

Solid State Drive?

Die neue „Festplatte“
(**Keine** HDD!)

Dr. Reiner Kupferschmidt

Gliederung

- Begriff, Eigenschaften
- Technische Daten

Begriff und Eigenschaften

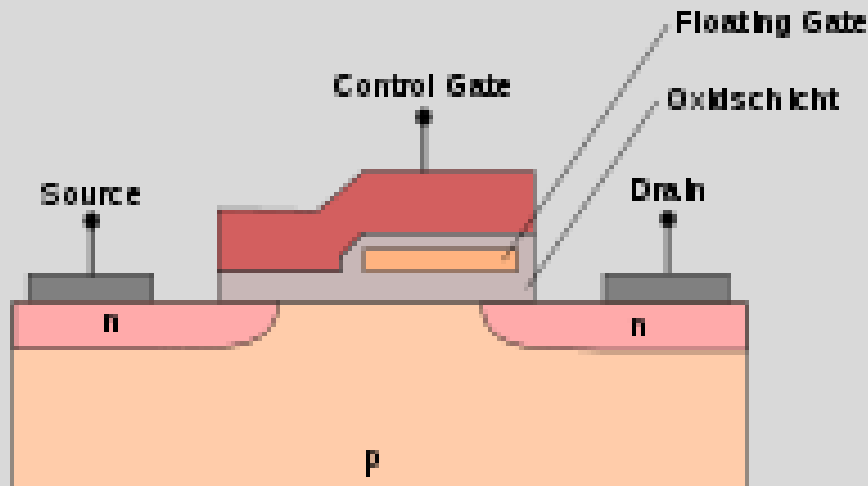
- Solid State Drive/Disk
- Kein mechanisches Laufwerk oder Scheibe vorhanden
- Sind
 - Lautlos
 - Stoßfest
 - Energiearm (Kapazitätsabhängig)
 - Kühl
 - Schnell (hohe Zugriffsgeschwindigkeiten Lesen/Schreiben)
- Flash-Speicher

Technische Daten

	HDD	SSD
Datenrate	0,6 Gbit/s	128 Gbit/s
Zugriffszeit	3,5 ms	0,1 ms

Speicherprinzip

- Flash-Speicher (-EEPROM)
 - Nicht flüchtig (*non volatile memory*, kurz *NVM*)
 - Elektrisch blockweise löschar
- MOSFET – Floating-Gate Transistor



Speicherkapazität

- Hoher Platzbedarf > feinere Halbleiterstrukturen mehr Speicherkapazität bei gleicher Chipgröße
- Nachteil – Verkleinerung macht Floatinggate empfindlicher und stärkerer Stromverbrauch
- Änderung d. Ladezustandes (Schreiben) belastet Floating-Gate und umgebende Sperrschichten
- >Speicherichte pro Speicherzelle erhöhen – mehr Zustände pro Zelle (SLC > MLC > TLC)
- Anzahl der Schreibvorgänge sinkt, Verschleiß
- Fehlerkorrekturmaßnahmen notwendig
- Aktuelle Kapazität (03/2018): 100 TB,
Nimbus Data ExaDrive DC100, 10.000 €

Lesen und Schreiben

- Lesen
 - 2 – 4 kByte aus Flash-Zellen lesen und in Pufferspeicher schreiben – sehr schnell
- Schreiben
 - Flash-Speicher ist blockweise organisiert (128 bis 512 kByte)
 - Bei Änderungen muss der betreffende Block komplett neu geschrieben werden, davor muss er gelöscht werden
 - Hohe Löschspannung – alle Zellen verlieren den Inhalt
 - Daten aus Puffer in Flash-Zellen einlesen
 - NCQ (Native Command Queuing - fängt die Schreibzugriffe ab, sortiert sie um, intelligente Verteilung auf die einzelnen Speicherblöcke)

Schreiben

- 1 Block = 256 Pages mit je 8 KiB
- Zum Schreiben und Löschen werden Blöcke nochmalig zusammengefasst
- Erst wenn alle zusammengefassten Blöcke nicht Aktuell sind, werden sie gelöscht

