

So kommen die Bits auf die Scheibe Technik und Herstellung von CD-ROMs

Wohl kaum ein Datenträger hat in so kurzer Zeit eine solche Bedeutung in der Computerwelt erlangt wie die CD-ROM. Ursprünglich als Audio-Medium konzipiert, entwickelte sich die CD-ROM innerhalb kürzester Zeit zu einem Standard-Datenträger, der heute nicht mehr wegzudenken ist. Was dahinter steckt, wie eine CD-ROM aufgebaut ist, wie sie hergestellt wird und wie man sie behandeln sollte, beschreibt dieser Beitrag.

CD - stark im Kommen

Welcher technisch Interessierte erinnert sich nicht an die Kulissen der internationalen Funkausstellungen Anfang der achtziger Jahre, als die farbig schillernden Silberscheiben langsam, aber sicher den Musikmarkt eroberten! Schon frühzeitig kam man auf die Idee, den CDs auch Daten anzuvertrauen. Das Problem war jedoch ungleich schwerer zu lösen als bei den Audio-Medien.

Erinnern wir uns einmal zurück an unsere Urzeiten, zu denen wir noch mit Audio-Kassetten unsere Computerprogramme in die diversen Sinclairs, Ataris oder Commodores luden. Ehrlich, wie haben wir die unschuldigen Recordertastaturen malträtiert, bis das Programm endlich komplett vom Band in den – ach so flüchtigen Computerspeicher geladen war!

Dies liegt ganz einfach daran, daß es problematisch ist, alle Fehler bei der Herstellung, Bespielung und beim Abspiel des Mediums auszuschalten. Während heute moderne Audio-CD-Player durchaus in der Lage sind, gar schon sekundenweise Abspielfehler durch ausgeklügelte Fehlerkorrekturmaßnahmen für unser Gehör unhörbar auszubügeln, ist eine zerkratzte CD-ROM ein Problem für das entsprechende Leseprogramm, auch wenn es hier ebenfalls raffinierte Fehlerkorrektur-Algorithmen gibt.

Ein unbrauchbares Medium für Computernutzer? Mitnichten - die CD-ROM erobert rasant die Computerwelt! Sie hat unschätzbare Vorteile, die alle Nachteile vergessen lassen. Da wäre zunächst die enorme Datenkapazität. Eine CD-ROM faßt bis zu 640 MByte Daten. Darauf lassen sich ganze Bildarchive und selbst das umfangreichste Programm unterbringen.

Ein weiteres schwerwiegendes Argument ist die hohe Sicherheit der Daten vor irgendwelchen äußeren Einflüssen wie Magnetismus, Feuchtigkeit, Staub und schließlich vor Viren („sauberes“ Bespielen vorausgesetzt). Gerade deshalb und nicht zuletzt wegen des relativ geringen Preises besonders im Shareware- und Public-Domain-Bereich, hat die CD-ROM sicher bald den letzten freien Laufwerksschacht in unseren Computern erobert.

Bits auf der Scheibe?

Betrachtet man eine CD, so wird man mit bloßem Auge kaum erkennen, wie die Datenspuren auf der Scheibe verlaufen. Dazu braucht es schon ein sehr hochauflösendes Elektronenmikroskop. Hier ist eine entfernte Verwandtschaft zur alten Vinyl-Schallplatte zu erkennen. Die Datenspuren auf der CD verlaufen spiralförmig, allerdings von innen nach außen.

In diese Spuren sind mit einem relativ gering leistungsfähigen Laser die Daten in Form einer Folge von Vertiefungen, Pits genannt, in die Plast-Trägerschicht eingepreßt. Anschließend erfolgt das Bedampfen dieser Trägerschicht mit einer dünnen Aluminiumschicht, die vor allem zur besseren Reflektion des abtastenden Laserstrahls dient. Damit diese Schicht nicht beschädigt werden kann, bringt man eine absolut glatte Lackschicht auf. Darauf finden wir den Bedruck mit den Labeldaten.

Das Abtasten mit dem Laserstrahl des Abspielgerätes findet also an der unbedruckten Unterseite der CD statt, weshalb man diese auch besonders vor groben mechanischen Einflüssen schützen sollte. Der sehr stark fokussierte Laserstrahl des Players muß schließlich seinen Weg durch die durchsichtige Plast-Trägerschicht bis zur Aluminiumschicht finden, ohne von tiefen Kratzern, die ja bekanntermaßen lichtbrechend wirken, abgelenkt oder geschwächt zu werden.

