

CD'S VOOR HET ARCHIEF

Filip Boudrez
Antwerpen, 2001

0. Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
2.	De CD-architectuur	1
3.	Soorten CD's	2
4.	Schrijfmethode	3
5.	CD's en standaarden: digitale duurzaamheid	3
	5.1 <i>Fysieke standaarden</i>	3
	5.2 <i>Bestandssysteemstandaarden</i>	5
	5.2.1 ISO-9660	5
	5.2.2 Rock Ridge.....	9
	5.2.3 Joliet	9
	5.2.4 Hierarchical File System (HFS)	10
6.	Fouten op CD's	10
7.	Lange levensduur door goede bewaring en behandeling.....	13
8.	Besluit	15

1. Inleiding

Harde schijven, tapes en compact disks (CD) zijn de meest gebruikte opslagmedia voor digitale informatie. Deze dragers kunnen een aanzienlijke hoeveelheid informatie bevatten en de kostprijs per opgeslagen megabyte is relatief laag. Harde schijven en tapes zijn magnetische dragers. CD's zijn optische dragers en worden bijgevolg als meer duurzame dragers beschouwd. Archivarissen gebruiken dan ook steeds meer CD's voor de opslag van digitale archiefdocumenten zoals gedigitaliseerde bandopnames, computerbestanden, foto's, video, enz. Een CD kan eigenlijk maar als drager van digitale archiefdocumenten worden gebruikt op voorwaarde dat de gegevens op lange termijn leesbaar blijven. Om dit te bereiken moeten de gearchiveerde data vooreerst op een platformafhankelijke manier worden opgeslagen, zodat toekomstige hard- en softwareconfiguraties toegang hebben tot het digitaal archief op CD. Ten tweede moet men ervoor zorgen dat de drager van een goede kwaliteit is en blijft. Door CD's zorgvuldig te behandelen voorkomt men fouten en een snelle degeneratie van het medium. Dit zijn meteen de voornaamste kwaliteitscriteria voor een goede archiefcd.

2. De CD-architectuur

Een CD is samengesteld uit verschillende lagen. De binnenste laag is van polycarbonaat, een soort plastic, en geeft de schijf vorm. De data laag is een opeenvolging van "pits" en "lands". Bij geperste CD's wordt deze laag in het polycarbonaat gedrukt. Bij zelf gemaakte CD's worden de "pits" in de organische pigmentgroef (de 'dye') boven op het polycarbonaat gebrand. De dye bestaat uit azo, cyanine of (geavanceerde) phtalocyanine. Vanwege zijn ringvormige moleculestructuur is phtalocyanine sterker dan azo of cyanine met hun lineaire structuur. Er bestaan negen variaties in de lengte van de "pits". De ruimte tussen de "pits" wordt "lands" genoemd. Boven de data laag ligt een reflecterende

metalen laag. Men kan hiervoor verschillende metalen gebruiken: aluminium, zilver, goud of platinum. De combinatie van de dye en de metalen reflectie laag bepaalt de kleur van de datazijde van de CD¹. Deze laag volgt de contouren van de "pits" en "lands". Boven de metaallaag is nog een doorzichtige beschermende laklaag aangebracht die de "pits" opvult en waarop meestal een label is gedrukt.

De data op een CD worden ingelezen door een laseroog, waardoor er geen direct contact tussen de schijf en het leesapparaat is. Het laseroog neemt de intensiteit van de reflectie op. Een "land" (90 %) wordt meer gereflecteerd dan een "pit" (20 %). Eén "pit" of "land" staat niet voor een 1 of een 0. De binaire waarden worden voorgesteld door de overgangen tussen "pit" en "land" en de padlengte tussen de transities.

CD's hebben een diameter van 120 mm. en een dikte van 1,2 mm. In tegenstelling tot magnetische dragers bestaan CD's niet uit concentrische cilinders maar uit één spiraal die in het midden start en in concentrische cirkels naar de buitenkant van de CD gaat. De bits zijn dus lineair geordend. Dit spoor is onderverdeeld in gelijke sectoren. Sectoren zijn onderverdeeld in frames (24 bytes), soms ook blocks genoemd².

Afbeeldingen 1 en 2: De samenstelling en structuur van een CD.



3. Soorten CD's

Er kunnen vier soorten CD's worden onderscheiden: de audio-CD, de CD-rom, de CD-Recordable (CD-R) en de CD-Rewritable (CD-RW). Een audio-CD bevat enkel audiotracks. CD-rom's bevatten computerbestanden, waaronder ook binaire computerbestanden met geluid (bijv. MPEG-2, MP3, enz.). CD-R en CD-RW kunnen audiotracks, computerbestanden of beide samen bevatten (zogenaamde mixed mode³).

Voor archiveringsdoeleinden zal vooral de CD-R worden gebruikt. Elke sector op een CD-R kan maar één maal beschreven worden. Deze WORM⁴-schijf bevat dus digitale gegevens die men niet kan wissen of veranderen. Een dergelijke CD kan wel incrementeel worden beschreven. Tijdens verschillende sessies kan informatie aan de CD worden toegevoegd. Aan multisessieCD's zijn echter een aantal

¹ Bijv.: azo + zilver = blauwe kleur; cyanine + goud: groene kleur; phtalocyanine + goud = gouden kleur.

² K.J. KUHN, *Audio Compact Disk - An Introduction*, (beschikbaar op: <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/hdtv/>); http://www.usbyte.com/common/compact_disk.htm; F. HOLTZ, *CD-romS: Breakthrough in Information Storage*, Blue Ridge, 1988, p. 1-20; http://www.pctechguide.com/08cdrom2.htm#The_disc; F. CAFFARELLI en D. STRAUGHAN, *Publish yourself on CD-rom*, New York, 1992, p. 34-48.

³ Bij mixed mode worden alle computerbestanden doorgaans in de eerste track geplaatst. De audiotracks staan dan in de volgende tracks.

⁴ WORM: Write once, Read many.

nadelen verbonden. Veel (oudere) CD-romapparaten zijn niet multisessiecompatibel en geven enkel toegang tot de eerste sessie. Bij multisessieCD's is de beschikbare schijfruimte ook kleiner doordat elke sessie een afzonderlijke lead-in (22 MB) en lead-out (13 MB) heeft. Het grootste bezwaar tegen deze soort CD's zijn de veel voorkomende onvolledige entries in de virtuele inhoudstafel waardoor onherstelbare E32-fouten (zie verder) ontstaan. Om geen multisessieCD te maken, moet bij het maken van de CD expliciet worden opgegeven dat de CD onmiddellijk na het schrijven gesloten wordt, zo niet wordt er na het schrijven van de lead-out van de eerste sessie onmiddellijk een lead-in voor een tweede sessie geschreven.

Audiotracks en computerbestanden kunnen samen op één CD worden geplaatst (mixed mode), maar als het enigszins kan, is het beter om deze op afzonderlijke CD's te bewaren.

De courante CD-R's bieden de mogelijkheid 74 minuten audio of 650 MB data op te slaan. Er zijn ook CD-R's op de markt die 80, 90 of 99 minuten audio of respectievelijk 700, 791 of 870 MB data kunnen bevatten. De voorgedrukte groef op deze laatste CD's wordt met een grotere dichtheid geschreven, maar niet alle CD-lezers kunnen even gemakkelijk deze CD's inlezen. De klassieke 74 minuten of 650 MB CD-R's genieten bijgevolg de voorkeur. Het Amerikaanse National Media Lab (NML) raadt aan om niet meer dan 630 MB op CD-ROM te plaatsen.

