

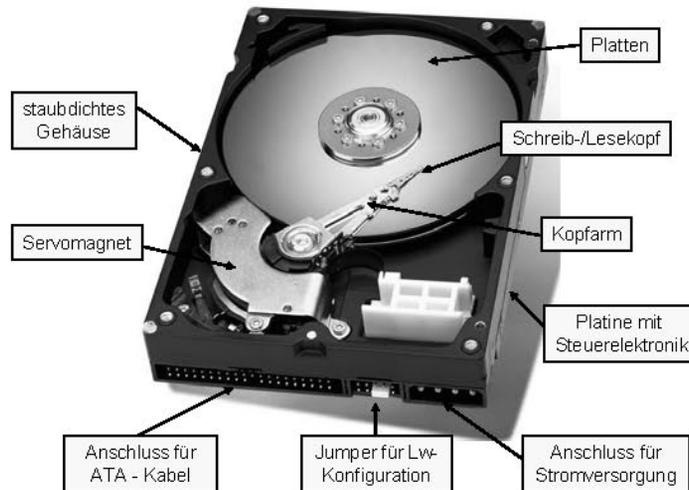
Geschichte

- 1956:** IBM stellt die erste Festplatte vor (24" Plattendurchmesser, 5 MByte Kapazität).
- 1973:** IBM entwickelt unter dem Namen "Winchester" ein 14" Plattenlaufwerk, bei dem die Schreibleseköpfe auf einem Luftpolster über der Plattenoberfläche fliegen.
- 1984:** Compaq beauftragt den Festplattenhersteller Western Digital mit der Entwicklung eines neuen Controllers, welcher auf der Festplatte integriert werden konnte, um Platz zu sparen. Die Kommunikation mit dem Mainboard sollte über ein 40-pol. Kabel erfolgen. (erste IDE-Festplatte).
- 1986:** Integration des Festplatten-Controllers auf der Laufwerksplatine. **Erstmals taucht der Begriff IDE auf.**
- 1988:** Gründung der Interessengruppe **CAM** (Common Access Methode), um eine Normierung der IDE-Schnittstelle zu erreichen. Damit sollten die unzähligen Kompatibilitätsprobleme beseitigt werden.
- 1989:** In Zusammenarbeit mit der ANSI wird im März der **ATA-Standard** veröffentlicht.



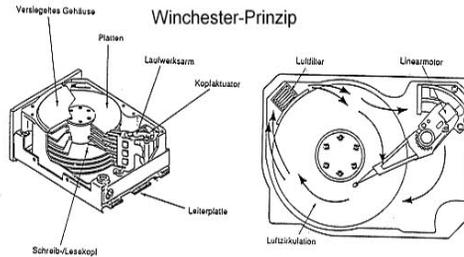
Mechan. Aufbau moderner Festplatten

Die Kopfpositionierung erfolgt kontinuierlich geregelt mit einem Servoantrieb



Aufbau eines Festplattenlaufwerks

- In einem Festplattenlaufwerk sind i.d.R. mehrere übereinander liegende Platten angeordnet - man spricht auch von einem **Plattenstapel**
- Die Platten sind beidseitig mit hochfein polierten Metalloxiden beschichtet und drehen sich mit einer sehr hohen konstanten Geschwindigkeit (3600 bis 15.000 U/min).
- In dem vor äußeren Einflüssen „versiegelten“ Gehäuse wird bei der hohen Drehzahl Luft mitgerissen.
- Bedingt durch eine spezielle aerodynamische Bauform "fliegen" die Köpfe (< 10g) in extrem geringer Höhe (< 0,5 µm) auf einem Luftpolster (Bernoulli-Effekt) über der Oberfläche der Platten.
- Während des Betriebs kommt es so zu keiner Abnutzung von Kopf und Magnetschicht.
- Kritisch sind die Ein- und Ausschaltphasen, da hierbei die Köpfe die Plattenoberfläche berühren.