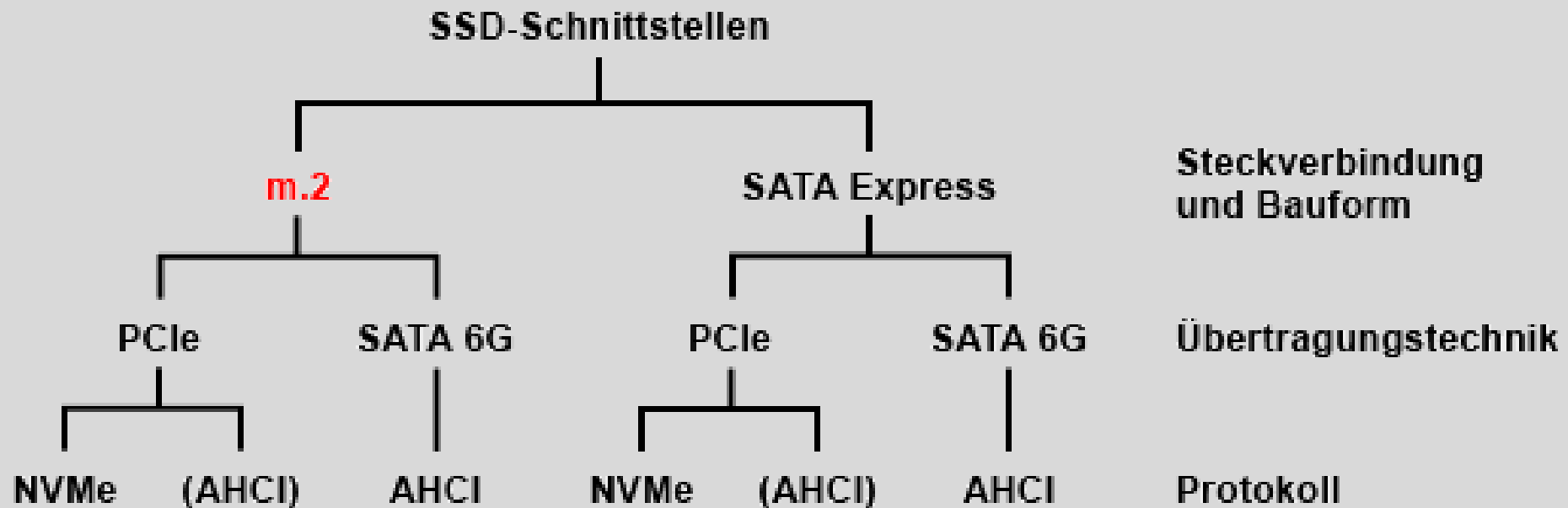
Schreibvorgang	1	2	3	4	5
1. Block	Bild.jpg	unaktuell	unaktuell	löschen	Bild.jpg
2. Block	Leer	Bild.jpg	Unaktuell	löschen	Leer
3. Block	Leer	Leer	Bild.jpg	löschen	Leer
4. Block	Leer	Leer	Leer	Leer	Leer
5. Block	Leer	Leer	Leer	Leer	Leer