4. Schrijfmethode

Er zijn twee manieren om informatie op CD's te plaatsen. Bij 'disc-at-once' schrijft de laserstraal de CD in één keer. Eerst wordt de inhoudstafel geschreven, dan pas de tracks of bestanden. De laserstraal wordt pas uitgezet wanneer de CD helemaal geschreven is. Bij de andere schrijfmethode, 'track-at-once', schrijft de CD per track afzonderlijk de lead-in (1 link block, 4 run-in blocks) en lead-out (2 run-out blocks) gegevens. De laserstraal wordt hierbij voortdurend af en aan gezet. Hierdoor worden soms onvolledige sectoren geschreven waardoor E32-fouten ontstaan (zie verder). Bij audio-cd's die volgens deze methode wordt geschreven, zijn tussen twee tracks soms kliks hoorbaar. Bij 'track-at-once' is de volgorde waarin gegevens en inhoudstafel worden geschreven omgekeerd: eerst de tracks of bestanden en dan pas de inhoudstafel. Het computerprogramma waarmee CD's worden gebrand, wordt dus bij voorkeur zodanig ingesteld dat de CD volgens de methode 'disc-at-once' (of: 'CD ineens') wordt geschreven⁵. Deze schrijfwijze benadert het beste de kwaliteit van een geperste CD en heeft als voordeel dat de CD ineens wordt gesloten⁶.

5. CD's en standaarden: digitale duurzaamheid

Om het inlezen van CD's op verschillende computers mogelijk te maken, moeten CD's op een gestandaardiseerde wijze worden beschreven en ingedeeld. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de fysieke standaarden en de logische standaarden. Aangezien deze laatste betrekking hebben op het bestandssysteem worden ze ook bestandssysteemstandaarden genoemd.

5.1 Fysieke standaarden

⁵ "It is strongly recommended that all discs be recorded using the disc-at-once method". (*AES standard for audio preservation and restoration – Life expectancy of information stored in recordable compact disc systems – Method for estimating, based on effects of temperature and relative humidity*, 2000, p. 8).

⁶ <http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/CD-R/Premasering/DAO.html>

De fysieke standaarden hebben betrekking op de structuur en het gebruik van de bytes binnen de sectoren op de data laag. De standaarden zijn red book (audio-CD, IEC-908, 1980), yellow book (CD-rom, 1983, vastgelegd als ISO-10149 in 1988), green book (CD-I, 1986), orange book (CD-R/CD-RW, 1990), white book (Kodak Photo CD en Video CD, 1992) en blue book (CD plus/extra met 2 sessies: audio en data).

Voor audioCD'S is red book (IEC-908) de standaard. Bij het kopiëren of branden van audiotracks naar CD wordt automatisch deze standaard toegepast. Een audioCD kan ongeveer 74 minuten digitaal geluid bevatten. Op één audioCD kunnen maximaal 99 audiotracks staan. Een audioCD bestaat uit drie blokken: een lead-in met inhoudstafel, de audiotracks en een lead-out. Een IEC-908 CD wordt in één sessie geschreven.

Voor gegevensCD's is de officiële standaard ISO-10149. ISO-10149 is gebaseerd op het yellow book van Philips en Sony en biedt de keuze tussen twee modes. Het yellow book is op zijn beurt een uitbreiding van het red book, waardoor het mogelijk werd om digitale bestanden in de plaats van audiotracks op een CD te schrijven. Het verschil met audioCD'S zit onder meer in de foutopsporings- en verbeteringscode die automatisch op de gegevensCD wordt bijgehouden⁷. Voor een audio-CD is minder foutopsporings- en verbeteringscode nodig dan voor een CD-rom. Audio-CD'S gebruiken Cross Interleaved Reed-Solomon Code (CIRC) als foutopsporings- en correctiecode. CIRC wordt op hardwareniveau uitgevoerd. CD-rom's (mode 1: gegevensbestanden) gebruiken ook CIRC, maar voegen daar nog een bijkomende correctielaag aan toe: EDC/ECC (Error Description Code / Error Correction Code). De reden hiervoor ligt voor de hand: één incorrecte bit op een CD-rom kan de computer doen crashen, terwijl bij een audio-CD de incorrecte sector (1/75 seconde) wordt overgeslagen en de luisteraar nauwelijks het verschil zal horen. De precisiefactor van gegevens op een CD-rom moet minstens duizend maal groter zijn dan bij een audio-CD. EDC/ECC kan fouten herstellen die CIRC niet kan corrigeren. Een CD-rom kan bijgevolg minder megabytes data (2048 bytes/sector) bevatten dan een audio-CD (2352 bytes/sector). ISO-10149 voorziet ook nog in een tweede mode (audio en video, enkel CIRC), maar deze wordt in de praktijk bijna nooit toegepast⁸.

In de plaats van mode 2 wordt CD-rom XA (eXtended Architecture) gebruikt. Dit is een uitbreiding van het yellow book door Sony, Philips en Microsoft en is ontworpen voor multimediacd's (combinatie van tekst, muziek, video, afbeeldingen, ...). Binnen CD-rom XA worden nog eens twee forms onderscheiden⁹. CD-rom XA is vanwege meerdere redenen niet aangewezen bij archivering. CD-rom XA is een defacto standaard. Bij de toepassing van CD-rom XA wordt in veel gevallen minder foutopsporings- of verbeteringsinformatie dan bij ISO-10149 mode 1 opgeslagen. CD-rom XA gebruikt comprimering bij de opslag van gegevens en bewaart verschillende bestanden op een vervlochten wijze (inter-leaving) zodat meerdere bestanden simultaan worden ingelezen. CD-rom XA laat ook multisessies toe. Dit is bij ISO-10149 theoretisch ook mogelijk, maar levert in de praktijk veelal problemen op en wordt dus best vermeden¹⁰. CD-rom XA wordt beter enkel voor multimediacd's gebruikt.

Er bestaan ook aan aantal varianten op CD-rom XA. Eén daarvan is Kodak Photo-CD. Kodak Photo-CD is een populaire technologie waarmee foto's op een computer, CD-I of Kodak Photo-speler kunnen bekeken worden. Deze laatste twee apparaten zijn nooit helemaal doorgebroken. Kodak Photo-CD laat ook multisesessieCD's toe. Of een Kodak Photo-CD op computer kan geopend worden, is niet alleen afhankelijk van de hardwarecompatibiliteit met CD-rom XA en multisesessieCD's, maar ook van de

⁷ De foutopsporings- en verbeteringscode is gebaseerd op checksums die samen met de data op de CD worden bewaard. De verbeteringsschema's CIRC en EDC/ECC plaatsen de bytes en de checksums in een matrix en kunnen zo achterhalen welke byte fout is en wat de correcte bytewaarde is.

⁸ ISO/IEC 10149: 1995, *Information technology -- Data interchange on read-only 120 mm optical data disks (CD-rom)*; K.J. KUHN, *CD/rom - An extension of the CD audio standard* (beschikbaar op: <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/cdrom/95x8.htm>). De laatste wijziging aan ISO-10149 dateert van 1995. De eerste versie werd in 1988 vastgelegd.

⁹ CD-rom XA bestaat uit mode 2/form 1 (voor data en computerprogramma's; 2048 bytes gebruikersdata per sector) en mode 2/form2 (voor audio en video; 2324 bytes gebruikersdata per sector)

¹⁰ <http://www.roxio.com/en/support/cdr/multisessionhistory.html>

aanwezigheid van de nodige decompressiesoftware¹¹. De bestanden op een Kodak-Photo CD zijn dus niet onmiddellijk in een geschikt archiveringsformaat opgeslagen.

