

Duale Hochschule Mannheim DHBW

Kurs TINF21AI1

Rechnerarchitekturen I

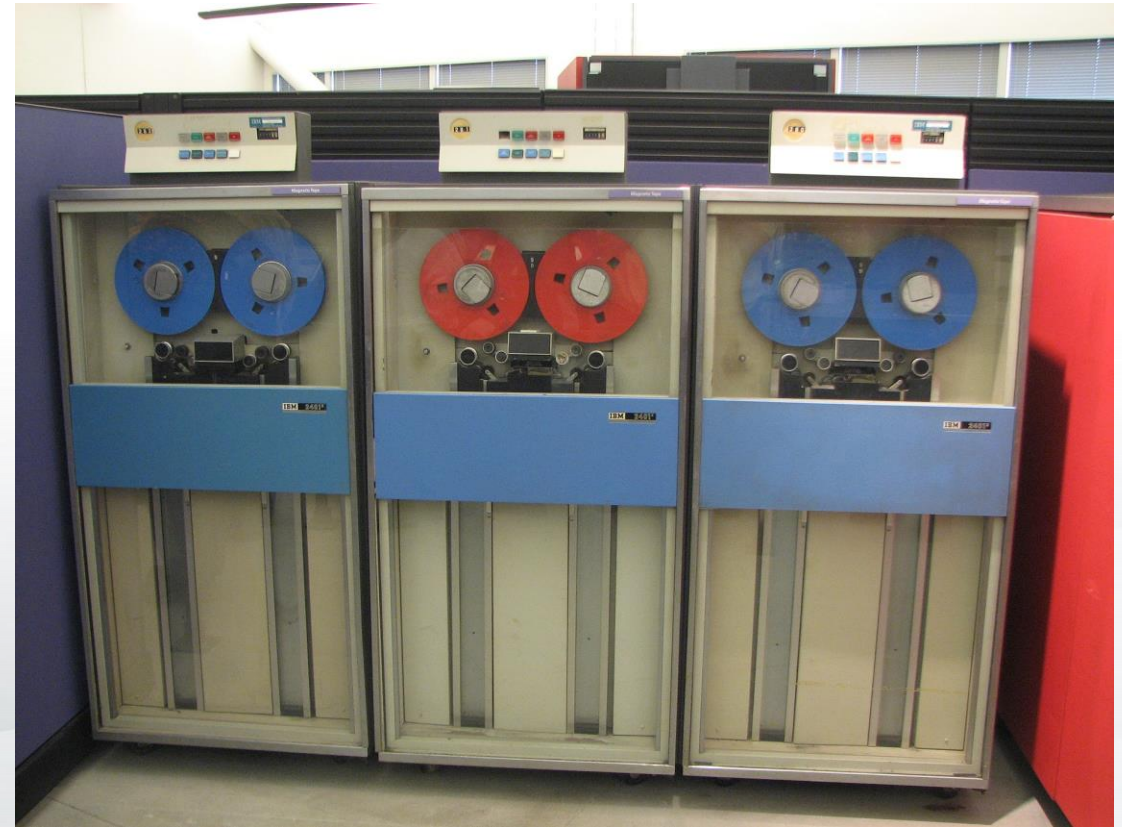
Wahlfreier Speicher

Daten persistent speichern

Zur langfristigen Speicherung von Daten wurden Papierstreifen oder Lochkarten verwendet. Diese wurden von Bandlaufwerken und Festplatten ersetzt. Um Daten zu bearbeiten ging eine Menge Zeit verloren, da Zugriffe Stunden oder Tage dauern konnten. Das Sortieren von Daten war diesen Lösungen recht aufwendig. In der Regel erfolgte dies Nachts und am folgenden Morgen bereite man den nächsten Lauf vor.

Alte Festplatten konnte man noch von Hand bedienen, da sie in Boxen gelagert wurden. Dies hat sich auch auf die Verwendung der Algorithmen für Zugriffe ausgewirkt. Aus dieser Zeit stammt der Unix Befehl: `dd`.

Für die Großrechner 360 Serie hat IBM auch die ersten Festplatten entwickelt.



