

Magnetische Speichermedien: Nicht rotierende Speichermedien

Seminar Speichermedien

Universität Heidelberg

Tobias Groschup

Betreuer: Julian M. Kunkel, Olga Mordvinova

Heidelberg, den 14.10.2008

Inhalt

- Einleitung
- Technik
- Anwendung / Verschiedene Magnetband-Standards

Einleitung

Was sind magnetische Speichermedien?

- Informationen werden magnetisch gespeichert
- Beispiele:
 - rotierend:
 - Festplatte
 - Diskette
 - nicht rotierend:
 - Magnetkarten (Scheckkarten/Kreditkarten)
 - Magnetbänder

Zusätzlich noch viele andere Formate, die magnetische Orientierungen zum Speichern benutzen: Kernspeicher, Magnetblasenspeicher, Magnetstreifen, Trommelspeicher, Wechselplatte (zip)...

Trivia Magnetbänder

- lösten 1960 Lochkarten als Massenspeicher ab
- Damals:
 - Massenspeicher für Computer
 - bestimmen Aussehen der Computer in Filmen der 60er und 70er
- Heute:
 - hauptsächlich Festplatten (für Privatanwender)
 - Magnetbänder für große Backups
 - Entwicklung zu Halbleiterspeichern

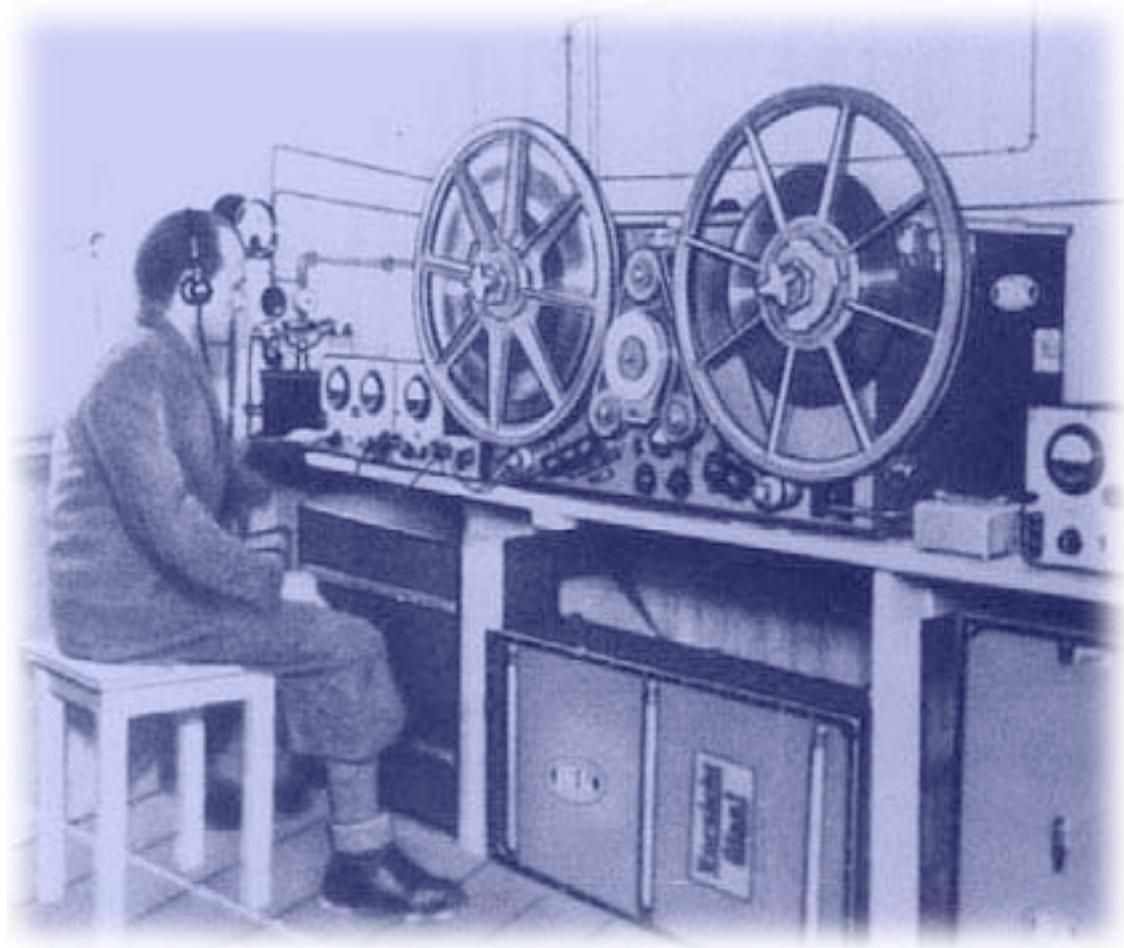
Geschichte der Magnetbänder

- Erfunden: 1928 von Fritz Pfelemer
- Basierte auf dem magnetischen Draht von Valdemar Poulsen (1898)
- Papierband mit Eisenpulver
- 1951 beim UNIVAC I als Speicher eingesetzt
- 1/2 Zoll, Bronze mit Nickelüberzug, 8 Spuren
- 128 Zeichen pro Zoll
- 100 Zoll pro Sekunde
- real ca. 7200 Zeichen pro Sekunde

Erste Versuche der magnetischen Datenspeicherung waren mit Stahlbändern oder Drähten. Erst der Österreicher Pfelemer kam auf die Idee, ein elastisches Grundmaterial mit magnetisierbarem Pulver zu beschichten.

Das Papier war damals nicht reißfest und das Eisen rostet. Daher wurden beide Materialien schnell ersetzt; für den kommerziellen Einsatz.

Ein Zoll sind 2,54 Zentimeter.



Lorenz Tonbandgerät mit Stahlbändern (1935)

Heutige Nutzung

- Datensicherung
 - Kapazität
 - Übertragungsrate
- Archivierung
 - Gespeicherte Daten müssen sehr lange lesbar sein
 - Datenträger müssen haltbar sein
 - Dokumentation

Die Datensicherung soll vor Bedienungsfehlern, Hard- und Softwareschäden schützen. Ein aktueller und als richtig erkannter Zustand (sprich: Festplatteninhalt) wird anderweitig gespeichert. Am besten an einem anderen Ort, um dann auch vor zB einem Feuer sicher zu sein. Dafür wird eine hohe Kapazität (möglichst viele alte Zustände speichern) und eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit (damit das zu sichernde System möglichst kurz von seiner eigentlichen Aufgabe „abgelenkt“ ist) benötigt.

Bei der Archivierung der Daten sollen die Daten eine lange Zeit (aus rechtlichen Gründen bis zu 30 Jahre) lesbar bleiben. Also müssen die Datenträger so lange ihre Information halten und in Zukunft auch lesbar sein.

Ebenso wichtig ist die Dokumentation der verwendeten Systeme. Denn später sollte auch noch zu erkennen sein, wie die Daten gespeichert sind, und wie sie sich auslesen lassen.