Bauformen - Schnittstellen



SATA
mSATA
PCIe
M.2
SATAe

Übersicht Schnittstellen



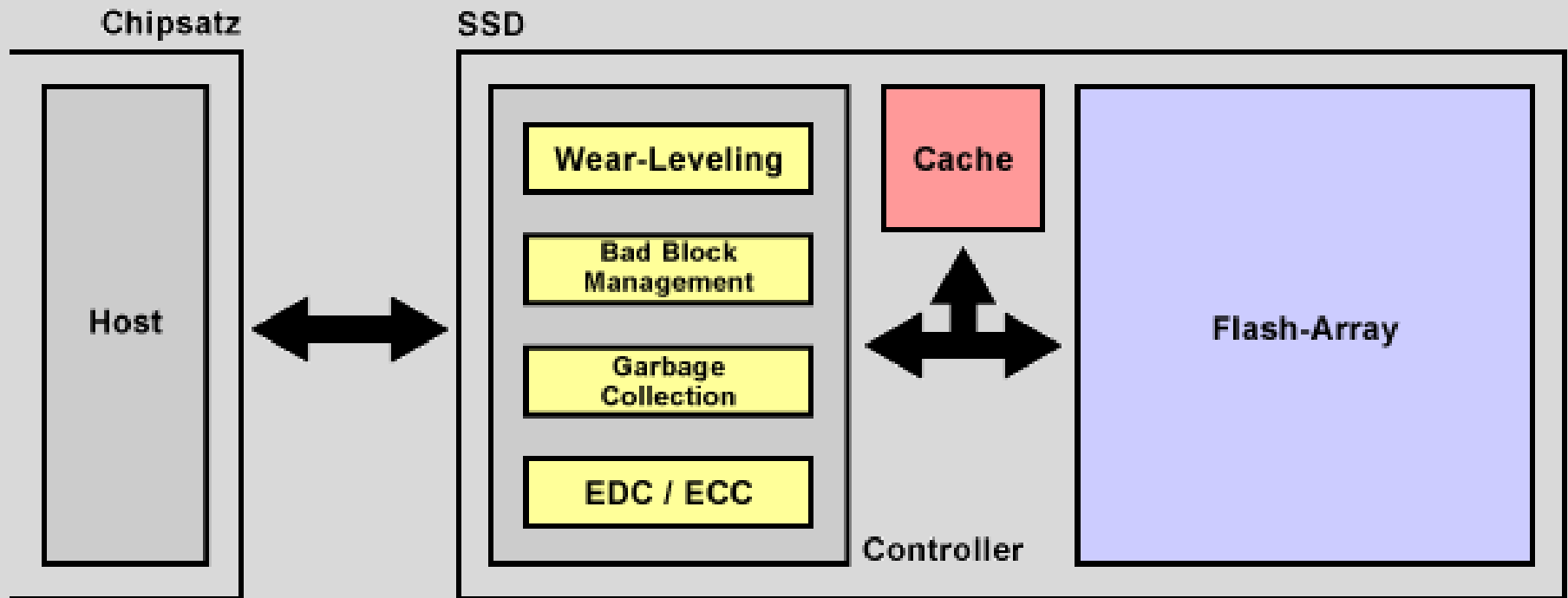
*Advanced Host Controller Interface

**Non-Volatile Memory Express

Schnittstellen

- 2,5-Zoll-SSD mit SATA 6G
 - 6 GBit/s bzw. netto 600 MByte/s
 - Optimierung für NCQ
 - abwärtskompatibel zu SATA und SATA-II
- Speicherkarte mit m.2
- 2,5-Zoll-SSD mit SATAe
 - 1 GByte/s (x1, x2, x4)
- PCIe-Erweiterungskarte mit PCIe
 - Server und Workstations (intern mit SATA oder SAS-Anbindung)
 - Ziel mit m.2 oder SATAe
 - 500 MByte/s pro Lane (V 2.0)
 - 1.000 MByte/s pro Lane (V 3.0)

Aufbau



*ECC – Error Correction Code

*EDC – Error Detection Code

Wear-Leveling

- Begrenzte Lebensdauer, 1.000 bis 1.000.000 Schreibvorgänge
- Ständig schreibende Anwendungen ungeeignet
- Wear-Leveling
 - Gleichmäßige Verteilung der Schreiblast über die Zellen durch den Controller
 - Statisches WL
 - Relativ konstante Daten werden in abgenutzte Bereiche verschoben
 - Erhöhung der Lebensdauer des Speichers
 - Geht zu Lasten der Performance
 - Problem gelöschte Dateien – **TRIM** – BS teilt Flashcontroller „gelöschte“ Bereiche mit
 - Dynamisches WL
 - Schreibzugriffe werden gleichmäßig über freie oder frei werdende Blöcke verteilt
 - Häufig genutzte Bereiche nutzen sich stärker ab und fallen aus
- Defragmentierung, Dateiindexierung und Prefetching des Betriebssystems abschalten

Overprovisioning

Bad Block Management / Defect Management

- Überwacht die Speicherzellen
- Defekte Zellen werden markiert und aus Reserve ersetzt (Overprovisioning)
- SLC-SSDs Reserve 2 % - geringe Abnutzung
- MLC-SSDs Reserve 7 % - höhere Abnutzung
- Kein Verlust von Speicherzellen
- Erhalt von Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Speicherkapazität

