen können. Mehrere Untersuchungen verschiedener Auftraggeber belegen zweifelsfrei, dass die hörakustische Wahrnehmung vieler Endverbraucher - verursacht durch die alltägliche Hörbelastung und Stressfolgeerscheinungen - starke Defizite aufweist. Viele Probanden sind nicht in der Lage, einen Stereo-Audio-Stream mit 16 Bit und 44,1 kHz von einer stark komprimierten MP3-Datei mit 128 KBit/s (ein KBit/s = 1000 Bit pro Sekunde) zu unterscheiden. Die professionelle Tonstudiopraxis darf ihre Qualitätsansprüche jedoch nicht an diesem Wahrnehmungsdefizit einzelner Verbraucher ausrichten, da Auftragsproduktionen in den jeweiligen, zu implementierenden Kontexten individuellen Anforderungen genügen müssen - insbesondere dann, wenn eine Einbindung im (Kino-) Film- und Computerspielebereich mit Hilfe von Soundengines und den dort jeweils gängigen Formaten erfolgt.

PCM-BASIERTE FORMATE

Der unter Windows 98/ME/NT/2000/XP gängigste Sound-Dateityp ist das Wav-Format - das Mac-OS-Äquivalent ver-



DIE TYPISCHE AUSSTATTUNG FÜR EINE HIGH-END-AUDIOPRODUKTION UMFASST UNTER ANDEREM EIN MACKIE DB8 MISCHPULT (BILDMITTE) MIT APOGEE CLOCK CARD SOWIE EIN 72-8-2-KANAL-DIGITALPULT

wendet die Dateinamenskennung AU/Aiff. Hinter den Wav-Dateien verbergen sich allerdings diverse Unterformate, wovon jedoch ein Großteil (ebenso wie AU/AIFF) auf der PCM-Codierung basiert. Diese Art von Audiodaten wird durch eine unkomprimierte Aufzeichnung via Digital Harddisk Recording - dem sogenannten Sampling - erzeugt. Dabei wird die Schwingungskurve eines Tons mit ihren individuellen, analytischen Werten digitalisiert. Je häufiger diese Werte gesam-

pelt werden, umso hochwertiger der Klang. Bei der Audio-CD wird ein solches Schwingungsverhalten 44.100 mal pro Sekunde (= 44,1 kHz) festgehalten. Ein zweites wesentliches Qualitätsmerkmal ist die Genauigkeit der Werteauflösung. Je feiner das Sampling eines Tons, umso weniger „eckig“ klingt das gesampelte Ergebnis. Dieser Effekt lässt sich etwa mit der Qualitätszunahme von digitalisiertem Bildmaterial bei höherer Farbtiefe vergleichen. Eine Aufnahme

SOUND-FORMATE IM GAME DESIGN



[01] MIT DEM WAVELAB WELLEN-EDITOR (LINKS) LÄSST SICH DIE WAVE-KURVE BEI BEDARF SAMPLEGENAU DARSTELLEN. PLUG-INS UND SIGNALWEGE WERDEN AUF DEM RECHTEN MONITOR DARGESTELLT

