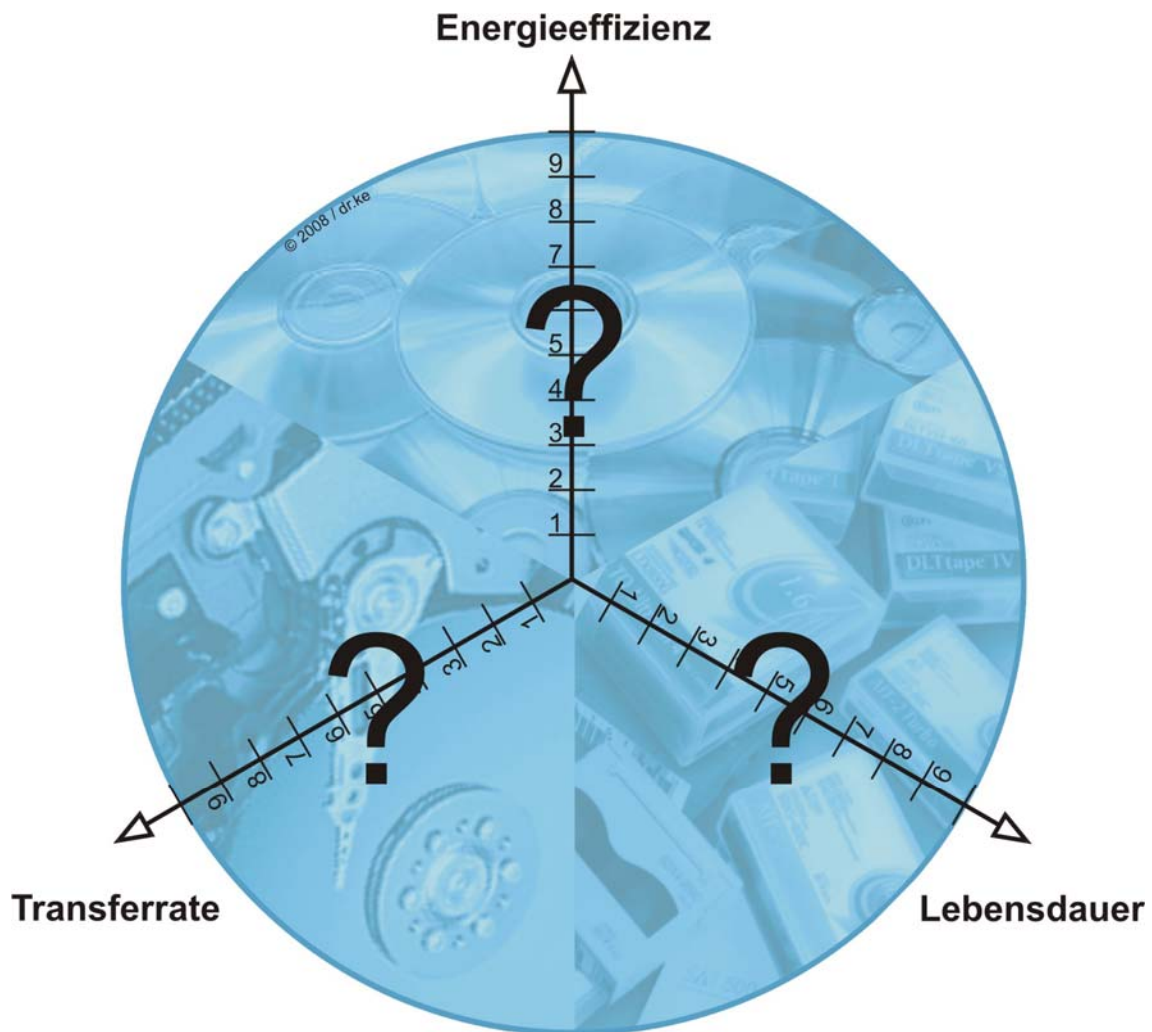




# Daten sicher aufbewahren

## - Speichertechnologien im Überblick -



**Langzeitarchivierung umfangreicher Datenbestände verlangt mehr als nur große Speicherkapazität, um wirtschaftlich zu sein. Unterschiedliche Anforderungen benötigen unterschiedliche Lösungen. Ein Technologievergleich lohnt.**

Autor: Dr. Klaus Engelhardt



# Daten sicher aufbewahren

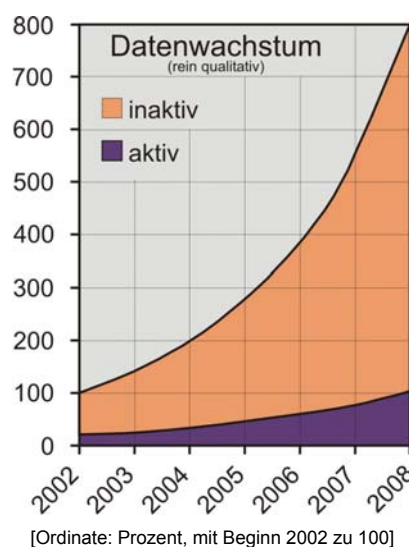
## - Speichertechnologien im Überblick -

Autor: Dr. Klaus Engelhardt

*Revisionssicheres Speichern größerer Datenmengen gehört zu den unternehmenskritischen Aufgaben. Es reicht nicht, darin nur ein speichertechnologisches Problem zu sehen. Vielmehr gilt es, wesentliche strategische wie wirtschaftliche Parameter und gesetzliche Vorgaben zu berücksichtigen. Selten deckt eine einzige Speichertechnologie alle Anforderung ab. Storage Management ist daher nicht primär die Frage nach dem Entweder-oder, sondern in vielen Fällen nach dem Sowohl-als-auch.*

*Gemeint ist die häufig zu beobachtende und von allzu plakativer Werbung forcierte enge Fokussierung vieler Projektbetreiber auf plattenbasierte Lösungen, während wesentliche Anwendungsstärken optischer Speicherlösungen (und auch solcher auf Tape-Basis) leichtfertig vernachlässigt werden. Mit einer solchen ungenügend differenzierten Vorgehensweise haben sich schon manche professionelle Anwender, insbesondere in der Langzeitarchivierung, erhebliche Nachteile eingehandelt, lösungstechnischer wie wirtschaftlicher Art. Schon allein eine energiebasierte Effizienzanalyse würde viele solcher Anwender zum Nachdenken anregen. Auch für das heiß diskutierte Energiethema gilt: Reden über „Green IT“ ist das eine, Lösungen zu finden und umzusetzen das andere.*

### 1. EINLEITUNG



**Fakt 1:** Das Aufkommen digitaler Unternehmensdaten verdoppelt sich alle ein bis zwei Jahre, je nach Unternehmen und Branche. Die große Herausforderung besteht deshalb nicht nur darin, diesem auch zukünftig zu erwartenden und sich noch beschleunigenden Wachstum allein mit Kapazitätserweiterungen im Speicherbereich zu begegnen, sondern wegen bedeutend differenzierterer und neuer Marktanforderungen auch und gerade mit einer anwendungsbezogenen, ganzheitlichen Storage-Strategie.

Strategie erschöpft sich aber, wie häufig missverstanden, nicht darin, nur auf Investitionskosten für die Speicherbeschaffung zu achten, sondern berücksichtigt alle Parameter, die eine langfristig wirtschaftliche und insbesondere die Speicheraufgabe erfolgreich bewältigende Gesamtlösung ausmachen.

Dabei ist grundsätzlich zu beachten, wie sich der Lebenszyklus (Lifecycle) der verschiedenen Daten/Dokumente darstellt (aktiver bzw. passiver/inaktiver Datenbestand; ILM, Fixed Content etc. sind hier die Schlagworte - s. a. Glossar).

**Fakt 2:** Was die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Speicherlösung anbetrifft, reicht es weder, nur die Investitionskosten heranzuziehen, wie häufige Praxis, noch erhält man korrekte Aussagen, wenn man noch anteilige Personal- und Raumkosten hinzurechnet. Professionelles Vorgehen bezieht neben diesen Kosten alle sonstigen (versteckten) Kosten ein und stellt auch die Frage nach der Energieeffizienz einer Lösung. Das Stichwort lautet TCO – Total Cost of Ownership. Es bedeutet schlicht die Gesamtkostenrechnung über alle direkten und indirekten Kosten eines wirtschaftlichen Gutes über dessen gesamte Nutzungsdauer.

Besondere Aufmerksamkeit ist dabei den teilweise für viele Anwender ungeahnt hohen Energiekosten zu widmen. Wurde der Zusammenhang Rechenzentrum (RZ) oder Speicherlösung und Energieeffizienz bis vor geraumer Zeit kaum wahr, geschweige



denn ernst genommen, befindet sich dieses allzu großzügige Verhalten seit Ende 2006 im Wandel. Dies war nicht nur aufgrund der Klimadiskussion längst überfällig.

**Fakt 3:** Viele Anwender messen dem Thema Information Management und damit auch dem Storage Management nicht ausreichende Bedeutung bei. Information Management ist eine unternehmensstrategische Aufgabe, die über Erfolg oder Misserfolg eines Unternehmens entscheiden kann.

Die grundsätzlichen Entscheidungen über den Umgang mit und die Verwaltung von elektronisch basierten Unternehmensdaten, einschließlich Datensicherung und Archivierung, sind Managementaufgaben. Für den Fall einer Katastrophe - und diese kann schon durch eine verloren gegangene eMail eintreten - sollte deshalb auch nicht allein die IT-Administration verantwortlich gemacht werden. Schon hieran zeigt sich, dass den Themen Information und Storage Management wesentliche Aufmerksamkeit gewidmet werden muss und dies auf höchster Ebene.

**Fakt 4:** Am aktuellen Markt für umfassende Lösungen zum Speichern, Sichern und Verfügbarhalten größerer Datenmengen wird nicht ausreichend genug anwendungsorientiert argumentiert. Dem neutralen Beobachter fällt auf, wie wenig differenziert einige Anbieter vorwiegend von Festplattenlösungen (Hard Disk) die eigenen Technologie- und Anwendungsstärken propagieren, ohne sich lange an deren Schwächen oder gar den Stärken alternativer Techniken aufzuhalten. Aus Nachfragersicht kann eine solche einseitige Argumentation nicht wirklich hilfreich sein bei der Suche nach der gesamtheitlich besten Lösung für die richtige Speicherstrategie. Dementsprechend groß ist auch die Verunsicherung vieler potentieller Anwender.

**Fakt 5:** Was die neuen optischen Speicherlösungen auf Basis des blauen Laserlichtes anbetrifft, ist auch am reinen Konsumermarkt Anfang 2008 die Entscheidung für das Nachfolgeformat der DVD gefallen: Warner Bros teilte mit, die Unterstützung von HD-DVD einzustellen. Damit hat sich das fünfte Hollywood-Studio entschieden, Filme nur noch im Blu-ray<sup>®</sup>-Format zu veröffentlichen.

Der Kampf der beiden konkurrierenden Formate Blu-ray und HD-DVD war nicht nur hart, sondern hat letztlich beiden Anbietergruppen geschadet. Der Markt wurde zu lange mit diesem Kampf verunsichert, was dazu führte, dass bis einschließlich 2007 keine echte Marktentwicklung stattfand, trotz der Anfangserfolge beider Formate. Der Konsument ist zwar sehr leidensfähig, doch hier übertrieben die Anbieter. Diese Periode ist nun vorbei. Es hat der HD-DVD-Gruppe auch nichts mehr gebracht, nochmals einen letzten Versuch mit enormen Preisabschlägen für Laufwerke zu starten.

War der professionelle Markt anfänglich auch schwankend bei seiner Entscheidung für oder gegen ein Format, lag dies primär an der noch fehlenden Standardisierung der beiden Formate Blu-ray Disc (BD) und HD-DVD (High Density DVD).

Doch letztlich hat sich der professionelle Marktbereich durch den harten Formatkampf nicht weiter berühren lassen. Es wurde schon recht früh vorwiegend auf die Technologie zu Gunsten der BD gesetzt und dieses Format ist nun in allen nennenswerten professionellen Speicheranwendungen Nachfolgeformat der DVD, die ihrerseits aber noch genügend Felder bietet, in der sie als Lösungsmedium wirtschaftlich bestens dasteht.

Die BD deckt in den Anwendungen sowohl den klassischen Speichermarkt (mittlere bis größte Datenmengen) ab, wie auch den für Multimedia, was nun ja auch als belegt gilt. Insbesondere werden am Markt die meisten Laufwerke im BD-Format angeboten und verkauft. Das Lager der BD wird nun für die entsprechende Marktberuhigung sorgen.

Festzuhalten ist, dass im professionellen Bereich für entsprechend große Datenmengen die BD das Maß der Dinge ist, wenn man mit DVD-Lösungen nicht mehr auskommt. BD-basierte Speicherlösungen für große Datenmengen haben ihre Feuertaufe längst hinter sich und bringen dem Anwender ausgeprägten Langzeitnutzen. Aufgrund der enormen Speicherkapazitäten, die in einzelne Lösungen integriert werden können und der funktionalen, energetischen und gesamtwirtschaftlichen Pluspunkte dieser Technologie entwickelt sich der professionelle Bereich für die BD sehr viel versprechend. Letztlich profitieren all diese Technologien vom enormen Datenzuwachs und



von den gesteigerten nationalen und internationalen rechtlichen Rahmenbedingungen (Basel II, Sarbanes-Oxley-Act, Turnbull-Report, etc.), die immer mehr Anforderungen an Speicherlösungen stellen. Erst durch diese Trends wurden entsprechende Entwicklungsanstrengungen der Hersteller getrieben. Das kam und kommt sowohl der BD entgegen, wie auch der zweiten UDO-Generation (UDO2), die erfolgreich am Markt eingeführt ist.

## 2. SPEICHERLANDSCHAFT IM UNTERNEHMEN

Die frühere Unterscheidung in revisionssichere Langzeitarchivierung und Speicherung von Daten mit höchster Verfügbarkeit (hohe Zugriffsfrequenzen) scheint heute auf den ersten Blick in den Hintergrund getreten. Bei genauem Hinsehen verbirgt sich hinter diesem Eindruck aber eher der Augenschein intensiver Werbeanstrengungen der Verfechter rein plattenbasierter Speicherlösungen. Setzt man dagegen die für das tatsächliche Geschehen äußerst wichtige „Anwenderbrille“ auf, erkennt man schnell die Notwendigkeit, Speicherlandschaften nach wie vor entsprechend den sehr differenzierten Praxisanforderungen zu gestalten. Das heißt somit häufig, insbesondere im Hinblick auf unternehmensumfassende Lösungen, nach der richtigen Kombination praxiserprobter Technologien zu fragen und nicht der Einfachheit halber in einem Entweder-oder das Praxisglück zu suchen.

Noch vor geraumer Zeit galt fast automatisch, langzeitorientierte und revisionssichere digitale Speicherung auf optischen Medien, Caching über Magnetplatten und Ausfallsicherheit über fundierte Backup-Lösungen, Spiegelungen etc. sicherzustellen. Beim Thema Ausfallsicherheit konnte und kann man häufig ausgefeilte Tape-Lösungen vorfinden. Anpassungen an sich verändernde Datenbestände (Skalierung) und insbesondere die Umsetzung immer wieder notwendiger Migrationen konnten sich dabei recht aufwendig gestalten, besonders bei Abkehr von proprietären Altlösungen.

In der letzten Zeit drängen festplattenorientierte Ansätze immer mehr auch in den Bereich der Langzeitarchivierung vor, schon allein beschleunigt durch den enormen Verfall der spezifischen Preise (Euro/Kapazitätseinheit). Es treten Blackbox-Konzepte auf den Plan, die beispielsweise die Unveränderbarkeit von Daten über Signaturen angehen, Skalierung, Sicherheit und Migration gleich mit einschließen WORM-Bänder integrieren, so die Ankündigungen. Ob dabei stets alle Praxisanforderungen an eine umfassende Langzeitspeicherung und insbesondere -archivierung erfüllt sind, sei dahingestellt und im Einzelfall auch bezweifelt. In jedem Falle ist aber die Auseinandersetzung mit den jeweils aktuellen Anforderungen an eine umfassende Speicherlösung aufgrund einer breiteren Angebotspalette bei teilweise erheblich gesteigertem Werbedruck und damit schwindender Transparenz merkbar schwieriger geworden.

Fazit: Es ist für den potentiellen Anwender bedeutend komplexer geworden, optimale Lösungen für umfassende Systeme zur Speicherung und schnellen Verfügbarhaltung großer Datenmengen zu finden. Anforderungen an umzusetzende Speicherkonzepte sind im Vorfeld daher bedeutend detaillierter zusammen zu tragen und zu analysieren als dies noch vor Jahren der Fall war. Unternehmensstrategische Überlegungen gilt es dabei ebenso zu berücksichtigen, wie rechtliche Auflagen und branchenspezifische Sonderheiten. Es reicht ganz gewiss nicht aus, nur über eine mögliche Lösungstechnologie informiert zu sein, auch wenn dies die Werbung mancher Anbieter in einem unter großem Wettbewerbsdruck stehenden Markt gerne glauben machen möchte.

Vielmehr gilt es, sich über Stärken und Schwächen möglicher Technologien genau im Klaren zu sein, bevor Entscheidungen gefällt werden. Dabei geht es insbesondere um die Herausforderung, durch Kombination unterschiedlicher Ansätze zu einer Lösung zu kommen, die Attribute wie „optimal“ oder „gesamtwirtschaftlich zwingend“ rechtfertigt. Es sind also alle drei Basistechnologien vorurteilsfrei und anforderungsgerecht ins Kalkül zu ziehen, eine optische Speicherlösung ebenso ernsthaft zu prüfen, wie solche auf Basis von Tapes oder Festplatten. Und nicht selten liegt des Rätsels Lösung in einer Hybridanwendung, d.h. in einer sich ergänzenden Technologiekombination.



### 3. ANWENDUNGSSYSTEME

Nach wie vor wird im gesamten Umfeld unternehmensweiter Informationsorganisation mit Begriffen gehandelt (und das trifft auf öffentliche und wissenschaftliche Organisationen ebenso zu), unter denen nicht jeder dasselbe versteht. Teilweise überschneiden sich die mit gängigen Begriffen adressierten Felder, teilweise sind sie fast deckungsgleich, teilweise werden für ein und dieselbe Sache mehrere Begriffe bemüht, nicht selten geistern auch nur Schlagworte herum.

Um hier keine weitere Verwirrung zu stiften, werden im Zusammenhang mit dem Anliegen dieser Abhandlung genannt (mit Fokus auf längerfristige Speicherung / Speicherlösungen und Management größerer Datenmengen): **DMS** (**D**okumenten **M**anagement **S**ystem), **ECM** (**E**nterprise **C**ontent **M**anagement), E-Mail Management, **ILM** (**I**nformation **L**ifecycle **M**anagement), **BPM** (**B**usiness **P**rocess **M**anagement).

#### 3.1 Speicher- und Archiv-Management

Datenintensive Anwendungen, wie generell das E-Business oder im speziellen CRM (**C**ustomer **R**elationship **M**anagement), E-Mails und unterschiedlichste Datenbankanwendungen (Data Warehouse, Data Mining, Groupware u.v.a.m.) treiben die zu bewältigenden Datenmenge in Unternehmen extensiv in die Höhe. Hinzu kommen die Anforderungen für übergreifende Applikationen wie DMS oder ECM. Die im Unternehmen vorhandenen Datenmengen in den Griff zu bekommen, lässt sich alleine mit entsprechenden Steigerungsraten bei der zur Verfügung stehenden Speicherkapazität nicht bewältigen. Vielmehr geht es darum, die Datenmengen durch intelligentes und wirtschaftliches Speichermanagement zu verwalten und stets den Anforderungen entsprechend in den jeweils im Einsatz befindlichen Applikationen verfügbar zu halten.

Speichersysteme sind somit ein Teil der gesamten Informationsorganisation. Ein umfassendes Speichermanagement geht daher weit über das Backup und Recovery hinaus. Beide Aufgaben, aber auch die Kapazitätsplanung, die Besonderheiten der schnellen und schnellsten Datenverfügbarkeit auf der einen Seite und die Anforderungen für Langzeitarchivierung und Rechtssicherheit auf der anderen, gehören zum Gesamtmanagement. ILM tritt hier mehr und mehr in den Vordergrund und korrespondiert inzwischen direkt mit dem Informations- und Speichermanagement.

ILM – eine Definition: ILM stellt eine Speicherstrategie dar. Ziel ist es, Informationen/Daten entsprechend ihrer Wertigkeit mittels optimaler Technologie, Regeln und Prozesse auf jeweils günstigste (wirtschaftlichste) Speichermedien zu verschieben („zwischenzulagern“). Dabei orientieren sich die Steuermechanismen dieses Verschiebeprozesses an der Wichtigkeit, Wertigkeit und (verursachende) Kosten der jeweiligen Information/Daten (ILM stellt also kein SW-Produkt dar, sondern eine Gesamtheit aus Technologie, Speichermedien und Prozessen. Primäres Ziel: Informationen zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Form stets zur Verfügung zu haben und dies zu den geringsten Kosten).

DMS, ECM, ILM u.a. Systeme dienen dem gemeinsamen Ziel, die Gesamtheit der Unternehmensdaten zu verwalten und jederzeit zugriffsfähig zu halten. Dabei stehen die geschäftskritischen Daten im Mittelpunkt. Die Basis bilden zahlreiche Kriterien, Klassifizierungen und Strukturierungen der Daten, um stets die Wiederauffindbarkeit zu gewährleisten. Daten, die zwar archiviert, jedoch nicht zeitkritisch oder gar nicht mehr auffindbar sind, haben für ein Unternehmen keinen Wert und können im Einzelfall Unternehmen in Existenznot bringen.