Technik

Longitudinal Recording

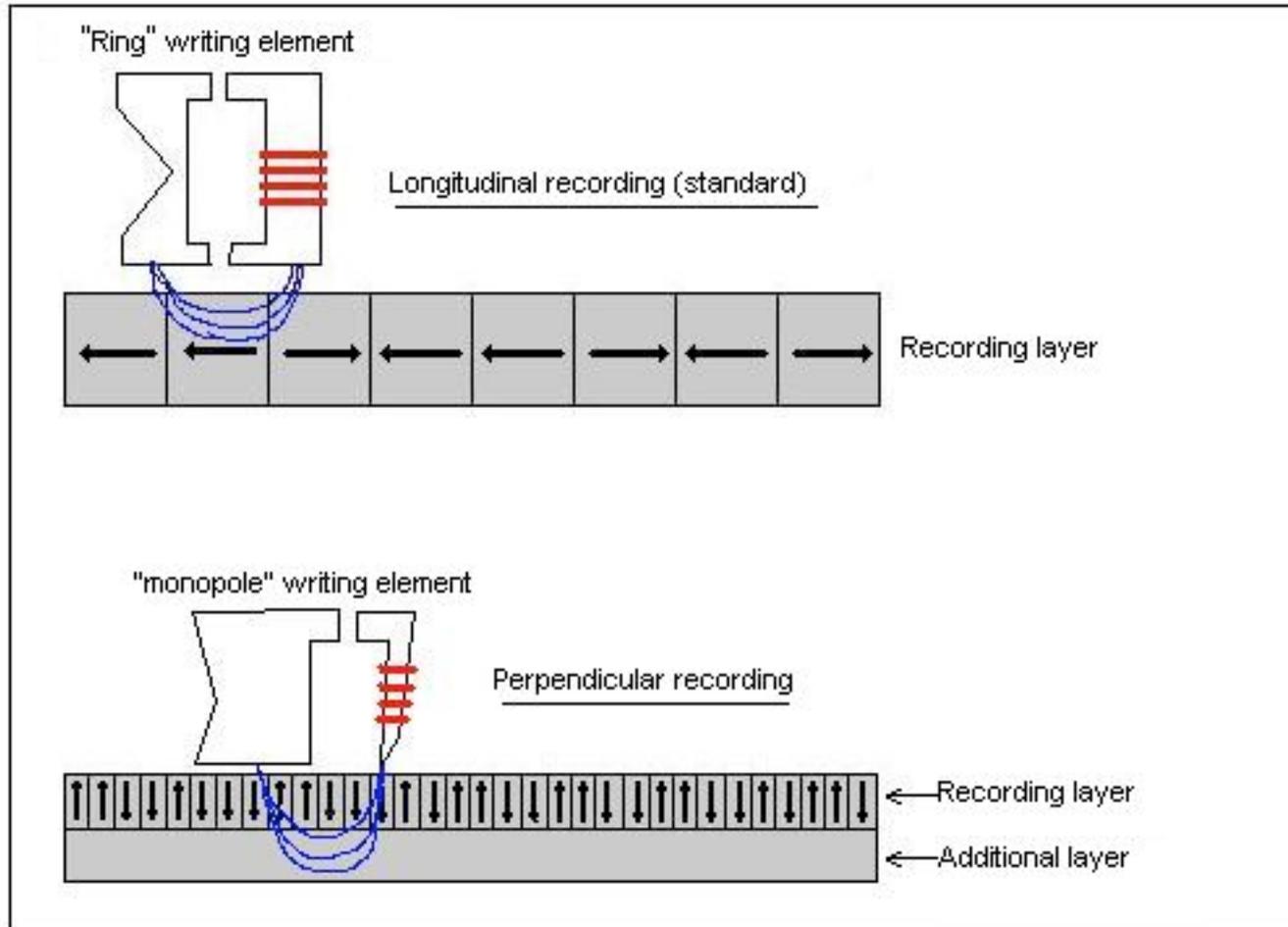
- intuitive Aufzeichnungsart
- Ausdehnung der magnetischen Domänen: längs des Trägermaterials
- Feldlinien des Schreibkopfes verlaufen „parallel“ zum Trägermaterial
- 120 Gbit pro Quadratzoll (ca. 18 Gbit/cm²)
- supermagnetische Effekte verhindern kleinere mag. Domänen
- Max. Kapazität für 3,5“-Platten: ca 1TB
 - daher brauchen wir etwas Neues:

Die magnetische Domäne ist eine räumliche Einheit auf dem Medium, die die gleiche Magnetisierungsrichtung aufweist.

Wenn eine magnetische Domäne zu klein gewählt wird, kann sie ihre Ausrichtung nicht halten, es treten sog. supramagnetische Effekte auf.

Perpendicular Recording

- ähnlich dem Longitudinal Recording
- magnetische Domänen werden „aufgestellt“
- Feldlinien des Schreibkopfes laufen senkrecht zum Trägermaterial
- 10-fache Datendichte
- Einsatz:
 - Extended Density-Disketten
 - ab 2005 in Festplatten (Toshiba, 1,8“, 40GB, 4200 U/min)



Man benötigt eine zusätzliche nicht-mag. Schicht unter dem magnetisierbaren Medium. Diese verhindert, dass unter den definierten magnetischen Domänen eine undefinierte Schicht entsteht, die zu Fehlern führt.
 Ebenso ist es notwendig, das Feld zwischen den Domänen „zurückzuführen“. Sonst würden immer zwei Domänen gleichzeitig beschrieben werden, was man nicht will (halbiert die Speicherdichte).

Physikalische Repräsentation

- Magnetischer Fluss: Nord-Süd und Süd-Nord
- Logische Bits: 1 und 0
- naheliegend: 1 = N-S, 0 = S-N, bzw umgekehrt
- Probleme:
 - nur mag. Flussänderungen einfach messbar
 - Taktverlust
 - Feldstärke

Taktverlust: Bei vielen gleich ausgerichteten Feldern fällt das Zählen schwer: waren es jetzt 938 oder 937 1-Bits?

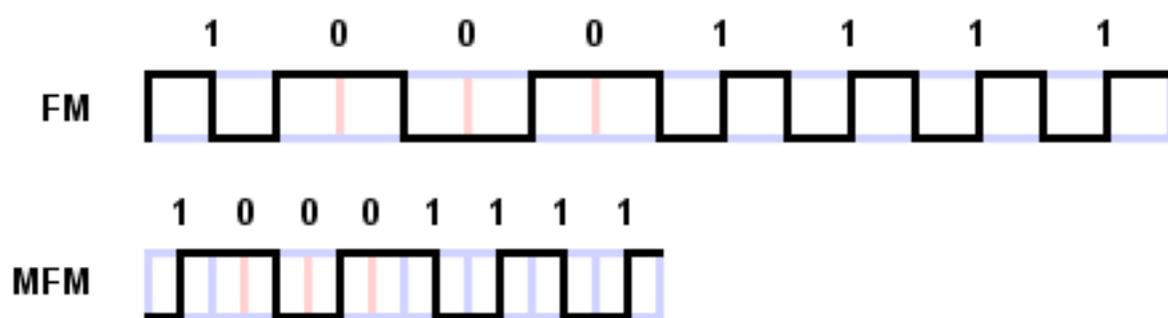
Feldstärke: viele kleine gleichgerichtete Felder ergeben ein großes. Dieses kann andere umkippen und ist allgemein schwer zu handhaben.

Frequenzmodulation / Modifizierte FM

- Idee: Taktsignal einfügen
- jedes Datenbit braucht 2 Flusswechsel
- MFM verringert die Flusswechsel = mehr Daten, höherer Takt
- MFM wird auf Floppy-Disks benutzt

Informationsbits	Repräsentation
1	WW
0	WK

Informationsbit	Repräsentation
0 (nach 1)	KK
0 (nach 0)	WK
1	KW



W=Flusswechsel
K = kein Flusswechsel

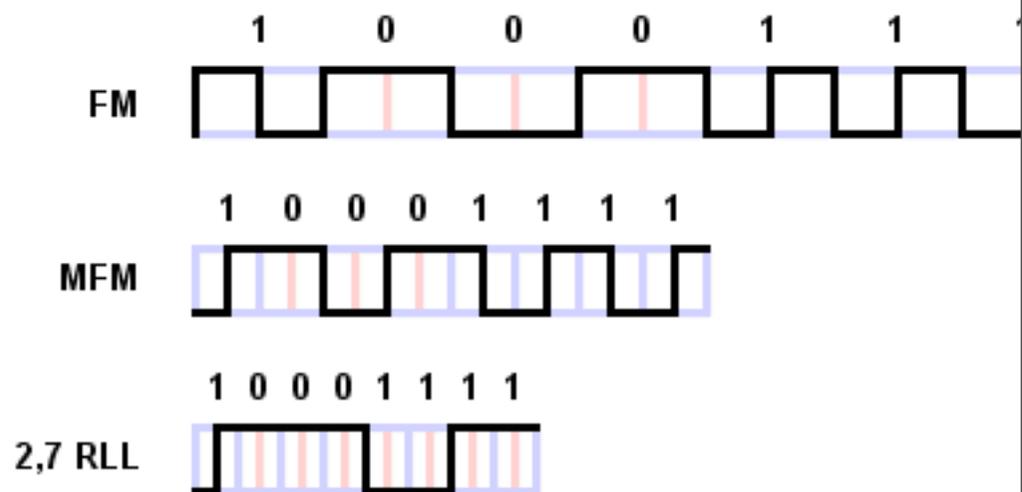
Run Length Limited

- fasst Bitgruppen zu Einheiten zusammen
- ermöglicht doppelt so viele Daten wie MFM
- ermöglicht doppelte Datenrate zu MFM
- garantiert regelmäßige Flusswechsel
- viele Varianten, häufig RLL 2,7
- 2,7: mindestens 2, maximal 7 bit zwischen zwei Flusswechsel beschrieben

rll2,7 bei hohen Datenraten nicht zuverlässig, kann fehlinterpretiert werden. Daher weicht man auf rll1,7 aus.