Natürlich sind die Pits in genau definierten Abständen und Längen in die CD geprägt, auch wenn ein Blick durchs Mikroskop eher eine Art Mondlandschaft vermuten läßt.

Licht und Schatten

Man kann es wörtlich nehmen, denn das Herauslesen der Informationen aus der zerklüfteten Oberfläche besteht gerade aus der Unterscheidung zwischen sehr gut und nur schwach oder nicht reflektiertem Laserstrahl.

Der in den CD-Player integrierte Laser ist in seiner Leistung unter Berücksichtigung der zugehörigen Optik so ausgelegt, daß nur die auf der glatten Oberfläche zwischen den Pits auftreffenden Laserstrahl-

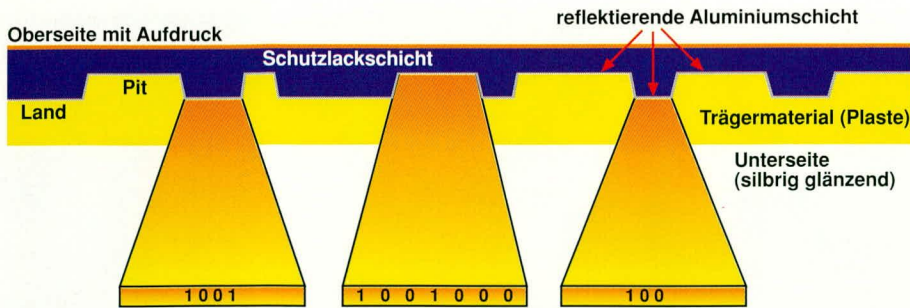


Bild 1: Der Aufbau der CD-Oberfläche.
Deutlich sind die Pits und Lands genannten Abtaststrukturen zu sehen.

len ausreichend reflektiert werden. Diese gelangen über den halbdurchlässigen Umklempiegel wieder zurück auf die Fotozelle

le, die die eintreffenden Lichtimpulse an die Elektronik weiterleitet. Dieser Zwischenraum zwischen den Pits wird Land-Zone genannt.

