

Massenspeicher

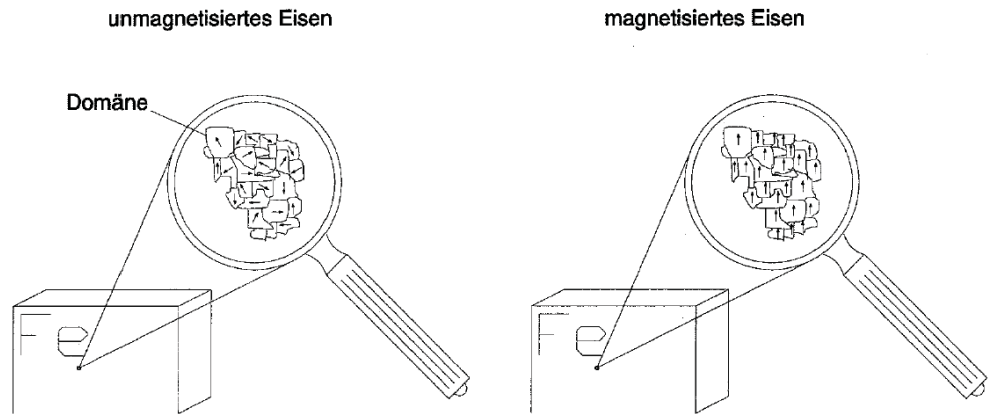
Generell unterscheidet man **interne** (z.B. RAM) und **externe** Speicher, je nachdem, ob der Speicher Teil der Zentraleinheit ist – oder nicht.

Unterschied im Zugriff:

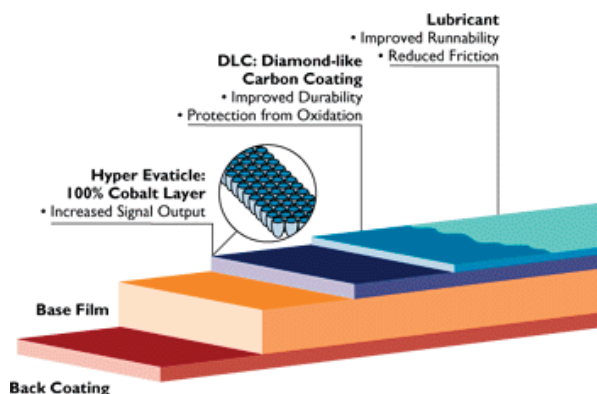
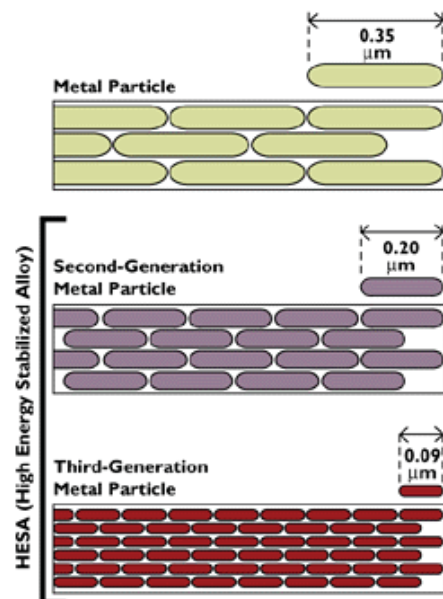
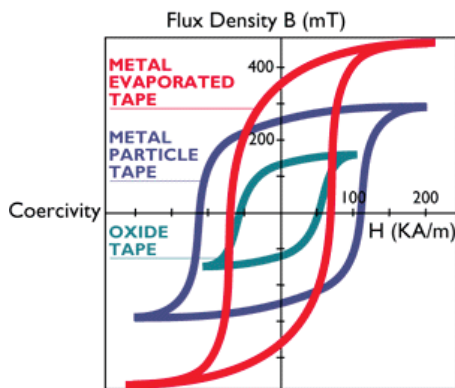
- Beim **sequentiellen Zugriff** müssen zunächst alle gespeicherten Daten nacheinander gelesen werden, um bestimmte Daten zu lesen. Dadurch entstehen lange Zugriffszeiten (Magnetbänder).
- Beim **indizierten Zugriff** (Diskette, Festplatte, CD, DVD) erfolgt der Zugriff direkt und ist damit um ein vielfaches schneller als der sequentielle Zugriff.