Een archivaris hoeft zich nauwelijks te bekommeren om deze fysieke standaarden. De archiefcd's bevatten overwegend audiotracks of computerbestanden zodat de officiële standaarden IEC-908 en ISO-10149 volstaan. Bij de creatie van audioCD's wordt automatisch IEC-908 toegepast. De meeste computerprogramma's voor het schrijven van gegevensCD's staan echter automatisch op CD-rom XA ingesteld. Zorg bij het schrijven van een gegevensCD er gewoon voor dat "Mode 1:CD-rom" wordt gebruikt (zie afbeeldingen 3 en 4). De hard- en software voor het schrijven van CD's past dan de ISO-10149 standaard toe.

5.2 Bestandssysteemstandaarden

Bij het creëren van een gegevensCD moeten archivariissen meer rekening houden met de standaarden inzake bestandssystemen. Een bestandssysteem maakt het mogelijk dat applicaties en besturingssystemen toegang krijgen tot de gegevens. In tegenstelling tot magnetische dragers kunnen CD's een eigen besturingssysteemafhankelijk bestandssysteem (CDFS: Compact Disk File System) gebruiken. De CD-bestandssystemen zijn belangrijk voor de mappenstructuur, de map- en bestandsnamen en de volume descriptors. Om een CD te kunnen inlezen moet het besturingssysteem van de computer het CD-bestandssysteem ondersteunen. Als dit niet het geval is, heeft de computer geen toegang tot de data op de CD. ISO-9660 is de officiële standaard die in principe door elk besturingssysteem, applicatie, CD-apparaat en CD-software wordt ondersteund. ISO-9660 is de basisstandaard voor uitwisselbare, platform- en vendoronafhankelijke CD-rom's. CD's die niet deze standaard volgen kunnen wel ingelezen worden op de computers waarmee ze gecreëerd werden, maar de kans is klein dat dit mogelijk zal zijn op computers die men in de toekomst gebruikt.

De bekendste softwareproducenten hebben de officiële standaard echter uitgebreid zodat hun besturingssystemen op CD kunnen worden geplaatst. De bekendste uitbreidingen zijn Rock Ridge (Unix) en Joliet (Microsoft). Unix- en Windowscomputers gebruiken doorgaans hun eigen CD-bestandssysteem bij de creatie van CD's. Beide uitbreidingen plaatsen een tweede volume descriptor op de CD, waardoor onder andere langere map- en bestandsnamen mogelijk zijn. Aangezien deze bestandssystemen op ISO-9660 gebaseerd zijn, is er tot op zekere hoogte een compatibiliteit met elke computer die ISO-9660 ondersteunt. Lange bestandsnamen kunnen wel niet volledig ingelezen worden. Aangezien deze uitbreidingen minder goed dan ISO-9660 aan de vereisten inzake technologisch onafhankelijk archiveren beantwoorden, worden deze defacto standaarden beter vermeden.

Bij het Macintosh bestandssysteem voor CD's is de platformafhankelijkheid nog groter. Macintosh gebruikt HFS in de plaats van ISO-9660. Deze CD's zijn niet op andere platformen leesbaar, tenzij men hiervoor bijzondere software inschakelt of hybride CD's maakt. Dergelijke tussenoplossingen zijn echter niet geschikt voor archiveringsdoeleinden.

5.2.1 ISO-9660

In 1988 werd ISO-9660 als officiële standaard vastgelegd¹². De standaard had tot doel elke CD-rom die volgens de voorgeschreven regels werd gemaakt, op elke computer leesbaar te maken, ongeacht de byte

¹¹ Afbeeldingen of film op een Kodak Photo-CD worden in het ImagePack-bestandsformaat opgeslagen (*.pcd extensie). Voor het bekijken van ImagePack-bestanden is bijzondere software nodig. Voor internettoepassingen wordt het FlashPix-formaat gebruikt. (Voor meer info: <http://www.kodak.com>; A.R. KENNEY en O.Y. RIEGER, *Using Kodak Photo CD Technology for Preservation and Access. A guide for librarians, archivists and curators*, New York, 1998).

¹² ISO-9660: 1988, *Information Processing -- Volume and file structure of CD-rom for information interchange*.

ordering of het besturingssysteem van de computer. Bij het uitwerken van ISO-9660 heeft men ervoor gezorgd dat het bestandssysteem compatibel is met de besturingssystemen die toen gangbaar waren (MS-DOS, Unix, MVS, enz.).

De gegevensstructuur van de ISO-9660 standaard kan in drie blokken worden verdeeld: de volume descriptors, de pathtable en de mappen. De volume descriptors wijzen de pathtables en de mappen aan. Er zijn vier types volume descriptors: de primary volume descriptor, de boot record, de supplementary volume descriptor en de volume partition descriptor¹³. Van deze vier wordt enkel de primary volume descriptor algemeen gebruikt. De primary volume descriptor start op sector 16 (00:02:16). De voorgaande sectoren hebben in de ISO-9660 standaard geen vaste functie. Bij de meeste CD-rom's blijven deze posities leeg (uitz.: boottable disks). De pathtable geeft toegang tot de mappen en in de mappen wordt bijgehouden welke bestanden er deel van uitmaken.

ISO-9660 schrijft voor dat de gebruiker een aantal velden van de primary volume descriptor zelf kan invullen. In een aantal van deze velden kan men metadata over de CD-rom en zijn inhoud kwijt:

Tabel 1: Het invullen van metadata in velden van de primary volume descriptor voor gegevenscd's

VELD	GEBRUIK	TOEGESTANE & AANTAL KARAKTERS	VOORBEELD
Volume ID	label, volumenaam, sigel, archiefnummer	0-9, A-Z, _ 32 karakters	CDrom_SA_901
Publisher ID	uitgever, archiefdienst	spatie, 0-9, A-Z, _ ! " % & ' () * + - . / : ; < = > ? , 128 karakters	STADSARCHIEF ANTWERPEN
Data preparer ID	auteur, archiefvormer	spatie, 0-9, A-Z, _ ! " % & ' () * + - . / : ; < = > ? en de komma 128 karakters	BURGERLIJKE STAND & BEVOLKING
Copyright file ID	bedoeld voor bestandsnaam met copyrightinformatie, maar kan ook de vermelding 'openbaar' bevatten of naam van de auteursrecht drager bevatten	0-9, A-Z, _ 8+3 karakters	OPENBAAR
Abstract file ID	bedoeld voor bestandsnaam met inhoudsinformatie of metadata	0-9, A-Z, _ 8+3 karakters	METADATA.XML
Bibliographic file ID	naam bestand bibliografische verwijzing	0-9, A-Z, _ 8+3 karakters	BIBLIO.TXT
Creation date & time	datum en tijdstip creatie CD	numerieke waarden	10-29-2001 14:06:29.00

De primary volume descriptor wordt eerst ingevuld alvorens de CD wordt beschreven. Bij het kopiëren van CD's moeten deze velden van de primary volume descriptor telkens opnieuw worden ingevuld. Bij de keuze van de software die wordt gebruikt bij het schrijven van CD's, let men er best op dat de ISO-9660 standaard toegepast kan worden en dat de primary volume descriptor ingevuld kan worden (bijv. Easy CD Creator en Nero). Samen met de mogelijkheid om ISO-10149 te gebruiken, zijn dit de voornaamste eigenschappen van deze computerprogramma's. De inhoud van de primary volume descriptor kan met CD analyse tools worden bekeken. De Windowsverkenner toont enkel de volume ID (label).

Elke CD heeft een rootmap. De rootmap is eigenlijk een bestand waarin voor elke submap of elk bestand een aantal velden met onder meer de map- of bestandsnamen, de lengte van de bestanden en

¹³ Boot record: initialisatie van de CD alvorens de primary volume descriptor wordt ingelezen; supplementary volume descriptor: identificatie voor een ander karakterset dan ISO-646 (Joliet gebruikt dit voor de identificatie van Unicode-karakters en lange map- en bestandsnamen); volume partition descriptor: logische indeling van de CD in partities.

hun beginblock wordt bijgehouden. Deze rootmap heeft dus enigszins dezelfde functie als de File Allocation Tables (FAT) van magnetische dragers.