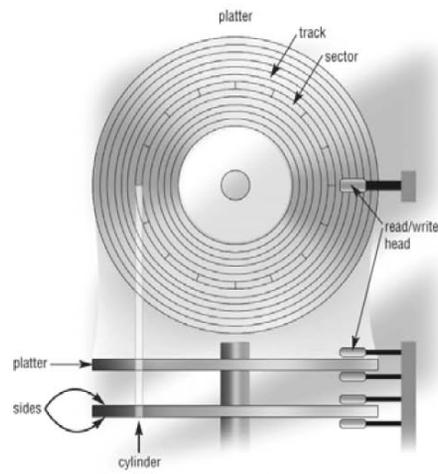
Funktion eines Festplattenlaufwerkes

Die Elektronikplatine steuert die Bewegungen des Kopfantriebes und Spindelmotors

Der Spindelmotor bringt die Platten in Drehung

Bei richtiger Position der Köpfe werden die Daten von den Sektoren gelesen oder in diese geschrieben

Der Kopfantrieb positioniert die Schreib-/Leseköpfe in die exakte Position der Sektoren

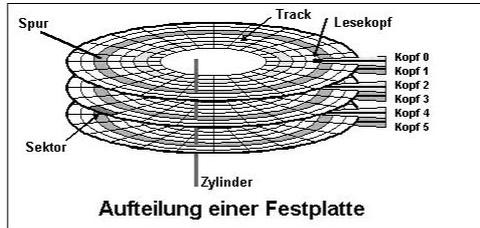


Extracted From Shelly Cashman Vernatt's Discovering Computers 2004



Organisation von Festplatten

- Die Plattenoberfläche ist in viele Spuren (**Tracks** oder **Cylinder**) eingeteilt
- Eine Spur besteht aus mehreren Sektoren (**Sectors**).
- Die auf einem Zugriffschamm befestigten Schreib-Lese-Köpfe (**Heads**) werden gleichzeitig auf die gewünschte Spur positioniert.

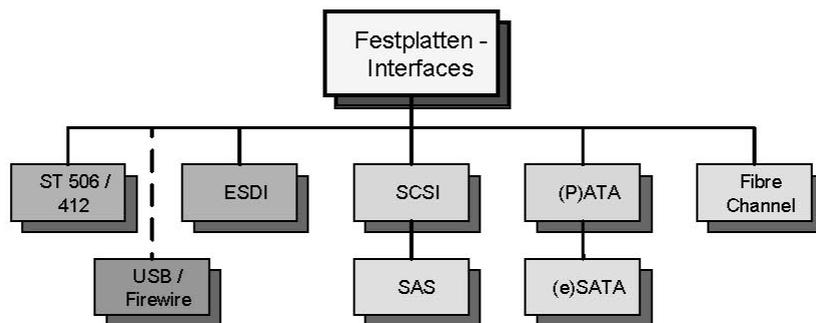


- Ein Sektor ist i.a. **512 Byte** groß (= die kleinste physische Speichereinheit)

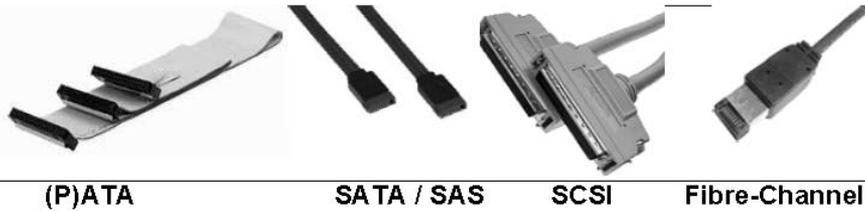
$$\text{Kapazität einer Festplatte} = C * H * S * 512 \text{ Byte}$$