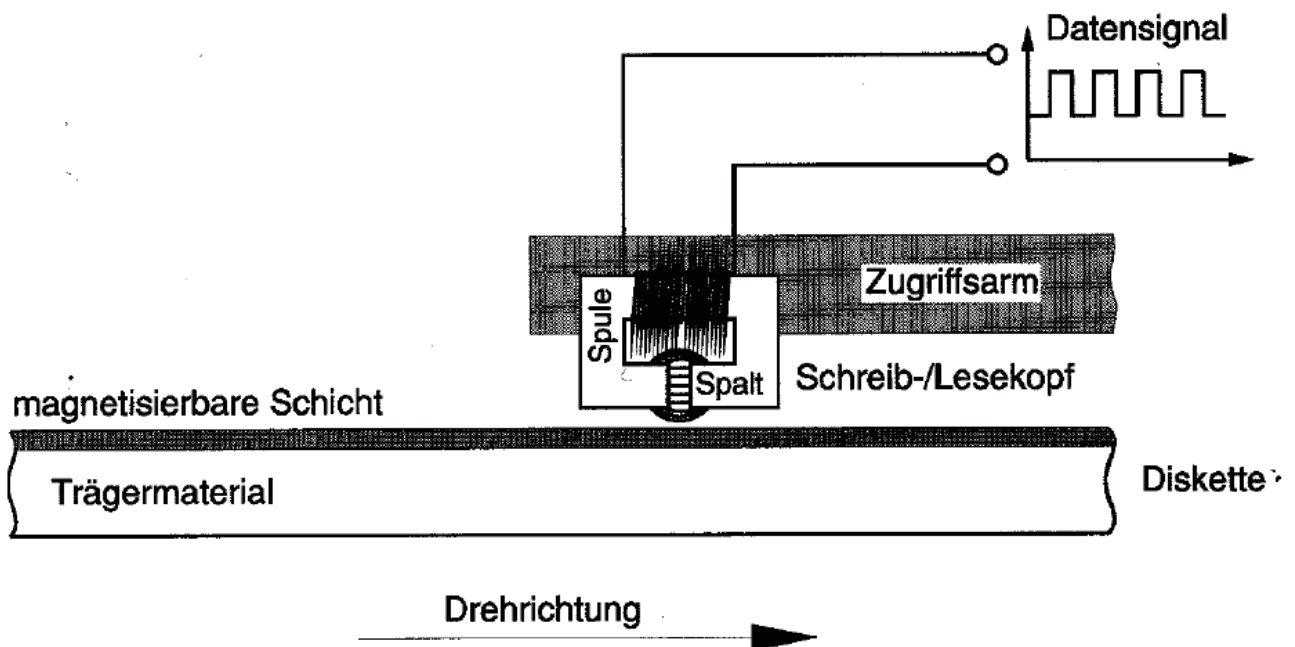
Magnetische Speicher

Speichern der Daten durch Polarisierung der magnetischen Oberfläche des Speichermediums



SONY Advanced Metal Evaporated (AME)