ISO-9660 schrijft ook voor dat elke bestandsnaam moet gevolgd worden door een versienummer. Hiervoor wordt een puntkomma en een cijfer tussen 1 en 32767 achteraan elke bestandsnaam toegevoegd (bijv. bestand.txt;1). De meeste besturingssystemen tonen dit versienummer echter niet op het scherm. Tools voor CD analyse tonen dit versienummer wel. Het versienummer wordt door de CD-creatiesoftware automatisch toegevoegd wanneer de CD conform ISO-9660 wordt geschreven. Dit is dan ook de reden waarom bij de toepassing van de optie lange bestandsnamen (level 2 en 3) de gebruiker slechts 30 karakters vrij kan kiezen. De puntkomma (ASCII nr. 59) is karakternr. 31 en het cijfer 1 (ASCII nr. 49) is karakternr. 32. De pathlengte is in ISO-9660 beperkt tot 256 karakters.

In de ISO-9660 worden drie levels onderscheiden. Level 1 kent de meeste beperkingen en is grotendeels aan het bestandssysteem van MS-DOS ontleend. Level 2 en 3 zijn uitbreidingen hierop, maar worden niet meer ondersteund door computers met MS-DOS als besturingssysteem. Deze levels worden wel ondersteund door meer geavanceerde besturingssystemen zoals Unix, Windows, Novell, Macintosh, enz¹⁴.

- Level 1:**
- ✓ mappenstructuur: max. 8 niveau's, de rootmap inbegrepen
 - ✓ mapnaam: max. 8 karakters, extensies zijn niet toegelaten, A-Z, 0-9, het punt en de underscore.
 - ✓ pathlengte: max. 255 karakters
 - ✓ volumenaam: 11 alfanumerieke karakters, hoofdletters
 - ✓ bestandsnaam: max. 8 karakters en 3 karakters voor de extensie. Bestandsnaam en extensie worden van elkaar gescheiden door een punt. Alle karakters staan in hoofdletters. De toegestane karakters zijn A-Z, 0-9, een punt en het underscoreteken. De karakters ! " % & ` () * + - . / ; < = > ?, de komma of een spatie mogen niet worden gebruikt¹⁵.
 - ✓ ordening van de bestanden: één bestand wordt aaneensluitend op de CD geplaatst (geen inter-leaving). De bestanden worden teruggevonden op basis van hun beginpositie en lengte.
- Level 2:** Level 2 laat ten eerste langere map- en bestandsnamen toe: resp. max. 31 karakters en 30 karakters (extensie inbegrepen). Bestandsnaam en extensie worden van elkaar gescheiden door een punt. Ten tweede kunnen de karakters zowel hoofdletters als kleine letters zijn. De toegestane karakters zijn bijgevolg: A-Z, a-z, 0-9, '.' en '_'. De karakters ! " % & ` () * + - . / ; < = > ?, de komma of een spatie mogen niet worden gebruikt. Level 2 hanteert hetzelfde ordeningssysteem als level 1.
- Level 3:** Level 3 hanteert dezelfde map- en bestandsnamen als level 2. Het verschil is echter dat de bestanden in level 3 niet aaneensluitend moeten zijn (wel inter-leaving). Hierdoor kunnen de bestanden als pakketten op de CD worden geplaatst.

ISO-9660 is initieel ontworpen als een alleen-lezen bestandssysteem en is dan ook geschikt voor CD-rom en CD-R. ISO-9660 is niet voorzien op het herschrijven van CD's of het toevoegen van pakketten informatie aan CD's in verschillende sessies. Bovendien beperkt ISO-9660 het aantal tracks op een CD tot 99, wat voor DVD een te grote beperking is. Halverwege de jaren 1990 werd dan ook werk gemaakt van een standaard voor het lezen en het (her)schrijven van een optisch medium op basis van een platformafhankelijk bestandssysteem. De standaard die hieruit ontstond was ISO-13346. Het Optical Storage Technology Association (OSTA; <http://www.osta.org>) paste ISO-13346 aan de markt en de bestaande computerbesturingssystemen aan. Hieruit ontstond het Universal Disk Format (UDF). UDF is

¹⁴ ISO-9660: 1988, *Information processing - Volume and file structure of CD-rom for information interchange*. De beschrijving van de standaard is beschikbaar op: http://www.yadagio.com/public/standards/iso_cdrom/. Zie ook: F. CAFFARELLI en D. STRAUGHAN, *Publish yourself on CD-rom*, p. 73-114; P.J. ERDELSKY, *ISO9660 simplified for DOS/Windows*, (<http://www.alumni.caltech.edu/~pje/iso9660.html>)

¹⁵ ISO-9660 Level 1 wordt wel eens vergeleken met MS-DOS. Er zijn een aantal verschillen:

	MS-DOS	ISO9660 Level 1
andere ASCII-leestekens dan '.', '_' en '_'	toegestaan	niet toegestaan
lege bestandsnaam met extensie	niet toegestaan	toegestaan
mapnaam met extensie	toegestaan	niet toegestaan

een defacto standaard die momenteel onder andere voor (her)schrijfbaar CD's en DVD wordt gebruikt. UDF laat bestandsnamen met 127 karakters toe. Voor archiveringsdoeleinden worden hoofdzakelijk WORM-CD's gebruikt zodat de ISO-9660 standaard volstaat.

Afbeelding 3: De ISO instellingen voor het schrijven van een CD met Easy CD Creator.

Hier kunnen een aantal velden van de primary volume descriptor worden ingevuld.

Keuze van de data die in het bestandssysteem worden opgeslagen.

Lengte van de bestandsnamen: level 1 (8+3) en level 2 en 3 (max. 30 tekens).

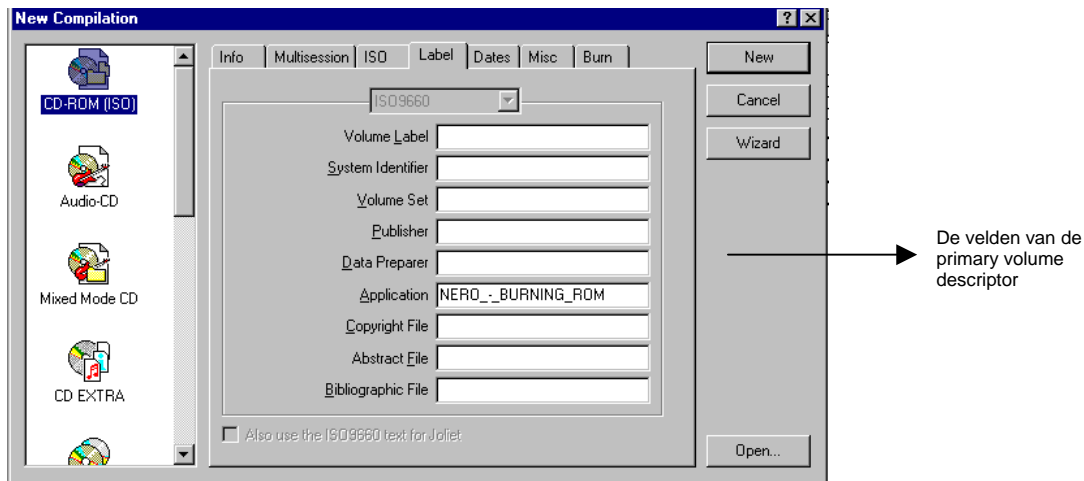
Kies hier "Mode 1: CDrom" om de CD conform standaard ISO-10149 in te delen.

Afbeeldingen 4 en 5: De ISO instellingen voor het schrijven van een CD met Nero.

Mode 1 is de ISO-10149 standaard.