Garbage Collection

- Wird vom Betriebssystem angestoßen
- Beim Löschen wird nur der Name gelöscht, Inhalt der Speicherzelle bleibt erhalten
- Nicht geleerte Speicherzellen prüfen und leeren
- > Steigerung der Schreibgeschwindigkeit

Haltbarkeit und Zuverlässigkeit

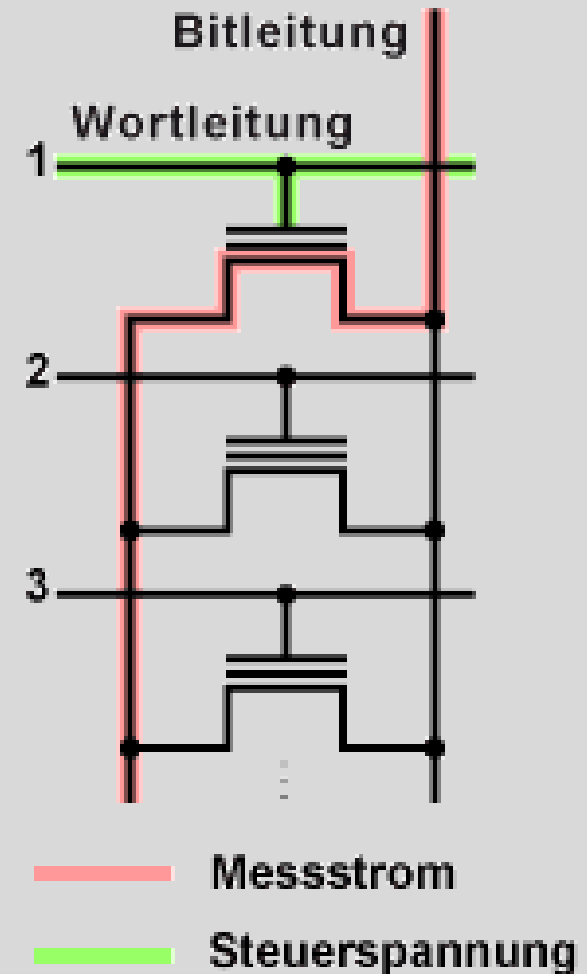
- 700 TByte und 1 PByte – maximale Datenmenge abhängig
- Garantiebeispiel 80 TByte in 10 Jahren (nicht für Server) > 20 GByte pro Tag
 - (Auslagerungsdateien
 - Start des BS
 - Herunterfahren des BS)
- Kein Schreiben mehr möglich – keine Ansprechbarkeit oftmals ohne Vorwarnung

Endurance (Ausdauer, Haltbarkeit)

- maximal zulässige Anzahl an Löscho- bzw. Speicherzyklen (NVRAM)
- hohen Spannungen (10 bis 18 V) schädigen die Struktur der Zelle
- Möglichst dünne Isolation – negative Auswirkung auf Datenhaltung (Retention)
- Schreiben mit 10 ... 18 V, Oxidschicht nimmt Schaden (wird dünner)
- Schreibvorgang schreibt 16 bis 128 kByte gleichzeitig – geringe Änderungen des Speicherinhaltes erfordert Neuschreiben vieler Speicherzellen