Wichtige Kriterien für alle Anwendungen sind u. a. die Aktualität (Alter) der Daten, ihre Rolle beim Ablauf von Geschäftsprozessen, die datenspezifischen rechtlichen und unternehmensstrategischen Rahmenbedingungen (wie geforderte Unveränderbarkeit) und die Aufbewahrungsfrist (Fixed Content, Compliance u.a.), um nur einige zu nen-



nen. Alle Kriterien und weitere unternehmensspezifische Anforderungen in eine tragfähige Lösung zu binden, ist übergeordnete Aufgabe von Informations- und Speichermanagement.

Je nach Branche und Unternehmensart macht der Fixed Content (gespeicherte Daten, die nie mehr verändert werden) nach fundierten Schätzungen bis zu 80 Prozent der Unternehmensdaten aus, Tendenz steigend. Ein Grund ist auch, dass Informationen immer wichtiger werden und je nach Art kaum oder gar nicht veralten, nehme man nur die umfangreiche Patentliteratur. Unternehmen wollen immer mehr Daten immer länger zugriffsfähig halten – und hier wird von Zeiträumen in Dekaden gesprochen, nicht von Jahren. Entsprechend steigen die Anforderungen an Hard- und Software und insbesondere an das übergreifende Speichermanagement.

Für Gesamtlösungen, die diesem Trend Rechnung tragen sollen, ist daher ganz besonders auf die Langzeiteigenschaften in Frage kommender Techniken zu achten. Schon hier wird deutlich, dass es genügend Aufgaben gibt, deren Erfüllung eher von optischen Speicherlösungen zu erwarten sind als von Festplattenlösungen.

### 3.2 Speichernetze / Speicherorganisation

Wichtige Aspekte von Speichernetzen sind der unbegrenzte Zugriff der Hosts auf alle Massenspeicher, die gemeinsame zentrale Nutzung von Hochleistungsspeichersystemen, der Lastaustausch zwischen verfügbaren Sicherungsgeräten, die zentrale Geräteüberwachung und -Konfiguration, die Erhöhung der verwaltbaren Datenmenge und die geringe Belastung der lokalen Netze.

**DAS - Direct Attached Storage:** DAS bezeichnet den direkt (ohne Speichernetzwerk) an einen Server angeschlossenen Massenspeicher. Dies können einzelne interne oder externe Festplatten sein oder aber ein aus mehreren Festplatten bestehendes externes Disk Array. Die Server und Speichersysteme kommunizieren üblich über dedizierte SCSI-Verbindungen miteinander. In Bezug auf den Ausbau der Speicherressourcen ist das DAS-Konzept relativ aufwendig, zudem bilden die Server, über die alle Daten fließen, einen Engpass.

**NDAS - Network Direct Attached Storage:** NDAS bezeichnet Speichermedien (meist Festplatten), die ohne einen PC oder Server direkt an ein Netzwerk angeschlossen werden können und auf dem Zielsystem wie ein lokaler Datenträger erscheinen.

**NAS - Network Attached Storage:** Als NAS bezeichnet man an das lokale Netzwerk angeschlossene Massenspeichereinheiten zur Erweiterung der Speicherkapazität. Üblich kommen NAS zum Einsatz, um den hohen Aufwand bei Installation und Administration eines dedizierten Dateiservers zu umgehen.

**SAN - Storage Area Network:** Als SAN bezeichnet man im Bereich der Datenverarbeitung ein Netzwerk zur Anbindung von Festplatten-Subsystemen und z.B. Tape-Libraries an Serversysteme. SAN sind dedizierte Speichernetze, die Server und Speichersysteme über Breitbandnetze wie Fibre Channel miteinander verbinden und gegenseitig entkoppeln. Ein SAN unterscheidet sich von einem Local Area Network (LAN) dadurch, dass es ein Netzwerk zwischen Servern und von den Servern genutzten Speicherressourcen darstellt.

**iSCSI** ist ein Protokoll, das SCSI-Datentransport über TCP/IP-Netzwerke beschreibt. Damit kann ein SCSI-Gerät (Festplatte, RAID-Verbund, optische oder Band-Librarie) über eine Brücke an ein Netzwerk (Ethernet LAN) angeschlossen werden. Rechner(Server)seitig erfolgt die Kommunikation über die Netzwerkkarte, das Speichersystem wird aber wie lokal über SCSI angeschlossen "gesehen". Dabei können Speichersystem und Rechner physikalisch sehr weit voneinander entfernt sein.



## 4. TECHNOLOGIEN, SYSTEME, MEDIEN

In diesem Abschnitt geht es um Speicherung großer und größter Datenmengen und eine kompakte Darstellung der in Frage kommenden Technologien / Medien, von der CD über die DVD zur BD und UDO, von der Festplatte bis zum Tape.

### 4.1 Von der CD über die DVD zur BD

Vor vielen Jahren war es noch ganz einfach: Aus rechtlichen oder anderen Gründen langfristig aufzubewahrende Dokumente lagen in Papierform als Original im Archiv und kamen in den Aktenvernichter, wenn die Aufbewahrungsfristen abgelaufen waren. Da die wachsenden Datensammlungen nach ständig größeren Archivräumen verlangten, wurden viele Bestände verfilmt (Mikrofilm, Mikrofiche), um diese dann Platz sparend an Stelle von Papier zu archivieren, wobei es immer Dokumente gab und gibt, die aus rechtlichen Gründen auch im Original vorgehalten werden müssen (weshalb es auch Lösungen gab, bei denen das filmbasierte Archiv neben dem Papierarchiv gepflegt werden musste). Durch Einsatz immer besserer Lese- und Rückvergrößerungsgeräte konnte man mit dieser Lösung lange den ständig anwachsenden Rückgriffsfrequenzen auf die längerfristig gespeicherten Dokumente Herr werden, doch inzwischen ist diese Lösungsform längst am Ende der Leistungsfähigkeit angelangt.

Mit der Weiter- und Neuentwicklung von Speichermedien boten sich in Technik und Wirtschaftlichkeit verbesserte Möglichkeiten, große und größte Datenmengen zu speichern, mit welchen Anforderungsprofilen auch immer. So wurden Platten- und Bandtechnologie in Kapazität und Transferrate rasant weiterentwickelt.

Ein wirklich großer Schritt für die flexible und auf Standards bauende Langzeitspeicherung großer Datenmengen gelang letztlich aber erst mit Erfindung der **Optical Disc (CD - Compact Disc)**. Das mit der Optical Disc verbundene Zauberwort hieß **WORM (Write Once Read Many)**, genau genommen „**True WORM**“. Nun stand ein ideales Mittel zur Verfügung, insbesondere langfristig aufzubewahrende Dokumente wirtschaftlich zu speichern, dauerhaft, sicher und unveränderbar zugleich (revisionssicher). Zum Beschreiben und Lesen der CD kam Laserlicht mit einer Wellenlänge von  $\lambda = 780$  nm zum Einsatz (1 Nanometer =  $10^{-9}$  m). Die Kapazität beträgt nach wie vor 650 MB.

Die Entwicklung durfte nicht stehen bleiben und die entscheidende Verbesserung der Leistungsparameter der CD wurde angegangen durch den Einsatz immer kurzwelligeren Laserlichtes. Ganz besondere Bedeutung kam dabei der Erhöhung der Speicherdichte und der Verkürzung der Zugriffszeiten zu, denn sie entschieden letztlich über Fortführung oder Ende der technischen Entwicklung. Dies insbesondere auf dem Hintergrund der enormen Kapazitätssteigerungen je Medium, die in der Festplattentechnologie realisiert werden konnten und den damit verbundenen Verfall der spezifischen Medienpreise in €/GB. Doch diese Größe allein ist eben noch kein Garant für eine wirtschaftliche Speicherlösung, insbesondere nicht in der Langzeitspeicherung.

Die auf der CD basierende zweite Generation an Optical Disc heißt **DVD (Digital Versatile Disc)**. Die DVD bietet eine Kapazität von 4,7 GB pro Lage/Schicht, d.h. bei zur Verfügung stehenden doppellagigen/-seitigen Scheiben insgesamt 9,4 bzw. 18,8 GB. Zum Schreiben/Lesen wird rotes Laserlicht mit einer Wellenlänge von  $\lambda = 650$  nm eingesetzt.



DVD

Die Entwicklung der dritten Generation der optischen Medien/Laufwerke, ursprünglich basierend auf der CD und dann der DVD, stellt einen ganz besonderen Meilenstein in der Steigerung von Kapazität und Schreib-/Lesegeschwindigkeit dar. Er basiert auf dem Einsatz des blauen Laserlichtes (während die DVD noch das langwelligere rote Laserlicht benötigt). Dieser technologische Sprung zeigt auf, dass die optischen Medien im Hinblick auf Kapazitätssteigerung noch lange nicht ausgereizt sind.



Die neue Technologie firmiert unter dem Kürzel „**Blu-ray**®“ und wurde von einem über 100 Unternehmen umfassenden Konsortium betrieben, darunter die Initiatoren Sony und Matsushita. Die **Blu-ray™ Disc (BD)** verfügt gegenüber der DVD über eine 6-7 mal höhere Schreibdichte. Einlagig (single layer) bietet sie 25 GB, zweilagig (dual layer) entsprechende 50 GB an Speicherkapazität. Die maximale Datenrate einer BD der ersten Generation beträgt bei einfacher Lesegeschwindigkeit 9 MB/s.

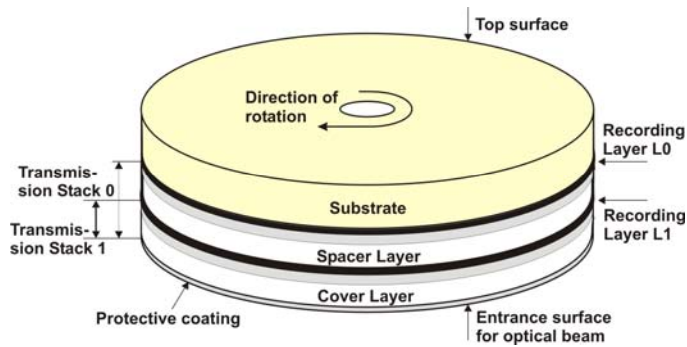


Abb.4.1.1: Struktur einer BD dual layer

Parameter	Blu-ray Disc (BD)
Durchmesser	120 mm
Schutz	Hardcoat hüllenlos
Kapazität	single layer 25 GB dual layer 50 GB nächste Generation 100 GB
Laserwellenlänge	405 nm
NA (Apertur)	0.85
Schreibrate	4,5 MByte/s
Leserate	9,0 MByte/s
Schichten/Seite	1/1 o. 2/1 o. (demnächst) 4/1

Tab.: 4.1.1: Wichtige Parameter der BD

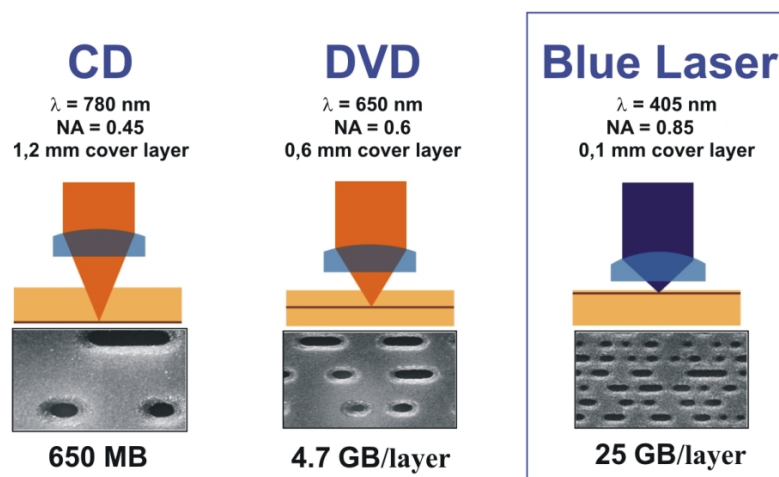
Die Dicke der Blu-ray Schicht (layer) beträgt ca. 100 µm. Die Cover Layer L1 hat eine Dicke von 75 µm, die Spacer Layer von 25 µm. Die Substratdicke beträgt ca. 1,1 mm.

Ein Entwicklungsende dieser wichtigen Speichertechnologie ist nicht abzusehen. Inzwischen sind Laufwerke mit vierfacher (4x) Lesegeschwindigkeit am Markt, ausgestattet mit entsprechenden Medien. Sowohl für die Datenrate wie für die Kapazität gilt: Tendenz steigend.

So gab die Pioneer Corporation bekannt, dass nun eine 20-Layer optische Disc machbar ist. Jede Schicht kann 25 GB Daten speichern, womit 500 GB an Kapazität auf einer Disc zur Verfügung stünden. Dieses Entwicklungsergebnis, einschließlich vorläufiger Spezifikation, wurde anlässlich des internationalen Symposiums für optische Datenspeicher (ISOM) im Juli 2008 auf Hawaii vorgestellt. Mit der Marktfähigkeit der 20-Layer Disc ist in 2011 zu rechnen. Die Multi-Layer-Methode ist kompatibel zur Blu-ray Technologie und somit zukunftssicher. Wichtiger Nebeneffekt: Die Herstellung ist wesentlich einfacher als beispielsweise die von holografischen Speichermedien.

Die Blu-ray Disc steht in drei Formaten zur Verfügung: **BD-ROM** als Distributionsmedium, **BD-RE** zur HD-TV-Aufzeichnung im Film- und TV-Bereich und die **BD-R** als einmal beschreibbares Speichermedium. Mit dem häufig als **BD-RW** bezeichneten Format als wieder beschreibbares PC-Speichermedium ist letztlich die BD-RE gemeint.

### Technik von CD, DVD und BD



Legende: NA = Numerische Apertur, Layer = Trägerschicht,  $\lambda$  = Wellenlänge des Laserlichtes in Nanometer

Abb.4.1.2: Visualisierung der unterschiedlichen Kapazitäten



Auch wenn in der Unterhaltungselektronik neben der **BD** längere Zeit das weitere Format **HD-DVD (High Density DVD)** eine gewisse Anwendung fand (s. Ausführungen dazu unter Kapitel 1, Fakt 5), hatte sich die professionelle Speicherszene recht früh deutlich für die Optical-Entwicklungslinien von Sony / Matsushita mit der Blu-ray Disc und von Plasmon mit der UDO entschieden. So sind in der Praxis auch bereits hochinteressante Speicher- und Archivierungslösungen für unterschiedlich große Datenmengen unter Einsatz von BD- und UDO-Jukeboxen realisiert worden. Die nachfolgende Skizze zeigt zudem, dass Investitionen in diese Technologie aus Sicht der Medienentwicklung absolut zukunftssicher sind, denn auch im Hinblick auf stets wachsende Datenmengen werden optische Medien zur Verfügung stehen, die Gesamtlösungen selbst im oberen dreistelligen TB-Bereich Routine werden lassen.

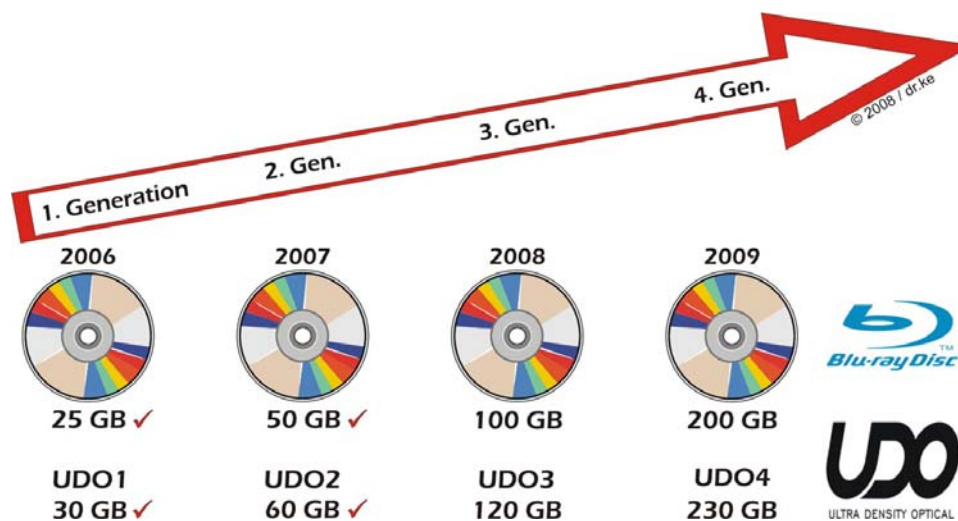


Abb. 4.1.3: Roadmap für Blu-ray Disc und UDO

## 4.2 UDO - Ultra-Density-Optical



Für den professionellen Einsatz, d.h. für Langzeitarchivierung und Backup-Hybridlösungen, entwickelte der britische Hersteller Plasmon die **UDO** als Nachfolgeformat der **MOD** (Magneto Optical Disc). Die UDO basiert auf der Phase-Change-Technologie.

Die UDO-Medien befinden sich in Cartridges im 5¼"-Format. Drei Medienvarianten stehen für Archivierungslösungen zur Verfügung, **True-Write-Once** (einmal beschreibbar und nicht löschar), **Compliance-Write-Once** (einmal beschreibbar, zur gezielten Datenlöschung mit einer Scratch-Funktion ausgestattet) und **Rewritable** (bis zu 10.000 mal wieder beschreibbar).

Beide Technologien, UDO und BD, nutzen Laserlicht mit der gleichen Wellenlänge. Doch sie unterscheiden sich in einem wesentlichen Punkt: Im verwendeten Linsensystem der ersten Generation. Während Blu-ray eine 0,85-NA-Linse einsetzt, beträgt die numerische Apertur der UDO-Linse 0,7. Die Numerische Apertur steht für das Maß, wie fein ein optisches System Details abbilden kann (s.a. Abb. 4.1.2). Durch die etwas höhere NA erreicht die BD auch automatisch die höhere Speicherkapazität von 25 GByte pro Schicht auf einer Seite (aktuell 50 GB als dual layer), während es die UDO1 auf 15 GByte/Schicht auf beiden Seiten bringt. Die UDO2 bietet aktuell 60 GByte (2 Schichten zu je 15 GByte auf zwei Seiten).



UDO-Laufwerk mit Medium [Plasmon]



Entsprechend dem in der Tabelle 4.2.1 nachfolgend abgebildeten Entwicklungspfad bietet Plasmon potentiellen Anwendern Investitionssicherheit. Dies auch durch die Zusage, die Generationen abwärts kompatibel zu entwickeln.

Parameter	Generation 1	Generation 2	Generation 3
Durchmesser	130 mm	130 mm	130 mm
Schutz	Hülle		
Kapazität	30 GB	60 GB	120 GB
Laserwellenlänge	405 nm	405 nm	405 nm
NA (Apertur)	0,7	0,85	0,85
Schreibrate	4 MByte/s	8 Mbyte/s	12 Mbyte/s
Leserate	8 Mbyte/s	12 Mbyte/s	18 Mbyte/s
Schichten/Seiten	1/1	1/2	2/2

Tab.4.2.1: UDO-Leistungsparameter & Roadmap

Eine breite Marktakzeptanz schaffte die UDO 2004 mit der Erklärung der Ecma International Information and Communication Technology (Industrieverband für die Standardisierung von ICT-Systemen), dass die ISO (International Organization for Standardization) und die IEC (International Electrotechnical Commission) Plasmons UDO-Media-Formatstandard ECMA-350 offiziell anerkannt haben.

Die mechanischen, physikalischen und optischen Eigenschaften von 30 GByte UDO-Medien in Rewritable- und echter Write-Once-Technik werden damit spezifiziert.

Eine Vielzahl von Hardware- und Software-Anbietern, darunter PoINT Software & Systems, IBM, HP, EMC/Legato, Symantec/Veritas und Verbatim (Mitsubishi), unterstützen den UDO-Standard.

### 4.3 Optical Storage Devices

Heute steht eine einsatzfähige und sehr vielseitige Palette optischer Speicher zur Verfügung, die für unterschiedlichste Speicherkonzepte in Frage kommt. Dabei sollte insbesondere mit der Mär aufgehört werden, optische Medien seien in ihrer Speicherkapazität zu stark begrenzt, zu langsam in den Zugriffszeiten, empfindlich gegen äußere Einflüsse und insbesondere zu kostenintensiv in Wartung und Handhabung.

Fakt ist: Wenn große Datenmengen, egal ob beim Handel oder in der Industrie, in öffentlichen Verwaltungen oder im Gesundheitswesen, bei Banken und Versicherungen langfristig, ausfallsicher, unveränderbar und gesetzeskonform gespeichert und schnell zugriffsfähig gehalten werden sollen, ist eine Gesamtlösung unter Einbeziehung optischer Speicher fast immer erste Wahl. Richtig ist auch, dass die Entwicklung der optischen Speichertechnologie noch lange nicht abgeschlossen ist und dass die Kosten für Einsatz und Wartung von optischen Speicherlösungen kaum ins Gewicht fallen.