Lengte van de map- en bestandsnamen: level 1 of level 2/3

Welke zijn de geldige karakters in map- en bestandsnamen? ISO-9660 laat enkel A-Z, 0-9 en _ toe. ASCII en DOS laten meer karakters toe



5.2.2 Rock Ridge

Rock Ridge is de benaming voor het CD bestandssysteem van Unix. Rock Ridge laat langere bestandsnamen toe (127 karakters maar geen spaties) en de mappenstructuur kan dieper zijn dan 8 niveau's. De andere uitbreidingen maken het mogelijk dat voor elke map of bestand gebruikersrechten en tijdstippen worden bijgehouden. Rock Ridge laat ook symbolic links toe. Rock Ridge wordt enkel door Unix ondersteund. Er is een uitbreiding van Rock Ridge voor Amiga computers¹⁶.

5.2.3 Joliet

De uitbreiding op ISO-9660 voor Windowscomputers wordt Joliet genoemd¹⁷. Joliet wordt ondersteund voor (bijna) alle computerprogramma's die op Windows lopen. De software voor de creatie van CD's onder Windows biedt doorgaans de mogelijkheid om een CD te maken op basis van ISO-9660 of van Joliet¹⁸.

De uitbreidingen van Joliet zijn:

- ✓ map- en bestandsnamen tot 64 karakters en spaties zijn toegelaten
- ✓ Unicode karakterset voor map- en bestandsnamen
- ✓ mapnamen kunnen extensies bevatten
- ✓ geen beperking in de diepte van de mappenstructuur

Joliet map- en bestandsnamen kunnen door de meeste besturingssystemen worden ingelezen. Bij DOS, Macintosh en Unix wordt de bestandsnaam wel afgekort (bijv. BESTAN-1.txt ipv bestandsnaam.txt). Joliet bewaart immers voor elk bestand samen met de lange bestandsnaam de

¹⁶ A.S. TANENBAUM, *Modern Operating Systems*, New Jersey, 2001, p. 430-435; F. CAFFARELLI en D. STRAUGHAN, *Publish yourself on CD-rom*, p. 112-114.

¹⁷ Aanvankelijk gebruikten Windowscomputers ook een bestandssysteem met de naam *Romeo*. Romeo liet bestandsnamen tot 128 karakters met spaties toe. Romeo was niet compatibel met ISO-9660 en ondersteunt Unicode niet. In tegenstelling tot Joliet was Romeo niet wijdverspreid en in niet veel CD-software geïmplementeerd. Romeo werd hoofdzakelijk in een Windows 95 en Windows NT 3.5 omgeving gebruikt, omdat deze besturingssystemen Joliet niet ondersteunden. Romeo CD's zijn niet inleesbaar op DOS en Windows 3.1 computers, want er worden geen geassocieerde DOS-bestandsnamen bijgehouden. Romeo CD's zijn wel inleesbaar op Macintosh computers als de bestandsnamen niet langer zijn dan 31 karakters.

¹⁸ <http://bmr.berkeley.edu/people/chaffee/jolspec.html>;

geassocieerde DOS-bestandsnaam¹⁹. CD's met het Joliet bestandssysteem zijn bijgevolg inleesbaar op computers met DOS en Windows 3.1 als besturingssysteem.

5.2.4 Hierarchical File System (HFS)

HFS is hetzelfde bestandssysteem dat wordt gebruikt door Macintosh- en Applemachines voor harde schijven en diskettes. HFS laat volumenames tot 27 karakters en bestandsnamen tot 31 karakters toe. Er is nauwelijks een beperking op de diepte van de mappenstructuur (tot 256 niveau's). Dit bestandssysteem kan ingelezen worden door Mac, Amiga, Apple, OS/2 en Linux. DOS, Windows en Unix ondersteunen HFS niet²⁰. Binnen de Mac-wereld is HFS de standaard, maar daarbuiten kan hij nauwelijks of niet worden gebruikt.

5.3 AudioCD's: CD-TEXT

De officiële 'red book'-standaard (IEC 908) voorziet niet de mogelijkheid om zoals bij gegevensCD's een aantal metadata gegevens aan de CD zelf toe te voegen. Om dit mogelijk te maken heeft Sony de 'red book'-standaard uitgebreid zodat op zijn minst namen van uitvoerders en titels aan de CD en/of de tracks kunnen worden toegevoegd. Deze uitbreiding kreeg de naam CD-TEXT mee. De CD-TEXT informatie kan op twee lokaties worden weggeschreven: in de lead-in van de audioCD (max. 5000 alfanumerieke karakters) of in het datagedeelte van de audioCD (max. 31 MB aan informatie).

Deze uitbreiding heeft inmiddels de status van defacto standaard bereikt en wordt door recente schrijf- en leesapparatuur ondersteund. Aangezien CD-TEXT niet tussenkomt in het afspelen van de audiotracks, heeft het toepassen van deze defacto standaard geen gevolgen wanneer de CD-speler of CD-drive CD-TEXT niet ondersteunt.

6. Fouten op CD's

Elke CD bevat fouten. Bij optische schijven met een hoge gegevensdichtheid zoals CD's is dat onvermijdelijk. De gebruiker is zich niet altijd bewust van de fouten doordat CD's immers CIRC en EDC/ECC gebruiken om de oorspronkelijke of correcte gegevens te reconstrueren. Bij de creatie van CD's wordt hier al rekening mee gehouden en wordt de nodige correctiedata op de CD geschreven. Inleesbare CD's bevatten fouten, maar de correcte bytes zijn reconstrueerbaar. Fouten worden voor de gebruiker pas een probleem wanneer een CD niet meer inleesbaar is en hierdoor geen toegang tot de inhoud meer krijgt.

Alvorens een CD te branden, past het om de CD-kwaliteit voor een eerste keer te testen. Een lege CD kan al fouten bevatten of bij de formattering kunnen er al fouten ontstaan²¹. Onderzoek wees ook uit dat het langdurig bewaren van blanco CD's voor hun ingebruikname een negatieve invloed op de

¹⁹ D. STRAUGHAN, *Joliet Filenames*, (<http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/Standards/ISO9660/Joliet.html>)

²⁰ <http://www.roxio.com/en/support/cdr/filesystems.html>;
http://developer.apple.com/technotes/fl/fl_36.html

²¹ Het formatteren van een CD is in principe enkel nodig om via de stationsaanduiding toegang te krijgen tot de CD. De meeste softwarepakketten voor het kopiëren van CD's voeren zelf de formattering uit.

initiële kwaliteit heeft. Er worden bijgevolg best geen te grote voorraden aangelegd. Het *Statens Arkiver* van Denemarken controleert eerst de kwaliteit van enkele stalen van een bepaalde productie-eenheid. Het gebruikt hiervoor een speciale machine. Beantwoordt de kwaliteit van de stalen aan de vooropgezette vereisten, dan worden er meerdere CD's van dezelfde productie-eenheid aangekocht. Aan diensten die zelf archiefCD's aanleveren en niet over deze vrij dure testapparatuur beschikken, wordt gevraagd dat de blanco CD's voor moeder- en veiligheidskopie van verschillende producenten komen of dat de blanco CD's op verschillende momenten werden geproduceerd om seriefouten te vermijden²².

Bij het kopiëren van digitale archiefdocumenten naar een CD kunnen er fouten optreden. Een gekend probleem is 'buffer underrun'²³. Fouten worden veelal veroorzaakt doordat er te veel applicaties op de computer actief zijn. CD's worden best geschreven op een clientpc waarop zoveel mogelijk actieve programma's in het werkgeheugen (in het bijzonder schedulers, screen savers en anti-virusprogramma's) uitgeschakeld zijn. CD's branden over een netwerk is niet aangewezen. Kopieer de bestanden eerst naar de harde schijf van de computer die met een CD-writer is voorzien. Het is eveneens aanbevolen om geen te hoge schrijfsnelheid te gebruiken omdat het aantal onregelmatigheden en onnauwkeurigheden bij het schrijven dan toeneemt. Algemeen wordt 2 speed of 4 speed aanbevolen. Het kopiëren van CD's is een tijdrovend proces.