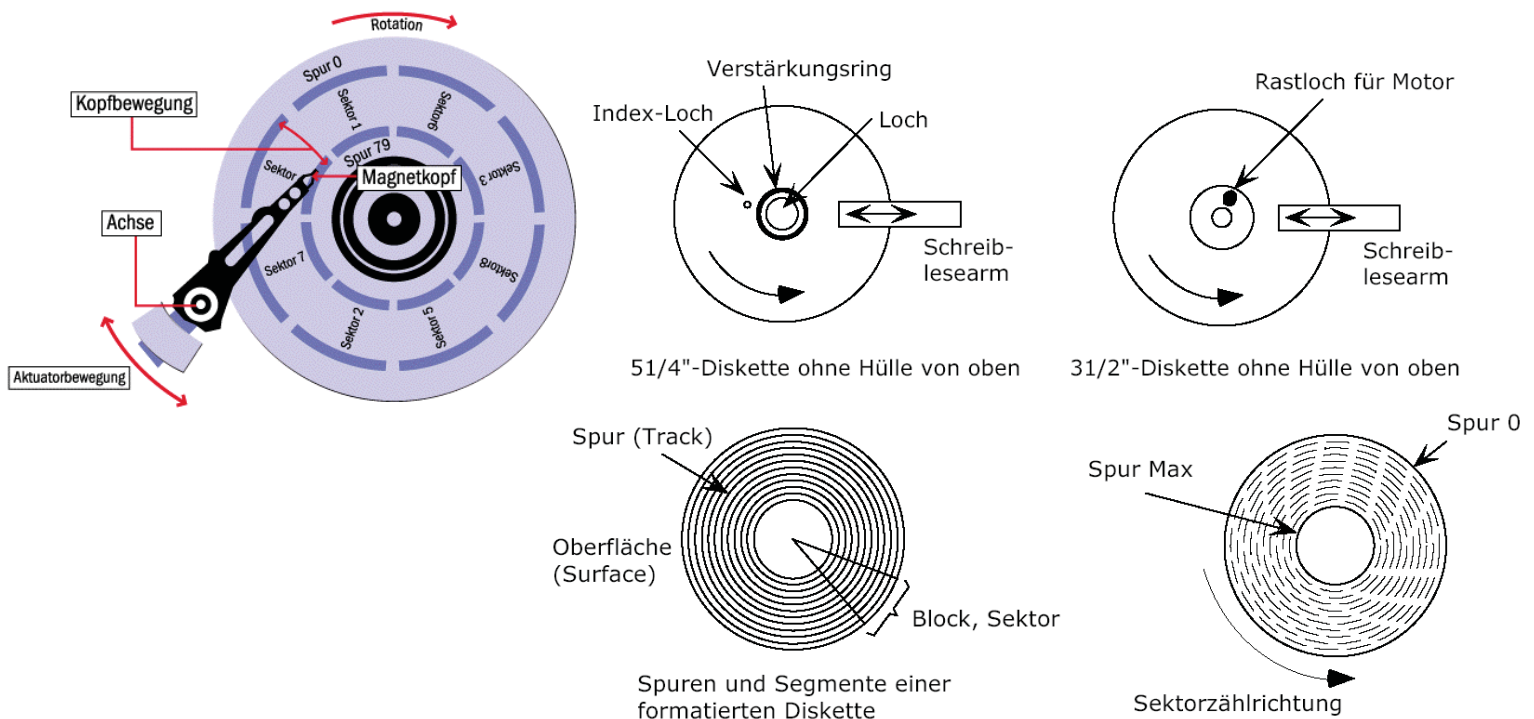


Nur unterschiedlich magnetisierte Bereiche (→ Flußwechsel) induzieren eine Spannung an den Spulenklammern!

Disketten

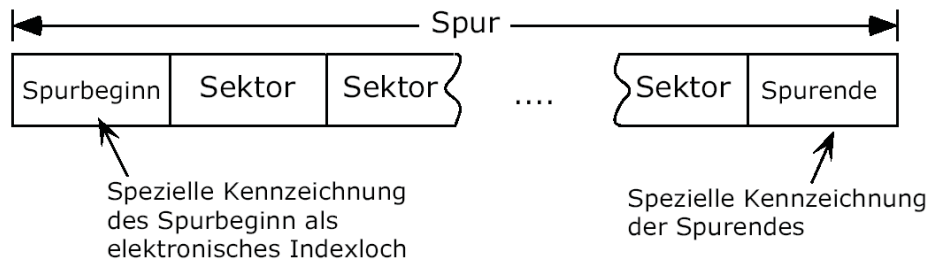
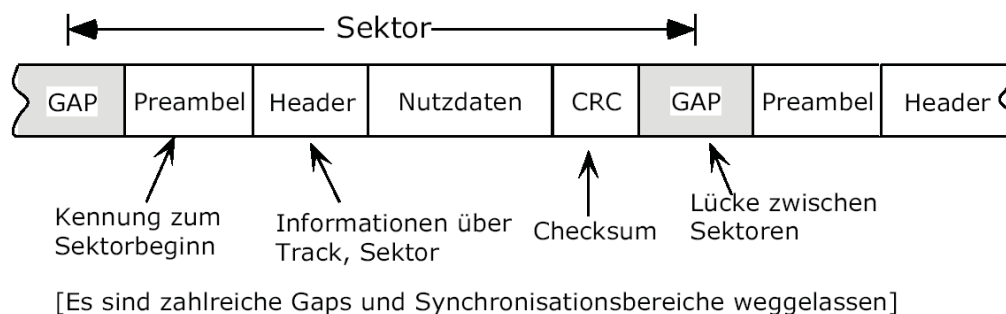
Anfang der 80er Jahre erfunden, Bestehend aus biegsamen magnetisch beschichtetem Material (floppy disk), Dicke ca. 0,05 mm
 In den Größen: 8", 5 1/4" und 3 1/2" (" = Inch = Zoll)

2



- Die *Spuren* (tracks) werden von Innen nach Außen von 0 an durchnummeriert.
- Die *Sektoren* (sectors) innerhalb einer Spur werden von der Markierung (Indexloch, Rastloch, Elektronische Markierung) von 1 beginnend nummeriert.
- Dasselbe erfolgt analog mit der Nummerierung der *Oberflächen* (surface): 0 und 1.