Nicht nur die fehlgeleitete Diskussion über angeblich hohe Supportkosten für optische Speicherlösungen zeigt, wie nötig eine Versachlichung ist, doch das Beispiel ist besonders bezeichnend. Hat doch gerade in diesem Kostensegment, dem Aufwand für SW- und HW-Support, eine sachgerecht installierte optische Lösung erhebliche Vorteile gegenüber einem Festplattensystem, insbesondere, wenn man die Langlebigkeit und Stabilität der Medien vergleicht (wer gibt schon 30 Jahre Garantie für Festplatten, wie bei der DVD Fakt oder gar 50 Jahre, wie bei der inzwischen etablierten Blu-ray Disc). Dagegen sind die Zugriffszeiten bei Plattenlösungen beispielsweise für schnelllebige Daten unschlagbar und es bietet sich in vielen Anwendungsfällen geradezu an, eine Kombination der Stärken beider Technologien in einer Lösung zu prüfen. So gibt es bereits sehr erfolgreiche Anwendungen, bei denen die Langzeitspeicherung unter Erfüllung aller rechtlichen und sonstigen Auflagen von optischen Medien in einer Jukebox übernommen wird, wobei problemlos Kapazitäten im zweistelligen TeraByte-Bereich geboten werden, während die hochperformante Speicherung der aktuellen Daten in einem RAID-System sichergestellt ist, meist dem optischen Speicher vorge-schaltet. Vergleichbare Hybridlösungen gibt es im Zusammenspiel auch mit Tapes.



Neben allen anwendungsspezifischen Vorteilen von Band- oder Plattenlösungen sollten auch deren Grenzen Beachtung finden, wobei hier aus Platzgründen nicht näher auf die systembedingten Sicherheitsaufwendungen eingegangen werden kann, wie es wünschenswert wäre (alle zwei bis vier Jahre Ersetzen der Bänder, jährlich Vollständigkeitsprüfung, Migrationsproblematik etc.).

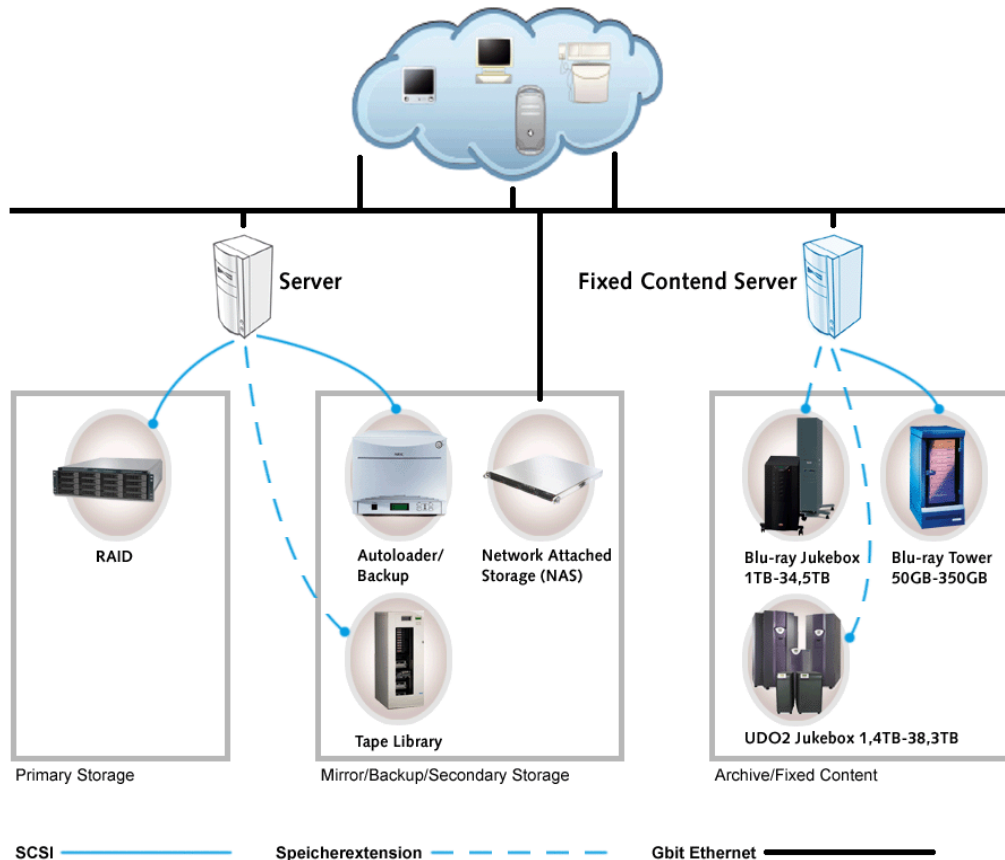


Abb. 4.3.1: Anwendungsbezogene Speicherstruktur – ein Beispiel

Die Abb. 4.3.1 zeigt exemplarisch das integrierte Zusammenspiel möglicher Speicherkomponenten unterschiedlicher Technologien (Festplatten/RAID/Tape Library/SAS/Blu-ray Tower/Blu-ray Jukebox/UDO Jukebox).

Vergleichbare Anstrengungen müssen bei der Langzeitspeicherung mittels Hard Disk beachtet werden. So muss eine Plattenlösung, um auch nur in die Nähe der Ausfallsicherheit von optischen Lösungen zu gelangen, über sehr ausgeprägte Redundanz speziell in der Hardware verfügen, womit die Service- und Energiekosten steigen und die Systeme komplexer werden.

Steht also ein potentieller Anwender vor der Notwendigkeit, ein gesamtwirtschaftlich optimiertes System für anstehende Speicheraufgaben auszuwählen, sollte er nicht nur die Investitionskosten als wesentlichen Parameter berücksichtigen, sondern mit gleicher Priorität auch und gerade die Betriebskosten. Weil sich gerade in diesem Kostenblock merkbare Unterschiede zwischen den zur Debatte stehenden Technologien ergeben, sollte besonderes Augenmerk auf die Lebensdauer und Stabilität der Lösungen selbst gelegt werden, d.h. auch auf den Investitionsschutz, den eine Lösung nebst eingesetzter Medien erwarten lässt. Und weil dem so ist, macht es in vielen Anwendungsfällen Sinn, gleich über ein intelligentes Zusammenspiel verschiedener Technologien nachzudenken und nicht kategorisch nur über ein Entweder-oder. Eine Hybridlösung ist häufig das Mittel zur Wahl bzw. sollte unter gesamtwirtschaftlichen Überlegungen ernsthaft in Betracht gezogen werden.



## Zwischenfazit optische Lösungen

Betrachtet man die tatsächlichen Stärken optischer Speicherlösungen ganz bewusst durch die „Brille der Langzeitarchivierung“ und lässt Revue passieren, wie wenig potentielle Anwender über diese Stärken tatsächlich informiert sind (nicht zuletzt, weil ihr Blick nicht selten durch allzu plakative Werbung einiger Anbieter von festplattenbasierter Lösungen verstellt wird), ist es hier nicht fehl am Platze, genau diese anwendungsspezifischen Vorteile gesondert zusammen zu stellen:

- ✓ Optische Lösungen, richtig eingesetzt, sind besonders wirtschaftlich! Dies gilt für die Installationskosten und insbesondere für die Betriebskosten!
- ✓ Optische Lösungen sind ganz besonders energieeffizient, ein Grund, weshalb ihre Betriebskosten so niedrig sind.
- ✓ Sowohl technisch wie in der Gesamtkonfiguration HW/SW sind optische Lösungen transparent und überschaubar!
- ✓ Jukeboxen zeichnen sich durch höchste Ausfallsicherheit aus. Die Mechanik ist robust, der Zugriff präzise, die Funktion sicher!
- ✓ Im Tagedeinsatz sind Jukeboxen einfach zu bedienen. Optische Lösungen, einschließlich Medieneinsatz, sind extrem userfreundlich und leicht zu handhaben!
- ✓ Nichts ist einfacher als einem Speichersystem Jukeboxen hinzuzufügen, sogar mit Laufwerken/Medien neuerer Generation und dies ohne Wechsel der Verwaltungssoftware! Kapazitätsprobleme treten so nie auf.
- ✓ Wartungskosten optischer Lösungen liegen im unteren Bereich. Datenmigration steht aufgrund der hohen Lebensdauer nur selten an. Falls doch, gelingt dies elegant durch SW-gestützte Spiegelung in ein aktualisiertes System.
- ✓ Jukeboxlösungen mit BD- oder UDO bieten schon heute Kapazitäten im oberen zweistelligen TB-Bereich und mehr! Weitere Jukeboxen sind schnell integriert und vernetzt.
- ✓ Die Anzahl der Laufwerke hat keinen Einfluss auf die Kapazität, lediglich auf die Zugriffsgeschwindigkeit und die ist speziell für die Langzeitarchivierung attraktiv!
- ✓ Die CD startete mit 650 MB. Die DVD hat bis zu 18,8 GB. Die aktuelle BD hat 50 GB und die UDO2 bringt es auf 60 GB je Scheibe. Die Entwicklung geht ständig weiter, Ende offen (s.a. Abbildung 4.1.3)

Nach IDC (2008) werden sich optische Speichertechnologien in der Zukunft sehr gut behaupten, in 2010 mit einem (geschätzten) Anteil an den installierten Kapazitäten von knapp 29 % (gegenüber Festplatte von 58 % und Tape von 12 %).

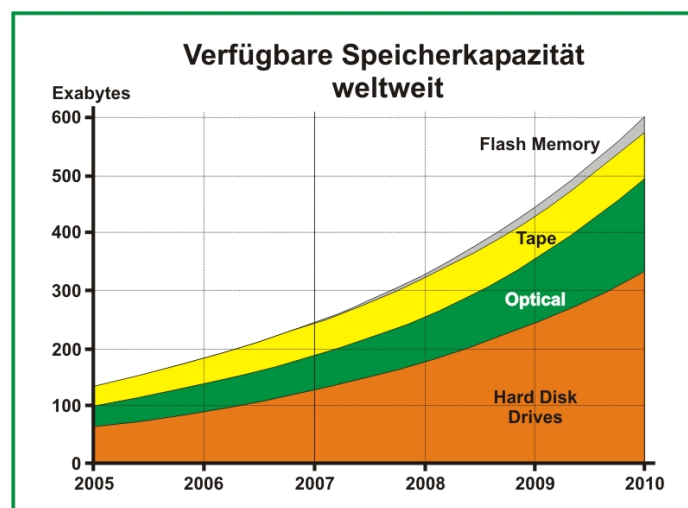


Abb.: 4.3.2: Installierte Speicherkapazität nach Technologien (2008-2010 geschätzt)  
[Quelle: IDC 2008]



## 4.4 Festplatte und RAID

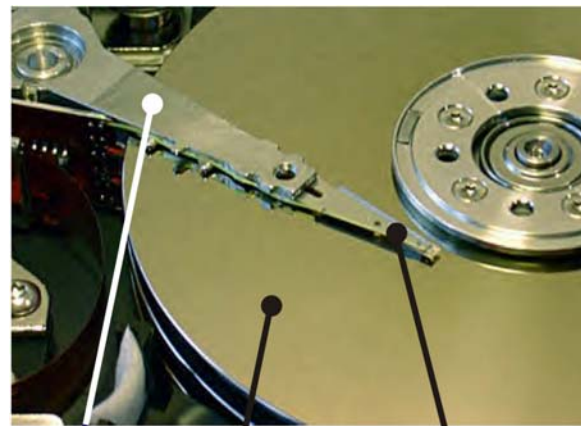
### 4.4.1. Festplatte (Hard Disk)

Die Festplatte (hard disk – HD – oder hard disk drive – HDD) ist ein magnetisches Speichermedium. 1973 startete IBM das berühmte Winchester-Projekt mit dem Ergebnis des ersten Laufwerkes mit fest eingebauter Platte (Winchester-Laufwerk).

#### Schnittstellen

Zur Kommunikation zwischen verschiedenen Computerkomponenten wurden lange parallele Schnittstellen wie ATA (IDE, EIDE) und SCSI bevorzugt. ATA primär bei PCs und SCSI bei Servern, Workstations und hochwertigen PCs. Heute stehen die seriellen Schnittstellen im Fokus.

Datentransferraten (Übertragungsgeschwindigkeiten) sind aus technischen Gründen begrenzt, z.B. bei SCSI Ultra-320 auf max. 320 MByte/s. Es wurde begonnen, die Ultra-640 (Fast-320) zu entwickeln mit einer Rate von bis zu 640 MByte/s, doch letztlich nicht weiter verfolgt.



Plattenarm      Scheiben      Schreib-/Lesekopf

Abb. 4.4.1.1: Schreib-/Lesekopf einer handelsüblichen Festplatte, Format 3,5“ [Quelle: Petwoej]

Man war im Grunde schon mit der 320 an elektronisch bedingte Grenzen gestoßen. Vielmehr wird auf Serial Attached SCSI (SAS) gesetzt. Hierfür wurden zunächst Transferraten von 300 MByte/s definiert. Die nächste Ausbaustufe, aktuell im Einsatz, bietet bis zu 600 MByte/s, mit einer weiteren Ausbaustufe von bis zu 1.200 MByte/s.

Die ersten vermehrt angewendeten seriellen Schnittstellen für Festplatten waren SSA (Serial Storage Architecture) und Fibre-Channel (in der Variante FC-AL/Fibre Channel Arbitrated Loop). Während SSA-Festplatten praktisch keine Rolle mehr spielen, werden Fibre-Channel-Platten nach wie vor in große Speichersysteme eingebaut (es handelt sich um ein Protokoll für eine elektrische Schnittstelle, nicht, wie aufgrund des Namens vermutet werden könnte, um eins für optische).

Inzwischen haben sich neue Schnittstellen durchgesetzt, z.B. Serial ATA (S-ATA oder SATA). Der Vorteil gegenüber ATA ist u.a. eine höhere Datentransferrate.

Für den Anschluss externer Festplatten werden auch universelle Schnittstellen genutzt, wie USB oder FireWire, wobei die Festplatten selbst mit herkömmlichen Schnittstellen ausgestattet sind (primär ATA oder S-ATA). Die Kommunikation zwischen Festplatte und sonstigen Komponenten ist mittels Fibre-Channel-Interface noch leistungsfähiger, bei Nutzung von Glasfasern prädestiniert vor allem für die Verwendung in Speichernetzwerken (wie SAN). Auch hier wird die Platte nicht direkt angesprochen, sondern über einen Controller. Hier können alle Arten von Festplattenschnittstellen Verwendung finden, sei es FC-AL, SCSI oder Serial ATA. Bezieht man IP-Netze mit ein, kommt ein konkurrierender Ansatz zum Tragen: Mit iSCSI.

#### Datensicherheit / Ausfallsicherheit

Festplatten haben systembedingte Ausfallrisiken, die je nach Anwendung erhebliche Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsicherheit verlangen. Auf die Risiken wird etwas ausführlicher unter 5.5.2 eingegangen, hier dagegen nur stichpunktartig.



Als Hauptgründe für Sicherheitsrisiken bis hin zu Totalausfällen seien genannt:

- ⇒ Thermische Probleme (s.a. Stichwort Energieeffizienz)
- ⇒ Mechanische Belastungen durch Erschütterungen, Staublast, etc. mit den Folgen erhöhter Abnutzung im Bereich des Lese-/Schreibkopfes - Stichwort Head Crash.
- ⇒ Äußere Magnetfelder (dynamische und statische)
- ⇒ Fehler in der Elektronik oder Einsatzbedingungen mit zu hoher Luftfeuchte
- ⇒ Hohe Zugriffsfrequenzen bedingen viele Lastwechsel des Kopfes (Head Crash).

Die Plattensicherheit wird daran gemessen, wie viele Betriebsstunden sie durchschnittlich laufen, bevor sie reparabel oder irreparabel ausfallen. Messgröße bis zum Plattenausfall ist somit eine Zeit (Stunden). Da dies letztlich ein statistisches Problem ist, machen Plattenhersteller auch nur Ca.-Angaben über die erwartete Lebensdauer. MTBF bezeichnet die mittlere Zeit bis zum reparablen Ausfall, MTTF bis zum irreparablen (s. a. 7 und Glossar).

### **Praxisanmerkung zur Sicherheit von Plattensystemen**

Will man wirklich den jeweiligen Anwendungen von Plattensystemen angemessene Ausfallsicherheit garantieren, müssen teilweise ganz erhebliche Anstrengungen unternommen werden. Es ist keineswegs damit getan, nur darauf zu verweisen, dass man Plattensysteme überall und für alle Anforderungen ausfallsicher einsetzen könne. Potentielle Anwender sollten nie ungeprüft lassen, wofür welche Storage-Systeme zum Einsatz kommen sollen. Plattensysteme sind für ganz bestimmte Anwendungen unschlagbar, so wie es genügend Problemstellungen in der Praxis gibt (denkt man nur an die Langzeitarchivierung), wo andere Technologien ganz entscheidende Vorteile auch und gerade gegenüber Plattensystemen haben. So ist es ganz hilfreich, auf einen aktuellen Hinweis absoluter Kenner von Plattensystemen zu verweisen:

- *“Probability of a data loss in the first five years of a 100-TB enterprise storage system using SCSI disks and RAID 5: 24 % !”*

Vorgetragen auf der SNW Europe 2007, Frankfurt, vom Leiter des Projektes „Advanced Networking and Storage Software“ am Zurich Research Lab, IBM Research, im Rahmen der Präsentation „Highly-reliably disk storage, Improving disk-based storage reliability together with RAID“.

Dieser Hinweis soll hier ausschließlich der so wichtigen Sensibilisierung in Sachen Medien- und Lösungssicherheit potentieller Anwender dienen und somit auch stets im Zusammenhang mit der dort vorgetragenen Gesamtpräsentation gesehen werden.

### **Spezifika plattengestützter Lösungen**

Als Online-Medien sind Festplatten insbesondere für ständige, schnelle Schreib-Lese-Zugriffe ausgelegt. Dort haben Speicherlösungen auf Festplattenbasis ihre Stärken (hochverfügbar zu haltende, aktive Daten, auch in großen Mengen).

Geht es jedoch um die revisionssichere Langzeitspeicherung großer Datenmengen, zeigen sich schnell Grenzen. Die Betrachtung alleine der erforderlichen Zeiten, z.B. für eine Migration größerer Datenvolumina von IDE-Platten zu lesen, spricht für sich. Ergebnisse aus einem explizit durchgeführten Praxistest belegen, dass beispielsweise beim Lesen von 50 TB zwecks Migration Wochen benötigt werden, nicht gerade ein zu vernachlässigendes Problem. Natürlich kann man solche Zeiten mittels besonders aufwendig ausgestatteter RAID-Systeme reduzieren, doch reden wir selbst dann noch von Tagen für die Migration sehr großer Datenmengen und damit ist noch keine Langzeitarchivierung realisiert.



#### 4.4.2. RAID

Bedeutung: **R**edundant **A**rray of **I**ndependent **D**isks - Redundante Anordnung unabhängiger Festplatten.

Hintergrund für die Entwicklung des Systems war 1987 eine Untersuchung an der Berkeley University of California, kostengünstige Festplatten gemeinsam (im Verbund) als ein einziges logisches Laufwerk zu betreiben. Es sollte ein Weg gefunden werden, von den großen, äußerst teuren Festplatten wegzukommen.

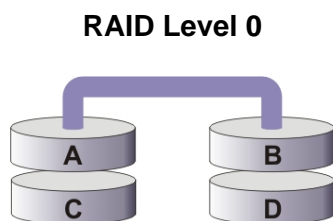
Durch die Nutzung mehrerer Festplatten stieg allerdings auch das Ausfallrisiko von einzelnen Komponenten. Dem sollte durch die bewusste Speicherung redundanter Daten (dann jeweils auf die Festplatten logisch verteilt) begegnet werden. Die einzelnen Anordnungen bezeichneten die Autoren als RAID-Level. RAID leitete sich ursprünglich aus dem Titel der Untersuchung ab: „A Case for Redundant Array of Inexpensive Disks (RAID)“, zu Deutsch: Redundant speichernder Verbund kostengünstiger Festplatten.

Der Logik nach dient also ein RAID-System der organisatorischen Zusammenfassung zweier oder mehrerer physikalischer Festplatten (eines Computers) zu einem logischen Laufwerk. Das neue RAID-Laufwerk verfügt gegenüber den physikalischen Laufwerken über einen zum Teil erheblich größeren Datendurchsatz (je nach Art und Zahl der beteiligten Platten) und zu größerer Speicherkapazität.

Durch die gezielte Erzeugung redundanter Daten wird die Ausfallsicherheit des Gesamtsystems entscheidend erhöht, so dass beim Ausfall einzelner Komponenten (auch einzelner Festplatten) die Funktionalität des RAID-Systems nicht beeinträchtigt wird. Bei modernen Systemen ist es daher auch möglich, einzelnen (und je nach RAID-Level auch mehrere) Platten während des laufenden Betriebes zu wechseln.

RAID-Systeme bieten demnach folgende Gesamtvorteile:

- ⇒ Erhöhung der Datensicherheit (durch redundante Datenhaltung),
- ⇒ Steigerung der Transferraten (verbesserte Performance),
- ⇒ Aufbau auch sehr großer logischer Laufwerke möglich,
- ⇒ Austausch von defekten Platten während des Systembetriebes oder Hinzufügen von Platten zur Erhöhung der Speicherkapazität während des Betriebes,
- ⇒ Kostenreduktion durch Einsatz mehrerer preiswerter Festplatten,
- ⇒ Bei Bedarf schnelle Steigerung der Leistungsfähigkeit des Systems.



Stichwort: Striping/Beschleunigung ohne Redundanz.

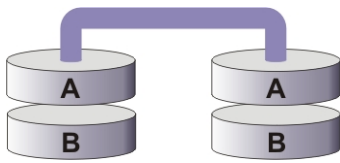
Im Hinblick auf die heutige Definition von RAID (s.o.) stellt Level 0 kein echtes RAID-System dar, weil keine Redundanz vorliegt. RAID 0 liefert eine höhere Performance in der Transferrate. Es werden mehrere Platten zusammengeschlossen und Schreiboperationen mittels Zwischennutzung

eines Caches parallel ausgeführt. Auch der Lesevorgang wird so beschleunigt.