Festplatten - Interfaces



heutige Festplatten-Schnittstellen



- Schnittstellen unterscheiden sich in Eigenschaften wie: maximale Übertragungsrates, maximale Kabellänge, maximale Zahl anschließbarer Endgeräte ...
- Unterteilung der 5 Schnittstellen in 2 Kategorien möglich:
  - Schnittstellen mit paralleler Übertragung – (P)ATA u. SCSI (veraltet)
  - Schnittstellen mit serieller Übertragung – Fibre-Channel, SAS u. SATA



IDE (Integrated Device/Drive Electronics)

- **IDE** steht für die Anbindung von Laufwerken mit integrierter Controller-Elektronik an den ISA-Bus.
- Abgeleitet vom ST506-Shugart-Bus
- Die IDE-Schnittstelle wird oft gleichgesetzt mit der Bezeichnung AT- oder ATA-Schnittstelle.
- Max. zwei Laufwerke (master und slave) pro IDE-Controller
- 40-poliges IDE-Kabel
- Zugriff auf Festplatte über 8 Bit breite Adress-, Befehls- und Steuerregister sowie 16 Bit Datenregister
- Bis zu 50 ATA-Befehle, frühere Pflichtbefehle heute kaum noch verwendet
- Kapazitätsbeschränkung auf 504 MByte pro Festplatte
- Max. Übertragungsrates bis 11,1 MByte/s



Die (P)ATA - Schnittstelle

- ATA (Advanced Technology Attachment) als Standard für IDE-Geräte
- Später Erweiterung der ATA-Spezifikation für den Betrieb von „Nicht-Festplatten“, wie optischen Laufwerken, Streamern usw. an der IDE-Schnittstelle → ATAPI („ATA-Packet Interface“)
- Die Ansteuerung der ATAPI-Laufwerke basiert auf SCSI-Kommandos. Diese werden in ATA-Kommandos eingepackt, daher der Name Packet Interface.
- Das erforderliche ATAPI-Protokoll wird in der ATA-Spezifikation als Packet Feature Set bezeichnet.
- unterstützt ebenso das Master/Slave-Protokoll von IDE



**Fazit:** Günstige und einfache Technologie (vorwiegend für den Konsumgüterbereich) mit guter Leistung, aber beschränkter Erweiterbarkeit.

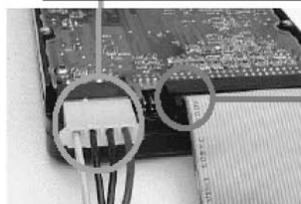
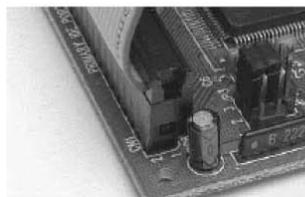


(P)ATA - Kabel

Datenkabel mit roter Kante und 3 Buchsen pro Kabel

- Rot markierte Leitung entspricht Pin 1
- Bei Festplatten und opt. Laufwerken zeigt die rote Kante immer zum Stromkabel hin
- Bei zwei Laufwerken an einem Kabel ist mit entsprechenden „Jumpern“ (Anordnung - siehe Aufkleber auf dem Laufwerk) ein Gerät als „Master“ und das andere als „Slave“ zu konfigurieren

Unkaputtbar: Stromkabel passt nur in eine Richtung



SATA



- SATA (Serial Advanced Technology Attachment) ist die serielle Version von (P)ATA.
- Der SATA-Standard wurde 2002 durch ANSI verabschiedet.
- Die Übertragung erfolgt im Halb-Duplex-Mode (anfänglich mit 150 MByte/s).
- Mit Native Command Queuing werden die IO-Zugriffe verbessert
- Unterstützt hot swapping und zwei Stromsparmodi
- 7-adriges flexibles Kabel, 15-poliger Stromanschluss mit 3,3V und zusätzlichen Stromsparleitungen
- kompatibel zu SAS
- SATA-Laufwerke sind billiger, als SCSI- oder SAS-Laufwerke, haben aber einen ähnlichen Datendurchsatz (sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis).