4



CRC = Cyclic Redundancy Check (Prüfsumme)

- Es wird eine mathematische Funktion basierend auf einem Polynom über alle Bits eines Blocks an Informationen gebildet.
- Diese Funktion ist so gewählt, dass sie einen anderen Wert liefert, wenn auch nur wenige Änderungen an den Informationen vorhanden sind
- Beim Schreiben wird der CRC berechnet und geschrieben
- Bei jedem Lesen wird er erneut berechnet und mit dem abgespeicherten verglichen

6

Festplatten

Historie:

- 1956, erstes Magnetplattenlaufwerk 305 RAMAC, 5 MB von IBM
- 1973 stellt IBM Festplatte "Winchester 3340" vor, Kapazität: 30MB
Winchester → produzierende IBM-Werk in England zu der Zeit
- 1977 brachte Shugart das erste preiswerte Laufwerk auf den Markt (14", 30 MByte)
- 1979 Seagate baute die erste Festplatte im 5,25-Zoll-Format
- 1981 kam SCSI und 1982 gab es die ST506-Schnittstelle von Seagate, aus der sich IDE, E-IDE, ATA und ATAPI entwickelt haben
- 1996 hat Seagate mit der Cheetah-Serie erste Festplatten mit 10.000 U/min präsentiert
- 1998 bot die Seagate-Barracuda-Serie eine Maximalkapazität von 50 GByte. Nur zwei Jahre später waren es schon fast 200 Gbyte

Flächendichte auf den Festplattenscheiben stieg von 2000 Bit/inch² im Jahr 1957 auf über 1 GBit/inch² in den Jahren 1995 bis 1997. Heutige Werte liegen bei 10 bis 20 GBit/inch². Werte von 50 bis 60 GBit/inch² sind in naher Zukunft auch für Serienlaufwerke zu erwarten.

Dasselbe Prinzip wie bei Disketten nur:

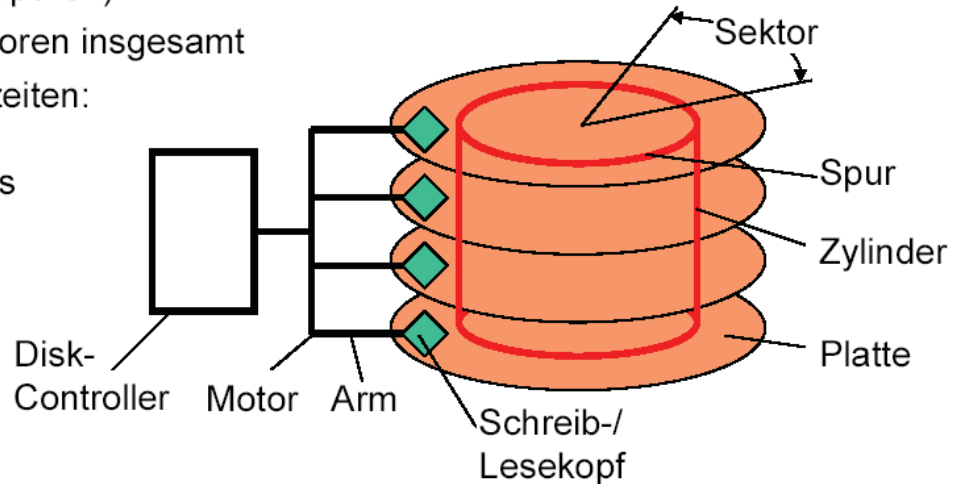
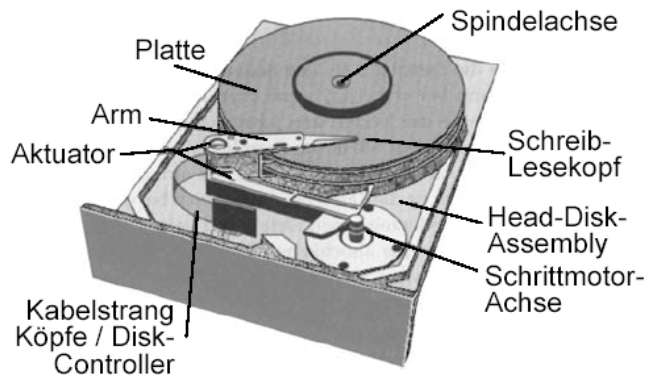
- Größerer Speicherplatz: Mehrere Scheiben (1 bis 8)
- Platten aus Aluminium mit magnetischer Beschichtung → Höhere Spurdichte
- Höhere Rotation (3.000 bis 10.000 U/Min.), Kürzere Zugriffszeit 4-12ms
- Kein Wechselmedium (daher "fest")