Der eigentliche Vorteil von RAID, die erhöhte Ausfallsicherheit, wird bei Level 0 schon statistisch ins Gegenteil verkehrt. Die Ausfallwahrscheinlichkeit eines RAID 0-Systems, welches beispielsweise aus vier Platten besteht, ist zwangsweise viermal höher als bei einem Einzellaufwerk. Level 0 ist also nur dort sinnvoll, wo Datensicherheit nicht so wichtig ist. Anwendungen finden sich z.B. im Musik- und Video-Bereich, wo es vorwiegend gilt, große Datenmengen schnell abzulegen.



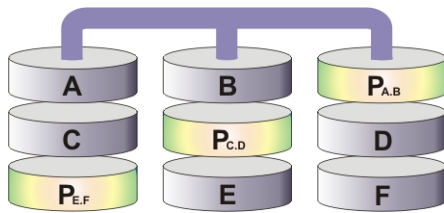
### RAID Level 1



Stichwort: Mirroring – Spiegelung.

Das System (RAID1 Array) besteht meistens aus zwei Festplatten (oder auch paarweise mehreren), die dieselben Daten enthalten (engl. mirroring). RAID 1 bietet somit eine komplette Daten-Redundanz, womit aber auch die Systemkapazität auf die Speichergröße der kleinsten sich im Array befindenden Platte beschränkt ist.

### RAID Level 5



Stichwort: Performance und Parität. RAID 5 liefert alle Vorteile, sowohl hohe Ausfallsicherheit durch Redundanz, wie auch erhöhte Performance. Zudem ist RAID 5 die besonders kostengünstige Variante für das redundante Speichern von Daten auf mindestens drei Festplatten. Level 5 wird daher bei den meisten Anwendungen eingesetzt, wobei jedoch sehr darauf geachtet werden muss, wie schreibintensiv eine Anwendung ist.

Aus Sicht des Benutzers unterscheidet sich ein logisches RAID-Laufwerk nicht von einer einzelnen Festplatte. Das Zusammenspiel der einzelnen Platten (z.B. Redundanz) wird durch den RAID-Level festgelegt. Mit Abstand die am häufigsten genutzten Level sind RAID 0, RAID 1 und RAID 5.

Sowohl bei zufälligen wie auch bei sequentiellen Schreibzugriffen kann die Performance deutlich abnehmen. Sind hier besondere Stärken gefordert, würde sich eher eine Kombination der Level 0 und 1 anbieten.

### Wenig gebräuchliche RAID-Level

**RAID 2** spielt in der heutigen Praxis keine Rolle mehr. Das Verfahren wurde ohnehin nur bei Großrechnern angewendet.

**RAID 3** (Striping mit Paritätsinformationen auf separater Festplatte) ist der Vorläufer von RAID 5. Im RAID 3 wird die Redundanz auf einer zusätzlichen Festplatte gespeichert. Es ist inzwischen vom Markt verschwunden und wurde weitgehend durch RAID 5 ersetzt, bei dem die Parität gleichmäßig über alle Platten verteilt wird.

Bei **RAID 4** werden ebenfalls Paritätsinformationen berechnet, die auf eine dedizierte Festplatte geschrieben werden. Nachteil bei klassischem RAID 4 ist, dass die Paritätsplatte bei allen Schreib- und Leseoperationen beteiligt ist. Da bei jeder Operation immer eine der Datenplatten und die Paritätsplatte verwendet werden, fällt die Paritätsplatte häufiger aus. Wegen der fest definierten Paritätsplatte wird in der Praxis statt RAID 4 fast immer RAID 5 gewählt (Ausnahme: Network Appliance nutzt RAID 4 in ihren NAS-Systemen).

**RAID 6** (Advanced Data Guarding / Redundanz über zwei zusätzliche Festplatten) funktioniert ähnlich wie RAID 5, kann jedoch den Ausfall von bis zu zwei Festplatten verkraften. Bei RAID 6 werden an Stelle einer zwei Fehlerkorrekturwerte berechnet und so über die Platten verteilt, dass Daten und Paritäten blockweise auf unterschiedlichen Platten liegen. Das bedeutet eine Anzahl von  $n+2$  Festplatten brutto für einen Dateninhalt von  $n$  Festplatten netto. Gegenüber RAID 1 (einfache Spiegelung) ist damit bereits ein Kostenvorteil gegeben. Von Nachteil speziell gegenüber RAID 5 ist jedoch, dass der Rechenaufwand bei den zugrunde liegenden XOR-Prozessen erheblich höher ist. Bei RAID 5 werden für ein Paritätsbit die Daten aus einer Datenzeile addiert (und bei erforderlicher Resynchronisation die Daten aus einer Daten-Zeile per Addition zurück synchronisiert).



Dagegen muss bei RAID 6 das Paritätsbit über mehrere Daten-Zeilen berechnet werden – die Resynchronisation, insbesondere bei zwei ausgefallenen Festplatten, erfordert dann aufwändige Rechenmodelle über Matrizen und Umkehrmatrizen aus der linearen Algebra (Codierungstheorie). Für einen RAID 6-Verbund werden mindestens vier Festplatten benötigt. RAID 6 hat kaum noch einen merkbaren Stellenwert.

### **CAS - Content Adressed Storage**

In Ergänzung zu RAID sei auch kurz auf CAS eingegangen, ebenfalls ein System zur Erhöhung der Datensicherheit.

Mit CAS ist ein spezielles Speicherverfahren auf Festplatten gegeben, das einen direkten Zugriff auf einzelne Objekte ermöglicht und gleichzeitig die Unveränderbarkeit der gespeicherten Information ermöglichen soll.

Im CAS-System wird in den gespeicherten Datenbeständen über den Inhalt der Information zugegriffen, indem von einem vorgeschalteten Rechner ein Hashwert errechnet wird, der als Ablage- und Zugriffsschlüssel Verwendung findet. Damit sind CAS Systeme wesentlich langsamer als reine RAID-Verbünde und geschlossene, proprietäre Systeme, die gerade bei langfristiger Datenvorhaltung große Abhängigkeiten erzeugen. CAS kommt üblich für Speicherungen und Abfragen von statischem Inhalt zum Einsatz, d. h. vorwiegend für „Fixed Content“ (unveränderbarer Inhalt), wie Geschäftsunterlagen, Patientendaten, etc.

Das erste kommerziell verfügbare CAS-System wurde vom Unternehmen EMC auf der Centera-Plattform präsentiert und ist allgemein kennzeichnend für eine CAS-Lösung. Zielsetzung war es, Fixed Content auf schnellen Festplatten aufzubewahren.

### **4.5 Tape – Technik und Medien**

Das Tape hat schon manchen Abgesang erlebt, doch bewahrheitet sich für diese Technologie geradezu exemplarisch, dass Todgesagte besonders lange leben. Nicht zuletzt die so nie vorausgeahnte und ständig anwachsende Informationsflut, gepaart mit neuen technischen Möglichkeiten, hat die Anbieter zu besonderen Anstrengungen motiviert, das Tape weiter zu entwickeln. Die erreichten merkbaren Verbesserungen der Leistungswerte von Band und Bandlaufwerken führten inzwischen zu einer nachhaltigen Renaissance bandgestützter Speicherlösungen.

Bandspeicher haben dort ihre Stärke, wo größere und größte Datenmengen zu günstigen Medienpreisen platz sparend gespeichert und gesichert werden sollen. Aus Sicht der Datenspeicherung sind grundsätzlich zwei Arten für den Bandeneinsatz zu benennen, Backup und Speicherung großer Datenmengen. Je nach Datenvolumen und Anwendungsumgebung kommen Einzellaufwerke zum Einsatz oder Bandwechsler. Letztere sind im Grunde hinsichtlich ihrer Speicherkapazität nahezu beliebig ausbaubar, d.h. auch bis in den dreistelligen TB-Bereich hinein.

Den Ursprung stellt das Magnetband dar, aus dem Audibereich als Tonband bekannt. Es besteht aus einer mit magnetisierbarem Material (ein- oder beidseitig) beschichteten langen, schmalen Kunststoffolie. Das Band und die Spulen befinden sich üblich in Kassetten. Als Datenträgerarten sind zu nennen: Einzelspule (Reel-to-Reel), Kassette mit Einzelspule, Kassette mit Doppelspule.

Wie bei allen magnetischen Aufzeichnungsverfahren vorgegeben, wird ein magnetisierbares Medium (hier das Band) unter einem Magnetkopf durchgeführt, wobei die Magnetpartikel im Band je nach Stromrichtung ausgerichtet werden. Letztere ändert sich entsprechend der aufzutragenden Information so, dass jeder Flussrichtungswech-



sel für eine „0“ bzw. „1“ steht. Damit ist auch schon ein systembedingter Mangel von Bändern gegeben: Sie müssen zwecks Aufschreiben oder Ablesen stets Kontakt am Schreib- bzw. Lesekopf haben, woraus erhöhter Verschleiß und geringere Lebensdauer der reinen Medien verbunden ist. Dem begegnet man bei einigen Lösungen z.B. durch Luftpolster zwischen dem Band und den Magnetköpfen, was die Bandabnutzung entsprechend reduziert (beispielsweise beim Tape IBM 3590).

Prinzipiell gibt es zwei Methoden, das Magnetband zu beschreiben: Das Start-Stopp- und das Streaming-Verfahren (streaming mode), wobei letztere Methode die moderne darstellt. Unter der Voraussetzung, dass die Daten an den Schreibkopf geliefert werden (beispielsweise aus einem Pufferspeicher), wird das Band kontinuierlich beschrieben, d.h. ohne Stopp, weswegen entsprechend hohe Schreibgeschwindigkeiten erreicht werden. Dennoch ist der Bandhalt möglich. Dann werden Filemarks auf das Band geschrieben.

### Einige Bandformate

Je nach Technik und spezifischer Anforderungen kommen unterschiedliche Bandbreiten zum Einsatz: ¼ Zoll, ½ Zoll, 4 mm, 8 mm.

Technologie	Exemplarische Version	Hersteller	Format
3590	3590H	IBM	½“
9840	9840C	StorageTek	½“
9940	9940B	StorageTek	½“
ADR	ADR <sup>2</sup>	OnStream	8 mm
AIT	AIT-3	Sony	8 mm
DAT-72	DAT-72	HP, Seagate	4 mm
DDS	DDS-4	HP, Seagate, Sony	4 mm
DLT	DLT-8000	Quantum	½“
DTF	DTV-2	Sony	½“
LTO	LTO-4	HP, IBM, Seagate	½“
Magstar	3570	IBM	½“
Mammoth	M2	Exabyte	8 mm
S-AIT	S-AIT-1	Sony	½“
S-DLT	S-DLT 320	Quantum (formatiert)	½“
SLR	SLR-100	Tandberg Data	¼“
VS	VS-160	Quantum	½“
VXA	VXA-2	Sony	8 mm

Tab. 4.5.1: Bandtechnologien & Hersteller

**DAT – Digital Audio Tape:** Bei dieser Bandvarianten werden zwei Verfahren unterschieden, **S-DAT** und **R-DAT**, wobei sich allerdings nur letzteres am Markt durchsetzte. Durch internationale Egoismen bedingt (speziell im Hinblick auf das Wirken der International Federation of the Phonographic Industrie) kam auch nicht der Konsumermarkt zum Zuge, sondern der DAT-Zuverlässigkeit wegen im Wesentlichen nur der professionelle. So hat Hewlett-Packard DAT auch als Grundlage für das DDS-Format zur Datensicherung verwendet.

**DLT – Digital Linear Tape und S-DLT:** DLT wurde von der ehemaligen Digital Equipment Corporation als Speichermedium für die Datensicherung (Backup) entwickelt und im Grunde schon abgeläutet (Quantum: „Die DLT-Technologie ist am Ende ihres Lebenszyklus“). Doch sie lebt nach wie vor und das gut. Die Transferrate ist hoch. DLT-Libraries sind zur Sicherung großer Datenbestände häufig im Einsatz, in High-End Netzwerken. In Tabelle 4.5.2 sind einige DLT-Varianten aufgeführt.



Medium	Bandkapazität	Transferrate
DLT Typ IV (schwarz)	20/ 35 / 40 GB	2 / 5 / 6 MB/s
DLT-4000	raw/compressed: 20 / 40 GB	raw/compressed: 1,5 / 3 MB/s
DLT-7000	35 / 70 GB	5 / 10 MB/s
DLT-8000	40 / 80 GB	6 / 12 MB/s
S-DLT 220 (grün)	110 / 120 GB	11 / 22 MB/s
S-DLT 320	160 / 320 GB	16 / 32 MB/s
S-DLT 600	300 / 600 GB	32 / 64 MB/s
S-DLT 1200	600 GB / 1,2 TB	40-80 / 80-160 MB/s
S-DLT 2400	1,2 / 2,4 TB	100 / 200 MB/s

Tab. 4.5.2: Verschiedene DLT-Varianten

Die Laser Technologie mit einer optischen Servo-Spur auf der Bandrückseite erlaubt eine äußerst genaue Positionierung des Lese- und Schreibkopfes auf eine von inzwischen 448 -Spuren (S-DLT 320).

Heute wird bereits an Bändern mit Kapazitäten bis 1,2 TB gearbeitet, bei Transferraten von bis zu 128 MB/s. Diese Ziele sollen in den nächsten 3-4 Jahren erreicht sein.

**AIT – Advanced Intelligent Tape / S-AIT:** Diese Technologie, ausschließlich für die Datensicherung entwickelt, stellt eine Weiterentwicklung des DAT dar. Aufgrund der verwendeten metallbeschichteten Bänder (Advanced Metal Evaporated) sind bis zu vierfach höhere Speicherdichten möglich als bei DAT.

Medium	Bandkapazität	Transferrate
AIT-4 (seit 2004 am Markt)	200 GB	24 MB/s
AIT-5 (seit 2005 am Markt)	400 GB	48 MB/s
AIT-6 (für 2008 geplant)	800 GB	96 MB/s
S-AIT-2 (am Markt)	1 TB	60 MB/s
S-AIT-3 (für 2008 geplant)	2 TB	120 MB/s
S-AIT 4 (für 2010 geplant)	4 TB	240 MB/s

Tab. 4.5.3: Verschiedene AIT-Varianten

**LTO – Linear Tape Open:** LTO, initiiert von IBM, HP und Seagate, stellt einen Standard für Magnetbänder und die dazugehörigen Laufwerke dar. LTO ist ein offener Standard (der einzige Tape-Standard, der nicht von einem einzigen Anbieter beherrscht wird), so dass die Medien, Laufwerke, Autochanger und Libraries verschiedener Hersteller kompatibel zueinander sind. LTO kann grundsätzlich eine Generation zurück schreiben und zwei Generationen zurück lesen (s.a. Tab. 4.5.4).

Anfänglich wurden zwei Untervarianten geplant und entwickelt, LTO-Ultrium und LTO-Accelis. Doch letztere Variante wurde noch vor Erreichen der Marktreife wieder zurückgezogen. Die Ultrium-Bänder waren dabei für die Datensicherung gedacht, während die Accelis-Bänder für die Archivierung vorgesehen waren, weshalb diese auch über bedeutend kürzere Zugriffszeiten verfügen sollten.

Am Markt sind drei LTO-Ultrium-Varianten. Ähnlich wie die AIT-Bänder weisen sie einen Hardware-Speicher (4 KB) auf. In diesem, werden spezielle Daten abgelegt, wie Band-Seriennummer und die Nutzungslogdateien der jeweils letzten 100 Tapemounts. Die verschiedenen LTO-Ultrium-Varianten sind nachfolgend zusammengestellt:

Variante LTO	Kapazität		Transfer MB/s	Kompatibilität		Status
	native	Gepackt		Lesen	Schreiben	
LTO-1	100 GB	200 GB	7,5	LTO-1	LTO-1	verfügbar
LTO-2	200 GB	400 GB	35	LTO-1+2	LTO-1+2	verfügbar
LTO-3	400 GB	800 GB	80	LTO-1-3	LTO-2+3	verfügbar
LTO-4	800 GB	1.600 GB	120	LTO-2-4	LTO-3 +4	verfügbar

Tab. 4.5.4: Verschiedene LTO-Varianten



Die LTO-Ultrium-Entwicklung zielte speziell auf die automatisierte Datensicherung ab. Man hat diese Ausrichtung an den Bändern berücksichtigt, indem man sie leicht keilförmig baut und sie zudem mit speziellen Aussparungen versieht, damit sie von Robotern besser gegriffen werden können. LTO-Libraries stehen für große und größte Datenmengen zur Verfügung, bis in den PB-Bereich hinein (1 PetaByte =  $10^{15}$  Byte =  $10^3$  TB). Libraries sind mittels SCSI oder Fibre-Channel an die Host-Rechner anbindbar.

Auch was die Übertragungsraten der Laufwerke anbetrifft, wurden im LTO-Bereich erhebliche Fortschritte erzielt. So kündigte beispielsweise HP für August 2007 sein Modell „StorageWorks LTO-4 Ultrium 1840“. Das Laufwerk weist nach Herstellerangaben Übertragungsraten von 240 MByte/s komprimierter (120 MByte/s unkomprimierter) Daten auf. Praktisch könnten so in zwei Stunden bis zu 1,6 TByte an komprimierten (800 GByte an unkomprimierten) Daten auf eine Kassette gespeichert werden. Bestätigt die Praxis diese Werte, stände damit das schnellste LTO-Laufwerk am Markt zur Verfügung (bis die Konkurrenz nachzieht...).

#### 4.6 Hybrid-Lösungen (Kombinationsanwendungen)

Es gibt viele praktische Beispiele, in denen die Vorteile optischer Jukeboxen bzw. Tape Libraries mit denen von RAID-Systemen kombiniert werden. Die Revisionssicherheit und lange Verfügbarkeit der Daten wird durch die optische Lösungsseite gesichert, während ein besonders schneller Zugriff auf bestimmte Daten mittels in die Gesamtlösung integriertem RAID-System realisiert wird. Die Storage-Gesamtlösung übernimmt auf Basis des Caches und der Management-Software darüber hinaus häufig auch eine Backup-Funktion in Echtzeit.

Dass sich jedoch auch im reinen Backup neben der Integration von Tape-Libraries auch Jukeboxen mit Disc-Bestückung in nennenswerter Zahl finden, hat in entsprechenden Diskussionen und Untersuchungen die Festplatten-Welt doch gewundert. Nicht wundern sollte man sich dagegen, dass solche Anwendungen speziell im Mittelstand forciert werden, denn dort spielen Wirtschaftlichkeit (incl. Energieeffizienz) und Langlebigkeit von Lösungen schon immer eine besondere Entscheidungsgrundlage.

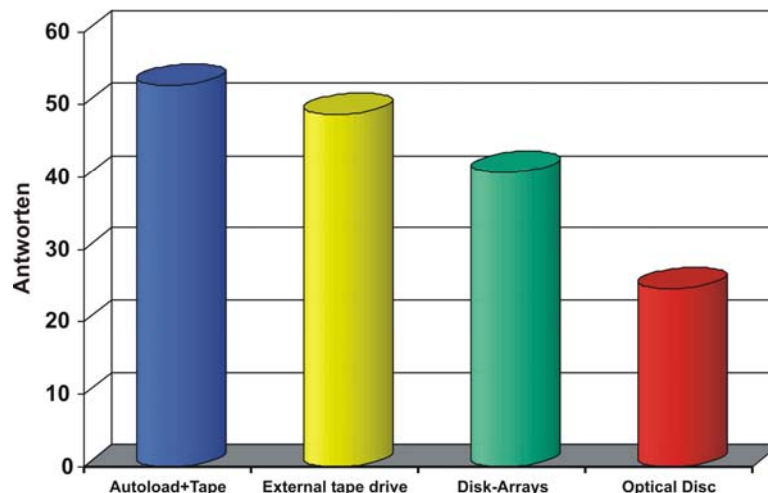


Abb. 4.6.1: Technologien im Backup: Befragung des Mittelstandes  
[Quelle: Fleishman-Hillard / speicherguide.de 2007]



## 5. Hintergrundinformationen

### 5.1 Compliance

Die dauerhafte Speicherung vieler Dokumente und Dokumentenarten wurde in den letzten Jahren immer weitergehenden und neuen Verordnungen und gesetzlichen Bestimmungen unterworfen. Die Globalisierung vieler Märkte verlangt zudem, auch internationale Bestimmungen zu beachten. Durch diese Zusammenhänge werden erhebliche Anforderungen insbesondere an die Langzeitarchivierung gestellt. Die nachfolgende Grafik vermittelt einen Eindruck, wie vielfältig allein die gesetzlichen Vorgaben in internationalen Märkten sind:

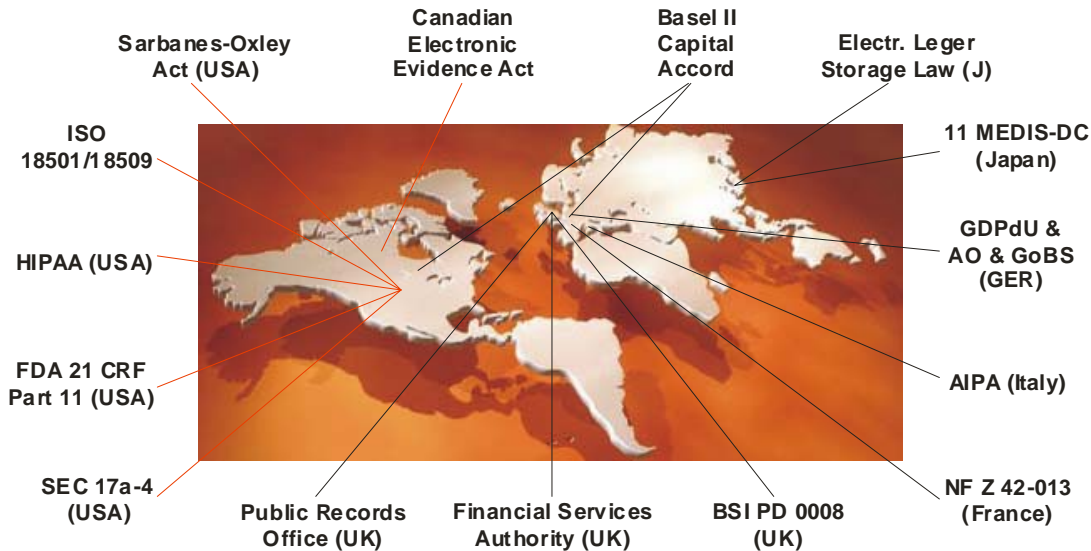


Abb. 5.1.1: Compliance – zu beachtende gesetzliche Vorgaben (eine Auswahl)

**Wichtig:** Der Gesetzgeber schreibt keine konkrete Technologie vor, sondern „nur“ die Berücksichtigung der Sorgfaltspflicht gemäß oben genannter Vorschriften.