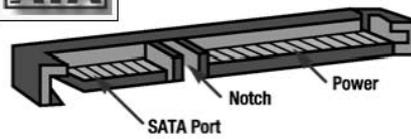
**Fazit:** Leistungsfähige und preiswerte Technologie für den Konsumgüter-, als auch professionellen Markt



Serial ATA (SATA)



SATA-Anschlüsse

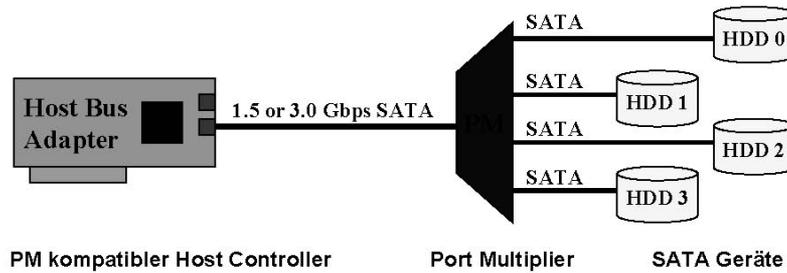


Stromversorgung

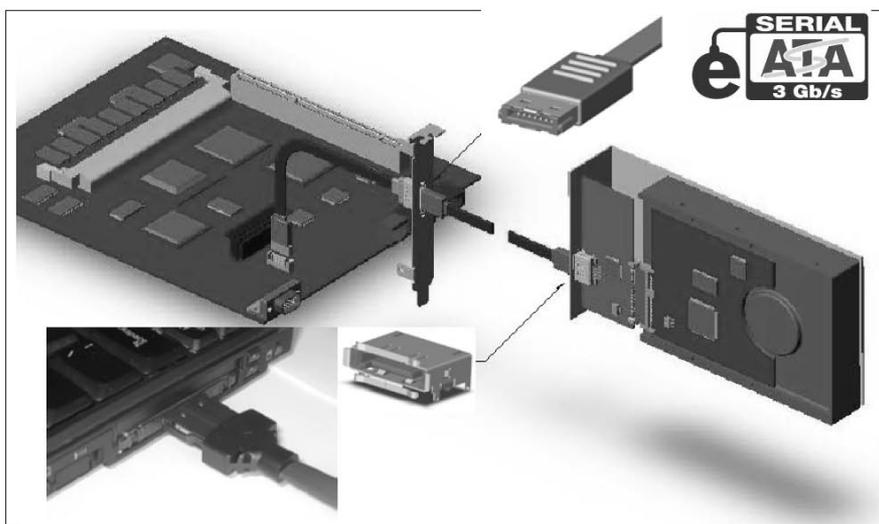


SATA Port Multiplier (PM)

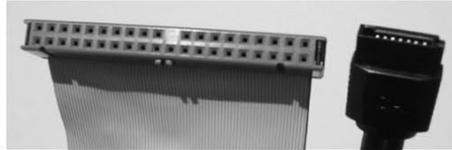
- Mehrere SATA-Geräte werden über Port Multiplier angeschlossen
- Hierzu ist ein PM-kompatibler Hostadapter erforderlich
- Wenn ein PM mit einem nicht PM-kompatiblen Hostadapter verbunden ist, wird nur Gerät 0 erkannt
- An einem PM können max. 15 Geräte angeschlossen werden
- PM dürfen nicht mit anderen PM kaskadiert werden



Anschlussbeispiele für external SATA



PATA und (e)SATA im Vergleich



Merkmal	PATA (... ATA133)	SATA	eSATA
Leitungen pro Kabel	80 (5,9 cm breit)	7 (0,6 cm breit)	7 (0,6 cm breit)
max. Kabellänge	46 cm	100 cm	2 / 8 m
Laufwerke pro Kabel	2 (master u. slave)	1 (point to point)	1 (point to point)
Laufwerkskonfiguration	Per Jumper	keine	keine
Max. Bandbreite [MByte/s]	133	150/300/600	300/600
Hot swapp	nein	ja	ja
Signaltakt	66 MHz	1,5 GHz	1,5 GHz
DMA Controller	onboard	First party	First party
CRC-Prüfung	Nur Daten	Daten und Befehle	Daten und Befehle
Native Command Queuing	nein	ja	ja