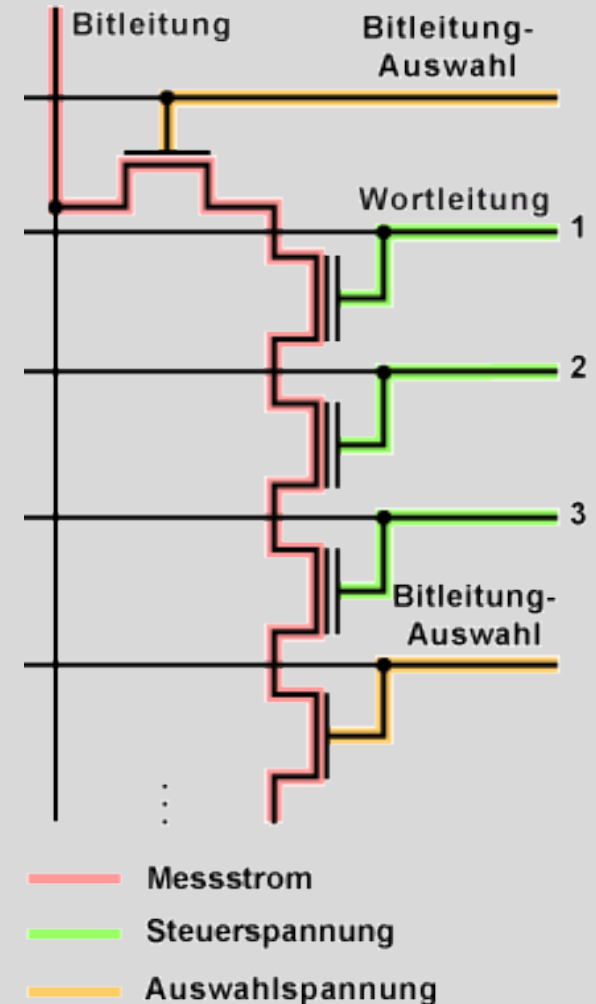
NOR-Flash

- Unterscheidung in Speicherdichte und Zugriffsgeschwindigkeit
- Speicherzellen sind parallel verschaltet
- Zugriff erfolgt wahlfrei und direkt
- Kurze Zugriffszeiten
- Geringer Widerstand zwischen Stromquelle und Auswerteschaltung
- Programmspeicher von MC
- BIOS



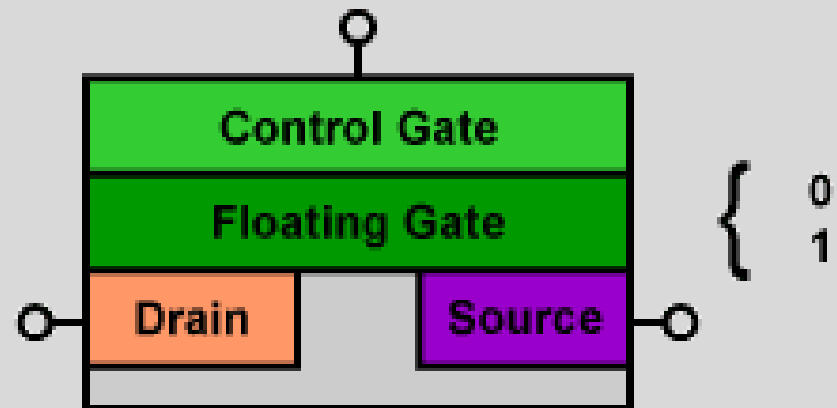
NAND-Flash

- Serielle Verschaltung – Lesen und Schreiben nur in Blöcken möglich
- Geringe Anzahl an Datenleitungen – weniger Platz
- Daten werden blockweise gelesen und geschrieben – Festplattenersatz
- Hohe Speicherdichte, geringe Kosten, schnell. Geringer Stromverbrauch
- Controller – Geschwindigkeit



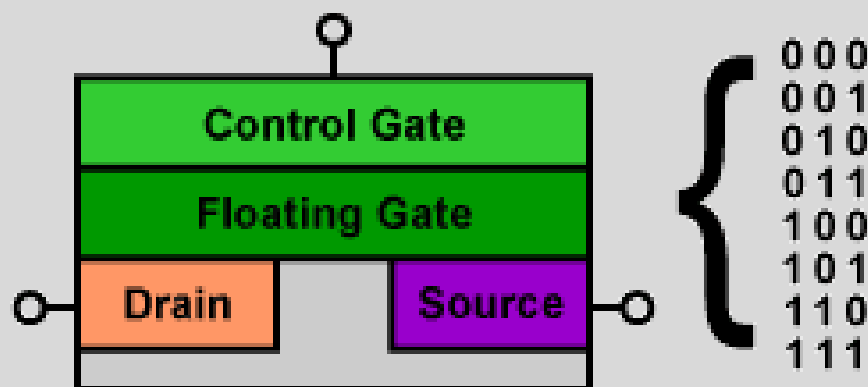
SLC-Flash (Single Level Cell)

- ein Bit pro Speicherzelle
- zuverlässiger Flash-Speicher für SSDs – 100.000 Schreibzyklen
- Teuer