Von Erik Pitti from San Diego, CA, USA - IBM System/360 MainframeUploaded by Mewtu, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8725007>

Disketten

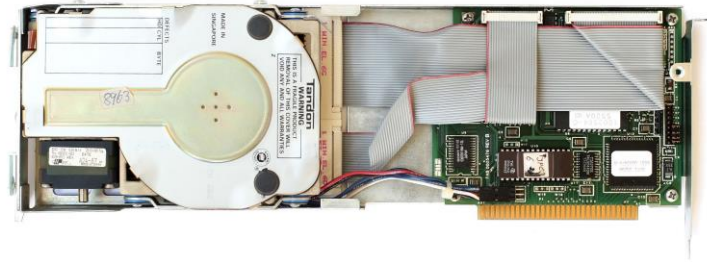
Um Daten zwischen Computern zu Transportieren wurden Festplattenstapel oder Disketten verwendet. Gebräuchlich waren 3 ½ Zoll Disketten in der Größe 1,44 Mbyte (512 Byte pro Sektor mit). Daneben gab es noch 720 Kbyte und 2,44 Mbyte Laufwerke.



By Swtpc6800 en:User:Swtpc6800 Michael Holley - Photo by Michael Holley, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3474695>

Festplatten MFM

Aufbauend auf der IBM Festplatte haben sich auch die ersten Festplatten für den breiten Markt entwickelt. Die Firma Shugart Technology hat mit der ST506-Schnittstelle die MFM Festplatte eingeführt. Die Kommunikation erfolgte mit Hilfe einer Controller Karte. Über einen Interrupt wurde die Karte angesprochen und mit DMA wurden die Daten in den Speicher kopiert. Des Weiteren musste die Festplatte richtig formatiert sein, was bedeutet, dass die Sektoren usw. richtig erzeugt wurden.



Von Konstantin Lanzet - received per EMailCamera: Canon EOS 400D,
CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6919503>



Von User Smial on de.wikipedia - Eigenes Werk, CC BY-SA
2.0 de,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10587>
61

Festplatten Bauformen

Festplatten arbeiten in der Regel mit 1000, 5400 oder 7200 Umdrehungen. Dies gibt die physikalische Limitierung der maximalen Performance der Datenübertragung vor.

Zur Steigerung der Performance werden Festplatten mit jeweils zwei Armen gebaut. Mit erhöhtem Aufkommen der SSDs nimmt die Bedeutung allerdings ab.

Die Platte der Festplatten ist in Zonen aufgeteilt. In diesen werden Datenblöcke von jeweils 4096 Byte abgelegt. Bei älteren Modellen waren es 512 Byte. Bei einer Anfrage der Daten versucht die Festplatte die Blöcke wie folgt zu erreichen:

- **FirstCome FirstServe:** Anfragen werden direkt ausgeführt
- **Shortest Seek Time First:** Frage die Sektoren ab die am nächsten liegen. Ca. doppelt so schnell wie **FirstCome FirstServe**
- **SCAN:** Auch Fahrstuhlstrategie genannt. Fahre in die Richtung bis der höchste Punkt erreicht ist und lese von da an ab. Wiederhole dies bis alles gefunden wurde. Etwas besser als **Shortest Seek Time First**.

Das ist nur eine grobe Aufzählung. Moderne Festplatten haben deutlich performantere Methoden und verfügen über einen eignen Cache.

Anmerkung: bei Interesse einmal unter Linux `/sys/block/<dev>/stat` nachsehen.



Von Eric Gaba, Wikimedia Commons user Sting, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11278668>

Input/Output operations Per Second (IOPS)

Input/Output Operation per Second gibt die Ein/Aufgabeeinheiten an Performance pro Sekunde an. Hierbei ist es wichtig zu unterscheiden ob Sequenziell oder Random zugegriffen wird.

Dabei unterscheidet man zwischen zwei Zugriffsarten: Read and Write. Die Performance dieser Werte können sich stark unterscheiden.

Dies ist der Grund, dass SSDs immer populärer im Speichermarkt werden.

$$\text{IOPS} = [1/(\text{Latenz} + \text{Suchzeit})] * 1000$$

Bei einer 3,5-Zoll-Festplatte (7200 U/ min) ergibt sich eine Suchzeit von 3,5 ms und eine Wartezeit/Latenz auf der äußeren Spur von 3,2 ms.

$$\text{IOPS} = 1000 / (\text{Zugriffszeit} = 3.5 \text{ ms} + 3 \text{ ms}) = \text{ca. 155 Sektoren oder 155 IOPS}$$

Besonders viele kleine Dateien können schnell IOPS verbrauchen.

ATA Festplatten (Alt)

Da MFM kompliziert im Einsatz waren, hat man den Controller auf die Festplatte verlagert. Hieraus ist der SATA Standard entstanden. Die verwendeten Bandkabel mussten terminiert werden und waren schwer zu benutzen. An jedes Kabel konnten nur zwei Platten als Master und Slave angeschlossen werden. Diese Konfiguration bremste auch die Steigerung der Datenrate.