### 5.2 Total Cost of Ownership - TCO

Die gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen aus der Installation von IT-Anwendungen wurden schon immer untersucht, jedoch bei strategischen Installationsentscheidungen nicht immer gleichermaßen gewürdigt. So ist auch heute noch häufig zu beobachten, dass bei Auswahl von IT-Systemen oder Anwendungen die Investitionskosten absolut im Vordergrund stehen, während den Betriebskosten nicht die angemessene Aufmerksamkeit zu Teil wird, immer wieder mit fatalen Folgen. Einige Anwender haben erst im Rahmen der immer aktueller werdenden Diskussionen über Energieeffizienz bemerkt, dass es viel schwerwiegendere Kostenfaktoren geben kann als die reinen Beschaffungskosten. TCO ist hier das Programm.

**Allgemeine, kurze Definition für TCO:** Gesamtkostenrechnung über alle direkten und indirekten Kosten eines wirtschaftlichen Gutes über dessen gesamte Nutzungsdauer.

Betrachtet man TCO in der IT, müssen alle kostenrelevanten Faktoren einbezogen werden, von den Kosten für die Auswahl und Beschaffung von Soft- und Hardware, über die Anpassungs-, Wartungs- und Schulungskosten bis hin zu Raummieten, Energiekosten und wenn man TCO besonders ernsthaft betreibt auch die Entsorgungskosten am Ende der Lebensdauer von Komponenten oder ganzer Systeme, um nur die wichtigsten Posten zu nennen. Eine ernsthaft betriebene TCO-Analyse bietet die beste Grundlage, verschiedene Lösungsansätze für konkrete IT-Probleme miteinander zu vergleichen, bereits vor zu treffenden Entscheidungen. Während der Lebensdauer der Systeme oder Anwendungen ist es zudem sehr Hilfreich für die Zukunft, die einzelnen



Positionen genau zu dokumentieren, besonders wichtig auch und gerade für die energetisch relevanten IT-Komponenten oder -Systeme.

Den optischen Speicherlösungen haftet immer wieder das Vorurteil an, stets teuer und komplex zu sein. Wie auch immer solche Fehlinformationen in den Markt kamen, ein neutraler Lösungsvergleich ist am besten geeignet, die tatsächlichen Praxisverhältnisse darzustellen. Selbstverständlich immer unter Beachtung der spezifischen Anforderungen.

Die Enterprise Strategy Group (ESG) veröffentlichte eine Kostenanalyse auf der Basis einer konkreten Fallstudie im Finanzdienstleistungsbereich mit einer geforderten Speicherkapazität für ein Archiv von 12 TB. Der zu beachtende tägliche Datenzuwachs betrug 8 GB, bei täglich 2.500 Archivanfragen (Dokumentenzugriffen).

Die vergleichende Analyse basiert auf einer Betriebszeit von drei Jahren und allen Kosten laut Listenpreisen. Es kamen sowohl die Investitions- wie Betriebskosten zum Ansatz. Zu den Betriebskosten zählen neben SW- und HW-Wartung natürlich auch und insbesondere die direkten und indirekten Energiekosten. Zusätzlich wurden die Raumkosten für die Unterbringung der Speicherlösung einbezogen.

Die nachfolgende Grafik zeigt den Kostenvergleich für obige Rahmenbedingungen für drei festplattenbasierte Lösungen, den Einsatz von vier optischen Lösungen (Blu-ray, zwei mal UDO, DVD) und für eine Bandlösung (LTO-3).

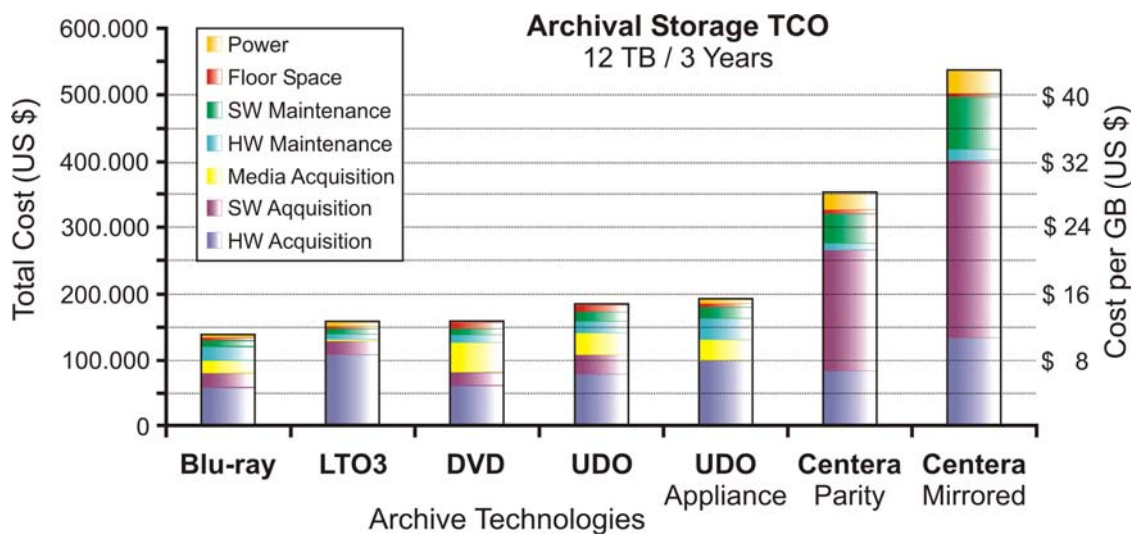


Abb. 5.2.1.: Kostenvergleich -TCO- ausgewählter Technologien gleicher Speicherkapazität (12 TB über drei Jahre gerechnet) [Idee & Werte: ESG 2006 / Werte Blu-ray: ke 2007]

**Fazit 1** dieser konkreten ESG-Analyse (erweitert um die Blu-ray auf eigener Datenbasis): Eine festplattenbasierte EMC Centera Archiv-Lösung lag in den Gesamtkosten für diesen Anwendungsfall um rund 295 % über der optischen Speicherlösung (speziell der auf Blu-ray-Basis), auch noch ca. 245 % über der mit DVD und fast 200 % über einer UDO-Lösung).

**Fazit 2:** Es ist nie gut, Äpfel mit Birnen zu vergleichen, d.h. für diesen Lösungsfall ist die optische Speicherlösung zweifelsfrei die wirtschaftlichste und unternehmensstrategisch die richtige. Es sollte schon aus Kundensicht gar nicht erst der Versuch unternommen werden, unter den gegebenen Anforderungen unbedingt eine alle Anforderungen erfüllende Lösung im Festplattenbereich anstreben zu wollen und darum geht es letztlich bei diesem hier dokumentierten Vergleich: Es gibt für jede Technologie passende und wirtschaftlich richtige Anwendungsbereiche. Kein Anbieter einer speziellen Speichertechnologie sollte der Versuchung unterliegen, diese Tatsache zu ignorieren.



ren und alleine durch werbemotivierte Ankündigungen wegdiskutieren zu wollen. Dies betrifft die Anbieter von hard Disk ebenso wie die von optical Disc (oder Tape).

Andere Anforderungen, z.B. in Richtung Onlinespeicherung mit sehr hohen Zugriffsraten, hätten selbst bei einer solchen Datenmenge einer festplattenbasierten Lösung den Vorzug gegeben. Die Analyse zeigt deutlich, wie wichtig es ist, Speicherlösungen weder von der Stange zu kaufen, noch All-in-One-Lösungen mit angebotsorientierter Argumentation zur Grundlage von Entscheidungen zu machen. Ausschließlich die konkreten Praxisanforderungen sollten als Grundlage für die Auswahl von Speicherlösungen herangezogen werden.

Diesen Zusammenhang gilt es mit dem vorliegenden White Paper hervorzuheben. Beachtet man dies, würde den weit gefächerten Anwendungsmöglichkeiten optischer Speicherlösungen die Beachtung zukommen, die für viele Archivierungsaufgaben von Nöten ist. Teilweise trifft dies auch auf den Einsatz der Tape-Technologie zu. Bedenkt man zudem die Eigenschaften der Blu-ray- und UDO-Technologien mit ihren enormen Speicherkapazitäten und besten Zugriffszeiten, bieten sich optische Lösungen erst recht für viele Anforderungen in den Bereichen Langzeitarchivierung, DMS, ECM etc. an, wie ja auch durch Abbildung 5.2.1 bestens dokumentiert.

### **5.3 Energieeffizienz: RZ / Speicherlösungen („Green Grid“)**

Wurde der Zusammenhang Rechenzentrum (RZ) und Energieeffizienz bis vor geraumer Zeit kaum wahr, geschweige denn ernst genommen, befindet sich dieses großzügige Verhalten seit Beginn 2007 im Wandel. Wie aber so häufig, ist man das Problem – und es ist tatsächlich eins – zunächst nicht überall mit lösungsorientierten Konzepten angegangen, sondern hat es dem Markt eher werblich als erkannt oder gar im Griff befindlich vermeldet. Praktische Schritte einiger Anbieter erschöpfen sich dann auch in der Mitteilung, über besonders energieeffiziente Lösungen zu verfügen. Doch fehlen häufig die nachvollziehbaren Fakten und es werden bei solchen Aussagen immer wieder „Äpfel mit Birnen“ verglichen.

So bewerben einige Anbieter immer wieder jeweils neue Plattenmodelle als besonders energiesparend, doch sagt dies selten etwas über den absoluten Energiehunger von mit diesen Platten gespickten Speicherlösungen oder Rechenzentren aus. Man wählt häufig der Einfachheit halber gerne das Vorgängermodell als Effizienzmaßstab und kann besonders dann glänzen, wenn selbiger eher bescheiden war.

Ebenso gerne werden Einzelkomponenten einer Rechneranlage vergleichend betrachtet, weil dadurch die geradezu Energie „fressenden“ IT-Hilfsaggregate/-Komponenten (NCPI = data center's networkcritical physical infrastructure) ausgeklammert werden können. Doch eine Speicherlösung besteht eben nicht aus einer Platte oder einem Laufwerk und ein RZ schon gar nicht. Selbstverständlich betrifft dies im Grundsatz auch optische Speicherlösungen oder bandbasierte, allerdings mit systembedingten erheblichen Unterschieden.

Energieeffizienz ist aber nicht ausschließlich für den professionellen IT-Markt von Bedeutung. Zwei Trends spielen besonders im Konsumermarkt zusammen, um Energieeffizienz, besser gesagt deren Fehlen, fühlbar zu machen: Immer mehr PCs haben die Leistungsklasse von Heizgeräten erreicht, d.h. Netzteile mit 850 Watt Leistungsaufnahme sind geradezu in und „Flats“ fürs Internet haben dazu geführt, das viel Nutzer ihre Geräte rund um die Uhr aktiv halten. Dabei käme sonst niemand auf die Idee, seinen Heizlüfter 24 Stunden am Tag laufen zu lassen.

Doch das Thema scheint wirklich angekommen. Obwohl die USA (neben China) Weltmeister in der Energieverschwendung sind, hat man dort in der IT die Zeichen der Zeit offensichtlich erkannt, früher und konsequenter als bei uns. So hat sich die Environmental Protection Agency (EPA) der US-amerikanischen Regierung detailliert mit dem Energieverbrauch von Computern auseinandergesetzt und angesichts des mehr als beeindruckenden Ergebnisses sofortige Gegenmaßnahmen vorgeschlagen.



Die Umweltschutzbehörde hat abgeschätzt, dass im Jahr 2006 die in amerikanischen Rechenzentren installierten Server und Speichersysteme mit ihrer Peripherie (somit auch und gerade mit den Geräten zur RZ-Kühlung) rund 61 Milliarden Kilowattstunden ( $61 \times 10^9$  kWh, d.h. 61 Mio. MWh!) an Strom verbrauchten. Nach Mitteilung der EPA ist dies doppelt so viel wie im Jahr 2000 und macht, sollte die Zahl stimmen, immerhin 1,5 Prozent des nationalen Stromverbrauchs aus. Wird nicht massiv gegengesteuert, sagt die EPA schon für 2010 einen Strombedarf für die RZ von 100 Mio. MWh voraus.

**Anmerkung:** Die Zahlen hält der Autor für etwas zu hoch gegriffen, ständen doch 61 Mio. MWh immerhin für rund 8.000 MW elektrischer Installationsleistung, also für acht äußerst ausgewachsene Kernkraftwerke (oder andere) allein für die RZ und PC-Nutzung in den USA. Doch auch die APC (American Power Conversion Corp. / führendes Unternehmen für Stromversorgung und Kühllösungen) kommt in einer Abschätzung über den Energiehunger aller Rechenzentren weltweit auf 40 Milliarden kWh (ohne den privaten PC-Markt), also ca. 5.000 MWeI Installationsleistung, was immer noch eine erschreckend hohe Zahl darstellt.

Völlig unabhängig von der Frage nach dem tatsächlichen Energiehunger weltweiter Rechnerinstallationen ist außerhalb jeder Diskussion, dass es sich inzwischen um nahezu unvorstellbare Größen handelt und das für ein Marktsegment, welches weltweit die größten Wachstumsraten aufweist. Die Frage nach der Energieeffizienz ist somit keine Spaßfrage oder eine Nebensache in der IT, sondern äußerst relevant selbst für das globale Klima, zu beziffern in Prozenten des weltweiten Energiebedarfes.

Kein Wunder also, wenn mehr und mehr Anbieter Energie „fressender“ IT-Komponenten und -Lösungen sich schon allein argumentativ wappnen müssen gegenüber steigender Umweltsensibilität bei potentiellen Kunden.

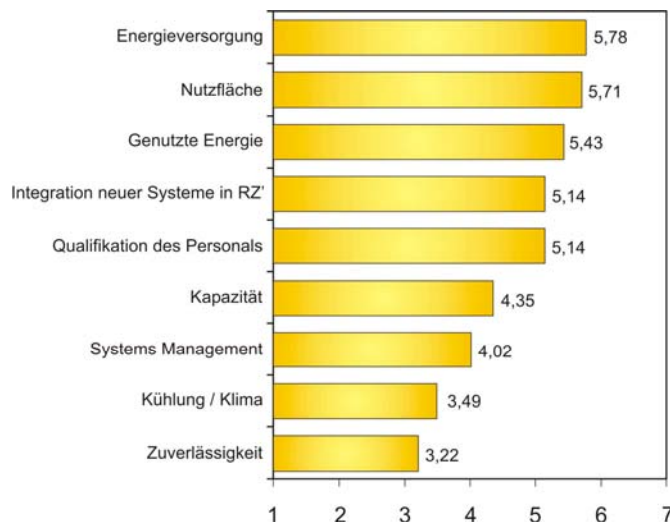


Abb.5.3.1: Wichtige RZ-Themen aus CIO-Sicht [IDC 2006]

Richtig in jedem Falle ist, für Anbieter wie Anwender gleichermaßen, dass die unternehmensweite Energieeffizienz ein strategisches Feld und damit Chefsache ist und dass darin unabdingbar die IT und sie tangierende Bereiche einbezogen werden müssen.

Dies wird in immer mehr Unternehmen erkannt. So wies die „E-MEA Power and Cooling Study 2006“ von IDC nach, dass CIO's die Energieversorgung und die tatsächlich genutzte Energie in den Rechenzentren als wichtigste Themen sehen (s.a. nebenstehende Abbildung).

Innerhalb der energieorientierten IT-Betrachtungen kommt dabei den Speicherlösungen eine besondere Rolle zu, sorgen nicht zuletzt die ständig wachsenden und zu speichernden Datenmengen für die Installation besonders energiehungriger Lösungen und Systeme.

Werden die Vor- und Nachteile und anwendungsspezifischen Besonderheiten von unterschiedlichen Speicherlösungen schon an andere Stelle dieses Papiers aus technischer, aufgabenbezogener und wirtschaftlicher Sicht behandelt, wurde das Thema Energieeffizienz noch nicht als Differenzierungsparameter potentieller Speicherlösungen eingebunden. Dort steht man in Bezug auf durchgängige Vergleichbarkeit von gemessenen Parametern und von den Methoden selbst noch am Anfang.



Es wird daher an dieser Stelle nur ein eher qualitativer, kompakter Abriss der grundsätzlichen Aspekte geboten, mit einigen Hinweisen auf mögliche Vorgehensweisen. Dennoch lassen sich schon jetzt systembedingt entscheidungsrelevante Aussagen zu den verschiedenen Speichertechnologien (Festplatte, Optical Disc wie DVD, Blu-ray, UDO, HD-DV und Bänder) zusammentragen. Dem Thema wird vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt, um es in der nächsten Fassung der Abhandlung vertieft einzubinden.

Standardisierte Methoden zum direkten Vergleich der Energieeffizienz von verschiedenen, jedoch ähnliche oder gleiche Aufgaben erfüllenden IT- Systemen sind noch nicht eingeführt. Wichtig ist aber, dass überhaupt konkrete Überlegungen in diesem wichtigen Feld angestellt und auch entsprechende Aktivitäten beobachtet werden.

Wie der Begriff Energieeffizienz schon vermuten lässt, geht es hierbei um die grundsätzliche Frage, wie effizient für IT-basierte Komponenten oder Systeme die zur Verfügung gestellte Energie genutzt wird. Dazu muss man aber auch alle Energieströme genau kennen.

Zum besseren Verständnis sei exemplarisch nur eine einzige IT-Komponente herausgegriffen, der Prozessor eines Rechners. Damit der Prozessor die Aufgaben erfüllen kann, für die er vorgesehen ist, z.B. Rechenoperationen ausführen etc., muss er mit Energie versorgt werden. Die Zuführung der Energie erfolgt mittels Strom, mengenmäßig (Einheit Watt) entsprechend der technischen „Größe“ des Prozessors, d.h. entsprechend seiner installierten Leistungsdaten. Jeder Nutzer weiß, dass der Prozessor beim Einsatz warm wird. Niemand benötigt diese Wärme, die deshalb aus reiner IT-Sicht auch als „Verlustwärme“ bezeichnet werden kann.

Daher ist immer wichtig, bei der Frage nach der Energieeffizienz eines physikalischen Gebildes vorab genau zu wissen, wozu dieses Gebilde letztlich zum Einsatz kommt. Das bekannte Beispiel der Glühbirne ist hier besonders einleuchtend:

Eine herkömmliche Glühbirne (mit Glühdraht) wird üblich als Lichtquelle genutzt, doch darin ist sie energetisch gesprochen absolut miserabel geeignet. Je nach verwendeter Technik kommen dem gewollten Einsatz, Licht zu spenden, lediglich 5 % der zugeführten Energie zugute. Der Bärenanteil von rund 95 % wird in Verlustwärme umgewandelt. Die Energieeffizienz einer solchen Glühbirne ist in ihrem ureigensten Anwendungsgebiet somit erschreckend schlecht und in Wirkungsgrad ausgedrückt lediglich mit einer Effizienz von  $\eta = 0,05$  gesegnet. Als Heizgerät eingesetzt würde die Glühbirne immerhin einen Wirkungsgrad von  $\eta = 0,95$  aufweisen (wenn man es physikalisch nicht zu streng nimmt). Schon an diesem Beispiel sieht man, wie wichtig es ist, bei Vergleichen auch über Gleiches zu sprechen und nicht Äpfel (Licht) direkt mit Birnen (Wärme) zu vergleichen.

Für den IT-Bereich bedeutet dies, dass man vor jedem anzustellenden Vergleich oder vor jeder Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Lösung genau wissen sollte, welche rein IT-bezogenen Aufgaben eine Komponente, ein System oder eine ganzheitliche Problemlösung (Soft- und Hardware) zu bewältigen hat, um dann über die Energieeffizienz Aussagen machen zu können.

**Definition:** Grundsätzlich gilt für ein zu betrachtendes IT-System oder ein RZ: Maßstab für die Energieeffizienz ist das Verhältnis der Energiemenge, die den rein IT-bezogenen Komponenten zugeführt wird (zur Erfüllung der originären IT-Aufgaben) zu der Energiemenge, die dem gesamten System/RZ zugeführt wird.