Ondanks deze voorzorgen kunnen er nog steeds fouten optreden. Het is dan ook aan te raden om na het kopiëren een controlemoment in te lassen. Lees een aantal gekopieerde bestanden in of voer de programma's uit. Er bestaan ook een aantal tools die doel- en bronmappen of gekopieerde bestanden vergelijken, al dan niet op byteniveau. Zo kan gecontroleerd worden of alle bestanden werden gekopieerd, of de bestanden op de CD geen fouten bevatten en of de bestanden in de bronmap en doelmap identiek zijn²⁴.

Op een CD kunnen logische en fysieke fouten voorkomen. Logische fouten houden verband met slechte gebruikers- en controledata op de CD. Fysieke fouten zijn fouten op de schijf en ontstaan tijdens de productie, de opname, de bewaring of het gebruik. Elke fout kan er verantwoordelijk voor zijn dat een CD niet meer kan gebruikt worden. De fouten worden aangeduid met codes. CIRC onderscheidt twee niveau's van foutcorrectie. Level 1 (C1) heeft betrekking op kleine of occasionele fouten, terwijl level 2 (C 2) grote fouten herstelt. Bij CD-rom's worden de niet herstelde C1 en C2-fouten naar EDC/ECC doorgestuurd. De aard en de hoeveelheid fouten wordt op dit niveau met "E"-codes aangegeven. Het eerste cijfer na "E" duidt het niveau aan, het tweede cijfer het aantal. "E11" betekent 1 fout van het eerste niveau. "E23" betekent drie of meer fouten van het tweede niveau. "E23"-fouten zijn onverbeterbaar. CD's met deze fouten kunnen niet meer gecorrigeerd of gekopieerd worden. Fouten op een CD worden ook met de term BLER aangeduid. BLER (Block Error Rate) duidt aan hoeveel blocks per seconde fouten bevatten over een gemiddelde van meestal tien seconden. BLER houdt geen rekening met de foutopsporings- en verbeteringsschema's en maakt dus geen onderscheid tussen verbeterbare en onherstelbare fouten²⁵. De BLERmax is de maximale BLER op een schijf.

Niettegenstaande men bij het beoordelen van de kwaliteit van CD's met alle soorten fouten rekening moet houden, baseert men zich in de praktijk nogal veel op BLER. De standaarden Red Book, ISO-10149

²² *Circular on national authorities' delivery of digital records systems to the Danish State Archives*, omzendbrief nr. 4 (14 januari 2000): II. Delivery Media.

²³ Buffer underrun is het verschijnsel waarbij de hoeveelheid data dat de CD-schrijver bereikt te laag is voor de snelheid waarmee de data op CD wordt gebrand. De onderbrekingen in de datastroom leidt tot fouten. Buffer underrun kan verschillende oorzaken hebben: gefragmenteerde of gecompriëerde harde schijven, herplaatsing van de koppen op de harde schijf, te weinig computergeheugen, te veel actieve applicaties, corrupte bestanden, de gekopieerde bestanden zijn in gebruik, kopiëren van te veel kleine bestanden, enz.

²⁴ Een aantal programma's voor het schrijven van CD's voeren tijdens of na het kopiëren een test uit. Hiervoor zijn ook diverse freewaretools beschikbaar. Het eerder vermelde CD Check kan hiervoor gebruikt worden. Een bekende Windows tool van Micosoft is Windiff. Windiff kan twee bestanden vergelijken op byteniveau. File Check heeft een gelijkaardige functionaliteit.

²⁵ <http://www.roxio.com/en/support/cdr/cderrors.html>; <http://www.cd-genie.com/qc/verisnot.htm>; <http://www.cd-info.com/CDIC/technology/CD-R/Media/testing.html>;

en ANSI/NAPM IT9.21-1996 hanteren 220 BLERS/seconde als kritisch punt²⁶. Producenten 3M en Kodak hanteren een BLERmax van 50²⁷. Recent onderzoek wees echter uit dat men zich beter niet alleen op BLER als end-of-life indicator betrouwt. E22-, E32- en BURST-fouten²⁸ kondigen onverbiddeijk het einde van de levensduur aan²⁹. Een draft voor een nieuwe ISO-standaard (ISO/DIS-12024) onderscheidt vier kwaliteitsklassen en gebruikt hiervoor vier indicatoren³⁰:

Tabel 2: De CD in kwaliteitsklassen onderverdeeld.

	BLERMAX	AVERAGE BLER's	E22 FOUT	E32 FOUT	BEWARING OP TERMIJN
Klasse 1	≤ 10	5	0	0	best geschikt voor lange termijnbewaring
Klasse 2	≤ 75	50	0	0	geschikt
Klasse 3	≤ 150	100	toegelaten	0	leesbaar, maar een aantal potentiële gevaren
Klasse 4	≤ 220		toegelaten	toegelaten	niet geschikt voor (middel)lange bewaring

Het aantal fouten kan gemeten worden op basis van een CD analyse. Het analyseren van een CD is echter geen eenvoudige taak. Hiervoor is bijzondere hard- en software vereist. CD-testers worden meestal als afzonderlijke apparaten op de markt gebracht. Deze apparaten zijn niet wijdverspreid en doorgaans heel duur. De ontwikkeling van computerprogramma's die hiervoor kunnen worden gebruikt, is nog volop aan de gang³¹. Om een goed beeld te krijgen van de kwaliteit van een CD moet men bij metingen eigenlijk ook rekening houden met het CD-apparaat en de software waarmee de CD wordt ingelezen. De mate waarin fouten kunnen hersteld worden, is afhankelijk van deze twee componenten.

Een CD analyse moet regelmatig herhaald worden. Tijdens het bewaringsproces kan de CD degenereren en het aantal fouten toenemen. Een regelmatige controle (om de zes maanden?, jaarlijks?, ...) moet de archivaris tijdig waarschuwen vooraleer het aantal fouten zijn kritisch punt bereikt. Hoewel officiële standaarden 220 BLERS tolereren, is het aangewezen om een meer strikte norm te hanteren. In navolging van de duurzaamheidstest van de producenten is het raadzaam om 50 BLERS als bovengrens vast te leggen. Bij recente tests was de laagste gemeten BLER 2,5³². Elke CD bevat dus fouten.

²⁶ ISO, *Photography - Imaging materials - Life expectancy of information stored in recordable compact disc systems - Method for estimating based on effects of temperature and relative humidity*, 1998, p. 4; ISO 10149; ANSI/NAPM IT9.21-1996, *Life Expectancy of Compact Discs (CD-ROM)--Method for Estimating, Based on Effects of Temperature and Relative Humidity*, subclausule 12.5.2; AES, *AES standard for audio preservation and restoration – Method for estimating life expectancy of magneto-optical (M-O) disks, based on effects of temperature and relative humidity*, 2000.

²⁷ <http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/CD-R/Media/Kodak.html>;

²⁸ De BURST-fout geeft het aantal opeenvolgende slechte frames aan. BURST-fouten zijn meestal een gevolg van een kras, stof of een vlek. BURST-fouten worden over een volledige schijf gemeten. Het kritisch aantal BURST-fouten per CD is normaal 7.