Standard	ATA-1	ATA-2	ATA-3	ATA/ATAPI-4	ATA/ATAPI-5	ATA/ATAPI-6	ATA/ATAPI-7
Max. Datenrate:	8,3 MB/s	16,6 MB/s	16,6 MB/s	33,3 MB/s	66,6 MB/s	100 MB/s	133 MB/s

1997	Parallel ATA	ATA/ATAPI-4	Ultra ATA/33	Ultra DMA 2	40-adriges Kabel	33,3 MB/s	CD-ROM
1999	Parallel ATA	ATA/ATAPI-5	Ultra ATA/66	Ultra DMA 4	80-adriges Kabel	66,6 MB/s	Festplatten , CD-ROM
2000	Parallel ATA	ATA/ATAPI-6	Ultra ATA/100	Ultra DMA 5	80-adriges Kabel	100 MB/s	Festplatten
2001	Parallel ATA	ATA/ATAPI-7	Ultra ATA/133	Ultra DMA 6	80-adriges Kabel	133 MB/s	Festplatten

SATA

ATA Schnittstellen verfügten über einige Limitierungen. Um diese zu beseitigen, wurde die Serial ATA International Organisation gegründet und der SATA Standard geschaffen. Hierbei handelt es sich um ein serielles Protokoll mit erweiterter Funktionalität. Welches im Wechselspiel mit PCI Express mehr Performance und Komfort bietet. SATA verwendet SMART für die Hardware Überwachung.



Von Thomas Rosenau, User:Pumbaa80 - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=699010>

Bezeichnungen			Netto-Datenrate
offiziell		inoffiziell	Gbit/s
Serial ATA	1,5 Gbit/s	SATA I, SATA-150	1,20
	3,0 Gbit/s, SATA Revision 2.x	SATA II, SATA-300	2,40
	6,0 Gbit/s, SATA Revision 3.x	SATA III, SATA-600	4,80
SATA Express	8 Gbit/s (PCIe 3.x), SATA Revision 3.2		7,88
	16 Gbit/s (PCIe 4.0), SATA Revision 3.2		15,76

Parallel SCSI (Alt)

Im professionellen Bereich hat sich SCSI entwickelt. Hiermit konnte eine höhere Performance und Sicherheit erzielt werden. Der erste Standard war Parallel SCSI. Dieser ist heutzutage aber ausgestorben.

SCSI (SCSI-1)	5	8	5	SE:6 HVD: 25	8	50-polig, SE oder HVD
Wide SCSI (SCSI-2)	10	16			16	68-polig, SE oder HVD
Fast SCSI (SCSI-2)	10	8	10	SE: 3 HVD: 25	8	50-polig, SE oder HVD
Fast Wide SCSI (SCSI-2)	20	16			16	68-polig, SE oder HVD
Ultra SCSI (SCSI-3)	20	8	20	SE: 1,5-3 ^h HVD: 25	5-8	50-polig, SE oder HVD
Ultra Wide SCSI (SCSI-3)	40	16			SE: 5-8 ^a HVD: 16	68-polig, SE oder HVD
Ultra2 SCSI (SPI-2)	40	8	40	12	8	50-polig, paarweise verdreht, LVD oder HVD
Ultra2 Wide SCSI (SPI-2)	80	16			16	68-polig, paarweise verdreht, LVD oder HVD
Ultra-160 SCSI (SPI-5)	160	16	40 <u>DDR</u>	12	16	68-polig, paarweise verdreht, LVD
https://de.wikipedia.org/wiki/Small_Computer_System_Interface Ultra-320 SCSI (SPI-5)	320	16	80 <u>DDR</u>	12	16	68-polig, paarweise verdreht, LVD

Serial Attached SCSI (SAS)

SAS ist der Nachfolger von SCSI und kann auch mit SATA Festplatten verwendet werden. Durch SAS wurden die Probleme mit den Signallaufzeiten beseitigt und der Funktionsumfang erweitert. Es entfällt auch das Terminieren. SAS verfügt über die Möglichkeit mit Extandern 128 Festplatten in Domänen zusammenzufassen, dies kann ebenfalls erweitert werden.