ATA-Festplatten Spezifikationen

Datenbreite: 16 Bit; 40/80 pol. Standard-Flachband-Kabel; max. 46 cm lang

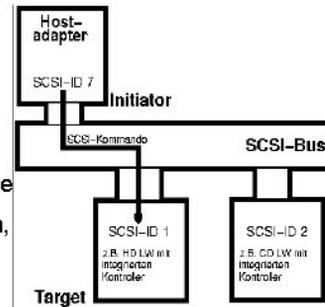
Spezifikation	ATA / IDE	ATA - 2	ATA - 3	ATA - 4	ATA - 5	ATA - 6	ATA - 7
Bezeichnung	IDE	IDE	IDE	UDMA-33	UDMA-66	UDMA-100/133	SATA-150
Verabschiedung	1989	1996	1997	1998	2000	2001	2002
Max. Übertragungsrate	11,1 MB/s	16,6 MB/s	16,6 MB/s	33,3 MB/s	66,6 MB/s	100 / 133 MB/s	150 MB/s (300/600)
PIO-Mode	0..2	0..4	0..4	0..4	0..5		
SingleWord DMA	0..2	0..2					
MultiWord DMA	0..2	0..2	0..2	0..3	0..4	0..5	0..6
Max. Geräte	2	4 (2 x 2)	4 (2 x 2)	4 (2 x 2)	4 (2 x 2)	4 (2 x 2)	1 pro Kanal
Kabel	40 pol.	40 pol.	40 pol.	40/80 pol.	80 pol.	80 pol.	2 pol.
Bemerkungen	5V	synchrone Übertrag. HD-Erkennung, Blocktransf. 28 Bit LBA	SMART	DDR, ATAPI (für CD-ROM)	Spez. 80 pol. Kabel (zus. Masse)	(Akustik- Managem.) 48 Bit LBA	0,5 Volt, bis 1 m Kabel



Die SCSI - Schnittstelle

SCSI (Small Computer System Interface)

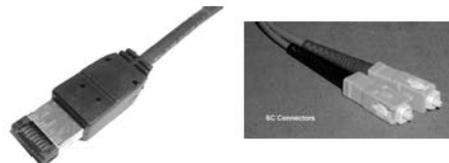
- Basiert auf SASI (von Shugart)
- Busstruktur mit Terminierung an beiden Enden
- Standard- und Wide-SCSI → 8/16 Bit Datenbreite
- Geräte über werden Hostadapter angeschlossen, aber Busverwaltung erfolgt durch Geräte selbst (vom Initiator zum Target)
- Geräte werden über IDs adressiert → 8, 16 IDs
- Jede ID ist noch in bis zu 8 LUNs (Logical Units) unterteilbar
- Hohe Datenraten bis zu 320 MByte/s
- Wird von serieller Version (SAS) abgelöst



**Fazit:** Teure, aber leistungsstarke und ausgereifte Technologie vorwiegend für kommerzielle Anwendungen

Fibre Channel

- Fibre Channel ist keine Schnittstelle im eigentlichen Sinne → Sammlung von Kabelarten und Protokollen
- Sowohl elektrische Kabel (Kupfer) als auch optische (LWL) einsetzbar
- Busstruktur (128 Endgeräte, lokaler Einsatz) oder Switchingstruktur (16 Mio. Endgeräte)
- Eingesetzte Protokolle SCSI, IP, HIPPI („High Performance Parallel Interface“), bei IP spezielle Switches/Router nötig
- Verbindungsdistanzen bis zu 10 km
- Datenrate bis zu 4 GBit/s
- „Hot-Swapping“ und „Hot-Plug“
- Selbstkonfigurierende Endgeräte