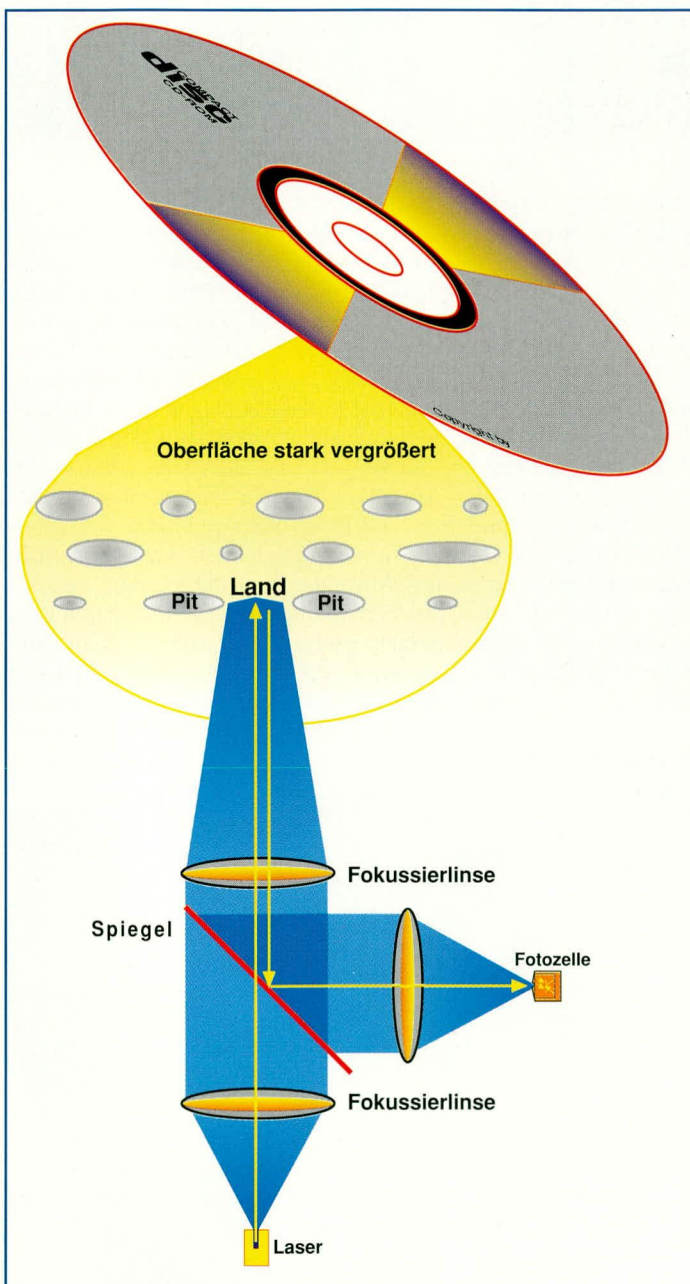


Bild 2: So funktioniert der Abtastvorgang der Informationen auf der CD. Es gelangt nur ausreichend Licht zur Fotozelle, wenn der Laserstrahl die glatte Zone, das Land abtastet.

Umsetzungstabelle

Wert	Abtast-Bits	Daten-Bits
0	01001000100000	↔ 00000000
1	10000100000000	↔ 00000001
2	10010000100000	↔ 00000010
3	10001000100000	↔ 00000011
4	01000100000000	↔ 00000100
5	00000100010000	↔ 00000101
6	00010000100000	↔ 00000110
7	00100100000000	↔ 00000111
8	01001001000000	↔ 00001000
9	10000001000000	↔ 00001001
10	10010001000000	↔ 00001010

Bild 3: Aus 14 Bits werden die üblichen 8 zur Vermeidung von Abtastfehlern.

Der Rest ist nun „ganz einfach“: Je nach Länge der abwechselnden Pits und Lands wertet die Elektronik die entsprechenden Reflektionszustände aus und ermittelt daraus den zugehörigen Code. Um das Ganze relativ einfach zu gestalten, sind nur die Übergänge zwischen Pits und Lands als logisch 1 definiert, die folgenden Pits oder Lands als Folge von Nullen. So können keine unklaren Zustände durch schnellen Wechsel von Null und Eins entstehen - der erste Weg zur verbesserten Fehlersicherheit.

Durch diese raffinierte Abfolge ist es möglich, 14 Bit breite Bitmuster zu erzeugen. Diese werden anschließend wieder zu einem 8-Bit-Muster rekonstruiert, das vom Computer problemlos „zu verstehen“ ist. Gut, sagt sich jetzt jeder, der sich etwas mit Datenstrukturen auskennt: eine Aneinanderreihung von einzelnen Bits er-

gibt noch lange keine lesbare Information. Irgendwie muß eine Kennzeichnung, etwa wie auf Festplatten, erfolgen. Und genauso ist es. Auch auf CD-ROMs erfolgt das Aufprägen der Daten blockweise, allerdings abweichend von den meisten Festplattenalgorithmen, in Blöcken zu 2048 Datenbytes, in denen die Nutzdaten gespeichert sind. Dazu kommen noch, bezogen auf den heute dominierenden X/A-Standard, Synchronbytes, Headerbytes und umfangreiche Fehlerkorrektur- und Kontrollblöcke. So erreicht der Standardsektor einer CD-ROM eine Länge von 3224 Bytes, die wiederum in sogenannte Frames zu je 24 Byte zuzüglich 8 Fehlerkorrekturbytes aufgeteilt sind.