RLL 2,7 Codierung

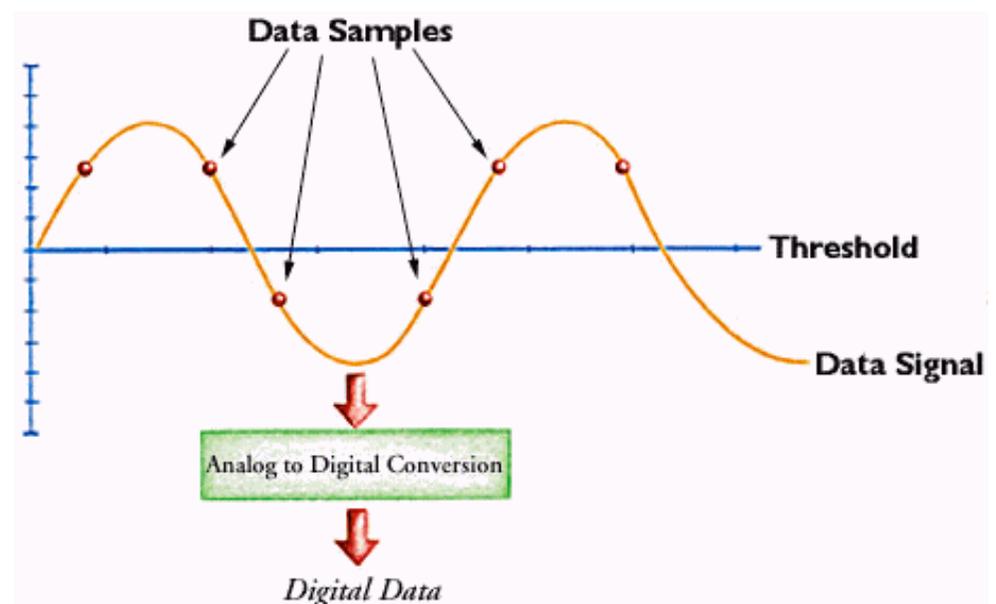
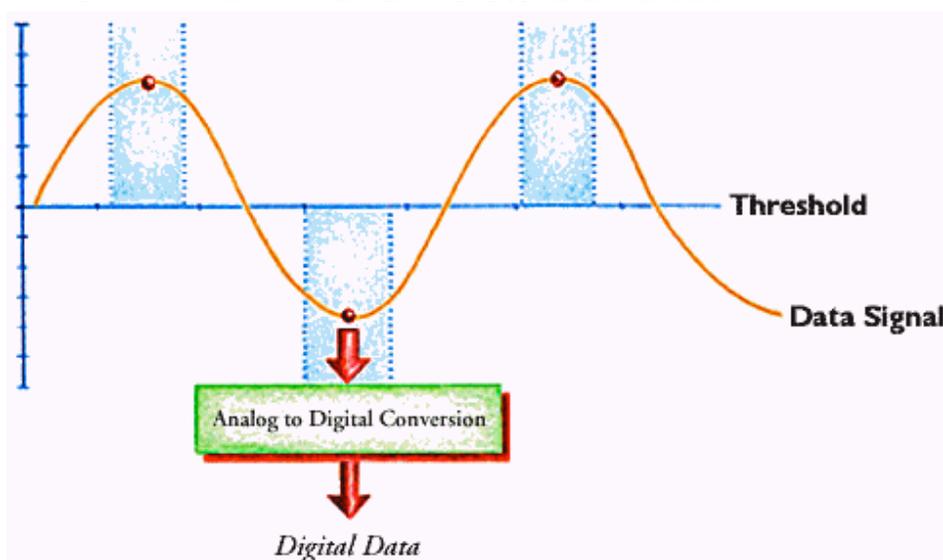
Informationsbits	Repräsentation
11	WKK
10	KWKK
011	KKWKKK
010	WKKWKK
000	KKWKK
0010	KKWKKWKK
0011	KKKKWKKK



W= Flusswechsel K = kein Flusswechsel

PRML / extended PRML

- Partial Response, Maximum Likelihood
- zum gelesenen Signal wird der am besten passende Datenstrom gesucht
- erhöht die Kapazität ggü RLL wieder um 40%
- ePRML benutzt bessere Algorithmen und Schaltungen
- verbesserte Erkennungsrate von 70% ggü 20%
- ePRML wird aktuell benutzt



Bei den vorherigen Verfahren (Peak Detection) wird immer eine klare Spannungspitze im ausgelesenen Strom erkannt. Diese Spitzen ordnet der Controller der Festplatte dann einem Muster zu (zB RLL2,7) und gibt dann die ausgelesenen Daten weiter.

Bei PRML ist das nicht mehr so einfach. Der Controller verwendet die rohen (analogen) Messungen des Kopfes. Die Daten sind inzwischen so klein und ergeben so winzige Ströme, dass sie kaum vom Hintergrundrauschen zu unterscheiden sind.

Die Spitzen in diesen Messungen müssen nichts mehr mit den geschriebenen Daten zu tun haben, jedoch ergeben bestimmte Datenmuster bestimmte Messungen. Der Controller zerlegt jetzt also die gemessenen Muster (partial response) und sucht das am besten passende Datenmuster (maximum likelihood).

Da das getroffene Muster anscheinend nicht richtig sein muss (Messfehler), wird öfter gelesen (bei rotierenden Medien einfach), und dann das beste Ergebnis weitergeleitet.

GMR

- Giant Magneto Resistance Effect (Riesenmagnetwiderstand)
- erstmals nachgewiesen 1988
- ermöglichte Entdeckung weiterer Effekte
- in Festplatten seit 1997 im Einsatz
- empfindliche Leseköpfe
- viele weitere Anwendungen
- Nobelpreis

Der GMR Effekt wird auch in anderen Sensoren genutzt, zB kann man auch Sensoren für Bewegung oder Position magnetisch markierter Objekte verbessern. Solche Sensoren finden häufig in der Maschinensteuerung Anwendung. zB in ABS Systemen oder in Waschmaschinen.

Die Entdeckung des GMR-Effektes führte noch zu weiteren magnetischen Effekten, u.a. des magnetischen Tunnelwiderstandes. An diesem wird aktuell geforscht, um ihn in MRAM und Festplatten einsetzen zu können.

Erklärung des GMR-Effektes

- 3 Schichten: permanent-, nicht- und wechselnd magnetisch
- äussere Magnetfelder beeinflussen den Widerstand
- Quantenmechanische Effekte an den Grenzen, grob:
 - Widerstand für Elektronen in mag. Schichten vom Spin abhängig
 - antiparallele Ausrichtung ergibt den höchsten Widerstand
- Widerstand wird gemessen, dadurch die Ausrichtung der magnetischen Schichten bestimmt

Aufbau eines GMR-Lesekopfes: eine veränderliche magnetische Schicht, eine dünne nicht-magnetische Schicht und eine permanent-magnetische Schicht.

Der Widerstand für ein einzelnes Elektron hängt in den magnetischen Schichten von seinem Spin ab. Es gibt zwei Arten des Spins: up und down. Jeder Spin wird von einer magnetischen Ausrichtung abgelenkt oder eben nicht.

Bei entsprechender Dicke der Zwischenschicht (ca. 1 nm) treten an den Grenzflächen Effekte auf, die Elektronen bremsen. Die nicht-permanent magnetische Schicht ändert ihre magnetische Ausrichtung nach dem äußeren Magnetfeld. Dadurch sind die Schichten entweder parallel oder antiparallel. Sind die parallel, werden nur Elektronen eines Spins gebremst. Sind die antiparallel werden Elektronen beider Spins gebremst, der Widerstand steigt. Die Änderung des Widerstandes ist weit stärker als die Änderung des äußeren Magnetfeldes.