**Fazit:** Sehr flexible, leistungsstarke und sichere Lösung für kommerzielle Anwendungen

Adressierung von Festplatten

**Phys. Adressierung:** Die Sektoren einer Festplatte werden direkt adressiert; (X)CHS-Mode

**Log. Adressierung:** Die Sektoren einer Festplatte werden in log. Blöcken adressiert (LBA-Mode)

Adressierung	Cylinder	Heads	Sectors	Anzahl der Sektoren	Kapazität
Altes BIOS (XCHS-Mode)	10 Bit (1024)	8 Bit (256)	6 Bit (63)	24 Bit (16.515.072)	8.455.716.864 Byte = <b>7,875 GByte</b>
IDE – Register (LBA28-Mode)	16 Bit (65 536)	4 Bit (16)	8 Bit (255)	28 Bit (267.386.880)	136.902.082.560 Byte = <b>127,5 GByte</b>
CHS-Mode	10 Bit (1024)	4 Bit (16)	6 Bit (63)	20 Bit (1.032.192)	528.482.304 Byte = <b>504 MByte</b>
LBA48-Mode				48 Bit (<281.474.976.710.656)	<b>&lt; 128 PByte</b>



max. sequenzielle Datentransferrate

Die maximale sequenzielle Datentransferrate einer Festplatte wird nur auf der äußeren Spur erreicht. Sie ergibt sich aus der Drehzahl, der Anzahl der Sektoren auf der äußeren Spur und der Größe eines Sektors.

$$\text{Max. Datentransferrate} = n * S * G$$

n = Drehzahl der Festplatte in Umdrehungen/s

S = Anzahl der Sektoren

G = Sektorgröße (i.a. 512 Byte)

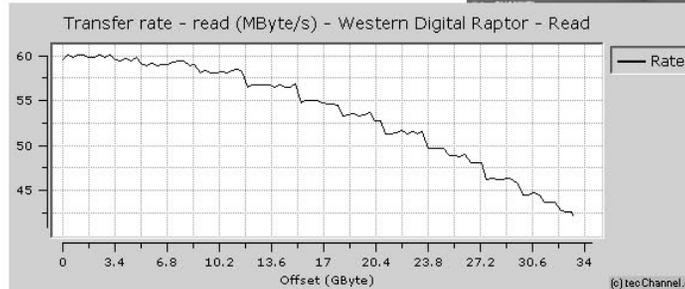
z.B.: a) n = 10.000 U/min = 167 U/s; S = 700 Sektoren/Spur  
Max. Datentransferrate = 59.852.800 Byte/s = ca. 60 MByte/s

b) n = 15.000 U/min = 250 U/s; S = 1.000 Sektoren/Spur  
Max. Datentransferrate = 128.000.000 Byte/s = 128 MByte/s



Beispiel einer SATA-Platte (WD360GD)

Kapazität: = 36,7 GByte  
 Scheibendurchmesser: 2,5 Zoll  
 Datenpuffer: 8 MByte  
 Drehzahl: 10.000 U/min  
 mittleren Zugriffszeit: 5,17 ms  
 max. sequenzielle Datentransferrate: 60 MByte/s



Kenngrößen von Festplatten-Interfaces

Interface / Merkmal	PATA	SCSI	USB	Fibre Channel	(e)SATA	SAS
Datenbreite	16 Bit	8/16 Bit	1 Bit	1 Bit	1 Bit	1 Bit
max. Übertragungsrate [MByte/s]	133	320	1 50 500	200 400	150 300 600	300 600 1200
max. Kabellänge	0,46 m	1,5 .. 12 m	3 / 5 m	100 m (10 000 m)	1 / 2 / 8 m	1 m (int.) 10 m (ext.)
Anzahl der Festplatten pro Kanal	2	7/15 (120)	1	1	1	1
Performance	< 60 MB/s	< 105 MB/s	< 65 MB/s	< 110 MB/s	< 65 MB/s	< 105 MB/s
Drehzahl [U/min]	5400 - 7200	10.000 - 15.000	5.400 - 7.200	10.000 - 15.000	5.400 - 7.200	15.000
Ausfallrate unter Höchstlast	> 3%	< 0,6 %	> 3%	< 0,6 %	> 3%	< 0,6 %
Duty Cycle (Betriebsdauer)	10 - 20 %	80 - 100 %	5-10 %	80 - 100 %	10 - 20 %	80 - 100 %