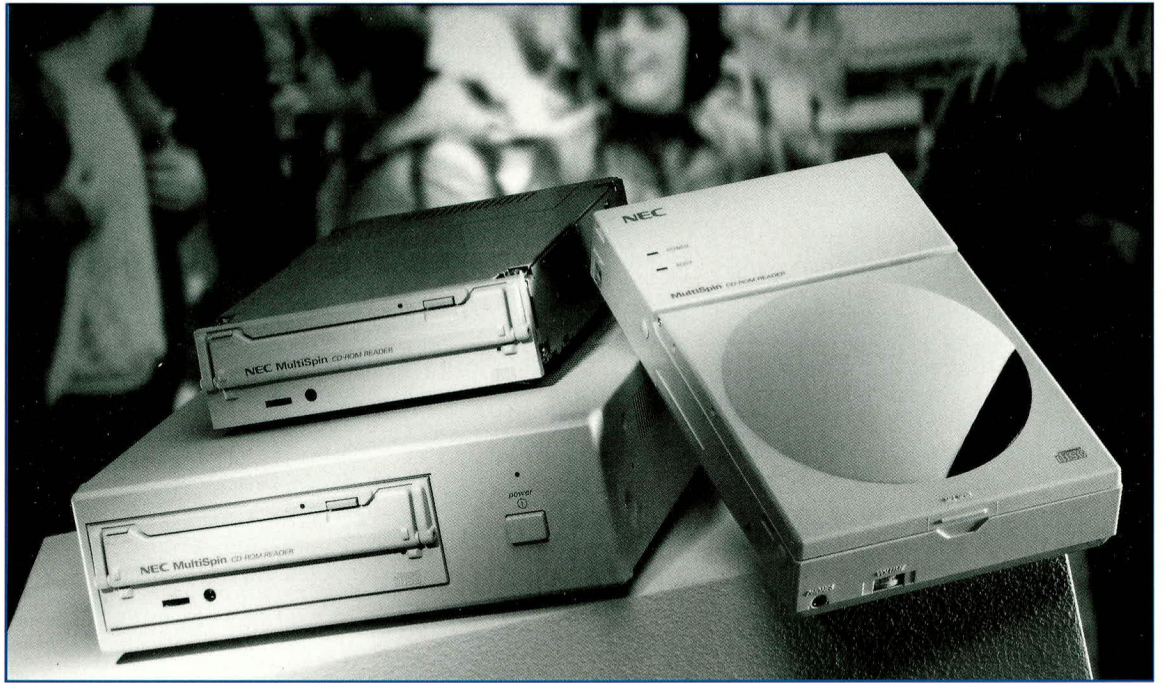
Wir erinnern uns, die Folge von Bits und Blöcken verläuft spiralförmig von innen nach außen, entsprechend also wird der Laserstrahl durch einen kleinen Schrittmotor geführt. Das Synchronisieren des Schrittmotors erfolgt über die o.g. Fehlerkorrektur und die Blockkennung.

Dieser spiralförmige Spurverlauf hat nicht nur Vorteile, Hauptnachteil ist die noch recht hohe Zugriffszeit, d.h. die Zeit, die vergeht, bis der Laser den richtigen Block gefunden hat. Diesem Problem begegnen die Hersteller von CD-ROM-Laufwerken heute vor allem mit höheren Rotationsgeschwindigkeiten der Laufwerke (der sog. Multispin-Technik), so daß schon etwa doppelt bis aktuell schon vierfach so schnelle Zugriffszeiten wie zum Beginn der CD-ROM-Ära zu erzielen sind.

Dabei sind die Fehlerkorrekturalgorithmen, die sämtlich in der CD-ROM-Laufwerkshardware integriert sind, inzwischen so zuverlässig, daß es kaum noch zu Lesefehlern kommen kann. Allenfalls treten Zeitverzögerungen beim Datenzugriff auf.

Um den Blockaufbau einer CD zu komplettieren, sei hier noch die Gesamt- (Maximal-) Spielzeit von 74 min. genannt, jeweils unterteilt in 60-Sekunden-Blöcke. Diese wiederum teilen sich pro Sekunde in 75 der oben beschriebenen Sektoren auf.

Bild 4:
Eines der
schnellsten Lauf-
werke der Welt:
das NEC-Multi-
spin-Laufwerk



Alles clean...

Festplattenbesitzer haben zumindest schon einmal von den Gefahren gehört, die von einem winzigen Staubkorn auf der Platte ausgehen können - es kommt zum „Absturz“ des dicht über die Oberfläche „fliegenden“ Lese-/Schreibkopfs. Ein solcher Absturz wirkt sich verheerend für die Platte aus. Sie wird an der entsprechenden Stelle mechanisch zerstört und ist meist komplett unbrauchbar. Deshalb soll man eine Festplatte auch nie öffnen. Sie steht zu ihrem eigenen Schutz unter Unterdruck. Ein Öffnen bringt unweigerlich Staub auf die empfindliche Oberfläche.

Ganz ähnlich, wenn auch nicht so dramatisch, verhält es sich mit der CD-ROM. Auch hier ist Staub der größte Feind. Er setzt sich gern auf der Linse des Lasers ab und behindert somit den einwandfreien Strahlenfluß des Laserstrahls. Aber auch starke Kratzer auf der CD-Unterseite lenken den Laserstrahl nach den Brechungsgesetzen der Optik ab und verhindern oder erschweren zumindest das Auffinden der gewünschten Daten.

Deshalb sollten auch CD-ROMs immer in staubdichten Hüllen aufbewahrt und nur mit entsprechend weichen Tüchern und keinesfalls mit Lösungsmitteln, Scheuermitteln etc. gereinigt werden.