Verbesserung der Empfindlichkeit:

Ohne GMR liegt die Änderung des Widerstandes bei Änderung des äußeren Magnetfeldes bei ca. 3%. Mit GMR sind es 14%. Dadurch kann das Medium schneller bewegt werden bzw. die Magnetfelder auf dem Medium kleiner werden. Also ist eine höhere Datendichte und eine höhere Übertragungsrate möglich.

Ebenso ist es möglich, die Leseköpfe kleiner zu gestalten.

Aufbau der Medien

- Laufwerk mit Lesekopf
- Speichermedium (Band, Platte)
 - Trägermedium (Plastik, Aluminium)
 - Speichermedium
 - Ferromagnetisches Metall bzw. Metalloxyde
 - vergleiche VHS-Kassetten
 - 1 oder 2 Spulen

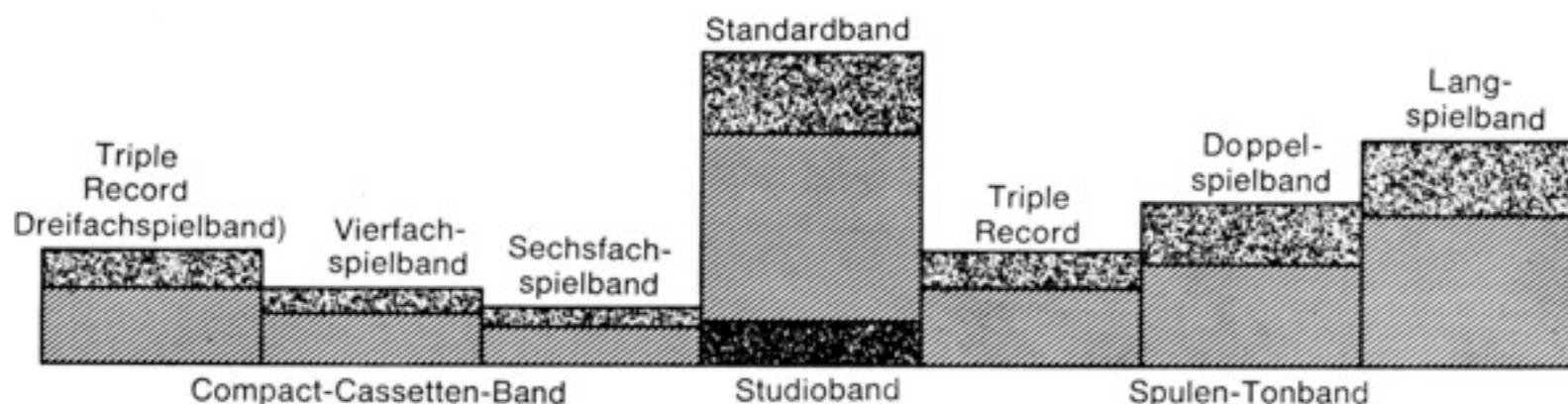
Prinzipiell werden immer die Daten als magnetische Zustände auf ein Material geschrieben. Die Einheit, mit der geschrieben und später wieder gelesen wird, ist fest (bzw. schwenkbar) und das Medium wird daran vorbei bewegt.

Es gibt zwei grundlegende Typen von Band-Kassetten: Einmal wird das Band aus der Kassette gezogen, in das Laufwerk gefädelt und wieder in die Kassette zurückgezogen. Diese Kassetten haben dann 2 Spulen und ein wenig Mechanik dazu (vgl. Musikkassette).

Andererseits gibt es auch Kassetten (eher Cartridges), die nur eine Spule enthalten. Das Gegenstück, auf dem aufgewickelt wird, befindet sich fest im Laufwerk. Gewechselt wird dann nur das Band.

Speichermaterialien (Bänder)

- Trägermaterial: Papier, PVC, Polyester
- Zugfest, unempfindlich gegenüber Nässe und Hitze, dünn
- Typische Dicke:
 - Standardband: 50-55 μm , Kompakt-Kassette: 9 μm (Sechsfachspielband)
 - Modernes LTO1 Band: 8,9 μm



Moderne Bänder werden vorgedehnt, damit sie sich im Betrieb nicht weiter strecken.

Papier als erstes Trägermaterial konnte sich nicht durchsetzen, da es einfach zu schnell riss (Zugfestigkeit $< 9\text{kp/mm}^2$), weder hitzebeständig noch feuchtigkeitsresistent war.

Nach 1943 wurde PVC das Material der Wahl (18kp/mm^2), welches sich aber noch bei hohen Temperaturen verformte.

Ab 1958 kam die Polyesterfolie auf, welche sich wunderbar als Trägermaterial eignet: feuchtigkeits- und hitzefest, stark zugbelastbar (30kp/mm^2).

Gefertigt wurden seit Beginn der Produktion die meisten Bänder bei der BASF.

Bänder 2

- Magnetschicht: Eisenpulver, Eisenoxid (Fe_2O_3)
- Heute: Mischung mit verschiedener Oxide, zB Chrom
- Optimierung der Form: kubische/nadelförmige Kristalle
- aktuelle Magnetbänder:
 - 3 Schichten: Träger, Zwischenschicht, magnetisierbare Lackschicht
 - mag. Schicht dünn wählen:
 - hoher relativer Abstand
 - weniger Übersprechen

Eisenpulver rostete schnell und rieb sich ab, daher ist man auf Eisenoxid umgestiegen. Form der Oxidkristalle ermöglicht kleinere magnetische Domänen. Ab besten scheinen nadelförmige Kristalle.

Laufwerksmechanik

- bewegt das Band
- Hohe Präzision
- Verschleiß
- Start-Stop Verfahren
- Shoeshine-Problem
- Streaming
- Bauformen: Einbaulaufwerk bis Tape-Library

1/2“ Banddicke, 208 Spuren: Millimeterbewegungen tödlich.

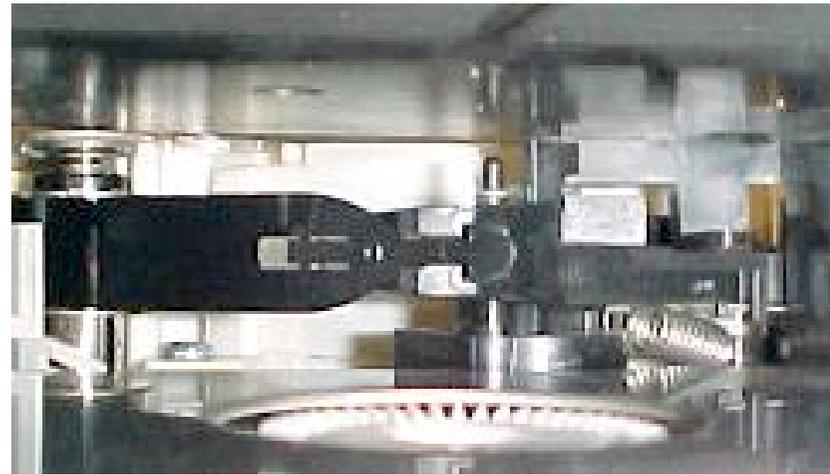
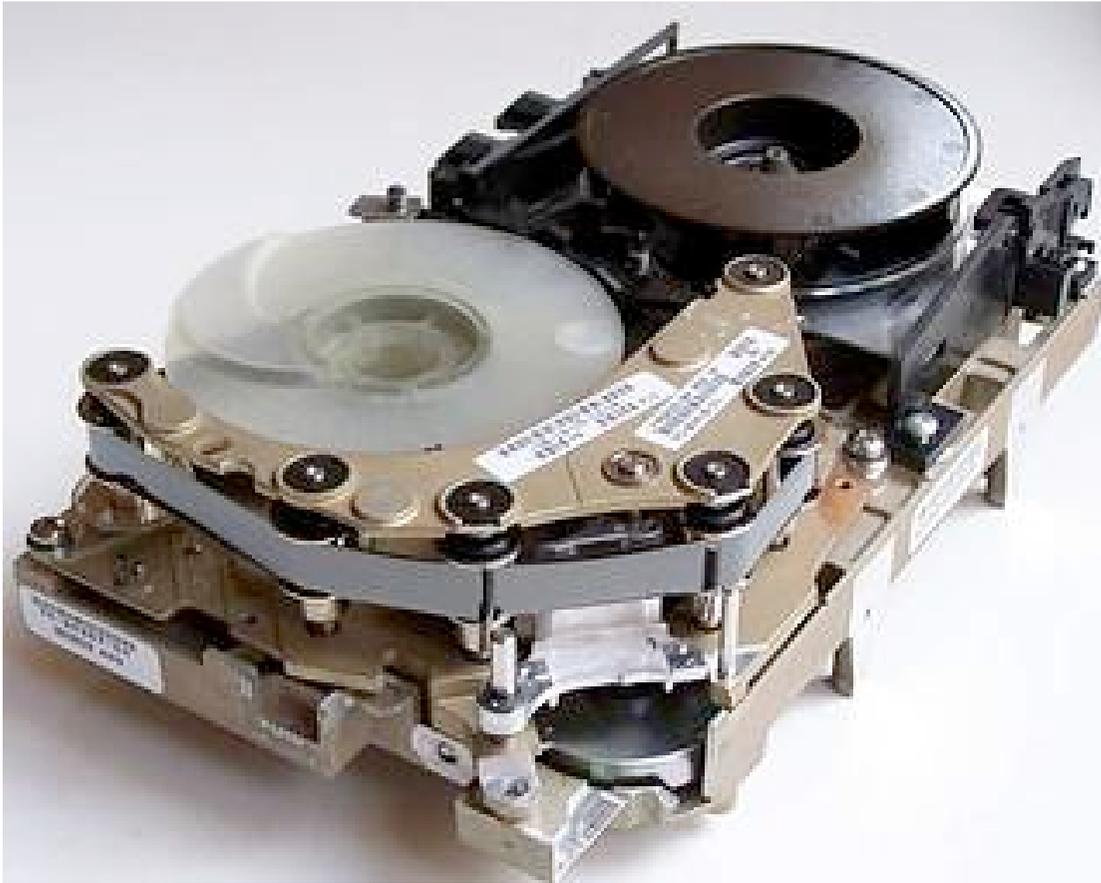
Shoeshine-Problem: wenn die Daten nicht gestreamt werden können (Start-Stop-Verfahren), dann wird das Band nicht gleichmäßig bewegt, was die Mechanik stark belastet. Das Band wird dabei hin und her bewegt (um Leerstellen zu vermeiden), wie beim Schuhe polieren. Das Suchen der Stelle, wo der Datenstrom abgerissen ist, braucht außerdem viel Zeit.