Auf das Prozessorbeispiel bezogen gilt: Ein Teil des zugeführten Stromes wird in Wärme umgewandelt und diese muss abgeführt werden, denn anderen Falls würde der Prozessor den „Wärmetod“ sterben. Viele PC-Nutzer wissen darum, dass IT-Leistung des Rechners bei nicht ausreichender Kühlung des Prozessors abfällt. Je weniger Verlustwärme bei gegebener Größenklasse eines Prozessors entsteht, desto energetischer arbeitet dieses Bauteil. Daher betreiben Hersteller von Prozessoren einen



sehr hohen Aufwand, diese effektiver zu entwickeln, besonders wichtig bei allen mobilen Geräten, wie z.B. bei Notebooks. Die Akkuleistungen von manchem Notebook haben nicht immer Schritt gehalten mit dem Energiehunger der eingebauten Komponenten, was sich dann in entsprechend kurzen Aufladeintervallen ausdrückt.

Bei einem Notebook wandelt aber nicht nur der Prozessor Strom in (Verlust-)Wärme um. Viele Komponenten tun dies. Das allein ist aus energetischer Sicht schon schlecht. Schlimm wird es erst, wenn man den Aufwand betrachtet, der für die Abführung der Wärme betrieben werden muss, d.h. letztlich für das Kühlsystem von Computereinrichtungen. So kann es auch nicht wundern, dass nahezu bei allen Komponenten, Systemen oder Rechenzentren hauptverantwortlich für schlechte Energieeffizienz die Kühlung / Klimatisierung ist.

Größte „Energiefresser“ (unphysikalisch ausgedrückt) sind im Rechenzentrum üblich die Kühl- und Klimaaggregate. Aber auch Licht, unter Strom stehende Sicherheitseinrichtungen oder im Einsatz befindliche Schaltgeräte, kurz um, alles, was sich sonst noch im Bereich des RZ zwecks Aufrechterhaltung des Betriebes befindet und energetisch versorgt werden muss, ist einzubeziehen.

Da bisher als vorwiegendes Kühlmittel in Rechenzentren Luft eingesetzt wird, ist eine wirtschaftliche Wärmerückgewinnung kaum darstellbar. Anders sieht es bei Wasserkühlung direkt der Prozessoren aus, die für Neuinstallationen von RZ' vorausgesagt wird. Über Wärmetauscher mit noch vernünftigen Wirkungsgraden lässt sich mit dieser Technik eine Wärmerückgewinnung darstellen und es wird Praxis werden.

Die nachfolgende Abb. 5.3.2 gibt einen Überblick über die grundsätzlichen Energiepfade eines Rechenzentrums. Die dort wiedergegebene Situation kann stellvertretend auch für andere physikalische Systeme genommen werden. Wendet man diese Systematik auf die verschiedenen Speichertechnologien an, fallen die enormen Unterschiede den Energiebedarf betreffend sofort ins Auge.

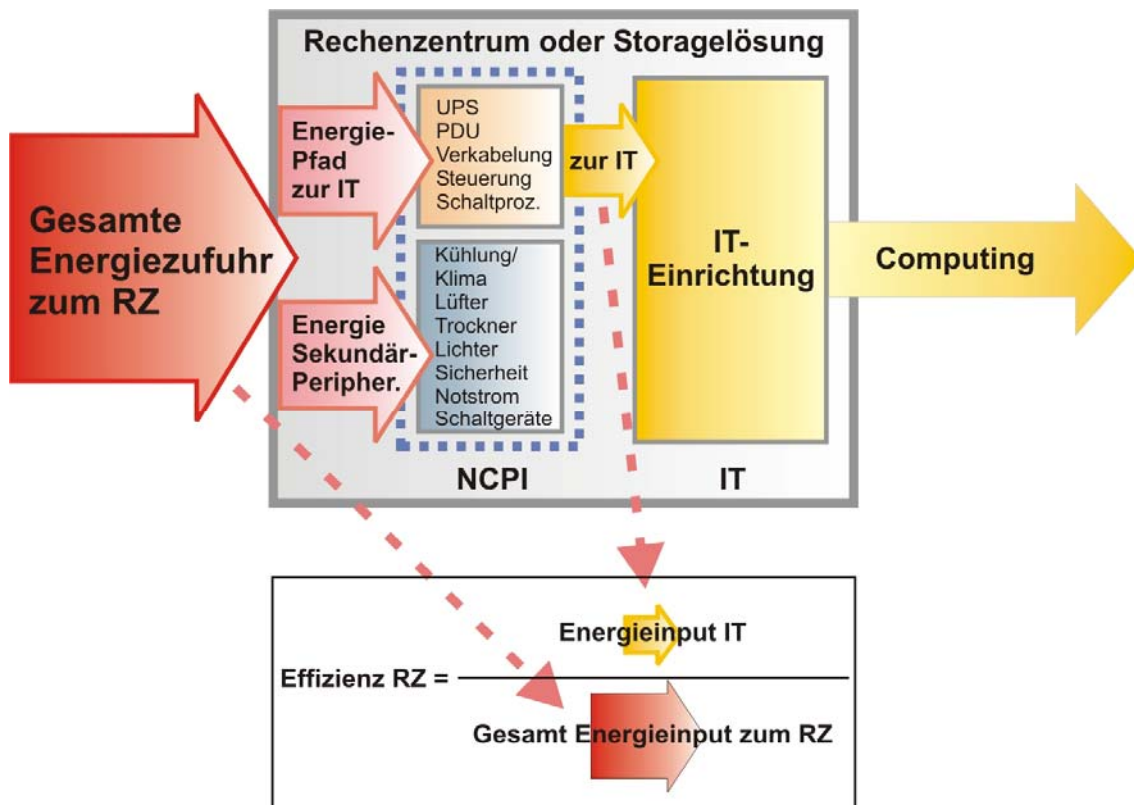


Abb. 5.3.2: Energiepfade eines RZ und Effizienzquotient [Quelle APC & ke 2007]  
(Legende: NCPI = data center's networkcritical physical infrastructure, UPS = uninterruptible power sources)



Nimmt man beispielsweise eine komplexe Speicheranwendung (wir sprechen hier von einer zu archivierenden Datensammlung, die langfristig, d. h. weit über fünf Jahre vorgehalten werden muss) mit entsprechend vielen Servern und vergleicht den Energiebedarf dieser Anwendung mit ihren permanent (24x365 Stunden) laufenden Festplatten mit einer Speicherlösung auf Basis Optical Disc, muss man kein Rechenkünstler sein, um sofort den enormen energetischen Bedarfsunterschied auszumachen.

### Praxisbeispiel

Es sei hier nochmals exemplarisch ein konkreter Fall aufgezeigt. Die nachfolgende Tabelle gibt die quantitative Situation für eine Rechnerinstallation wieder, welche primär für eine komplexe Archivierungslösung eingerichtet wurde:

Hilfskomponenten	[%]
Kühlung (Lüfter etc.)	35
Trockner	3
Kaltluftkompressor	9
Stromverteiler	5
Unterbrechungsfreie Stromversorgung	18
Lichter	1
Schalter/Generator	1
<b>Gesamtverluste</b>	<b>72</b>

Tab.: 5.3.1: Energiebedarf der Hilfskomponenten (Beispiel)

#### Die Zahlen bedeuten:

Bezogen auf die insgesamt von diesem Anwendungsfall benötigte Energie werden allein für die „Hilfskomponenten“ 72 % zur Verfügung gestellt. Für die originäre Problemlösungsaufgabe, d.h. die Realisierung beliebiger Zugriffe auf das digitale Archiv und einiger sonstigen IT-Aufgaben, stehen somit lediglich 28 % der aufgebrachten Gesamtenergie zur Verfügung, weshalb hier die Energieeffizienz lediglich 28 % beträgt.

Dies ist kein erfreuliches Ergebnis, aber auch kein abwegiges.

Ein Effizienzquotient von 0,28 gibt eine Praxissituation unserer IT-Landschaften wieder, die keineswegs selten auftritt.

Es sind noch bedenklichere Beispiele bekannt. So belegen aktuelle Studien, dass sich die Leistungsdichte in Rechenzentren in den letzten zehn Jahren mehr als verzehnfacht hat. In manchen Fällen werden mehr als DREIVIERTTEL des Gesamtstromverbrauches allein für die Kühlung des RZ eingesetzt. Energieeffizienz wird daher als ein immer wichtigeres Thema auch von den IT-Verantwortlichen erkannt. Dies nicht etwa primär aus Umweltschutzgründen, sondern insbesondere der Energiekosten wegen und nicht zuletzt aufgrund der Ausfallgefahr manch wichtiger IT-Komponenten (primär Festplatten), die bei steigender Wärmeentwicklung nichtlinear zunimmt.

Die aktuelle Wichtigkeit des Themas IT-Energieeffizienz für Anbieter wie für Anwender lässt sich auch an unterschiedlichen, ernsthaften Initiativen erkennen, die in Wirtschaft und Politik eingeleitet wurden, auch wenn in Deutschland die Handlungsgeschwindigkeit keineswegs rekordverdächtig erscheint.

So seien hier exemplarisch zwei (A und B) viel beachtete Initiativen auf der IT-Anbieterseite genannt, die sich dem Thema ernsthaft verschrieben haben:

**A. „The Green Grid“:** So nennt sich ein neu gegründetes globales (non-profit) Industrie-Konsortium, das die Energieeffizienz in Rechenzentren und Business-Computing-Ökosystemen verbessern möchte. Gleich zum Start hat The Green Grid drei White Papers vorgestellt, die vom technischen Komitee der Initiative erarbeitet wurden. Die Papiere richten sich an CIOs, RZ-Administratoren und Facility Manager und thematisieren Energieeffizienz und Empfehlungen zu deren Steigerung im Rechenzentrum.

Im Board of Directors des Konsortiums finden sich Vertreter von AMD, APC, Dell, HP, IBM, Intel, Microsoft, Rackable Systems, SprayCool, Sun Microsystems, VMware. Doch die Liste der aktiven Mitglieder ist länger und sei hier z. T. wiedergegeben:



1E, 365 Main, Active Power, Affiniti, Aperture, Azul Systems, BT plc, Brocade Communications, Chatsworth Products, Inc., Cherokee International, Cisco, Cold Watt Inc., COPAN Systems, Digital Realty Trust, Eaton, Force10 Networks, Netezza, Juniper Networks, Pillar Data Systems, Panduit Corp., QLogic, Rackspace Managed Hosting, SGI, SatCon Stationary Power Systems, Texas Instruments, The 451 Group, Vossel Solution und Novell.

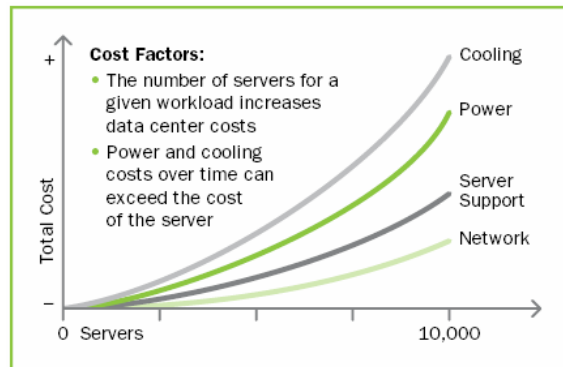


Abb. 5.3.3: Energieströme (rein qualitative)  
[Q: Green Grid]

Bei dieser geballten Kraft an Möglichkeiten ist man geneigt, von The Green Grid Wesentliches zu erwarten, dem hochaktuellen Thema angemessen. Diese Unternehmen werden gemeinsam an neuen anwenderorientierten Metriken, Methoden, Technologiestandards und Best Practices für das Management von Rechenzentren weltweit arbeiten und nachfragenden Anbietern und Anwendern nachhaltige Hinweise für die Effizienzsteigerung im IT-Bereich geben.

- B. „Climate Savers Computing Initiative“ - CSCI:** An der Spitze dieser Initiative aus führenden Unternehmen der IT-, und Energiebranchen sowie Umweltorganisationen stehen Intel und Google. Ziel ist es, energiesparenden Technologien zum Durchbruch zu verhelfen, um so einen Beitrag für den Klimaschutz durch Reduzierung von Treibhausgasen zu leisten. Die CSCI hebt hervor, sich von vielen anderen Aktivitäten und Initiativen schon durch die konkreten eigenen Zielvorgaben zu unterscheiden. Man hat vor, bis 2010 die IT-relevante Energieeffizienz auf 90 % zu schrauben (Effizienzzahl 0,9), ein in der Tat sehr ehrgeiziges Ziel. Dadurch sollen nach bisherigen Berechnungen rund 54 Mio. Tonnen Treibhausgase vermieden und so zusätzlich rund 5,5 Milliarden US \$ an Energiekosten eingespart werden.

Betrachtet man die heute für umfassende Speicherlösungen eingesetzten Kern- und Peripherietechniken, kann man mit geschlossenen Augen das Potential für die genannten Energieeinsparungen ausmachen, lediglich der Zeitrahmen bis zur Zielerreichung mag zu ehrgeizig sein. Es gibt so manches RZ, das sich problemlos in die Reihe von Wärmekraftwerken bis in den MW-Bereich hin einordnen könnte und weniger als RZ. Damit sich dies ändert, haben sich zu den beiden oben genannten Firmen noch Partner wie AMD, Dell, EDS, HP, IBM, Lenovo oder Microsoft gesellt und nicht zuletzt der WMF. Diese Umweltorganisation gilt mit seinem Climate-Savers-Programm als eigentlicher Initiator der CSCI. Neben Energiekonzernen wie Pacific Gas sind auch Endkunden wie Starbucks als Mitstreiter zu nennen. Die Gruppenmitglieder haben sich untereinander verpflichtet, nicht nur energieeffiziente Geräte zu bauen, sofern sie Hersteller sind, sondern diese auch in ihren eigenen Unternehmen einzusetzen.

In ihren Grundzielen orientiert sich die CSCI an den von der EPA gesetzten "Energy-Star"-Richtlinien, fordert aber in einigen Punkten für sich selbst mehr. So setzt die EPA eine Energieeffizienz von 80 Prozent an, die Initiative will aber, wie erwähnt, bis 2010 bei 90 Prozent stehen und im Serverbereich gar bei 92 Prozent.

## Perspektive

Trotz aller Anstrengungen, energieschonendere IT- und Speicherlösungen zu realisieren, ist es Fakt, dass die Wachstumsrate bzgl. Installation neuer Rechnerkapazitäten noch eine ganze Weile merkbar höher liegt als die Fortschritte in energiesparender Technik. Mit Schuld daran ist die durchgängig zu beobachtende Praxis, neu zu installierende Rechnerleistungen stets zu maximieren, d.h. zu hoch anzusetzen, auch wenn die Auslastung der dann installierten Rechnerkapazitäten nur selten auch nur annähernd wirtschaftliche Größenordnungen erreicht (ganz extrem zu sehen im Home-Sektor, aber Fakt auch im professionellen Bereich).



### Praxisbeispiel 1 (von IBM)

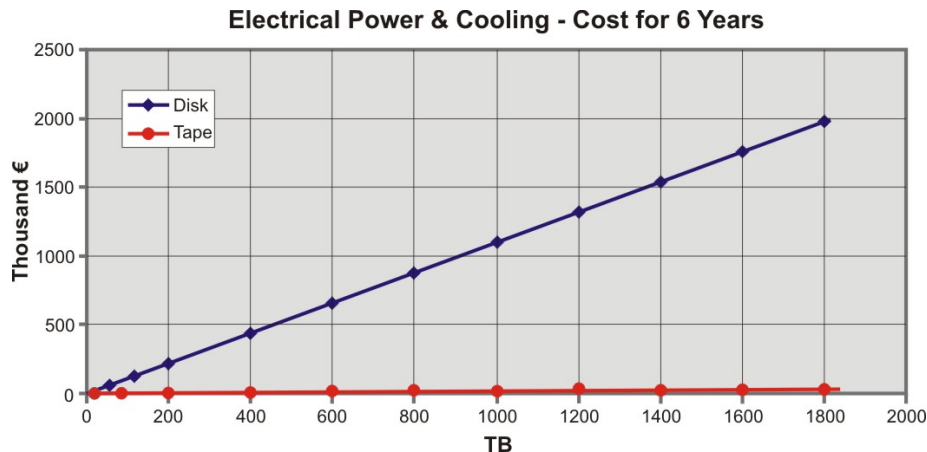


Abb.5.3.4: Platte vs. Tape - Kosten Strom und Kühlung gerechnet über 6 a [IBM]

Die Abbildung steht für den Energiehunger von Platten-Arrays im Vergleich zum Tape-Einsatz. Der Verlauf der Kurve für die Tape-Kosten ist hier aus rein optischen Gründen etwas angehoben – bei dem gegebenen Darstellungsmaßstab in der Abbildung würde die Tape-Linie sonst strikt waagrecht verlaufen.

Der hier aufgezeigten Kostenverhältnisse Array/Tape ergeben sich ebenso für eine Hybrid-Lösung unter Einsatz von Optical Disc (anstelle Tape), weil auch die OD, wie das Tape, nur in Betrieb geht, wenn konkrete Zugriffe auf die Daten erfolgen (die Platten müssen sich zwangsweise 24x365 h/a drehen, was die bekannten energetischen Konsequenzen hat).

### Praxisbeispiel 2 (von IBM)

IBM installierte in 2006 **3.116 PB Tape Storage!**

- ⇒ Um dieses mit Disk zu ersetzen, sind 432 MW für Strom & Klima notwendig!
- ⇒ Ein Atomkraftwerk hat ca. 1.000 MWel Leistung!
- ⇒ Um erwähnte Tape-Kapazität durch Disk abzulösen, wäre ca. alle zwei Jahre ein neues Kernkraftwerk notwendig.
- ⇒ Weil IBM keine Atomkraftwerke installiert, wird am Tape-Einsatz festgehalten.

Hinweis: Für den Einzelfall, d.h. für einzelne Speicherlösungen, sieht eine energetische Systembetrachtung für dort installierte Optical-Disc-Kapazitäten ganz ähnlich aus.

## 5.4 Einige Technologievergleiche

### Festplatte versus Tape im Vergleich zu Optical Devices

Schaut man in die Vergangenheit, galt stets, dass ein Kostenvergleich zwischen Festplatte und Band beim Backup klar zugunsten der Bandmedien ausfiel. Mit den aktuellen SATA-Laufwerken muss ein Kostenvergleich schon differenzierter betrachtet werden. Dies heißt auch, nicht nur die Medienkapazitäten zu vergleichen, denn da konnten nicht nur für die Platten extreme Fortschritte erzielt werden - Ende offen. Auch für die Bänder wurden die Kapazitäten in gleichem Maße gesteigert. Und nach wie vor fällt ein reiner Medienvergleich, beispielsweise im Terabytebereich (TB) zugunsten der Bänder aus. Doch ein solcher Vergleich hinkt insofern, als Plattenpreise das Laufwerk gleich einschließen, während für die Tape-Laufwerke zusätzliche Mittel erforderlich sind. Um platten- und tapegestützte Lösungen korrekt einzuordnen, sollte man daher ein RAID-System gleich mit einem Autoloader vergleichen.



Unabdingbar ist in jedem Falle eine Differenzierung in der Bewertung möglicher Systeme. So kann ein SATA-RAID-System in einigen Kapazitätsbereichen preiswerter sein als ein LTO-System, während es bei anderen Kapazitäten umgekehrt ist. Hat man es beispielsweise mit sehr großen Datenvolumina zu tun, wie häufig in der Langzeitarchivierung, die ein Auslagern von Bändern aus der Library nötig machen, ist eine Bandlösung preisgünstiger (mit entsprechenden Abstrichen in den Zugriffszeiten).

Um praxisingerecht vergleichbare spezifische Zahlen für Kosten verschiedener Lösungstechnologien und auch Medien zu erhalten, ist es nicht ausreichend, nur die reinen Investitionskosten heranzuziehen und beispielsweise nur auf gleiche Kapazitätswerte hochzurechnen. Es muss ein gesamtheitlicher Ansatz gefahren werden, der auch eine Größe wie Energieeffizienz berücksichtigt. Damit nicht genug. Die kompletten Betriebskosten müssen auch auf die Medien umgelegt werden, um spezifische Aussagen fällen zu können.

In diesem Sinne werden für die nächste Version dieses White Papers „Speichertechnologien im Überblick“ entsprechende Zahlen zusammengetragen.

## 5.5 Lebensdauer von Speichermedien

Bevor man sich Gedanken zur Lebensdauer einzelner Medien oder ganzer Speicherlösungen macht, muss geklärt sein, um welche Daten es sich überhaupt handelt, die es zu speichern oder in eine Gesamtlösung einzubinden gilt.

### 5.5.1 Aufbewahrungsfristen und Zugriffshäufigkeit

Daten unterliegen rechtlichen und praktischen Anforderungen, was die Dauer ihrer Verfügbarkeit anbetrifft. Insbesondere die rechtlichen Bedingungen zu den sog. Aufbewahrungsfristen und zur Art der Aufbewahrung selbst wurden in den letzten Jahren stetig verschärft, auch getrieben durch die Globalisierung des Wirtschaftslebens (s. dazu auch 5.1: Compliance).