7

Physikalischer Aufbau einer Festplatte

Beispiel: Seagate Cheetah 36

- 3,5 Inch Disk
- 36,4 GByte Kapazität
- 10.000 Umdrehungen/Minute
- 18,3 bis 28 MByte/s interne Datentransferrate
- 9.772 Zylinder (Spuren)
- 71.132.960 Sektoren insgesamt
- Mittlere Zugriffszeiten:
Lesen 5,2 ms,
Schreiben 6,0 ms



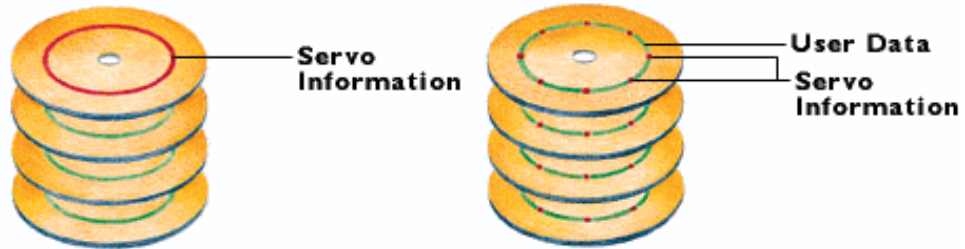
8



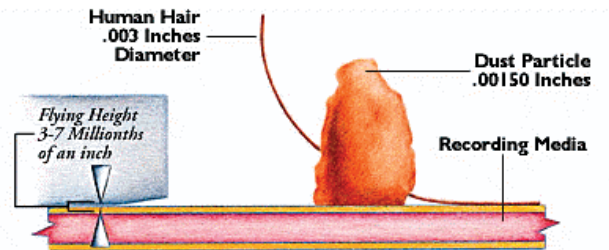
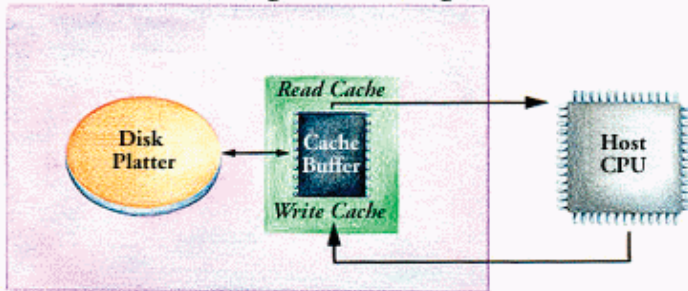
- Schreib-/Leseköpfe schweben auf Luftkissen sehr dicht der Oberfläche (ca. 0,0003mm); Probleme im Vakuum
- Im ausgeschalteten Zustand setzen die Köpfe auf einem dafür reservierten Bereich auf oder werden ganz aus dem Plattenbereich herausgezogen, z. B. bei Laptops.