²⁹ <http://www.medialinenews.com/issues/2001/replication/0813/0813.6.shtml>

³⁰ J.L. Hartke, *Measures of CD-R Longevity*, 2001 (<http://www.msscience.com/longev.html>)

³¹ Toch zijn er op Internet al een aantal tools beschikbaar die men hiervoor kan gebruiken: CDrom Drive Analyzer (incl. BLER-check voor CD-rom's); Disk Detective (MS-DOS-programma, inlezen van de volledige volume descriptor met o.a. de datum van aanmaak, bestandenstructuur, CD diagnose); CD-R Diagnostic (analyse, inhoudstafel, volume, foutenrapport, CD rapport); CD Check (controle op slecht geschreven bestanden en vergelijking met bronbestanden). Het nadeel van deze programma's is dat ze geen rekening houden met de automatische hard- en softwarematige foutopsporing- en verbetering.

³² M. MARTIN, *Compact Disk media evaluation, What we know about disk quality*.

7. Lange levensduur door goede bewaring en behandeling

Over de levensduur van CD's is heel wat te doen en vind je niet zelden tegenstrijdige informatie terug. In de hoop een antwoord te geven op de vraag hoe lang een CD een stabiele drager is, hebben diverse onderzoeksprojecten het verouderingsproces gesimuleerd door CD's bloot te stellen aan hoge temperaturen en hoge vochtigheid. De CD-producenten wilden begin de jaren 1990 artikelen en nieuwsberichten weerleggen die stelden dat CD's slechts een beperkte levensduur hebben. Een eensluidende voorspelling is er nog niet. Hiervoor is de levensduur te veel afhankelijk van factoren die niet altijd rechtstreeks verband houden met de natuurlijke aard van het medium. De levensduur van een CD is immers afhankelijk van diverse factoren: het materiaal waaruit de CD bestaat, de kwaliteit van de data, de bewaaromstandigheden en de manier waarop men met CD's omspringt.

Producenten garanderen een lange levensduur. De garantie verschilt van producent tot producent en is ook afhankelijk van de gebruikte materialen. (aluminium: 75 jaar; goud: 100 jaar; platinum: 200 jaar; cyanine: 30 jaar; phtalocyanine: 100 jaar)³³. Archivarissen zijn duidelijk meer voorzichtig en houden vast aan een levensduur van ongeveer 10 jaar³⁴. Onderzoek van het NML wees uit dat bij tests onder uiteenlopende omstandigheden sommige CD's al na 100 uur niet meer betrouwbaar waren, terwijl andere na een levensduur van 3000 uur nog betrouwbare informatie afleverden. Volgens het NML is een levensduur van 10 jaar een redelijke termijn.

Of CD's nu 10 jaar of 100 jaar meegaan, is eigenlijk niet echt relevant. Een regelmatige foutenanalyse waarschuwt voor het verval van de drager. Bovendien is het weinig waarschijnlijk dat men over 100 jaar nog over de nodige hard- en software voor CD's beschikt. Tegen dan gebruikt men volop andere dragers en zijn de digitale archiefdocumenten naar het standaardmedium van dat moment overgezet. Algemeen is men het er wel over eens dat blanco CD's veel sneller degenereren dan beschreven CD's, dat geperste CD's minder kwetsbaar zijn dan zelf geschreven CD's en dat CD's met een initieel lage kwaliteit sneller degraderen dan CD's met een initieel hoge kwaliteit. In de digitale archiefdepots worden vooral zelf geschreven CD's bewaard.

CD's zijn niet zo gevoelig als magnetische dragers en zijn bovendien voorzien van beschermlagen. CD's met krassen worden beluisterd of ingelezen zonder dat men fouten gewaar wordt. Hierdoor wordt de indruk gewekt dat men niet zorgzaam met CD's moet omspringen, terwijl CD's eigenlijk evenveel zorg behoeven als bijvoorbeeld een magnetische drager. Een goede bewaring en een zorgvuldige behandeling zijn heel belangrijk om er voor te zorgen dat de CD-kwaliteit niet snel afneemt³⁵.

Vermijd in ieder geval vingerafdrukken, stof en krassen. Ze kunnen de lezende of schrijvende laserstraal breken. Vingerafdrukken laten stoffen na die het oppervlak en onderliggende lagen na verloop van tijd kunnen aantasten. Met uitzondering van de metalen laag zijn alle andere lagen organisch samengesteld en kunnen ze onstabiel worden ten gevolge van chemische interacties. Handschoenen zijn geen overbodige luxe. CD's neem je best bij de rand vast. Vooral bij lege CD's moeten vingerafdrukken, stof en krassen worden vermeden want de kleinste onregelmatigheid kan al aanleiding geven tot het schrijven van slechte data. Krassen in de datalaag veroorzaken opname- of leesfouten. De beschermlaag is relatief dun en een kleine kras kan soms al voldoende zijn om op termijn fouten te veroorzaken of het degeneratieproces te versnellen. Inspecteer op voorhand het CD-oppervlak.

De bovenkant of labelzijde van een CD vraagt bijzondere aandacht. De labelzijde ligt het dichtst bij de laag die de data bevat en haar beschermlaag is opmerkelijk dunner dan die van de datakant.

³³ Bijvoorbeeld: Kodak voorspelt een levensduur van 200 jaar voor haar Photo CD's, op voorwaarde dat de CD "in goede omstandigheden wordt bewaard". (<http://www.kodak.com/global/en/professional/products/storage/pcd/techInfo/permanence5.shtml>).

³⁴ Het NARA refresht de dragers van digitale archiefbestanden ten laatste om de 10 jaar en controleert elke drager jaarlijks op fouten.

³⁵ Voorschriften voor de goede bewaring en behandeling van optische schijven zijn sinds kort in een standaard vastgelegd: *ISO-18925(2002): Imaging materials - Optical disc media - Storage practices*.

Bovendien beschermt de laklaag de CD niet altijd afdoende. De laklaag bedekt de CD niet volledig of bevat minuscule gaatjes waarlangs lucht en vocht binnendringen. Deze laag kan soms ook onvoldoende weerstand bieden aan agressieve stoffen. De bron van deze agressieve stoffen kan zuur papier (CD-boekje of -kafje), de (label)inkt, de kleefstof van etiketten, enz. zijn. Deze stoffen dringen door de laklaag, leggen de onderliggende laag bloot en reageren chemisch met de reflecterende laag. Het metaal ondergaat oxidatie, corrosie of wordt aangevreten. Deze fenomenen worden doorgaans 'CD-rot' of 'CD-bronzing' genoemd. CD-rot is visueel gemakkelijk herkenbaar aan het veranderen van de zilveren kleur in een bronzen of koperen kleur. Dit proces start aan de CD-rand en trekt naar het centrum. Bij audioCD's kan toenemend ruis naar het einde van de CD toe eveneens een indicator zijn. CD-rot is een gekend probleem voor CD's die dateren uit de periode 1988-1993. De beschermende laklaag die toen door bepaalde producenten werd gebruikt, was niet bestand tegen de zuurtegraad van het papier van de CD-boekjes. Vooral de CD's met een metalen laag van aluminium waren hier gevoelig voor. Inmiddels hebben de producenten hun productieproces aangepast zodat bij nieuwe CD's dit eerder een zeldzaam probleem is. De kwaliteit van de beschermende laklaag is inmiddels beduidend verbeterd. CD-rot kan zich wel nog manifesteren bij oudere CD's zodat waakzaamheid geboden blijft. Schrijf dus nooit met pen of potlood op de labelzijde, houd zuur papier weg van schijven en kleef geen etiketten op de CD. Dit laatste is ook van belang om de CD-balans en de rotatiesnelheid niet te ontregelen.

Gebruik geen oplosbare of chemische producten om een CD schoon te maken, maar verwijder stof en vlekken met een droge doek. Wrijf niet in cirkels, maar wrijf vanuit het midden naar de rand van de CD. ECC kan fouten door radiale krassen eventueel nog verbeteren, terwijl dit bij concentrische krassen moeilijker zal zijn. Gebruik een propere doek zodat je geen nieuwe krassen of vlekken maakt.