Wird durch Streaming vermieden.

Start-Stop Verfahren: es entstehen viele Lücken auf dem Band. Zum Schreiben wird das Band angefahren, hat es Geschwindigkeit, wird geschrieben. Wenn fertig, wird wieder gebremst. Früher waren die Bänder schneller als die Computer Daten liefern konnten (wie bei den ersten CD-Brennern). Um die entstehenden Blöcke klein zu halten, fasst man am Rechner viele kleine Daten zu einem großen Datensatz zusammen (z.B. mit dem Programm tar).

Streaming: große Pufferspeicher (128 MB aufwärts) ermöglichten, dass die Daten kontinuierlich auf das Band geschrieben werden konnten, auch wenn der angeschlossene Computer kurzzeitig einmal nicht hinterherkam.

Ein offenes DLT-Laufwerk



Links: das Laufwerk, von hinten oben.

Rechts, oben: Blick in den Kassettenschacht, man sieht die Abhol-Mechanik, die das Band zur Aufwickelspule zieht.

Rechts, unten: hier drückt der Lesekopf das Band an.

Lesekopf

- inzwischen werden viele physikalischen Effekte genutzt wie GMR
- „Verschleißteil“, immer in Kontakt mit Band
- Anordnung pro Spur: Lesen/Schreiben/Lesen
- Daten direkt nach Schreiben vergleichen
- mehrere Schreib-/Leseeinheiten
- Aufnahmetechniken: linear, Schrägspur

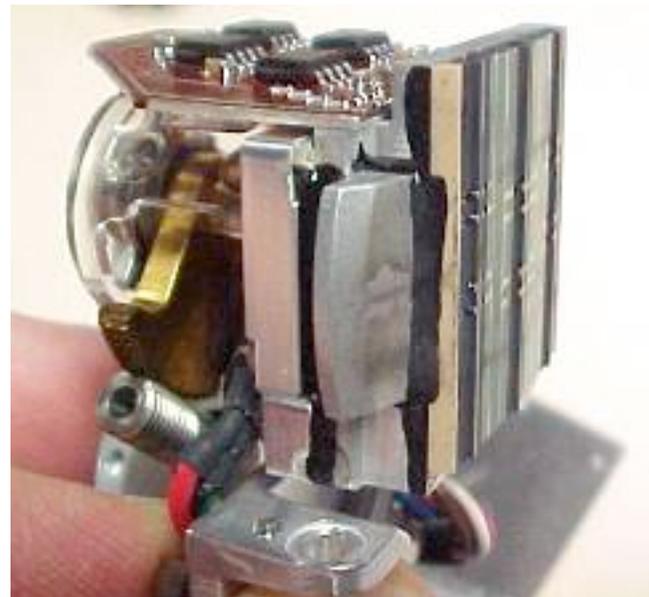
Moderne LTOs schreiben inzwischen auch 12 Spuren gleichzeitig. Siehe Raid-on-Tape.

Auf fast allen Bändern wird mehrspurig aufgezeichnet. Dabei wird das Band immer wieder am Kopf vorbeigeführt, und der Kopf schreibt auf unterschiedliche Stellen am Band. Wird das linear ausgeführt, dann nennt man es Serpentinverfahren.

Bewegt sich jedoch der Kopf relativ zum Band auf und ab (oder ist schräg gestellt und dreht sich gegen das Band (runder Kopf)), werden Spuren aufgezeichnet, die quer laufen, aber wesentlich länger sind als das Band breit. (Schrägspurverfahren, engl: helical scan). So zeichnet z.B. VHS auf.

Um bei den geringen Spurbreiten und bei den vergleichsweise großen mechanischen Ungenauigkeiten eine Spur sicher zu treffen, werden die eigentlichen Daten sehr schmal (ca. 1/3) mitten in die Spur geschrieben. Dann verlassen die Daten ihre Spur auch bei mechanischen Schwankungen nicht.

Ein DLT-Lesekopf aus der Nähe



Der Spindelmotor setzt den Kopf beim Einlesen eines neuen Bandes immer nach ganz unten. Dabei dreht er so lange, bis der Kopf ein paar mal unten aufgesetzt hat. Daher rattert ein DLT Laufwerk beim Einlegen einer Kassette

Tape Libraries

- hält große Datenmengen
- Identifier für Bänder
- Verschiedene Größen:
 - 5-17 Bänder (Heimgebrauch)
 - Robotergestützte Enterprise Libraries (Streamline SL8500):
 - 300.000 Bänder
 - 120 PB
 - 2048 Laufwerke
 - Virtual Tape Libraries

Hier aufgeführte Daten beziehen sich auf ein Sun/Storageteks Streamline SL8500 im Vollausbau mit LTO-3 Bändern.

Bänder erhalten Strichcode mit eindeutiger Nummer, damit die Library zuordnen kann, auf welchem Band welche Daten liegen.

Mehrere Laufwerke ermöglichen gleichzeitiges Schreiben und Lesen.

Roboter suchen das Band mit den gewünschten Daten aus einem Schrank/Zylinder/Silo und legen es in ein freies Laufwerk ein (bzw. „schießen“).

Häufig wird LTO benutzt. Die Kassetten bzw. Cartridges enthalten noch einen kleinen Speicher (32 KB), der Tabellen der Benutzung speichert, zB die letzten 100 Dateien.

Um die Unzulänglichkeiten von Bandlaufwerken/Libraries auszugleichen, behilft man sich mit Virtual Tape Libraries. Diese sind eigentlich Festplatten, die die zu sichernden Daten zwischenlagern. So hat man den schnellen Zugriff auf das Medium (denn ein Bandroboter braucht immer länger als ein Festplattenverbund) und, nachdem dann auf die Bänder gespeichert wurde, die Haltbarkeit der Bänder.

Tape Libraries



Links StorageTek, rechts IBM Ultrium.