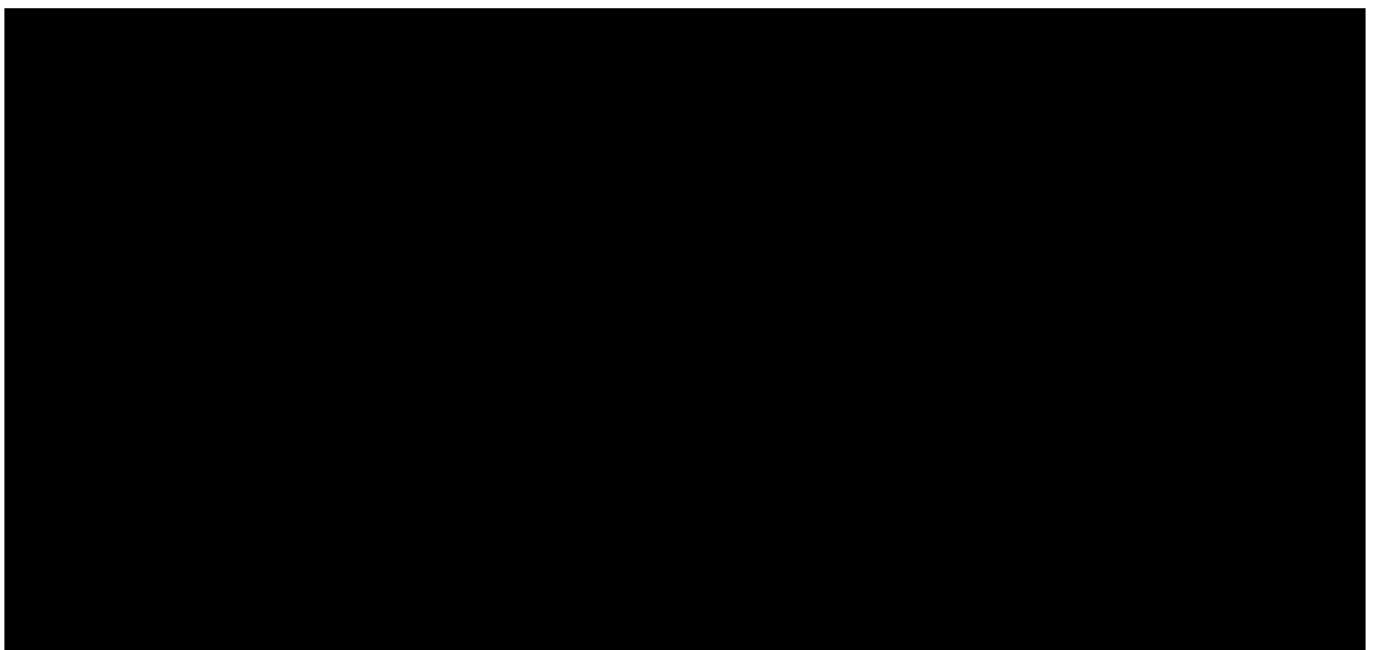
wird nicht nur besser, je feiner der Schwingungswert beziehungsweise je höher die Sampling-Frequenz ist, die Qualität der Aufnahme nimmt auch mit wachsender Bitrate und damit größerer Aufzeichnungstiefe zu.

Diese Aufzeichnungstiefe wirkt sich insbesondere auf den Amplitudenausschlag und die Dynamikbandbreite („Headroom“) aus. Wenn die Bit-Auflösung zu

gering ist, ergeben sich in der Wellenkurve Ecken, die bei sensiblen Signalen wie etwa aus dem Score-Bereich als Pfeifen wahrnehmbar sind [Bild 01]. Zahlreiche Tests haben ergeben, dass viele Verbraucher zwischen 16 und 20 Bit Auflösung durchaus noch zu unterscheiden vermögen, nicht jedoch zwischen 20 und 24 Bit Auflösung. Eine weitere Erhöhung der Bit-Tiefe auf 48 oder 96 Bit wird von Spezia-

listen durch einen subjektiv brillanteren Höhenbereich charakterisiert, von Nichtfachleuten aber nicht wahrgenommen.

Der gewichtigste Nachteil einer als Standard geltenden Audioaufnahme in 24 Bit ist die erzeugte Datenmenge eines Stereofiles. Für eine Stereoaufnahme mit 24 Bit und 44,1 kHz muss mit etwa 20 MByte pro Minute kalkuliert werden. Trotz dieses Nachteils ist die Wav/PCM-



GAME DESIGN



[02] INTRO-VERTONUNG FÜR DAS GAME „BREED“ VON CDV [VERGLEICHE KLEINFORMAT-AVI] MIT 80 STEREO-SPUREN, UNTER EINSATZ VON STEINBERGS NUENDO UND DEN DSP-EFFECTS VON UAD-1 UND TC POWERCORE. NUENDO LIEFERT WAHLWEISE ACE ODER DTS

Aufzeichnung sehr verbreitet, da sie simpel zu erzeugen ist und im Zeitalter von DVD-Brennern auch eine dauerhafte Archivierung großer Datenmengen problemlos möglich ist. Ein weiterer Vorteil von PCM-basierten Formaten besteht in ihrer uneingeschränkten Loop-Fähigkeit, das heißt der Anwender kann den Sound ohne Unterbrechung mehrfach hintereinander abspielen. Diese Eigenschaft erweist sich insbesondere beim Einsatz von Soundengines in Computerspielen als vorteilhaft oder gar unverzichtbar.