Ein paar Standards

Bereits recht frühzeitig einigten sich die Firmen Philips, Sony und Microsoft auf gemeinsame Standards, die später ständig verfeinert wurden. Diese Standards sind in den sogenannten „Books“ festgeschrieben,

so der X/A-Standard im „Yellow-Book“ und der neuere CD-I-Standard (Compact Disk Interactive) im sog. „Green-Book“. Im neuesten „Orange-Book“ findet man dann die Konventionen zu den wiederbeschreibbaren CDs wie die MO oder die Photo-CD.

Der für uns als Anwender interessanteste Standard ist heute der X/A-Standard für CD-ROM (eXtended Architecture). Er bildet die Grundlage für die Multimediawelle, die langsam auch den privaten Computeranwender erreicht. X/A ermöglicht neben anderen Vorteilen das parallele Unterbringen von Computerprogrammen, Audio- und Videoaufzeichnungen auf einer CD durch einen speziellen Verschachtelungs- und Kompressionsmodus der Dateien.

Jüngstes deutsches Beispiel einer solchen echten Multimedia-Produktion ist die CD von Herbert Grönemeyer, auf der neben reinen Audiotiteln auch Videosequenzen und Daten gespeichert sind. Diese CD ist

somit sowohl auf Audio-CD-Playern als auch in einem WINDOWS-PC (über die VFW-Schnittstelle) abspielbar. Auch andere Popgrößen wie Peter Gabriel haben dieses Medium für sich entdeckt und bereits erfolgreich vermarktet.

Solche CDs werden auch landläufig als Mixed-Mode-CDs bezeichnet, nicht zu verwechseln übrigens mit den in letzter Zeit vermehrt auf dem Markt erscheinenden Mixed-CDs für den kombinierten Einsatz auf IBM- und Apple-PC.

Ein X/A-fähiges Laufwerk ist auch für das Abspielen von Photo-CDs nach Kodak-Standard erforderlich, obschon diese vorwiegend für den Consumer-Markt konzipiert waren und dort auf den sog. CD-I-Playern zum Abspiel kommen sollen. Die Wiedergabe geschieht dabei über das nor-

Bild 5: Für die
Verwaltung sehr
großer Daten-
mengen stehen
heute auch
schon auf dem
EDV-Sektor CD-
Wechsler zur
Verfügung, die
besonders das
Verwalten großer
Bildarchive
leichter machen.



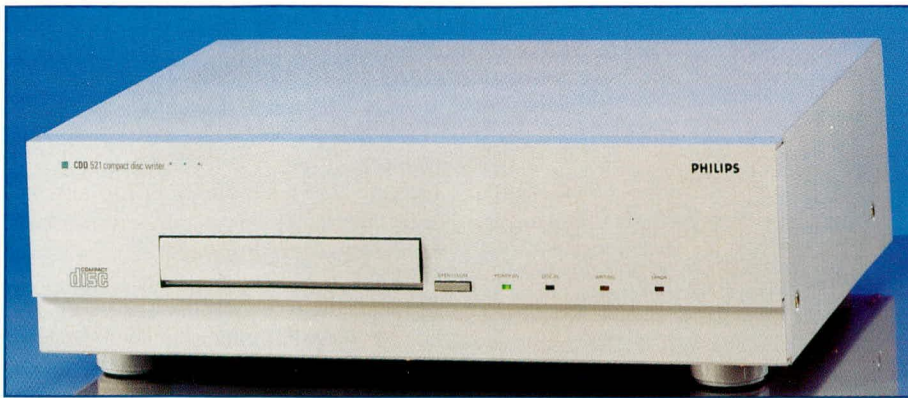


Bild 6: Solche CD-Recorder ermöglichen die Herstellung eigener CDs in Kleinserie oder als Master.

male Fernsehgerät, die moderne Form der Diashow also.

Multisession - Dynamik für ein neues Medium

Man sollte sich ein Multisession-fähiges X/A-Laufwerk kaufen, sagen einem gute Freunde und die Werbung. Was X/A bedeutet, haben wir geklärt. Multisession sagt uns nichts anderes, als daß eine noch nicht voll bespielte CD in mehreren Durchgängen, eben den Sessions, weiter bespielbar ist.