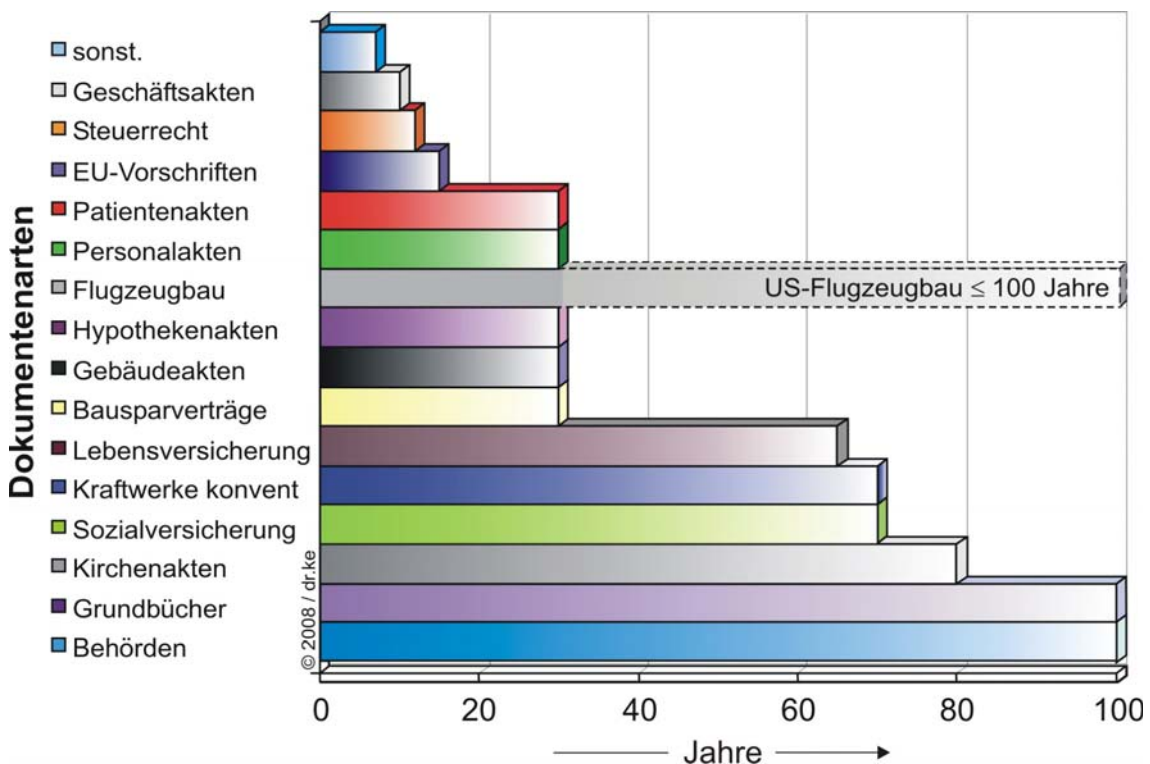


Abb.5.5.1.1: Praktische/rechtliche Aufbewahrungsdauer von Dokumenten [dr. ke]



Die in Abbildung 5.5.1.1 zusammengestellte Auswahl an Geschäftsbereichen und Branchen gibt einen Überblick sowohl über rechtlich verpflichtende Aufbewahrungsfristen von Dokumenten wie über solche, die sich in der Praxis als Fakt nach und nach herausgebildet haben.

Alleine aus den geforderten Aufbewahrungsfristen, sei es aus praktischen Gründen oder aus rechtlichen, zeigen, wie irrelevant aktuell manche Diskussionen über einzusetzende Technologien bei der Langzeitarchivierung sind. Mit praktischen Gründen ist die Tatsache gemeint, dass die tatsächlich in der Praxis nötigen Aufbewahrungsfristen häufig die rein rechtlich geforderten erheblich übersteigen, man denke nur an ein mit der Geburt eines Kindes angelegtes Sparbuch mit Einmaleinzahlung, wenn der Erdenbürger 100 Jahre oder älter wird.

Wenn es um die Gestaltung der richtigen Speicherlösung geht, muss man bezüglich der zu speichernden/archivierenden Daten nicht nur auf deren geforderte bzw. erwartete Lebensdauer achten, sondern auch auf die spezielle Art der Daten, d.h. auch auf die Häufigkeit, mit der auf die Daten im Hinblick auf die Zeitskala zugegriffen werden wird. Dies ist deshalb wichtig, weil wir uns hier speziell mit Langzeitarchivierung beschäftigen. In der nachfolgenden Abbildung ist ein typisches Muster (rein qualitativ!) für die Zugriffshäufigkeit im Langzeitarchiv abgelegter Daten wiedergegeben:

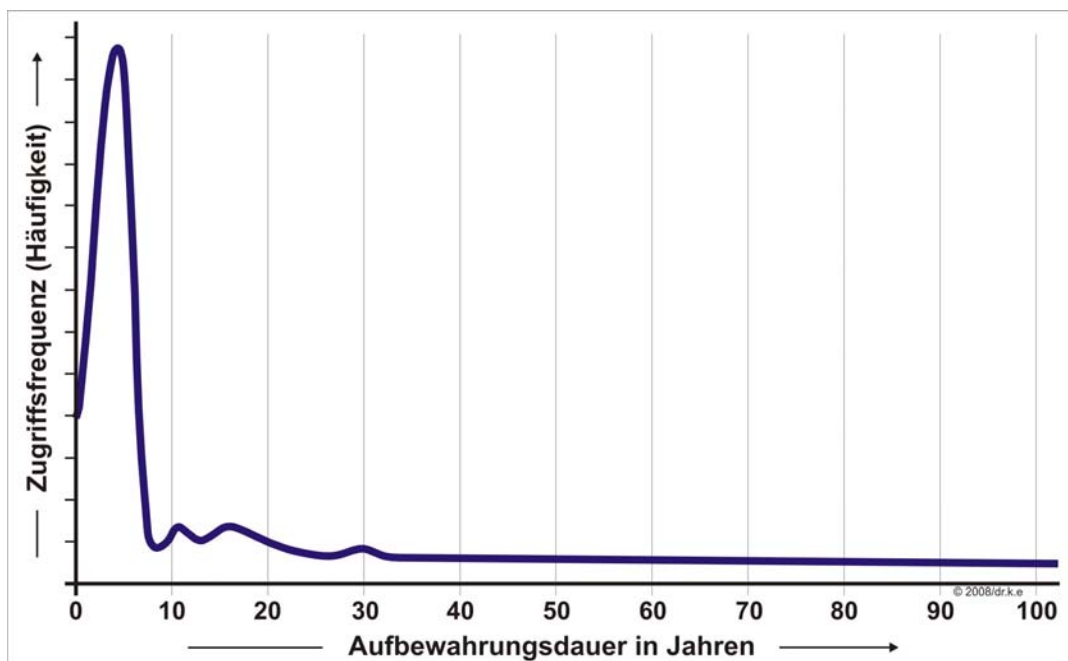


Abb. 5.5.1.2: Zugriffshäufigkeit auf Daten in Abhängigkeit ihrer Lebensdauer [ke 2007]

- Verlauf rein qualitativ für Mix aus Anwendungen -

Wenn man als den Normalweg die Migration von lange aufzubewahrenden Daten im Jahrestakt beschreiten möchte, unabhängig von jeglichen Kosten- und Sicherheitsaspekten, stellt sich in der Tat weder die Frage nach der Lösungs- oder Medienlebensdauer, noch die nach der auszuwählenden Technologie. Dann kann man getrost mit geschlossenen Augen handeln. Doch wenn man wirtschaftlich und sicherheitsorientiert vorgehen möchte, also streng problemorientiert, sollte man sich nicht nur die geforderten Daten-Aufbewahrungsbedingungen anschauen und die zu erwartende Zugriffshäufigkeit in den verschiedenen Zeitabschnitten der Datenlebensdauer, sondern alle entscheidungsrelevanten Parameter. Wer dies nicht tut, handelt für sich und sein Unternehmen leichtfertig, um es zurückhaltend auszudrücken.



### **5.5.2 Medien: Fehlerquellen und Lebensdauer**

Fast nichts von Hand Geschaffenes ist für die Ewigkeit und das trifft selbstverständlich auch auf die zur Verfügung stehenden Speichermedien zu – und insbesondere auf die Laufwerke, in denen sich die Medien im Praxiseinsatz befinden. Allerdings gibt es ganz erhebliche Unterschiede in der Lebensdauer verschiedener Medien. Man denke nur an den Dreischriftenstein oder andere Speicher-Zeugnisse vergangener Jahrtausende. Für heutige Speicherprobleme lässt sich dieser Vorteil an Lebensdauer jedoch nicht wirklich nutzen, sieht man von dem Medium Papier einmal ab, das in ganz spezifischen Anwendungsfeldern nach wie vor seine Berechtigung hat, für besonders lange Speicherzeiten eingesetzt zu werden. Aber gerade bei solchen Anwendungen muss häufig ein erheblicher Aufwand im Sicherheitsbereich getrieben werden, denkt man nur an die unwiederbringlichen Werte, die beispielsweise beim Brand von historischen Bibliotheken entstehen können (wie 2004 Brand der Herzogin Anna Amalia Bibliothek, Weimar).

Wird eine Speicherlösung zur Langzeitarchivierung gefordert, die zudem stets einen sehr zeitnahen (also sofortigen) und ständigen, dauerhaften Zugriff auf jegliche Daten ermöglichen und zur direkten Nutzung dem Nachfrager zur Verfügung stellen soll, stehen aus Praxissicht nur digitale Lösungen an.

So vielfältig, wie die Anforderungen der Praxis sind, so vielschichtig kann ein Speichersystem aussehen. Es kann je nach Einzelanforderungen Festplattensysteme genauso enthalten wie Bandsysteme und optische Speicherkomponenten (Hybridlösung). Alle drei Technologien weisen in den zum Einsatz kommenden Medien verschiedene Lebensdauern auf, mit teilweise ganz erheblichen Bandbreiten.

Die Lebensdauer sowohl von Festplatten wie von den meisten Bändern werden (nur) nach einigen Jahren gemessen (Optical Disc und ganz spezielle Bänder liegen weit darüber). Dabei geht es natürlich nicht um irgendeine Lebensdauer, bei der sich eine Platte gerade noch dreht oder ein Band noch Vorschub zeigt, sondern um die Dauer, für welche vom Anbieter Garantien ausgesprochen werden, dass ganz bestimmte medien- und datenspezifische Fehlerhäufigkeiten beim Einsatz des jeweiligen Mediums nicht überschritten werden.

Fachlich ausgedrückt geht es um die durchschnittliche Anzahl an Betriebsstunden, bevor eine Festplatte ausfällt. Ist die Platte dann irreparabel, definiert dies den „**Mean Time To Failure**“ (MTTF), kann sie wieder repariert werden, definiert diese Betriebsstundenzahl den „**Mean Time Between Failures**“ (MTBF). Alle diese Angaben zur Haltbarkeit eines Mediums sind stets und ausschließlich statistischer Natur.

#### **Fehlerquellen beim Einsatz von Festplatten (exemplarisch)**

Bei Festplatten können Fehler sowohl im reinen Medienbereich wie auch im untrennbar damit verbundenen Plattenlaufwerk auftreten. Nachfolgend sind einige Fehlerquellen genannt, die in der Praxis zu beobachten sind. Anbieter von Festplatten unternehmen entsprechende Anstrengungen im Soft- und Hardwarebereich, um sie in ihrer Auswirkung möglichst gering zu halten (s.a. Kapitel 4.4):

- ⇒ Sehr häufig sind Totalausfälle und Plattenfehler auf thermische Probleme zurückzuführen, insbesondere bei den schnell drehenden Systemen (s. a. Hinweis unter Energieeffizienz Kapitel 5.3).
- ⇒ Beim mechanischen Aufsetzen des Schreib-Lesekopfes kann es zum gefürchteten Head Crash kommen, immer noch ein recht häufig auftretendes Problem (Umfeldinflüsse wie Staub, Feuchte, etc.). Dabei setzt der Schreib-/Lesekopf auf der Platte auf. Der Kopf schwebt im Betrieb über der Platte und wird nur durch ein Luftpolster am Aufsetzen gehindert, das durch die von der drehenden Scheibe mitgerissene Luft entsteht.



- ⇒ Elektronische Fehler (Steuerelektronik) und unausweichlicher Verschleiß der Mechanik führen zu Ausfällen.
- ⇒ Äußere Magnetfelder können die Sektorierung der Festplatte irreversibel zerstören. Eine Löschung durch ein Magnetfeld macht neuere Festplatten unbrauchbar
- ⇒ Doch auch längerer Standzeiten können dazu führen, dass die Mechanik durch die etwas zäher werdenden Schmierstoffe „stecken“ bleibt oder so schwergängig wird, dass die Platte gar nicht erst anläuft („sticky disk“). Allerdings sind moderne Schmierstoffe inzwischen so gut, dass derartige Fehler nur noch äußerst selten zu beobachten sind.

Letztlich bleibt festzuhalten, dass es eine genaue Voraussage der Lebensdauer einer Festplatte nicht gibt. Es bleibt ein statistisches Problem, weshalb MTTF und MTBF auch nur statische Werte sind. Erst mit dem Crash manifestiert sich die Lebensdauer.

Neben den oben angegebenen Fehlerursachen gibt es weitere Faktoren, welche einer exakten Angabe der Lebensdauer einer Festplatte entgegen stehen:

- ⇒ Erschütterungen, z.B. durch extern herbeigeführte Vibrationen oder Stöße, können zu erhöhtem bzw. vorzeitigem Verschleiß der Lager führen.
- ⇒ Die Häufigkeit der Zugriffe geht direkt in die Lebensdauer einer Festplatte ein. Wächst die Frequenz der Kopfbewegungen, steigt auch die Fehlerwahrscheinlichkeit, speziell in der Mechanik.
- ⇒ Nochmals Stichwort Energieeffizienz: Wird eine Festplatte in zu hoher Umgebungstemperatur gefahren, treten schnell thermische Probleme bis zum Totalausfall auf, d. h. die thermischen Umgebungsparameter einer Platte gehen direkt in Ihre Lebensdauer ein. Die von den Herstellern genannten zulässigen oberen Betriebstemperaturen gelten allgemein als verlässlich gewählt, weil bis zu diesen Temperaturen Festplatten nur sehr selten thermische Probleme haben.
- ⇒ Für Plattenanbieter ist es gerade der statistischen Basis von Lebensdauerangaben wegen schwer, bei Modellwechseln etwas Genaueres zu sagen. Man kann nie von einem Plattenmodell auf andere schließen und so beginnt mit jedem neuen Modell ein Herantasten an die tatsächlich zu erwartende Lebensdauer. Man muss eben statistisch ausreichend viele Platten eines Modells im Einsatz beobachtet haben, bis man verlässliche Angaben zur erwarteten Lebensdauer machen kann.
- ⇒ Platten in Notebooks unterliegen durch die häufigen Transporte besonderen mechanischen Beanspruchungen. Obwohl dort schon oft speziell gedämpfte Plattenaufhängungen zum Einsatz kommen, sind diese Platten mit einer geringeren MTTF behaftet als Desktop-Festplatten.

Generell gilt, dass Server-Festplatten für höhere MTTF ausgelegt sind als dies bei normalen Desktopplatten der Fall ist. Somit sollte man bei Serverplatten auch eine entsprechend höhere Lebensdauer erwarten dürfen. Doch obige Faktoren, d.h. die Praxis, sprechen häufig dagegen, denn Server laufen nicht nur im Dauerbetrieb, sondern üblich haben sie auch bedeutend höhere Zugriffsfrequenzen zu überstehen und das geht eben zu Lasten der Mechanik (Schreib-/Lesekopf) und insgesamt der Platten. So wundert es letztlich nicht, dass man bei Serverplatten auch nur von einigen Jahren als Lebensdauer spricht. Es gibt viele Fälle, wo sie in der Praxis aus rein prophylaktischen Gründen ausgetauscht werden, um keine Datenverluste zu riskieren, auch wenn sie noch im Einsatz bleiben könnten. Aber schließlich zählt nur das, was in der Praxis realisiert wird bzw. verantwortet werden kann.

Insgesamt wundert es daher auch nicht, dass von den Herstellern keine genauen Lebensdauern angegeben werden, lediglich Richtwerte. Diese kann man verlässlich in den Bereich von 5 – 10 Jahren ansiedeln, je nach Einsatzart (auch wenn sie dann doch früher ausgetauscht werden sollten).



## **Fehlerquellen beim Einsatz von Tapes**

Moderne Magnetbänder sind hochtechnologische und zugleich äußerst empfindliche Medien. Bei unsachgemäßem Einsatz ist unwiderruflicher Datenverlust oder Totalverlust des Mediums (Zerstörung) vorprogrammiert. Tapes vertragen weder Hitze noch Kälte, weder Staub noch Feuchtigkeit und Magnetfelder sind ebenso zu meiden, selbst wenn sie schwach sind.

In der Praxis gibt es viele Orte, an denen keine Tapes zur Anwendung kommen sollten, doch häufig sind IT-Manager darüber nicht ausreichend informiert. Der Standort einer Tape-Library bzw. von Loaders sollte immer kühl, staubfrei, trocken und erschütterungsfrei sein. Tapes sind schwerpunktmäßig im Backup eingesetzt. Nimmt man Datensicherung ernst, müssen die entsprechenden Tapes physikalisch transportiert werden, um an verteilten Orten gelagert werden zu können. Dabei nehmen sie häufig Schaden, bis hin zum Totalverlust, wenn sie nicht in speziellen Schutzhüllen transportiert werden, was immer wieder vernachlässigt wird. Solche Transporte sollen möglichst erschütterungsfrei und zügig erfolgen, um größeren transportbedingten Temperaturschwankungen zu entgehen. Die meisten Fehler resultieren aus unsachgemäßem Gebrauch und zu belastenden Umfeldbedingungen, meist gepaart mit Unkenntnis über die Empfindlichkeit von Bändern und ihrer Laufwerke.

**Fazit:** Bandmedien sollten in regelmäßigen Abständen gewechselt werden. Diese Abstände haben nichts mit der grundsätzlichen Lebensdauer zu tun. Das Wechselintervall hängt primär von der Einsatzart des Mediums ab. Entscheidend ist die Einsatzfrequenz, d.h. die Häufigkeit des Lesens und Schreibens. Ferner hat die Beanspruchung des Bandes durch Stop- und Go-Betrieb wesentlichen Einfluss (durch eher mäßigen Datenstrom kommt das Band nicht dazu, in voller Geschwindigkeit beschrieben zu werden, weshalb es immer wieder stoppt, um auf Daten zu warten). Getauscht werden müssen die Medien aber nicht mehr nach Gefühl, sondern die modernen Bänder zeigen an, wann es Zeit dazu ist (in Abhängigkeit von Verschleißmessungen). Nur durch häufigeres Bandwechseln ist das geforderte Maß an Datensicherheit zu gewährleisten.

## **Fehlerquellen beim Einsatz von Optical Disc**

Optical Disc werden berührungslos beschrieben und gelesen. Somit unterliegen die Medien keinerlei mechanischer Abnutzung. Dennoch gibt es, wie bei Festplatte und Tape auch, physikalische Vorgaben, was die Einsatzumgebung anbetrifft, sowohl für die Laufwerke, wie für die Medien. Staub, hohe Luftfeuchtigkeit, starke Erschütterungen während des Zugriffs und starke Temperaturschwankungen sind zu vermeiden. Die Grenzwerte für diese Parameter liegen aufgrund der Robustheit der Technik und der Medien jedoch höher als bei Festplatte und Tape.

Was die Medien anbetrifft, sind starke Kratzer auf der Trägerschicht zu vermeiden. Um aber selbst dann noch korrekt auslesen zu können, werden ausgeklügelte Verfahren zur Fehlerkorrektur eingesetzt. Die beiden wichtigsten Fehlerkorrekturen sind Paritätsbits und Interleaving.

Paritätsbits sind Informationen, die den Nutzdaten hinzugefügt werden, um die Korrektheit der Nutzdaten überprüfen bzw. korrigieren zu können (man speichert beispielsweise in einem Paritätsbit, ob die Quersumme eines Bytes gerade oder ungerade ist). Werden mehrere Paritätsbits verwendet, die auf unterschiedliche Art und Weise gebildet wurden, wird so eine Redundanz erzeugt, mit der man in der Lage ist zu kontrollieren, ob ein Byte bzw. ein Frame korrekt ausgelesen wurde. Mit steigender Redundanz ist es möglich, Fehler nicht nur zu erkennen, sondern auch zu korrigieren.

Häufig werden die Nutzdaten zusätzlich nach einem definierten Verfahren über mehrere Datenpakete hinweg ineinander verschachtelt mit dem Ziel, dass zusammengehörende Datenpakete nicht nebeneinander auf der CD gespeichert werden (Interleaving).



Beim Auslesen der CD wird diese Verschachtelung wieder rückgängig gemacht, so dass ein evtl. vorhandener Fehler, z.B. Kratzer, in kleinere Einzelfehler aufgeteilt wird, welche durch eine angemessene Anzahl von Paritätsbits wieder ausgeglichen werden können. So können Daten selbst dann noch ausgelesen werden, wenn Kratzer einige mm lang sind (jedoch nicht zu tief). Zu starke Oberflächenverletzungen bedeuten auch bei diesem Medium Datenverlust. Werden dagegen Laufwerke defekt, betrifft dies im Normalfall nicht die Medien, womit auch die Daten nicht betroffen sind.

Durch Schmutz auf der Linse und durch natürliches Altern (Langzeitarchivierung), ggf. durch widrige Umgebungsverhältnisse begünstigt, kann der reflektierte Laserstrahl zunehmend asymmetrisch werden, was zu Lesefehlern auf diesem Laufwerk führen kann. Solche „Tracking-Fehler“ (Spurfehler) lassen sich jedoch selbst bei diesen Laufwerken durch elektronische Maßnahmen vollkommen beheben (Datenverluste treten durch derartige Lesefehler ohnehin nicht auf, denn die Medien bleiben von solchen Veränderungen an der Optik unberührt).