9

Dedicated Versus Embedded Servo



Read and Write Caching: How Caching Works

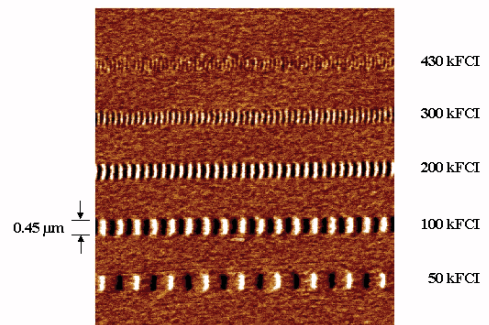


18.6.99, E. Riedle, Uni München

20.4 Gbit/in² Density Demonstration

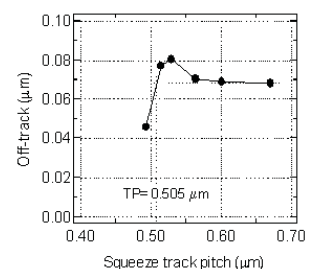
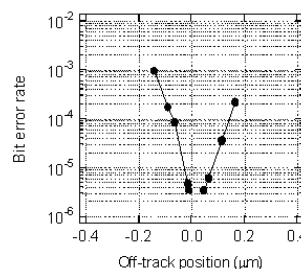
- **Specification**
 - Linear density: 405 kBPI (430 kFCI)
 - Track density: 50.3 kTPI (Track-pitch: 0.505 μm)
 - Data rate: 13.3 MB/s
- **Channel**
 - 16/17 code, conventional EPR4ML
- **Write head**
 - Ni₅₀Fe₅₀ pole tip trimmed by FIB at wafer process
 - Write track-width: 0.45 μm
- **Read head**
 - Synthetic ferrimagnet CoFeB/PdPtMn spin-valve
 - Read track-width: 0.36 μm
- **Media**
 - CoCrPt based quaternary alloy thin-film disk
 - H_c: 3380 Oe, M_{rt}: 0.42 memu/cm²
 - Magnetic spacing: 0.031 μm

MFM Image of Recorded Tracks



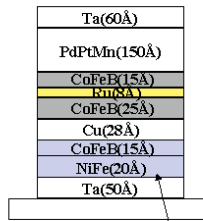
Bit Error Performance at 20.4 Gbit/in² Density

- Linear density: 405 kBPI (430 kFCI)
- Track density: 50.3 kTPI (Track-pitch: 0.505 μm)



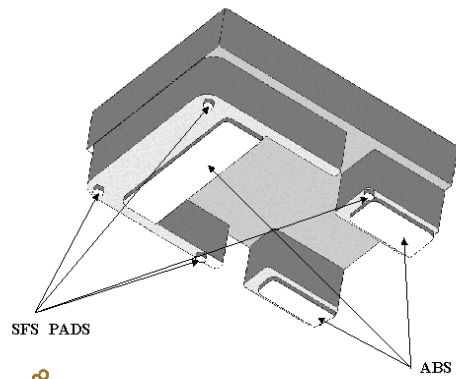
18.6.99, E. Riedle, Uni München

Spin-Valve Head Structure

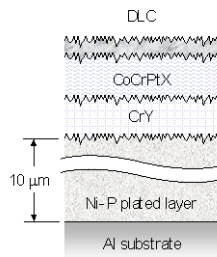


35Å thick NiFe/CoFeB free layer

Trini-Slider



Media Structure



18.6.99, E. Riedle, Uni München

Maxtor®
SCSI Hard Disk Drives

ENTERPRISE

Atlas 15K ULTRA320

SCSI

15,000 RPM
Enterprise-class
hard drive

Exceptional
Performance

- Industry's Highest IOPS performance
- 3.2ms seek time
- Second-generation Ultra320 SCSI with MaxAdapt™
- Maximum sustained data rate up to 75MB/sec
- 8MB cache

The World's Fastest Hard Disk Drive—
Seek Times as Fast as 3.2 ms Provide
the Industry's Highest Performance for
Demanding I/O-intensive Applications

Extending the Advantage

The Maxtor Atlas 15K SCSI drive is the fastest hard drive in the world. Its 3.2ms seek time enables 45% more I/Os per second than 10K RPM drives can achieve. The Atlas 15K drive can sustain up to 75MB/sec data transfer rate and is ideal for use in high-performance workstations, NAS and SAN environments, OLTP applications, enterprise servers and data mining applications. The drive is equipped with Maxtor-developed Ultra320 SCSI and is backwards compatible with all prior versions of SCSI. The Ultra320 interface includes MaxAdapt™, a closed-loop method of improving signal

18GB

36GB

Specifications	18.4	36.7	73.4
Formatted Capacity (GB)	18.4	36.7	73.4
Bytes per Sector	512		
Interface	Ultra 320 SCSI (Backwards compatible with Ultra160, Ultra2, Ultra SCSI)		
Interface Connectors	68-pin WIDE and 80-pin SCA-2		
Disk Drive Configuration			
Disks	1	2	4
Heads	2	4	8
Performance Specifications			
Seek Time			
Average Read/Write (ms)	3.2/3.6	3.2/3.6	3.4/3.8
Track-to-Track Read/Write (ms)	0.3/0.5		
Full stroke Read/Write (ms)	8.0/9.0		
Spindle Speed (RPM)	15,000		
Average Rotational Latency (ms)	2		
Transfer Rate			
Internal (Mb/sec)	860		
To/From Media (MB/sec)	100		
Maximum Sustained (MB/sec)	75		
Cache (MBytes)	8		
Reliability Specifications			
AFR (Annualized Failure Rate)	0.7%		
Data Error Rate per Bits Read			
Recoverable	< 1 per 10 ¹¹		
Nonrecoverable	< 1 per 10 ¹⁵		
Warranty ¹ (years)	5		