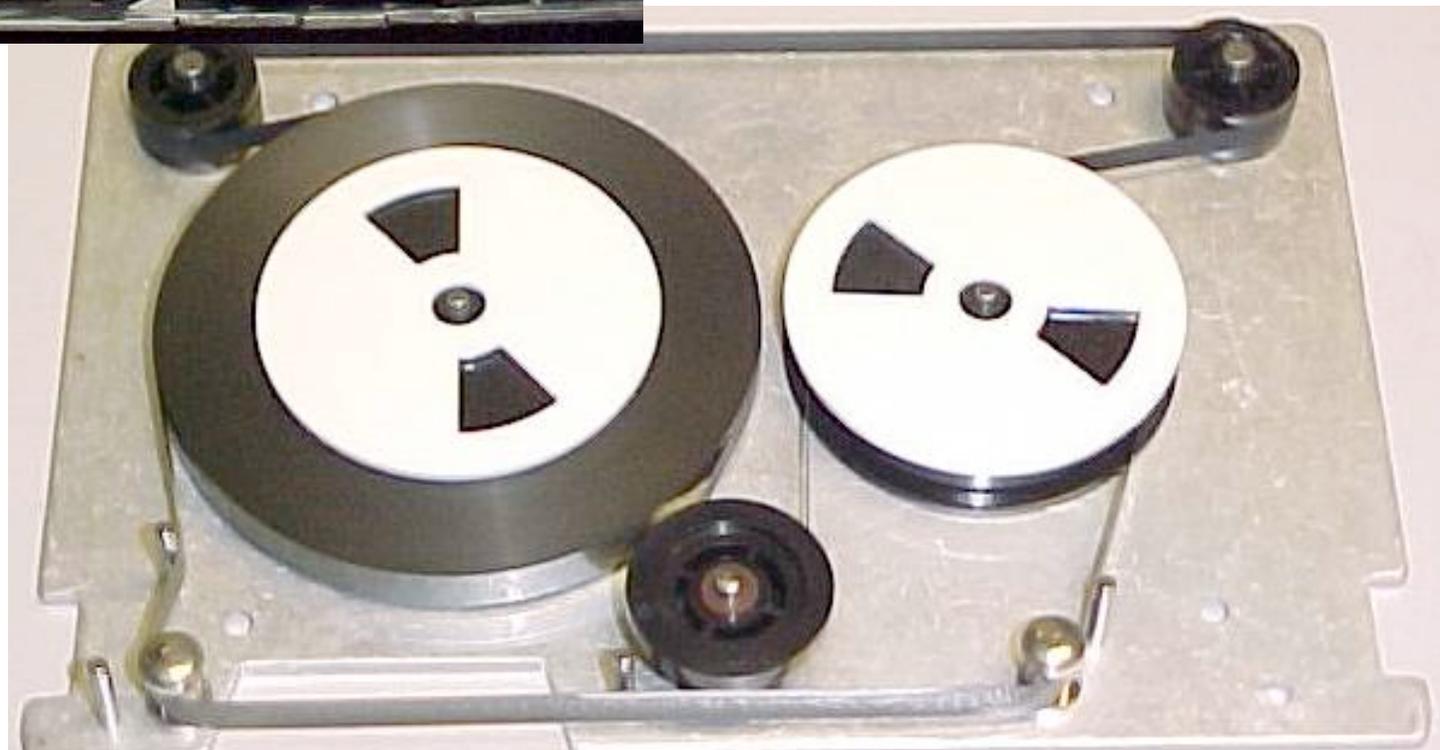
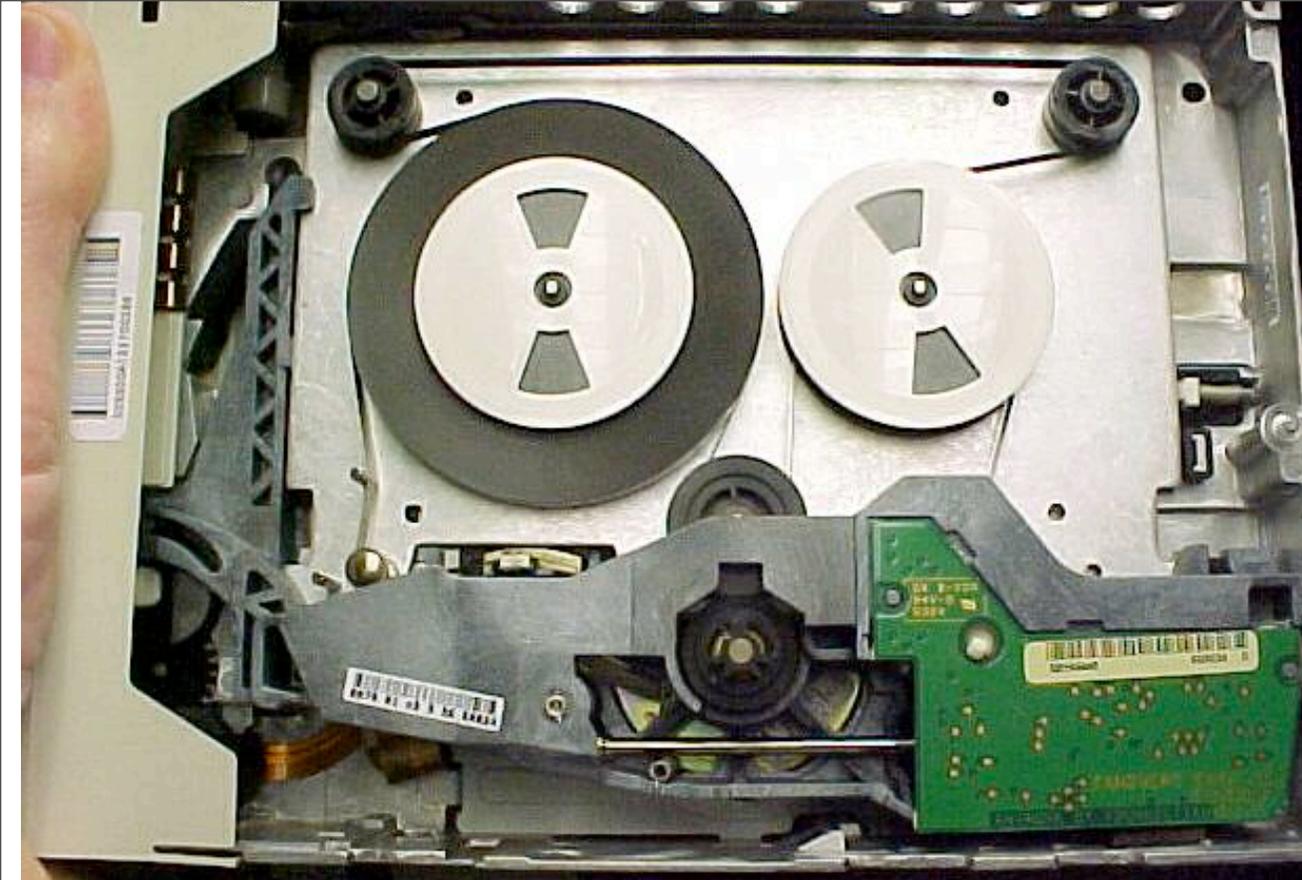
Rechts: Roboterarm, zum Befüllen der Laufwerke, mit leeren Laufwerkseinschüben.
Links sind die Tapes in einem Silo aufbewahrt.

Anwendung

QIC (Quarter Inch Cartridge) / Travan

- eingeführt 1972 von 3M
- seit 1987 von der Quarter-Inch Cartridge Drive Standards, Inc. standardisiert
- 1/4 Zoll breite Bänder, zw 92 und 460m lang
- 62 Kb/s bis 4 Mb/s schnell (TR-7)
- fasst bis zu 20 Gb (TR-7)
- Derivate von QIC noch heute in Gebrauch
- SCSI, proprietärer Anschluss

QIC hatte noch einen Ableger Namens Travan, der für den Heimanwender gedacht war. Dieser zeichnete sich hauptsächlich durch teurere Kassetten leicht veränderter Bauart aus.



Oben: Ein offenes Tandberg Laufwerk.
Unten: eine QIC Kassette mit 45 MB vom 3M.