DSD/SACD, DVD-AUDIO, MPEG-2 UND MP3

Grundsätzlich bietet das DSD-Format der SACD-Medien mit einer Samplingrate von 192 kHz im Vergleich zu DVD-Audio mit 48 kHz eine genauere Abbildung der jeweiligen akustischen Wellenverläufe. Der Unterschied ist jedoch für den Verbraucher nicht hörbar. Zudem stößt SACD in vielen Studioproduktionen auf praktische Limitierungen, da Akustik-Soft- und Hardware die hohen Samplingraten oftmals nicht unterstützen und die jeweiligen Ergebnisse nur zum Ende der Produktion wieder auf eine „vorge-täuschte“, maximale SACD-Samplingrate hochrechnen. Dem Konsumenten entsteht durch DVD-Audio kein Nachteil, da er weder die mit dem DVD-Audio-Format einhergehende Komprimierung als Beeinträchtigung wahrnimmt, noch die höhere Samplingrate von SACD-Medien

einen Vorteil in Sachen Hörgenuss bietet. Das Prinzip des MP3-Encodings basiert nicht auf einer einfachen Komprimierung wie etwa beim Real-Audio-Verfahren, sondern darauf, unnötige Töne herauszurechnen, damit sie beim Dekomprimieren nicht mehr berücksichtigt werden müssen. Die gepackte/enkodierte Version ist dann in der Summe schlanker als die entpackte/dekodierte. Diese Eigenschaften führten zum Zeitpunkt der Einführung von MP3 vor wenigen Jahren geradezu eine Revolution im Audiobereich herbei: eine verhältnismäßig hochwertige Audioaufzeichnung war bei gleichzeitig kleiner Datenmenge möglich. Die Absatzchancen von Verkaufsschlägern wie Kassettenrecordern oder Minidisc-Geräten waren durch MP3-basierte Standalone-Geräte, musikfähige Konsolen und Web-basierte Abspielmöglichkeiten bedroht.

Dabei stammte die Innovation der MPEG-Formate ursprünglich aus dem Videobereich. Da Videofilme auch eine Tonspur besitzen, suchte man nach einem adäquaten Algorithmus, wobei sich der Fraunhofer- und Lame-Encoder/Dekoder durchsetzten und es seit MPEG-2 Version Layer 3 möglich ist, den Speicherbedarf einer Audio-CD bei minimalem Verlust um den Faktor 10 zu verkleinern. Damit lässt sich die Originaldatenmenge einer handelsüblichen Audio-CD (650 MByte) auf 65 MByte reduzieren. Diese Technologie etablierte sich insbesondere im World Wide Web. Dennoch ist MP3 nicht für alle Signal-

arten geeignet. Die Einkodierung der Audiodaten ins MP3-Format erfordert zunächst die Angabe der gewünschten MP3-Dateigröße pro Sekunde an Akustikdaten in KBit/s. Bei einer MP3-Einkodierung von Audiodaten mit weniger als 224 KBit/s werden die Phasen von Rock-E-Gitarren, die extrem links und rechts im Panoramabild gesetzt und auf die True-Stereoeffekte gelegt werden, nicht sauber dargestellt. In diesen Fällen können Clippings oder Glitches entstehen, obwohl jede Gitarrenaufnahme für sich pegeltechnisch einwandfrei ist. Bei kodierten Zielgrößen unterhalb von 178 KBit/s für die MP3-Einkodierung sind mit sensiblem, aber normalen Gehör deutliche Unterschiede zum Original auszumachen. Besonders Instrumente mit einer Hochtonauflösung wie Becken, HiHat, Violinen oder obertonreiche Gitarrensoli erzeugen unter MP3 einen eher krisseligen bis verschwommenen Höreindruck. Hinzu kommt, dass Audiosummensignale unter professionellen Tonstudiobedingungen oftmals gemastert, das heißt mit Psychoakustikeffekten und Finalizern bearbeitet werden. Stark komprimierte oder limitierte und mit Excitern belegte Signale, die bei -0,1 dB ausgepegelt sind und noch nicht mit einem Clipping versehen sind, werden von MP3-Dateiformaten unterhalb von 224 KBit/s nicht authentisch wiedergegeben. Die beiden gängigsten Kompressionsverfahren für MP3 verzeichnen unterschiedliche Schwächen und Stärken. Der Lame-