### Kurzüberblick Medien-Lebensdauer

Was bezüglich mechanischer Belastung für die Festplatte gesagt wurde, gilt mit einigen Modifizierungen letztlich für die **Tape-Lebensdauer** ebenso.

Auch dort kann mit gutem Praxiswissen eine Spanne von 5 - 10 Jahre genannt werden, denn sie unterliegen extremen mechanischen Belastungen, selbst wenn sie nur während der Zugriffszeiten beansprucht werden und keinen Dauerbetrieb erleiden müssen.

Beim Tape ist es in der Praxis aber häufig müßig, über die Medienlebensdauer zu philosophieren, denn aus generellen Sicherheitsgründen werden Datenmigrationen bei diesem Medium in viel kürzeren Zeitspannen vorgenommen als es die reine Lebensdauer verlangt.

Medium	Lebensdauer / Jahre g=gesichert, v=vermutet
Säurefreies Papier	mehrere 100 (g)
PET-Schwarzweißfilme	≤ 1.000 (v)
Säurehaltiges Papier	70 - 100 (g)
Filme auf Zelluloid <sup>*)</sup>	50 - 70 <sup>*)</sup> (g)
Optical Disc BD, UDO	> 50 (v)
Optical Disc DVD	≥ 30 (v)
Magnetbänder	5 - 10 (g)
Magnet. Spezialbänder	≤ 30 (v)
Festplatten	5 - 7 (statistisch)

<sup>\*)</sup> Hersteller gibt mehrer hundert Jahre an

Tab.: 5.5.2.1: Überblick Medien-Lebensdauer

Unter den digitalen Medien können sich neben dem Film nur die optischen Vertreter rühmen, Lebensdauern auch im oberen Bereich der rechtlichen Datenaufbewahrungsfristen absichern zu können. So garantieren sowohl die Hersteller der Blu-ray wie der UDO eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahren.

Natürlich kann es nicht wundern, dass niemand bisher die möglichen Grenzen der Optical Disc bezüglich Lebensdauer ausgelotet hat. Alle neuen Mediengenerationen werden jedoch künstlichen Alterungsverfahren unterworfen, um bessere Abschätzungen zu bekommen. Schon heute fühlt man sich speziell für die BD und UDO recht sicher, von merkbar mehr als 50 Jahren sprechen zu können. Doch im Markt muss man auf der sicheren Seite bleiben, weshalb aktuell erst einmal 50 Jahre stehen, denn letztlich geht es um viel, um die Daten von Unternehmen, Behörden, Organisationen, ganzer Kulturen, weltweit.

Aktuell haben einige namhafte Hersteller von Festplatten im eigenen Lager eine Diskussion begonnen, über die begrenzte Lebensdauer von Plattensystemen, wobei der Markt nicht ganz versteht, was damit bezweckt werden soll. Zumindest wurde dabei nochmals hervorgehoben, wie wichtig zeitweiliger Medien- und Teilsystem-Ersatz für die Datensicherheit ist und dabei wurden Lebensdauern merkbar unter den in Tabelle 5.5.2.1 genannten Grenzwerten diskutiert. In diesem Zusammenhang sei auch nochmals auf das Zitat unter 4.4.1 (Praxisanmerkung zur Sicherheit von Plattensystemen) verwiesen, das in die gleiche Richtung weist.



Was die optischen Medien anbetrifft, hat man in den letzten Jahren enorm an Sicherheit gewonnen, was Aussagen zur Lebensdauer anbetreffen, wie o. beschrieben. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass auch optische Speicher-Lösungen Laufwerke und Libraries (Jukeboxen) einsetzen, d.h. Geräte mit Mechanik (Wechsler in Jukeboxen) und Elektronik. Doch die Schreib-/Leseköpfe der Laufwerke arbeiten berührungslos und so unterliegen die Medien keiner dadurch bedingten Abnutzung. Die Jukeboxen sind zudem so robust gebaut (seit Jahrzehnten mit ausgefeilter Technik), dass Speicherlösungen auf Basis von Optical Disc alle anderen diskutierten Anwendungen der digitalen Archivierung überdauern.

### **Wichtig ganz besonders bei optischen Medien**

Jede Speicherlösung ist im Hinblick auf Fehlersicherheit nur so gut wie die Medien es zulassen. Billigprodukte im CD- und DVD-Bereich haben den Markt längst überschwemmt und manch professioneller Nutzer konnte den „Geiz“-Preisen nicht widerstehen. In letzter Zeit häuften sich die Klagen gerade solcher Anwender, die auf derartigen Medien gespeicherte Daten verloren oder beschädigt und nicht mehr nutzbar aufgefunden haben. Es ist ganz speziell für Disc und Tape immer wieder darauf zu verweisen, dass nur absolute Qualitätsprodukte auch wirklich Qualität bringen. Billig-CD's geben ihren Geist auch schon mal nach zwei Jahren oder gar früher auf. Leider haben solche Fälle bei einigen weniger informierten Analystenkollegen zu der Meinung geführt, die Lebensdauer von optischen Medien seien bisher zu hoch angesetzt. Für Qualitätsmedien, dies sei an dieser Stelle nochmals hervorgehoben, müssen jedoch keinerlei Abstriche an den publizierten Lebensdauerangaben vorgenommen werden.

## **6. FAZIT UND SCHLUSSBEMERKUNG**

Wenn man vor der Notwendigkeit steht, Lösungen für anstehende Aufgaben in der Speicherung / Archivierung umfangreicher Informationssammlungen (Dokumente, etc.) zu finden, ist es aus wirtschaftlicher, inhaltlicher und unternehmensstrategischer Sicht unabdingbar, sich die überschaubare Bandbreite der einsetzbaren Technologien genau anzusehen.

Betreibt man die Technologie- und Lösungsanalyse gepaart mit genauer Kenntnis der zu speichernden Dokumente im Hinblick auch auf ihre „Lebendigkeit“ entlang der Zeitskala gesehen (d.h. im Hinblick auf die erwartete Zugriffshäufigkeit über den gesamten Lebenszyklus der Dokumente), dann werden folgende Erkenntnisse ein wichtiges Resultat sein:

- ✓ Festplattenlösungen haben ihre Stärken, ganz besonders im ersten Abschnitt von Dokumenten-Lebenszyklen, in denen die Zugriffsfrequenz sehr hoch ist.
- ✓ Bandlösungen haben ihre Stärken, ganz besonders im Backup (Stichwort: Hybridlösungen zusammen mit Platten-Arrays).
- ✓ Optische Lösungen haben ihre Stärken, ganz besonders in der Langzeitarchivierung (und in besonderen Fällen als Hybridlösung selbst im Backup, z.B. für Anwendungen im Mittelstand).
- ✓ Alle Technologien haben ihre Stärken und Schwächen. Eine Kombination kann Stärken bündeln und Schwächen neutralisieren.
- ✓ Betrachtet man den gesamten Lebenszyklus vieler Dokumente, gilt immer mehr: Speicherlösungen finden und Storage Management stehen nicht primär für die Frage nach dem Entweder-oder, sondern in vielen Fällen nach dem Sowohl-als-auch.



## 7. Glossar

<b>Blu-ray™ Disc (BD)</b>	Die Blu-ray Disc ist ein optischer Speicher, in der Größe einer CD und mehrschichtig aufgebaut wie eine DVD, jedoch mit einer wesentlich größeren Speicherkapazität. Die BD hat ihren Namen des blauen Laserlichtes wegen, das sehr kurze Wellenlängen aufweist. Dadurch können die Datenspuren enger als bei der DVD gehalten werden, ebenso sind die Pits und Lands kleiner, womit die höhere Speicherdichte erreicht wird. Neben der Wellenlänge des Lasers von 405 nm und der numerischen Apertur von 0,85 gehören die Dicke der Trägerschicht, die nur 0,1 mm beträgt, zu den wichtigsten Spezifikationen. Die BD, von einem Konsortium aus über 130 Mitgliedern und unterstützender Beteiligung der Blu-ray Disc Association entwickelt, ist als einseitiges Medium mit mehreren Speicherschichten konzipiert. Bei einlagiger Beschichtung beträgt die Speicherkapazität 25 GByte, bei zweilagiger 50 GByte. Die einfache Datentransferrate beträgt 9 MByte/s, doch werden Laufwerke entwickelt, die durch schnellere Rotationsgeschwindigkeiten die Datentransferrate deutlich erhöhen. Aktuell sind bereits 4xLaufwerke am Markt. Seit Anfang 2008 gilt die BD als alleinige Nachfolgerin der DVD, weil das die Konkurrenzentwicklung HD DVD nicht weiter forciert wird.
<b>BD-ROM</b>	<b>BD-ROM:</b> Distributionsmedium
<b>BD-RE</b>	<b>BD-RE:</b> Wiederbeschreibbares Speichermedium
<b>BD-R</b>	<b>BD-R:</b> Einmal beschreibbares Speichermedium
<b>DAS</b>	<b>Direct Attached Storage:</b> DAS bezeichnet den direkt (ohne Speichernetzwerk) an einen Server angeschlossenen Massenspeicher. Dies können einzelne interne oder externe Festplatten sein oder aber ein aus mehreren Festplatten bestehendes externes Disk Array.
<b>DDS-Magnetbandlaufwerk</b>	<b>Digital Data Storage (DDS)</b> ist eine Tape-Weiterentwicklung des <b>Digital Audio Tape (DAT)</b> für den Einsatz in der Datensicherung. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von DDS hat dazu geführt, dass es mehrere Versionen gibt, die nicht immer auf älteren DDS-Laufwerken abgespielt werden können (Inkompatibilität). Die einzelnen DDS-Versionen (DDS-1, DDS-2, DDS-3 und DDS-4) unterscheiden sich hinsichtlich Bandlänge und damit der Speicherkapazität sowie der Datentransferrate. <b>DDS-4</b> hat eine Speicherkapazität von 20 GByte unkomprimiert und 40 GByte komprimiert. Die Bandlänge beträgt 125 m, die Datentransferrate 4 MByte/s.
<b>Disc</b>	Optischer oder magneto-optischer Datenträger wie MO / UDO / Blu-ray Disc
<b>Disk</b>	Speichergerät nach magnetischem Prinzip, z.B. Festplatte, bei dem die Mechanik stets fest mit dem Datenträger in einem Gehäuse verbunden ist.
<b>DMS</b>	<b>Dokument Management System</b>
<b>DVD</b>	<b>Digital Versatile Disc.</b> Optisches Speichermedium mit 4,7 GByte Kapazität pro Lage/Seite, <b>doppellagig/-seitig</b> insgesamt 9,4 bzw. 18,8 GByte
<b>ECM</b>	<b>Enterprise Content Management</b>
<b>FC</b>	<b>Fixed Content</b> – Daten, die nicht mehr verändert werden
<b>FCS</b>	<b>Fixed Content Server</b>
<b>HDD</b>	<b>Hard Disk Drive (Festplatte)</b>
<b>HD-DVD</b>	<b>High Density DVD</b> , früher <b>Advanced Optical Disc (AOD)</b> , optisches Speichermedium, das mit blauem Laserlicht gelesen und beschrieben wird. Die HD-DVD verfügt über folgende Speicherkapazitäten: Bei einlagiger Beschichtung 15 GByte, bei zweilagiger 30 GByte. Die Datentransferrate beträgt 4 MByte/s
<b>HD-TV</b>	<b>High Definition Television (HD-TV).</b> Auf diese Technologie setzen insbesondere Acer, Fuji Photo Film Co., Fujitsu Ltd., Hewlett Packard, Hitachi Maxell, Intel, Kenwood, Lenovo, NEC, Onkyo, Ricoh, Sanyo, Toshiba.
<b>HSM</b>	<b>Hierarchical Storage Management</b>
<b>ILM</b>	<b>Information Lifecycle Management (Informationslebenszyklusmanagement)</b>
<b>iSCSI</b>	<b>iSCSI (Internet Small Computer Systems Interface)</b> ist ein Protokoll, das SCSI-Datentransport über TCP/IP-Netzwerke beschreibt.
<b>MO / MOD</b>	<b>Magneto Optical Disc.</b> Magneto-optische Datenträger bestehen aus einer dünnen Schicht von vertikal magnetisiertem Material, das zwischen einer durchsichtigen Polycarbonat-Schutzschicht und einer reflektierenden Schicht aufgetragen ist. Die Speicherung erfolgt magnetisch und kann erst nach Erhitzung des Arbeitsbereiches durch einen Laser ausgeführt werden. Die Lesung der Daten erfolgt unter Ausnutzung des magneto-optischen Kerr-Effektes mit einem Laserstrahl, der von den magnetisierten und unmagnetisierten Bereichen unterschiedlich reflektiert wird. Die MO befindet sich in der Ablösung durch den rein optischen Nachfolger UDO.
<b>MTTF</b>	<b>Mean Time To Failure:</b> Durchschnittliche Anzahl an Betriebsstunden, bevor eine Festplatte – irreparabel - ausfällt.
<b>MTBF</b>	<b>Mean Time Between Failures:</b> Durchschnittliche Anzahl an Betriebsstunden, bevor eine Festplatte – wieder reparabel - ausfällt.



<b>NAS</b>	<b>Network Attached Storage:</b> An das lokale Netzwerk angeschlossene Massenspeichereinheiten zur Erweiterung der Speicherkapazität. Üblich kommen NAS zum Einsatz, um den hohen Aufwand bei Installation und Administration eines dedizierten Dateiservers zu umgehen.
<b>NDAS</b>	<b>Network Direct Attached Storage:</b> NDAS bezeichnet Speichermedien (meist Festplatten), die ohne einen PC oder Server direkt an ein Netzwerk angeschlossen werden können und auf dem Zielsystem wie ein lokaler Datenträger erscheinen.
<b>Optischer Speicher (optical memory)</b>	Optische Speichermedien überzeugen durch ihre hohe Speicherdichte und Speicherkapazität, sie sind langlebig, haben eine geringe Fehler- und Störanfälligkeit sowie geringe Herstellungskosten. Die Speicherung von Daten auf optischen Speichermedien basiert auf der thermischen Einwirkung eines Laserstrahls in das Kunststoffsubstrat der Speicherplattenoberfläche. Bei den optischen Speichermedien gibt es solche, die nur lesbar sind, andere, die einmal beschreibbar sind und wieder andere, die vielfach beschreibbar sind. Das wesentliche Kriterium für optische Speicher ist die Speicherdichte. So erreichen DVDs, die mit kürzeren Laserwellenlängen und mehreren Schichten arbeiten, Speicherkapazitäten von bis zu 17 GByte, was dem 27-fachen Wert einer CD entspricht. Mit den Blau-Laser-Medien werden Speicherkapazitäten von 100 GByte und darüber erreicht.
<b>PDD</b>	Die <b>Professional Disc for Data (PDD)</b> ist ein von Sony entwickeltes, optisches Medium, das nur in einzelnen Sony Geräten im Videobereich eingesetzt wird.
<b>RAID</b>	<b>Redundant Array of Independent Disks:</b> Zusammenfassung mehrerer Festplatten zu einem Volumen (einer logischen Einheit/Laufwerk). Um die Schwäche einer einzelnen Festplatte zu kompensieren, wo ein mechanischer Defekt zwingend zu Datenverlust führt, werden zusätzliche Paritätsinformationen aus den Daten berechnet, die nach Ausfall einer Festplatte deren verlorenen Daten rekonstruierbar machen.
<b>SAN</b>	<b>Storage Area Networks:</b> Separates Netzwerk, in welchem Rechner/Server und Speichergeräte unabhängig voneinander – üblich über Glasfaserkabel und Switches – verkabelt sind.
<b>SAS</b>	<b>Serial Attached SCSI</b>
<b>UDO</b>	<b>Ultra Density Optical (UDO)</b> ist eine optische Speichertechnologie, die magneto-optischen Speicher (MO) ablöst. Die von Plasmon entwickelte UDO-Technologie bietet auf einer 130-mm-Scheibe als UDO-1 eine Speicherkapazität von 30 GByte und eine Datentransferrate von 8 MByte/s. Die inzwischen am Markt befindliche UDO-2 bietet 60 GB an Kapazität. Wie die BD verwendet die UDO-Technologie kurzwelliges blau-violettes Laserlicht (405 nm) und eine numerische Apertur (NA) von 0,70 (geplant 0,85). Durch das kurzwellige Laserlicht kann die Dichte von Pits und Lands gegenüber langwelligerem Licht wesentlich gesteigert werden. Die Speicherdichte liegt zwischen 1,15 GByte/cm <sup>2</sup> und 4,65 GByte/cm <sup>2</sup> . UDO-Disc gibt es als einmal beschreibbare - <b>WORM</b> - und als lösch- und wieder beschreibbare Variante.
<b>WORM</b>	<b>Write Once Read Many</b> (einmal beschreibbares, beliebig oft lesbares Medium)
<b>True WORM</b>	<b>Physikalisch</b> erzwungene, nur einmalige Beschreibbarkeit (nicht löschbar)
<b>Soft WORM</b>	Durch <b>Software</b> organisierte einmalige Beschreibbarkeit (nicht physikalisch erzwungen)

Tab. 7.1: Glossar zu Themen der Abhandlung (eine Auswahl)

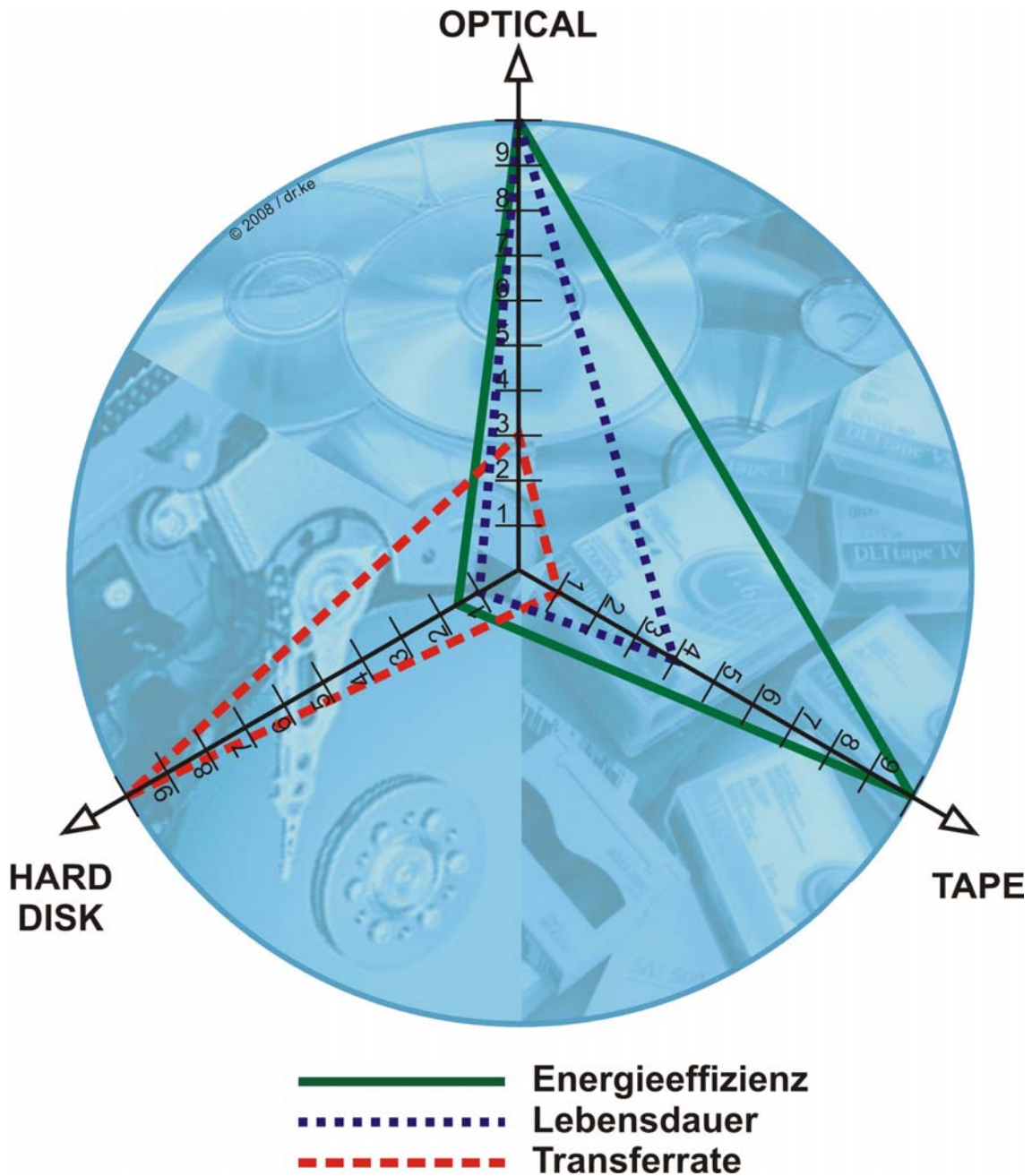
*Anmerkung:* Im vorliegenden White Paper werden die Begriffe „Speicher“ und „Storage“, auch in Kombination mit anderen Begriffen, gleichbedeutend nebeneinander benutzt.





# Speichertechnologien – jede hat ihre individuelle Stärke:

- Optical:**     **Daten lange und sicher aufbewahren**
- Tape:**       **Backup gegen Datenverlust**
- Hard Disk:**   **Aktive Daten und Backup**



© Fachagentur Dr. K. Engelhardt (2006, 2007, 2008)  
 Tel.: 06373 - 8911.33 • Fax: 06373 - 8911.43  
 eMail: [ke@dr-k-engelhardt.de](mailto:ke@dr-k-engelhardt.de)  
[www.dr-k-engelhardt.de](http://www.dr-k-engelhardt.de)