Gene- ration	Name	<u>Symbolrate</u>	<u>Datendurchsatz</u> (Netto)	Kodierung
SAS-1	SAS	3 Gbit/s	300 MB/s	8b/10b
SAS-2	SAS 6G	6 Gbit/s	600 MB/s	
SAS-3	SAS 12G	12 Gbit/s	1200 MB/s	
SAS-4	SAS 24G	22,5 Gbit/s	2400 MB/s	128b/150b ^[2]
SAS-5	SAS 48G	45 Gbit/s	4800 MB/s	

https://de.wikipedia.org/wiki/Serial_Attached_SCSI#cite_note-elektronik-kompodium-1

RAID Level

In der Zeit von teuren Speichermedien waren 5,25 Zoll Disketten deutlich günstiger als 14 Zoll Disketten. 14 Zoll Disketten verfügten über deutlich mehr Speicher. Daher hat man am CALCTEC, das RAID mit 5,25 Zoll Disketten entwickelt. Hiermit konnte man kostengünstiger große Datenmengen speichern.

Schnellere Datenzugriffe sind mit verschiedenen RAID-Konfigurationen ebenfalls möglich. Eine Sonderform ist hierbei RAID 0, welches keine Redundanzen hat, aber dafür deutliche schneller Daten liefert.

In Tabelle 1 sind die gebräuchlichsten RAID Typen aufgeführt.

Type	Festplatten	Daten	Read	Write
RAID 0	2	2	Schnell	Schnell
RAID 1	2 (+)	1	Schnell	Etwas langsamer
RAID 5	3 >	2 >	Schnell	Etwas langsamer
Raid 6	4 >	2 >	Schnell	Etwas langsamer

Tabelle 1: RAID Typen

Raid Controller

Zur Steigerung der Ausfallsicherheit und Verbesserung der Performance werden im Professionellen Umfeld RAID Controller eingesetzt. Diese verfügen über eine eigene Logiken und Caches. RAID Controller verfügen auch über erweiterte Funktionen wie z.B. das verschlüsseln von Festplatten. Der Trend bei RAID Controllern geht immer weiter in Richtung der Netzwerk Storages. Hierbei werden großen Festplattenpools über Netzwerk eingebunden.

SMART

Für das Selfmonitoring der Hardware wurde bei IBM SMART definiert und hat sich als Standard durchgesetzt. SMART steht für Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology. Es findet Anwendung in Festplattenlaufwerken und Solid-State-Drives zur Überwachung dieser Hardware. Es kann mit Hilfe eines Tools ausgelesen werden oder von einem Monitoring Tool abgefragt werden. Dies wird ab dem ATA-3-Standards und SCSI-3 unterstützt und findet sich in allen nachfolgenden Spezifikationen.

CD ROM / DVD und seien Verwandten

Diese Art Speichermedien hatten Ihre große Zeit in den 90er und 2000er Jahren. Sie wurden durch Lösungen auf Basis auf USB oder Netzbasis abgelöst.

CD ROM 650 MiB bis 879 MiB mit ISO 9660

DVD 4,7 GB[1] (Single Layer), 8,5 GB (Dual Layer)

Solid-State-Drive SSD

SSDs sind die Festplatte, die in vielen Bereichen HDDs verdrängen, da diese deutlich performanter sind.

Zur Zeit haben sie lediglich einen Nachteil: Zellen können nur begrenzt beschrieben werden. Es wird jedoch schon an einer Verbesserung gearbeitet.

SSDs sind in Speicherblöcken organisiert. Bei der Änderung eines Bits muss der ganze Block neu geschrieben werden. Eine SSD hat folgende Komponenten:

- Wear Leaving
 - > Dynamic Wear Levelling: Wählt beim Beschreiben eines gelöschten Blocks den aus, der wenig oder noch gar nicht beschrieben wurde
 - > Static Wear Levelling: Wählt den am wenigsten oder nicht genutzten Block aus. Verlagert auch Daten um, damit man eine gleichmäßige Nutzung der Zellen erreicht.
- Bad Block Managment
 - Überwacht die einzelnen Zellen auf Abnutzung und sperrt diese bei Unbrauchbarkeit. Diese Zellen werden durch Reservezellen ersetzt.
- Garbage Collector
 - Wird mit der Trim Funktion angestoßrn
- EDC/ECC
 - Error Checking und Beseitigung von Bitfehlern
- Cache
 - Caching der Schreib und Lesezugriffe

Typen von SSD Zellen

Folgende Zellen werden aktuell hauptsächlich verwendet: ?. Es sind neue Technologien in der Diskussion, wie Penta-Level Cell (PLC) mit 5 Bit oder X-Nand.