SOUND-FORMATE IM GAME DESIGN

Algorithmus entfaltet seine Stärken eher im Bereich von 128 KBit/s bis 224 KBit/s, wird jedoch vor allem auf der Macintosh-Plattform nicht von allen Anwendungen unterstützt. Der Fraunhofer-Encoder ist unterhalb einer Auflösung von 128 KBit/s im Vergleich zu Lame zu bevorzugen.

Ein gewichtiger Nachteil des MP3-Formats besteht darin, dass MP3-Dateien nicht sauber loopbar sind, da durch die Realtime-Dekodierung - aber auch bereits bei der Encodierung - dem Ursprungssignal eine zusätzliche variable Stille von zirka zehn bis 20 Millisekunden vor und hinter dem File hinzugefügt wird. In vielen Fällen lässt sich dieser Nachteil jedoch durch die Implementierung von Fade Ins und Fade Outs kaschieren. Für Sprachkompression bietet sich MP3 insgesamt sehr gut an, da das Frequenzspektrum stimmlichen Ausgangsmaterials eher begrenzt ist. Daher hat sich das MP3-Format besonders in Spielen als gängiges Format für Sprachwiedergabe durchgesetzt, obwohl der Einsatz des MP3-Encoders eine Lizenzgebühr nach sich zieht.

OGG VORBIS, REALAUDIO UND MOD

Das Ogg-Vorbis-Format tritt seit einigen Jahren in Konkurrenz zum MP3-Format und verspricht dem Anwender eine kostengünstige, da lizenzfreie Lösung. Das Format verbreitet sich zunehmend und wird zwischenzeitlich auch von den ersten Wiedergabegeräten (DVD/CD-Player) unterstützt. Es bietet unterhalb von 128 KBit/s eine höhere Qualität als MP3, über 178 KBit/s wäre jedoch der MP3-Lame-Algorithmus eher zu favorisieren. Stärken und Schwächen decken sich ansonsten sehr stark mit denen von MP3, insbesondere die für interaktive Anwendungen oftmals erforderliche Loop-Fähigkeit von Soundeffekten ist aufgrund einer Verzögerung zu Beginn und am Ende von ebenfalls bis zu 20 Millisekunden nur bedingt gegeben.

RealAudio gehört zu den Algorithmen, die primär Daten verdichten. Pausen, Grundrauschen aber leider auch leise, nuancenreiche Töne werden herausgerechnet. Dadurch entstehen stille Abschnitte, die in den meisten Anwendungsbereichen nicht erwünscht sind. RealAudio kommt daher überwiegend als Internettool zum Einsatz, weil auch für Anwender mit relativ langsamer

Internet-Verbindung Realtime Entertainment ermöglicht wird.

Der Ansatz von MOD besteht darin, mit einem Satz an Instrumenten-Samples, Sequenzen und Instrumentenphrasen einen Soundtrack zu realisieren. Bis vor einigen Jahren befanden sich für jedes Instrument unterschiedliche Samples auf den jeweiligen Soundkarten, so dass ein und dasselbe MOD-Musikstück sich von Soundkarte zu Soundkarte unterschieden hat. Zwischenzeitlich lassen sich Samples jedoch auf die Soundkarte laden, um dort gemischt zu werden, oder sie werden aufgrund der hohen Prozessorgeschwindigkeit vom Hauptprozessor des Systems gemixt. Der Vorteil von MOD besteht darin, dass sich passend komponierte kleine Patterns nahtlos und beliebig hintereinander setzen lassen, um Wiederholungen zu vermeiden und schnell und ohne Bruch von einem Thema auf ein anderes zu wechseln. Aufgrund der exzellenten Kompressionsmöglichkeiten von MP3 und Ogg Vorbis kommt dem MOD jedoch nur noch auf Hardware mit limitierten Ressourcen eine wichtige und interessante Rolle zu. Auf High-End-Plattformen spielt MOD keine große Rolle mehr.