CD's met archiefdocumenten worden bij voorkeur in een CD-doesje (jewel case) opgeborgen. Een inlegschaaltje houdt de CD op zijn plaats. Bij warmte of hoge vochtigheid kleven plastic hoezen en CD's aan elkaar. Een CD bij de rand uit een hoes of een kartonnen omslag halen, is niet gemakkelijk. Plastic hoezen of kartonnen omslagen beschermen ook onvoldoende de randen van een CD. De kleinste beschadiging aan de rand kan onstabielheid bij de rotatie veroorzaken waardoor fouten optreden. Dit veroorzaakt vooral problemen bij high-speed CD-romdrives. Plooiën of buigen van CD's kan barstjes in de rand veroorzaken waarlangs vocht of vuil binnendringt. Goede CD-doesjes zijn zodanig ontworpen dat noch de datazijde noch de labelzijde het doesje raken. De CD-doesjes worden rechtopstaand bewaard om doorbuiging of vervorming te vermijden. De gegevensdichtheid op een CD vraagt immers een vlak oppervlak. Op de buitenkant van het doesje mogen etiketten worden aangebracht.

Stel de gearchiveerde CD's niet bloot aan zonlicht of andere warmte- of stralingsbronnen. Bewaar ze in een donkere en stofvrije omgeving. Vermijd in ieder geval blootstelling aan ultraviolet lichtbronnen. Bij blootstelling aan licht kan de pigmentlaag vervagen of kan de metalen laag zijn reflecterende eigenschap verliezen. Hierdoor wordt het onderscheid tussen "pits" en "lands" onduidelijk.

CD's vragen een bewaring bij een constante temperatuur van 18-20 °C en een relatieve vochtigheid van 40 %. Met uitzondering van de metalen laag zijn immers alle lagen van een CD uit organische componenten samengesteld. Onder invloed van omgevingsveranderingen, wijzigt de chemische structuur van de lagen. Bovendien zijn de dimensionele laagveranderingen niet altijd gelijk waardoor delaminatie ontstaat. Te hoge temperaturen en vochtigheid vervormen de CD. Polycarbonaat reageert met warmte en neemt immers vocht op. Hierdoor begint hydrolyse op te treden en begint te CD te plooiën. Corrosie, afbraak van de binding tussen de lagen en reflectieverlies worden eveneens veroorzaakt door een te hoge vochtigheid. Extreme temperaturen leiden tot microscopische barstjes in de data laag. Al deze factoren kunnen tot dataverlies leiden³⁶.

Ondanks de nodige voorzorgen is het soms onvermijdbaar dat CD's om één of andere reden niet meer leesbaar zijn. Veiligheidskopieën kunnen dan een oplossing bieden. Maak van elke CD met archiefdocumenten een veiligheidskopie en bewaar moeder- en veiligheidskopieën op een andere locatie. Dit is ook een goede voorzorg tegen calamiteiten. Van elke CD wordt best de aanmaakdatum en

³⁶ <http://www.nara.gov/records/faqs/optical.html>;
<http://www.naa.gov.au/recordkeeping/rkpubs/advice6.html> ;
<http://www.kodak.com/global/en/professional/products/storage/pcd/techinfo/permanence1.shtml>

het aantal fouten bij de laatste meting bijgehouden. De datum van vroeger gemaakte CD's vind je in de primary volume descriptor terug.

8. Besluit

Het *International Council on Archives* hanteert 7 criteria waaraan een drager van digitale informatie moet voldoen³⁷: 1. open standaarden voor opslag en lezen van data, 2. methodes voor preventie, opsporing en rapportering van fouten, 3. voldoende markt penetratie, 4. voorspelbare levensduur, 5. gekende oorzaken van degradatie en verval, 6. voordelige prijs-kwaliteitverhouding, 7. herstel van fouten. Een CD voldoet aan elk van deze criteria. Een kwaliteitsvolle CD kan als lange termijndrager voor digitale archiefdocumenten worden gebruikt.

De kwaliteit van een archiefcd is van veel factoren afhankelijk. Het volstaat niet om bij de creatie de kwaliteitsvereisten na te leven. Ook bij de bewaring en het gebruik moeten een aantal regels worden gevolgd. Degeneratie van CD's is onvermijdelijk, maar kan mits goede bewaaromstandigheden en zorgvuldig gebruik worden vertraagd.

De voornaamste vuistregels zijn:

- ✓ gebruik CD's voor 74 minuten audio of 650 MB data. Vermijd het gebruik van CD's voor 80 minuten audio of 700 MB data.
- ✓ neem een CD altijd bij de rand vast. Vermijd vingerafdrukken, stof en krassen.
- ✓ controleer op voorhand de kwaliteit en de formattering van de lege CD. Leg geen te grote voorraden blanco CD's aan.
- ✓ gebruik een CD-schrijver³⁸ en een CD-schrijfprogramma van een goede kwaliteit: writer en software moeten de standaarden ISO-9660, ISO-10149 en CD-Text ondersteunen en effectief toepassen.
- ✓ gebruik ISO-9660 als bestandssysteem voor CD-rom's
- ✓ beschrijf CD's in één sessie. Sluit de CD onmiddellijk na het schrijven.
- ✓ gebruik ISO-10149 (CD-rom mode 1)
- ✓ maak geen 'mixed-mode' CD's: plaats audiotracks en gegevensbestanden op afzonderlijke CD's
- ✓ pas 'disk-at-once' toe
- ✓ brand de CD's aan een lage snelheid (2x, 4x).
- ✓ schrijf niets op de CD en kleef geen etiketten op de CD. Zorg ervoor dat de CD-inhoud kan afgeleid worden uit de volumenaam of een tekstbestand met metadata. Labels kunnen op het CD-doesje worden aangebracht. Verzeker je ervan dat de CD enkel met zuurvrij papier in aanraking komt. Verwijder indien nodig CD-boekjes.
- ✓ bewaar CD's rechtopstaand in een CD-doesje op een donkere plaats. Vermijd buiging en plooiing van de CD's. Zorg ervoor dat de CD's op hun plaats worden gehouden door een inlegschaaltje.
- ✓ zorg voor een constante temperatuur van 18-20°C en een relatieve vochtigheid van 40 %
- ✓ maak veiligheidskopieën en bewaar deze op een andere locatie
- ✓ controleer de CD's regelmatig:

³⁷ ICA, *Guide for managing electronic records from an archival perspective*, p. 56.

³⁸ Voor een rapport over de kwaliteit van CD-schrijvers en -lezers: *Doculabs test report: Compatibility of CD-R media, Readers and Writers, 1997*. (<http://www.nta.org/Publications/TechnicalReports/MediaStability/DoculabsCDRCompatibility>)

- verifieer of alle computerbestanden goed gekopieerd zijn: lees een aantal bestanden in of voer de programmacode uit. Gebruik een tool voor vergelijking van bron en gekopieerde bestanden op byteniveau.
 - visuele controle op krassen, stof en CD-rot
 - voer een CD analyse uit
- ✓ refresh wanneer het aantal BLER's 50 nadert en ten laatste om de 10 jaar

Binnen afzienbare tijd zullen CD's als drager door DVD-schijfjes worden vervangen. Een DVD-schijf kan veel meer data bevatten, is even duurzaam en de datatransfer verloopt sneller. Voor het ogenblik is de DVD-technologie nog volop in ontwikkeling en ontbreken nog de nodige standaarden. Dit belet niet dat de DVD de gedoodverfde opvolger van de CD is en dat archivariissen hun digitale archiefdocumenten naar DVD zullen overzetten. In afwachting worden goede archiefcd's gemaakt.