Specifications	18.4	36.7	73.4
Environmental Specifications			
Operating			
Temperature (°C)	5 to 55		
Non-Condensing Humidity (%)	8 to 95		
Shock 2 msec (G) R/W	63/30		
Vibration 5-300 Hz (G)	1.5		
Vibration 301-500 Hz (G)	0.5		
Acoustics, Idle (bels)	3.2	3.2	3.4
Non-Operating			
Temperature (°C)	-40 to 70		
Non-Condensing Humidity (%)	5 to 95		
Shock 2 msec (G)	250		
Vibration 5-300 Hz (G)	2		
Vibration 301-500 Hz (G)	1		
Power Specifications			
Voltage Requirements	+5VDC +/- 5%, +12VDC +10% -7%		
Idle Power (W)	7.2	9.4	11
Physical Dimensions			
Width max (inches/mm)	4/101.6		
Length max (inches/mm)	5.787/147		
Height max (inches/mm)	1.028/26.1		
Weight max (lb/kg)	1.8/0.81		

Atlas 15K

Product Features



High Performance Electronics Architecture

- **Dual processor** — Twice the processing power to maximize performance.
- **Colossal cache** — Bigger, faster cache of up to 64 MB means faster performance.

Rock Solid Mechanical Architecture

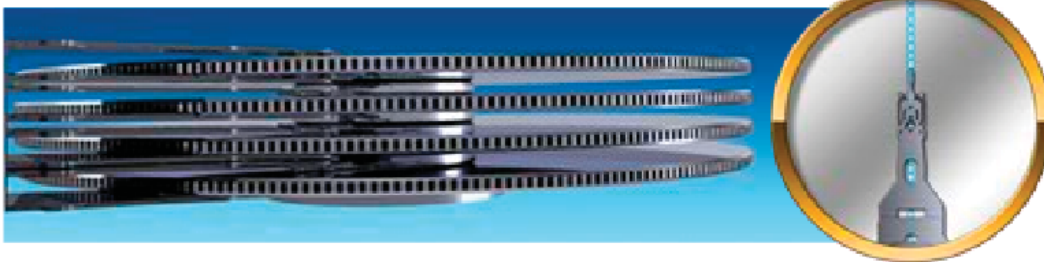
- **Dual actuator technology** — A head positioning system with two actuators that improves positional accuracy over the data track(s). The primary actuator provides coarse displacement using conventional electromagnetic actuator principles. The secondary actuator uses a piezoelectric motor to fine tune the head positioning to a higher degree of accuracy. (2 TB only)
- **StableTrac™** — The motor shaft is secured at both ends to reduce system-induced vibration and stabilize platters for accurate tracking, during read and write operations. (750 GB, 1 TB, and 2 TB models only)
- **NoTouch™ ramp load technology** — The recording head never touches the disk media ensuring significantly less wear to the recording head and media, as well as better drive protection in transit.

5-year limited warranty

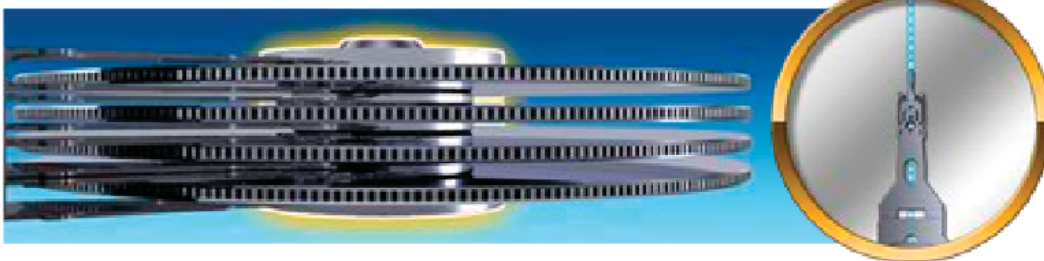
StableTrac

The motor shaft is secured at both ends to reduce system-induced vibration and stabilize platters for accurate tracking during read and write operations.