SOUNDENGINES FÜR GAMES UND MULTIMEDIA

Auf interaktiven Plattformen können Audio-Daten aufgrund der begrenzten Systemressourcen vielfach nicht in bester Qualität (zum Beispiel Wav) gespeichert und wiedergegeben werden, zudem besteht im Markt eine sehr inhomogene Soundcard-Hardware-Basis. Das führte dazu, dass projektspezifisch erstellte Soundengines aufgrund des unüberschaubaren Aufwands bei der Unterstützung hunderter Soundkarten vom Markt verschwunden sind. Mit der Einführung von Direct Music und Direct Sound, die zwischenzeitlich beide Bestandteil von Direct X sind, hat Microsoft zu einer deutlichen Vereinfachung der Sound-Wiedergabe auf PC, aber auch auf der mit einem Microsoft-Betriebssystem ausgestatteten Xbox beigetragen. Dennoch konnten sich mit dem Miles Sound System (Rad Game Tools) und FMOD von Firelight Technologies zwei Soundengines am Markt etablieren. Die wesentlichen Vorteile bestehen für den Lizenznehmer darin, dass die MP3-Li-

zenz bei der Miles-Lösung bereits im Paket inbegriffen ist und wie bei FMOD höchste Realtime-Performance bei gleichzeitiger Unterstützung von Ogg Vorbis geboten wird.

SOFT- UND HARDWARE IN DER AUDIO-PRODUKTION

Professionelle Audioproduktionen werden überwiegend auf Basis der PCMCodierung realisiert. Als Standard-Tools bieten sich Pro Tools von Digidesign, Steinbergs Nuendo und Emagics Logic an. Pro Tools ist ein Multimedia-Audiosystem, das auf Digital-Signal-Prozessor-Technik (DSP) basiert. Es verdankt seine hohe Verbreitung jener Zeit, als Computer weniger leistungsstark waren. Seitdem Drittanbieter wie Universal Audio oder TC Electronics DSP-Karten wie UAD-1 oder TC Powercore für Steinbergs Nuendo [Bild 02] und Emagics Logic auf dem Markt anbieten, ist der Unterschied zwischen einem rein nativen System mit zusätzlicher DSP-Karte und einem DSP-System zur Marginalie verkommen und primär vom Bedürfnis nach den optional erhältlichen Plug-Ins der Anbieter abhängig. Viele Anwender fühlen sich allerdings hinsichtlich der Arbeitsergonomie bei den nativen Systemen immer noch besser aufgehoben.

Wer DVD-Projekte beziehungsweise 5:1-Soundformate für Computerspiele realisiert, der sollte sich die Plug-Ins DTS und Dolby Digital Encoding anschauen, die für das Digital Media Production System in Steinbergs Nuendo angeboten werden. Weder Pro Tools noch Emagic bieten für ihre Produkte eine vergleichbare Lösung, so dass der Audioproduzent auf Hardware oder sehr teure Software eines Drittanbieters ausweichen muss. Aus diesem Grunde arbeiten viele amerikanische Filmmusiker bevorzugt mit Nuendo, um eine Qualität zu erreichen, die der von Pro Tools ebenbürtig, aber bei weitem nicht so teuer ist.

Die computerbasierten Digital-Media-Produktionssysteme wie Nuendo und Logic kommen aber auch deshalb zunehmend zum Einsatz, weil mithilfe der zusätzlich erhältlichen DSP Cards für PC oder Apple Macintosh hochwertige Emulationen analoger Klassiker wie zum Beispiel der Kompressoren LA2A und 1176 oder des Pultec EQ und des Cambridge EQ möglich sind. Bis heute lassen

GAME DESIGN

sich allerdings perfekte Nachbildungen analoger Dynamikeffekte - wie etwa von Kompressoren oder Equalizern - mit Software nicht erreichen. Dennoch wird die analoge Klangeigenschaft besonders für orchestrale Musik und Rockmusik erwünscht, da sie dem Hörer ein wahrnehmbar wärmeres und dynamikreicheres Klangbild bietet.