DAT (Digital Audio Tape)

- digitale Audio-Speicherung
- ab 1986 serienreif, ab 1987 verkauft
- CD-Qualität
- 15 bis 180min standardisiert, ca. 11h möglich
- 1.411.200 bit/s (44,1kHz, 16bit, stereo)
- nach 1995 von CD-Recordern verdrängt
- heute noch in Tonstudios üblich

Es sind auch 24bit Samples möglich, entsprechend höhere Datenrate (2.116.800 bit/s)

Erste Geräte von Phillips.

Die Musikindustrie äußerte von Anfang an Bedenken, weil sich mit DAT-Recordern CDs verlustlos kopieren ließen. Daher war bei vielen DAT-Recordern die Aufnahme bei CD-Qualität nicht von digitalen Quellen möglich.

DV

- Standard für digitale Videoaufzeichnung
- Kassettenformate: DV, miniDV, HDV, DVCAM, Digital8, DVCPPro, DVCPPro50 und DVCPProHD
- 1994 eingeführt
- Heimgebrauch
- hohe Qualität, auch bei professioneller Anwendung
- Datenrate: 25Mbit/s, 60 und 80min Kapazität (13 und 17 Gigabyte)
- noch heute benutzt
- wird von großen Flashspeichern abgelöst

Alle Werte (Kapazität und Bandbreite) sind ohne Kompression angegeben. Die Hersteller geben gerne utopische Kompressionsraten von 2:1 an, um ihre Werte marketingtauglich aufzupolieren.

DLT (Digital Linear Tape)

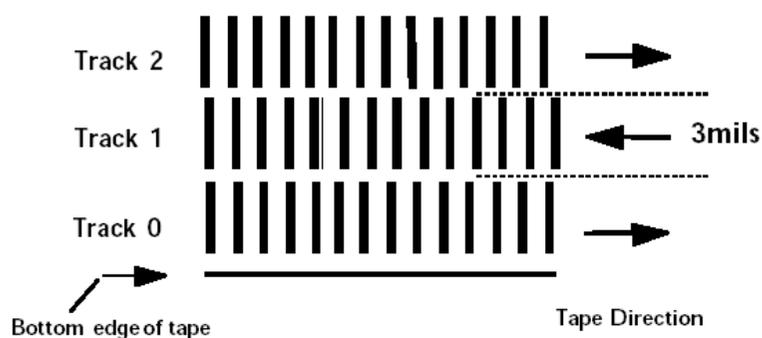
- 1984 eingeführt von Digital Equipment Corporation
- 1/2 Zoll Bänder
- 95 MB mit 45 MB/s (DEC TK50) bis 800 Gb bei 60 Mb/s (2006, DLT-S4)
- schneller als QIC
- lineare Aufzeichnung, gekippte Spuren, 4 Spuren gleichzeitig
- seit 1994 bei Quantum, immer noch in Anwendung
- Technik ausgereizt, nicht mehr kommerziell erfolgreich
- SCSI, proprietärer Anschluss, SATA, SAS

Es gab mehrere DLT-Generationen, jedoch können nicht alle neuen Geräte alle alten Bänder lesen und umgekehrt.

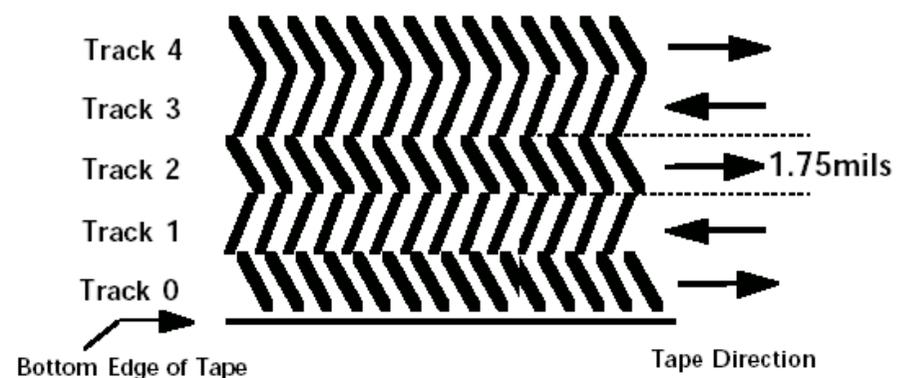
DLT wurde hauptsächlich über SCSI angebunden. Früher über einen proprietären Anschluss. Manche modernen Laufwerke bieten SATA oder SAS an.

Der DLT-Kopf

- 8 Leseeinheiten + 4 Schreibeinheiten
- verringerter Abstand zwischen den Spuren
- Spuren gekippt & lineare Serpentinaufzeichnung -> hohe Datendichte



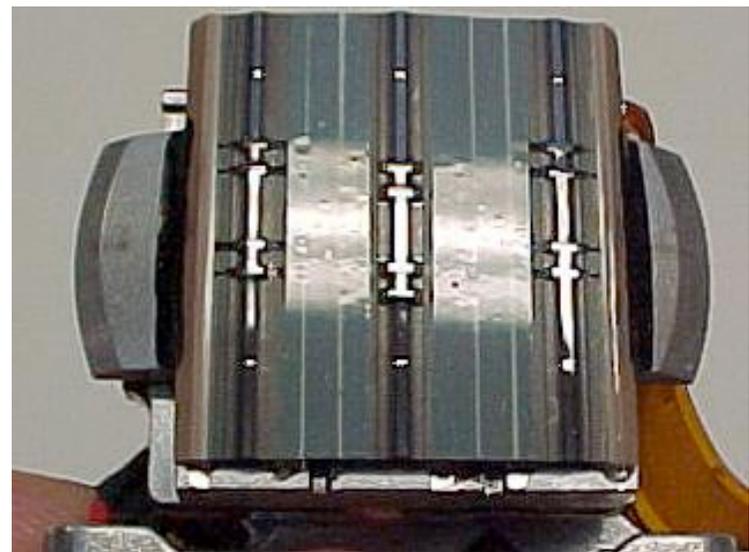
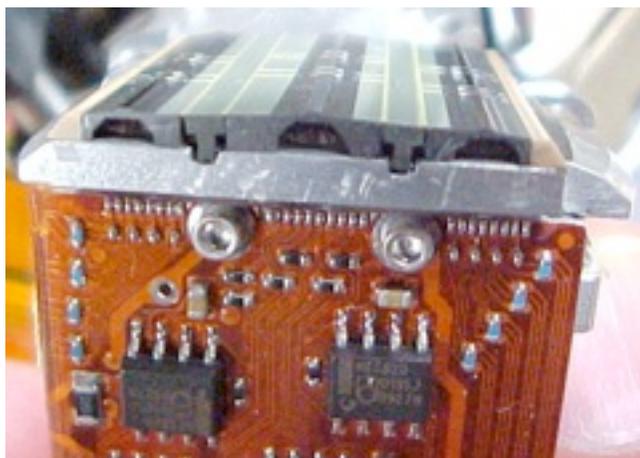
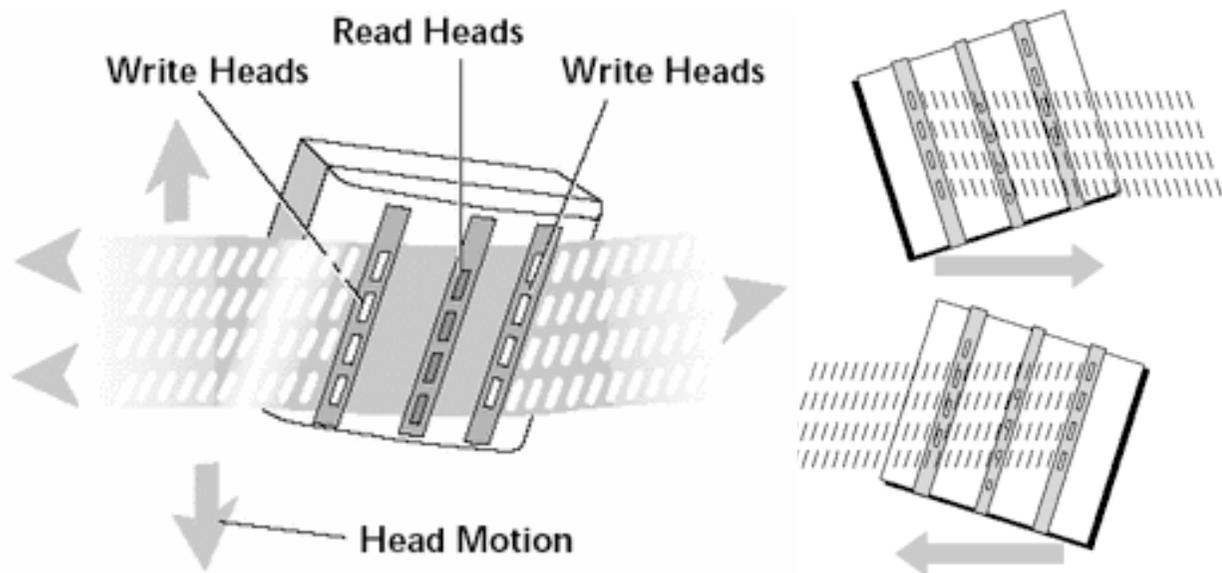
DLT 3000/4000