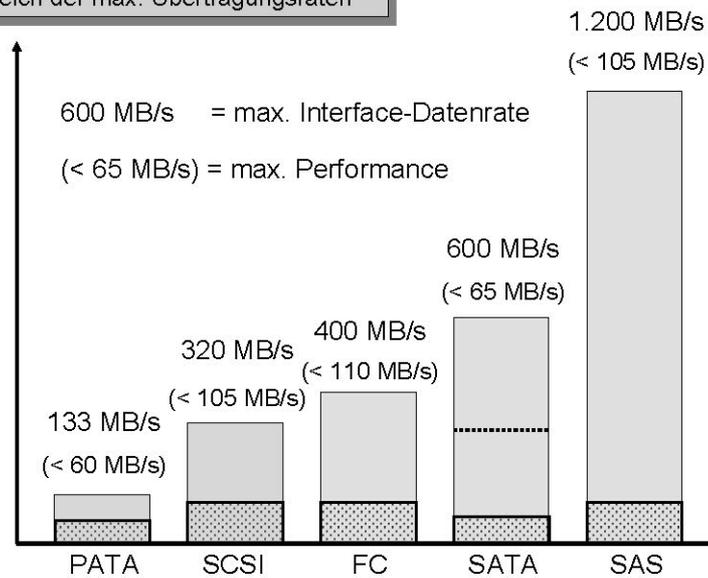


Vergleich der HD-Interfaces

Interface / Merkmal	PATA	SCSI	Fibre Channel	(e)SATA	SAS
Implementierungskosten	niedrig	hoch	sehr hoch	niedrig	hoch
Performance	mittel	hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch
Konfigurierbarkeit	leicht	schwierig	mittel	leicht	mittel
Störanfälligkeit	mittel	niedrig	sehr niedrig	niedrig	sehr niedrig
Flexibilität	niedrig	hoch	sehr hoch	mittel	sehr hoch
max. Anzahl anschließbarer Festplatten	niedrig	hoch	sehr hoch	mittel - hoch	sehr hoch
Einsatzgebiete	veraltet, Privat-anwender, kleine Server	Hochverfügbarkeitssysteme, kommerzielle Anwendung	Weitverkehrsübertragung, kommerzielle Anwendung	modern, private und kommerzielle Anwendung	Hochverfügbarkeitssysteme, kommerzielle Anwendung



Vergleich der max. Übertragungsraten



## Typische Kenngrößen von Festplatten

- **Kapazität:** 100 ... 2 TByte
  - Achtung: Heute wird mit Multiplen von 1000 statt 1024 umgerechnet!
  - z.B. hat eine 500 GByte HD effektiv nur 465 GByte !
- **Interface:** IDE; ATA133; (e)SATA; SCSI; SAS
- **Größe:** 5,25"; 3,5"; 2,5"; 2"; 1,8"; ... 0,85"
- **Bauhöhe:** 3"; 1,5"; 1"; ... 0,4"
- **Drehzahl:** 3 600 ... 7 200 ... 15 000 -> LÄRM!!
- **Zugriffszeiten (mittlere):** 20 ms ... 2,5 ms
- **Cache:** 2 ... 8 ... 16 ... 32 MB
- **Spurdichte [tpi]:** 15.000 ... 200.000
- **Speicherdichte [GBit/in<sup>2</sup>]:** 5 ... 100