Für die Vertonung von Film- oder Fernsehproduktionen und von Games ist eine framegenaue Vertonung von Aktionen, Sounddesigns und Voice-Over-Produktionen ein absolutes Muss. Bewährt haben sich in der Praxis ein Mackie D8B-Pult mit Apogee-Clock-Card sowie die Digiface Soundcard von RME, die über ein eigenes Synchronisationsformat verfügt und die Schnittstelle zwischen Mischpult und externer Tonstudio-Hardware und dem Computer mit seiner Audiomediasoftware darstellt. Die Apogee Card stellt hierbei sicher, dass die Wandler von analog zu digital und Bedarfsweise auch zurück von digital nach analog im

Kontext der Soundcard-Architektur harmonisieren und ein erheblich besseres Sound-Bild entsteht, da die Abtastrate wesentlich höher ist. Im Ergebnis erhält man durch den Einsatz dieser oder vergleichbarer Hardware eine bessere Synchronisation der Eingangssignale und ein „frischeres“ Klangbild.

DAS BRINGT DIE ZUKUNFT

Musik, Games und Filme werden zukünftig noch stärker zusammenwachsen und eine „organische“ Einheit bilden. Da die jeweiligen Branchen etwa vergleichbare Umsätze erzielen, setzen sich aller Voraussicht nach diejenigen Formate und Standards durch, die übergreifend in allen Entertainment-Bereichen zum Einsatz kommen können. Während sich SACD grundsätzlich aufgrund höchster Qualitätsmaßstäbe für den Audio-Bereich empfiehlt, dürfte DVD-Audio dem Verbraucher eine qualitativ praktisch nicht unterscheidbare Alternative bieten

und zudem für Film und Games besser geeignet sein.

Wer heute eine Audio-Produktion oder ein Film- oder Games-Projekt plant, wird daher am sinnvollsten auf PCM-Codierung und DVD-Audio als mittelfristige Standards setzen und eine entsprechende Ausstattung wählen.

► Dr. Giovanni Vindigni,

Tran Trung Hiep und Jochen Hamma

Dr. Giovanni Vindigni arbeitet als freiberuflicher Musik- und Audio-Producer für Games, Werbung und Film. Tran Trung Hiep und Jochen Hamma sind seit über einem Jahrzehnt in verschiedenen Bereichen der Games-Branche tätig.

IMPRESSUM



AUSGABE 2/04 – 7. JAHRGANG
DIGITAL PRODUCTION

DAS FACHMAGAZIN FÜR COMPUTERGRAFIK,
COMPOSITING, VFX, VIDEO, FILM, BROADCAST,
DVD UND WEB

www.digitalproduction.com; www.animago.com

So erreichen Sie die Redaktion:
Tel.: +49 (0)89 - 89817-364, Fax: +49 (0)89 - 89817-360
info@digitalproduction.com

Herausgeber: ACT GmbH

Redaktionsleitung: Ralf Gruber

Redaktion: Ralf Gruber [V.i.S.d.P.],

Tel.: +49 (0)89 - 89817-363, rg@digitalproduction.com

Mascha Baskakava [Assistenz],

Tel.: +49 (0)89 - 89817-364, bm@digitalproduction.com

Claudia Natschew [Ltd. Redakteurin],

Tel.: +49 (0)89 - 89817-362, cn@digitalproduction.com

Nora Abdel Rahman, Tel.: +49 (0)89 - 89817-367

nr@digitalproduction.com

Layout: Peter Gollong, Gita Frankl, Alex Weidner

Ständige Mitarbeiter der Redaktion:

Günter Hagedorn, Tel.: +49 (0)40 - 55520-65

Fax: +49 (0)40 - 55520-66, gh@digitalproduction.com

So erreichen Sie die Anzeigenabteilung:
Tel.: +49 (0)89 - 89817-355, Fax: +49 (0)89 - 89817-35
vv@digitalproduction.com

Anzeigenverkauf: Dipl.-Ing. (FH) Hendrik van der Vliet
(Verantwortlich für Anzeigen),

Tel.: +49 (0)89 - 89817-325, vv@digitalproduction.com

Christa Manghard [Anzeigenverkauf/Disposition],

Tel.: +49 (0)89 - 89817-356, cm@digitalproduction.com

Jürgen Pfister [Anzeigenverkauf/Disposition],

Tel.: +49 (0)89 - 89817-358, jp@digitalproduction.com

Geschäftsführer: Wolfram Haase

Verlagsleiter: Dipl.-Ing. (FH) Hendrik van der Vliet,

+49 (0)89 - 89817-325, vv@digitalproduction.com

Verlagsanschrift: ACT GmbH, Gabrielenstraße 9

D-80636 München; Postf. 201663, D-80016 München

So erreichen Sie unseren Abonentenservice:

Vertriebsunion Meynen, Abonentenservice,

D-65341 Eltville, Tel.: +49 (0)6123 - 9238-213

Fax: +49 (0)6123 - 9238-214,

order@digitalproduction.com

Pressevertrieb: IPS Pressevertrieb GmbH

Postfach 12 11, D-53334 Meckenheim

Tel.: +49 (0)2225/8801-0, Fax: +49 (0)2225/8801-199

Bezugsbedingungen: DIGITAL PRODUCTION erscheint seit

März 2002 alle zwei Monate. Das Einzelheft kostet 13 Euro.

Das Jahres-Abonnement umfasst sechs Ausgaben. Abon-

nenten erhalten in jeder Ausgabe eine DVD.

Der jährliche Bezugspreis beträgt 70 Euro (Ausland: 85

Euro), Studentenabo: 58 Euro (Ausland: 73 Euro). In diesen

Preisen sind 7% Mehrwertsteuer und die Versandkosten

enthalten. Abonnementkündigungen sind spätestens acht

Wochen vor Ablauf der Bezugszeit möglich. Kann die Zeit-

schrift in Folge höherer Gewalt, Streiks oder dergleichen

nicht erscheinen, so ergeben sich daraus keine Ansprüche

gegen den Verlag.

Für unverlangt eingesandte Text- und Bildbeiträge wird

keine Haftung übernommen. Eine Rücksendegarantie

wird nicht gegeben. Der Verlag behält sich das Recht vor,

Beiträge auf anderen Medien herauszugeben, etwa auf

CD-ROM und im Online-Verfahren. Für namentlich gekenn-

zeichnete Artikel übernimmt die Redaktion lediglich eine

presserechtliche Verantwortung. Alle Preisangaben dienen

der persönlichen Information des Lesers und sind unver-

bindlich. Für Fehler in Texten oder sonstigen Darstellungen,

die zu Schäden an Geräten führen, wird keine Haftung

Die veröffentlichten Artikel sind urheberrechtlich geschützt. Jede Reproduktion durch Nachdruck, Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der ACT GmbH.

CTP/Druck Rapp-Druck, Flintsbach

Copyright: ACT GmbH. Ein Unternehmen der Reed Business Information GmbH

DIGITAL PRODUCTION gehört der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern (IVW) an.

Bankverbindungen:

Bankverbindung (Allgemein/nicht Abonnenten)

Deutsche Bank, München

Konto: 202189700; BLZ 70070010

Bankverbindung (Abonnenten)

Deutsche Bank, München

Konto: 202189705; BLZ 70070010

Bankverbindung Österreich (Abonnenten)

Tiroler Sparkasse Innsbruck,

Konto: 2321026, BLZ: 20503

Bankverbindung Schweiz (Abonnenten)

Raiffeisenbank St. Margerethen,

Konto: 2321026, BLZ: 81299

ACT GmbH ist eine 100%ige Tochter der Reed Business Information GmbH.

ISSN: 1433-2620

Published by

Reed Business Information