Um diese weiteren Beispielvorgänge zu kennzeichnen, die peu à peu die CD bis zu ihrer Kapazitätsgrenze auslasten können, bedarf es einer besonderen Verwaltung des gesamten Inhalts. So bekommt das erste Inhaltsverzeichnis eine Art Fußnote, einen Querverweis auf ein zunächst noch leeres Verzeichnis, das bereits jetzt angelegt wird. Später füllt man dieses mit dem Inhaltsverzeichnis der neuen Session auf usw. Das liegt vor allem daran, daß am Ursprungsverzeichnis ja nichts mehr verändert werden kann. Also hat man einen Standard geschaffen, der die schrittweise volle Ausnutzung der CD-Speicherkapazität ermöglicht.

Dieses etwas kompliziert anmutende Verfahren, das besonders im Rahmen der Foto-CD-Herstellung zur Anwendung kommt, erfordert spezielle Hardware und den passenden Treiber dazu, eben jenes multisessionfähige Laufwerk. Heute sind allerdings nahezu alle modernen Laufwerke multisessionfähig.

Natürlich gibt es auch strenge Regeln, wie die Daten auf der CD unterzubringen sind. Dazu schuf man zunächst den sog. „High Sierra“-Standard, der in der ISO 9660 seine Fortentwicklung findet. Nach dieser Norm sind alle Daten zu einem Image File vorzubereiten. Meist geschieht das bei der normalen CD-ROM-Herstellung auf einer entsprechend leistungsfähigen Festplatte. Daraus ergibt sich, entsprechend dem geplanten Einsatzgebiet des CD-ROM-Laufwerks, die Entscheidung für die passende Software und natürlich auch



das passende Laufwerk.

Während reine High Sierra-Laufwerke heute kaum noch eine Rolle spielen, sollte man schon auf voll ISO 9660-kompatible X/A-Laufwerke zurückgreifen. Diese sind multimediafähig, wie beschrieben, erfordern allerdings auch der Treiber letzten Schrei. Während die IBM-PC-Szene hier mit ständig neuen MSCDEX-Treibern zu tun hat, die stark vom eingesetzten Betriebssystem abhängig sind, haben es Apple-Nutzer etwas einfacher. Sie bekommen gleich mit dem Betriebssystem Erweiterungen, die automatisch sowohl High Sierra-, Audio-, Photo-CD- als auch ISO 9660-Standards erkennen.

CD-Recorder - bald für jeden?

Sicher noch nicht allzubald, denn die Preise sowohl für die CD-Recorder (derzeit etwa 12 000 DM) als auch für die CD-Rohlinge (etwa 50 DM) schieben das ganze Vorhaben sehr schnell wieder in die professionelle Ebene. Jedoch, für Werbeagenturen, die mit Speicherplatzproblemen kämpfen, für Photo-CD-Kunden und für Shareware-Käufer werden die fertigen Scheiben schon für recht volkstümliche Preise angeboten. Eine Shareware-CD kann zum Stückpreis (je nach Auflage) von unter 2 DM produziert werden - nach entsprechendem hohen Premastering-Kosten allerdings.

Trotzdem gibt es bereits zahlreiche Anbieter, die Betrieben, Agenturen und Re-

daktionen kostengünstig sogar Kleinstserien anbieten. Softwareverlage gehen zunehmend dazu über, ihre Master mittels eines CD-Recorders selbst herzustellen, um die einige tausend Mark hohen Premastering-Kosten der Kopieranstalten einzusparen. Marktführer sind hier die Philips-CDD-Geräte, die auch die Audio-, CD-I- und Photo-CD-Aufnahmen beherrschen und besonders leicht zu bedienen sind. Damit ist man also schon in der Lage, selbst eine sogenannte CD-WO (Write Once, nur einmal beschreibbar) herzustellen. Diese erkennt man sofort im Gegensatz zu den üblichen Silberscheiben am goldenen Glanz - die aufgedampfte Schicht besteht hier tatsächlich aus Gold.

In der Großserie findet ein anderes Verfahren Anwendung. An das Erzeugen des oben beschriebenen Image-Files schließt sich das Herstellen einer Master-CD (Matrize) aus hochfestem Glas an, mit der dann die eigentlichen CDs gepreßt werden, ganz ähnlich der konventionellen Vinyl-Plattenherstellung. Nicht von ungefähr findet man unter den Herstellern von CDs die traditionellen Plattenpressen mit Tradition.

So also kommen die Bits auf die Scheibe. Und damit dies lange so bleibt, sollte man die CD-ROM auch genauso pfleglich behandeln wie ihre audiophilen Brüder und vor allem bei der Laufwerksauswahl vorausdenken, denn wir haben es mit einem der wichtigsten Speichermedien der nächsten Zukunft zu tun.