DLT 7000/8000

Die Verringerung des Abstandes der Spurbreite war eine Meisterleistung. Nur ist aktuell die Datendichte auf den Bändern praktisch ausgereizt. Mehr Spuren lassen sich nicht mehr sicher schreiben (wackelige Bandführung, obwohl schon nur recht genau aus der Mitte der Spur gelesen wird und dort hingeschrieben), die Eisenpulver auf dem Band lassen auch keine kleineren magnetischen Domänen mehr zu. Wesentlich dünner lässt sich das Band auch nicht mehr machen, sonst würde es zu instabil. Anscheinend ist die Technik tatsächlich am Ende.

Der DLT-Lesekopf



Der Kopf wird gekippt, ein paar Lese/Schreibeinheiten sind untätig.

Unten: Realaufnahme eines Kopfes, rechts mit Schleifspuren. Das Band liegt am Kopf an und wird darüber gezogen)

Eine DLT-Kassette



Am Anfang des Bandes sieht man die Schlaufe, mit der das Band ins Laufwerk gezogen wird.



Vergleich der verschiedenen Kassetten: Oben DLT, Mitte VHS, unten DAT.

LTO (Linear Tape Open)

- IBM, Seagate, HP (Quantum, Tandberg)
- 1/2 Zoll Band, 609m lang
- 100Gb mit 7,5 Mb/s (Ultrium-1) bis 800GB bei 120 Mb/s (Ultrium-4)
- Kassetten für Robotereinsatz optimiert, Keilform
- Datensicherung, auch Archivierung
- Tape-Libraries bis zu 120 Petabyte
- SAS & Fiberchannel, früher SCSI

Ist LTO wirklich so open, wie der Name suggeriert? Nein, die drei/fünf Firmen haben ein Auge darauf, wer LTO-Produkte herstellen will.

Ursprünglich waren zwei Standards geplant: Ultrium für die Datensicherung und Accelis für die Archivierung. Accelis wurde aber nie fertig entwickelt, so dass nur das markttaugliche Ultrium auf den Markt gebracht worden ist.

Man verwendet bei LTO selten alle Spuren für Nutzdaten. Häufig werden noch Paritätsinformationen mit gespeichert, die dann eine Spur brauchen. Wer Raid von Festplatten kennt, kann es damit vergleichen.

So versichert man sich, falls eine Spur zu Teilen unlesbar wird, immer noch sinnvolle Daten von dem Band lesen zu können. (Raid-on-Tape)

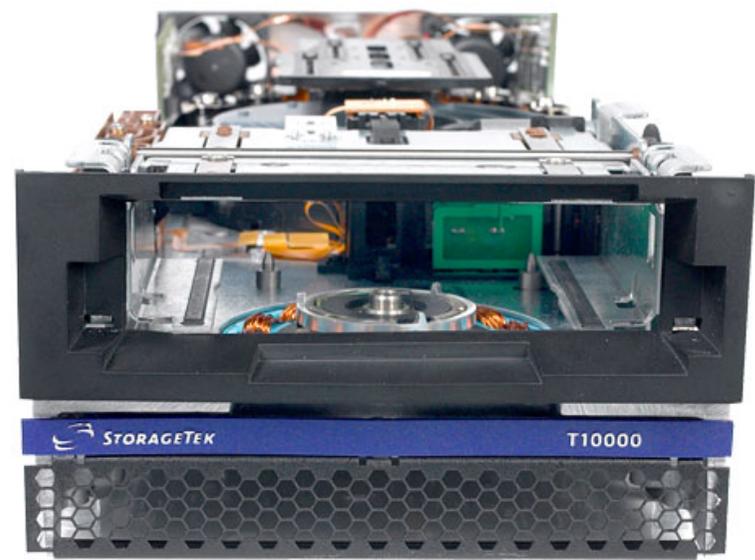
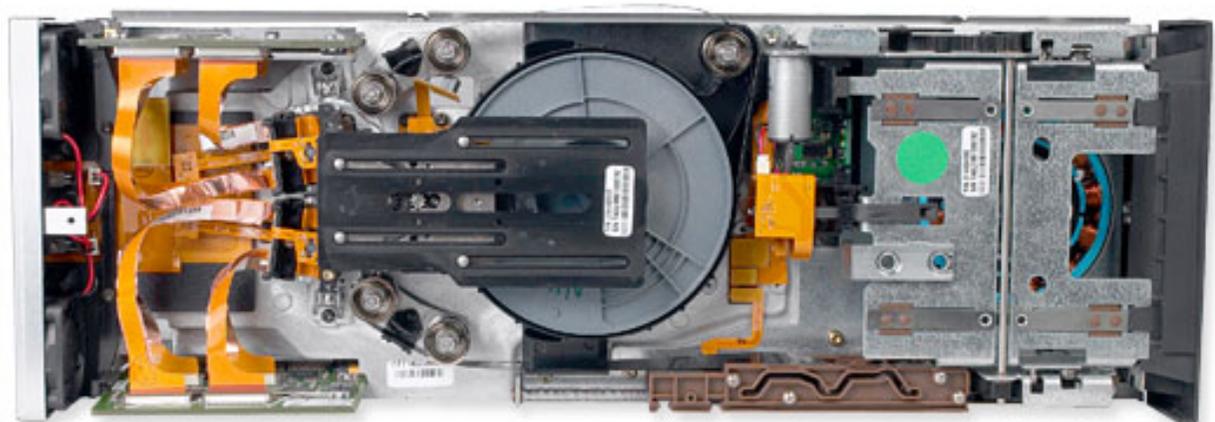
Eine offene LTO-Kassette



Der rote Schalter unten links ist der Schreibschutz.

Sun StorageTek T10000 Tape Drive

Kassette laden	16s
Durchschnittliche Zugriffszeit (Datei)	46s
Zurückspulen (Max.)	42s(91s)
Auswerfzeit	23s
Transferrate	120 Mb/s (360Mb/s)
Kapazität (Band)	500GB
Lebensdauer (Band)	ca. 30 Jahre
Schnittstelle	4 Gb/s Fiberchannel



State-of-the-Art der Datenspeicherung mit Magnetbändern.
Dieses Laufwerk kann mit sehr vielen Formaten, u.a. LTO3.
Wird in großen Tape Libraries eingesetzt. Unterstützt sogar WORM-Beschriftung.

http://www.sun.com/storagetek/tape_storage/tape_drives/t10000/specs.xml

Zusammenfassung

- In Gebrauch von 1951 bis heute
- vor der Festplatte der Massenspeicher für Computer
- Enormer Aufwand, um die Datendichte zu erhöhen
- Heute hauptsächlich für Datensicherung und Archivierung
- Technik scheint am Ende, in den letzten Jahren keine nennenswerte Verbesserung

Quellen

- <http://www.useddlt.com>
- <http://www.usedlto.com>
- http://www.sun.com/storageetek/tape_storage/tape_drives/t10000/specs.xml
- http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Tape
- <http://de.wikipedia.org/wiki/LTO>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Shoeshine-Problem>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Schrägspuraufzeichnung>
- <http://www.qic.org/html/qicstan.html#CRF1>
- <http://www.pine1nc.com/PinetreeMagneticTapeHistory.php>
- <http://www.berlinews.de/archiv/245.shtml>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Tape
- http://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Video
- <http://www.pcguide.com/ref/hdd/geom/data.htm>