Standard Hard Drive



Hard Drive with WD StableTrac



WD Black™ Desktop-Festplatten

Technische Daten	4 TB	4 TB	3 TB	3 TB
Modellnummer ¹	WD4003FZEX	WD4001FAEX	WD3003FZEX	WD3001FAEX
Schnittstelle	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s
Formatierte Kapazität ²	4 TB	4 TB	3 TB	3 TB
Baugröße	3,5 Zoll	3,5 Zoll	3,5 Zoll	3,5 Zoll
Advanced Format (AF)	Ja	Nein	Ja	Nein
RoHS-konform ³	Ja	Ja	Ja	Ja
Leistung				
Datenübertragungsrate (max.) Puffer zum Host Host von/zum Laufwerk (kontinuierlich)	6 Gb/s 171 MB/s	6 Gb/s 154 MB/s	6 Gb/s 168 MB/s	6 Gb/s 154 MB/s
Cache (MB)	64	64	64	64
Drehzahl (U/min)	7200	7200	7200	7200
Zuverlässigkeit/Datenintegrität				
Load-/Unload-Zyklen ⁴	300.000	300.000	300.000	300.000
Nicht korrigierbare Lesefehler pro gelesene Bits	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴
Garantie (Jahre) ⁵	5	5	5	5
Stromversorgung				
Durchschnittlicher Leistungsbedarf (W) Lesen/Schreiben Leerlauf Standby/Ruhemodus	9,5 8,1 1,3	9,5 8,1 1,3	9,5 8,1 1,3	9,5 8,1 1,3

Technische Daten	2 TB	1 TB	1 TB	500 GB
Modellnummer	WD2003FZEX	WD1003FZEX	WD1002FAEX	WD5003AZEX
Schnittstelle	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s	SATA 6 Gb/s
Formatierte Kapazität ¹	2 TB	1 TB	1 TB	500 GB
Baugröße	3,5 Zoll	3,5 Zoll	3,5 Zoll	3,5 Zoll
Advanced Format (AF)	Ja	Ja	Nein	Ja
RoHS-konform ²	Ja	Ja	Ja	Ja
Leistung				
Datenübertragungsrate (max.) Puffer zum Host Host von/zum Laufwerk (kontinuierlich)	6 Gb/s 164 MB/s	6 Gb/s 150 MB/s	6 Gb/s 126 MB/s	6 Gb/s 150 MB/s
Cache (MB)	64	64	64	64
Drehzahl (U/min)	7200	7200	7200	7200
Zuverlässigkeit/Datenintegrität				
Load-/Unload-Zyklen ³	300.000	300.000	300.000	300.000
Nicht korrigierbare Lesefehler pro gelesene Bits	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴	<1 pro 10 ¹⁴
Garantie (Jahre) ⁴	5	5	5	5
Stromversorgung				
Durchschnittlicher Leistungsbedarf (W) Lesen/Schreiben Leerlauf Standby/Ruhemodus	9,5 8,1 1,3	6,8 6,1 0,8	6,8 6,1 0,7	6,8 6,1 0,8
Umgebungsbedingungen⁵				
Temperatur (°C) In Betrieb Ruhezustand	5 bis 55 -40 bis 70	0 bis 60 -40 bis 70	0 bis 60 -40 bis 70	0 bis 60 -40 bis 70
Stoß (G) Betrieb (2 ms, Schreiben) Betrieb (2 ms, Lesen) Ruhezustand (2 ms)	30 65 300	30 65 350	30 65 300	30 65 350

E. Riedle

Physik ^{LMU}

The Future is Optical

- **Amazing durability.** Non-contact playback means you can use discs millions of times without degradation or damage.
- **Archival stability.** Optical discs protect the signal under a layer of clear polycarbonate. The result is superb longevity -- up to 30 years of archival life.
- **Fast random access.** While tape drives need to fast-forward or rewind to find a specific file, disk drives can move directly to the right spot.
- **Huge capacity.** Optical discs have the "real estate" needed for digital audio, digital video and multimedia -- in addition to huge databases, fat applications and operating systems.
- **Write and rewrite capabilities.** Magneto Optical discs can write, erase and re-write. In fact, MiniDisc enables you to re-record up to 1 million times on a single disc!
- **Low cost.** CD-ROMs are so inexpensive to manufacture that magazines and on-line services distribute them free!
- **Future potential.** The emerging DVD standard calls for a 4-3/4 inch disc with seven times the data capacity of a CD-ROM! Dual-layer DVDs can carry even more -- up to twelve times the data on a single side!