Darüber hinaus haben Western Digital und Samsung angekündigt, ihre Speichergrößen zum nächsten Jahr hin verdoppeln zu wollen.

Cell types of storage

1 bit per cell	2 bits per cell	3 bits per cell	4 bits per cell	5 bits per cell
1	11	111	1111	
	10	110	1110	
		101	1101	
		100	1100	
			1011	
			1010	
			1001	
			1000	
			0111	
			0110	
			0101	
			0100	
			0011	
			0010	
			0001	
			0000	
SLC	MLC/DLC	TLC	QLC	PLC

By PantheraLeo1359531 - Own work, CC0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=112231622>

Beispiel SSD RAID

Für den Professionellen Einsatz gibt es RAID Controller mit erweiterbaren Größen.

Hochleistungscontroller nutzen PCI Express um die Performance auf den BUS zu bringen, da SATA oder SAS an ihre Limits kommen.

Es gibt einen Trend weg von der Festplattenartigen SSDs zu M3 SSDs.



<https://www.heise.de/select/ct/2017/18/1504209466442055>

Tape Drive

Tape Drive sind eine Weiterentwicklung der alten Bandlaufwerke. Diese werden in der Regel für Backups verwendet.

Diese werden Blockweise gelesen und geschrieben, siehe den Unix Befehl `dd` .

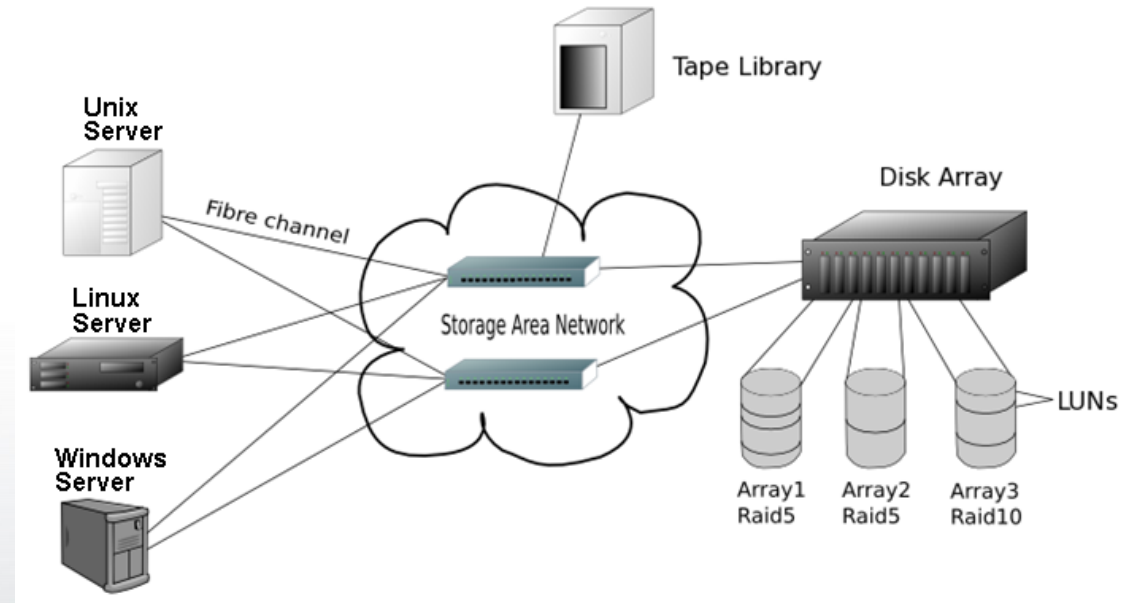


Photograph: Robert Jacek Tomczak - Own work

Storage-Area-Network (SAN)

Damit in großen Umgebungen dynamisch Ressourcen verteilt werden können, sind SANs entwickelt worden. SANs können über ein Netzwerk (iSCSI, Fibre Channel, usw.) Ressourcen zu Verfügung stellen.

Diese können dann über Kubernetes, Datenbank, usw. genutzt werden.



Michael Moll + Seekater - http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Schema_SAN_german.png und modifiziert

Quellen

<https://wiki.ubuntuusers.de/dd/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Main Page](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>

<https://www.cs.cmu.edu/~garth/RAIDpaper/Patterson88.pdf>

<https://www.heise.de/select/ct/2017/18/1504209466442055>

<https://www.computerbase.de/2023-03/bics-flash-kioxia-und-wd-erhoehen-auf-218-layer-mit-waferbonden/>

<https://www.computerbase.de/2020-11/x-nand-qlc-kapazitaet-slc-leistung/>