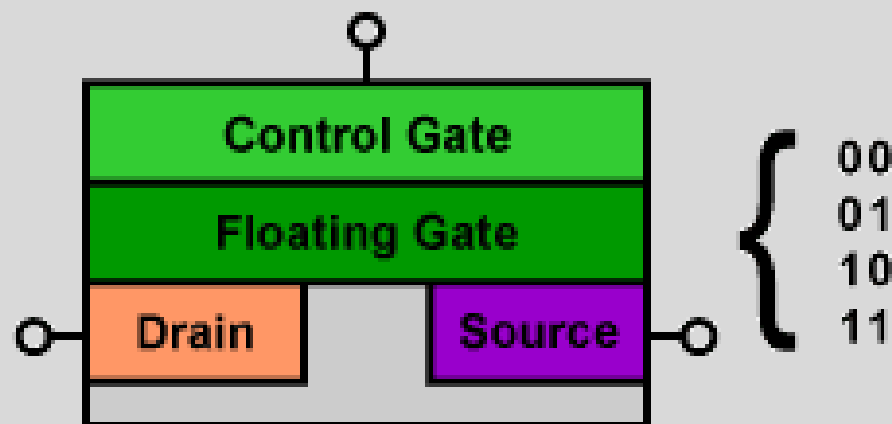
TLC-Flash (Triple Level Cell)

- Drei Bit pro Speicherzelle
- 1.000 Schreibvorgänge
- USB-Sticks, Speicherkarten, extrem billige SSD
- Nicht für Server



MLC-Flash (Multi Level Cell)

- Zwei Bit pro Speicherzelle
- Günstigere Fertigung, Massenmarkt
- Langsamer als SLC
- Häufige Lesefehler Fehlerkorrektur
- 3.000 Schreibzyklen
- USB-Sticks



SLC-, MLC- und TLC-Flash

	SLC (Single Level Cell)	MLC (Multi Level Cell)	TLC (Triple Level Cell)
Bit pro Zelle	1 Bit	2 Bit	3 Bit
Speicherbare Zustände	2 (2^1)	4 (2^2)	8 (2^3)
Lebensdauer	100.000 Schreibvorgänge	3.000 Schreibvorgänge	ca. 1.000 Schreibvorgänge
Fehlerrate	sehr niedrig	mittel	hoch
Geschwindigkeit	sehr hoch	niedrig	niedrig
Stromverbrauch	sehr niedrig	hoch	hoch

Vorteile von Flash-Speicher

- Die gespeicherten Daten bleiben auch bei fehlender Versorgungsspannung erhalten. Auf eine Erhaltungsladung kann verzichtet werden. Somit ist auch der Energieverbrauch und die Wärmeentwicklung geringer.
- Wegen fehlender beweglicher Teile ist Flash geräuschlos, unempfindlich gegen Erschütterungen und magnetische Felder.
- Im Vergleich zu Festplatten haben Flash-Speicher eine sehr kurze Zugriffszeit. Lese- und Schreibgeschwindigkeit sind über den gesamten Speicherbereich weitestgehend konstant.
- Die erreichbare Speichergröße ist durch die einfache und platzsparende Anordnung der Speicherzellen nach oben offen.

Nachteile von Flash-Speicher

- begrenzte Schreib- bzw. Löschvorgänge
- „begrenzte“ Speicherkapazität
- „hoher“ Preis
- „Datenwiederherstellbarkeit“
- „Löschbarkeit“

Weiterentwicklung von Flash-Speicher

- Längere Haltbarkeit
- Kleinere Zugriffszeiten und hohe Geschwindigkeit
- Senkung der Schreib- und Lesefehler der MLC in Bereich der SLC
- Größere Kapazitäten und preiswerter
- 3D-V-NAND, iSLC oder eMLC – mehrere MLC Lagen übereinander – vertikale Strukturen (20 Lagen)
- Einsparung von Siliziumfläche – Zellen können größer sein – höhere Speicherkapazität, Lebensdauer, Geschwindigkeit, Datenhaltung

Fragen

- Wie arbeiten SSDs?
- Was ist der Unterschied zwischen "NAND"- und "NOR"-SSD-Modellen?
- Welche Vorteile bieten SSDs gegenüber anderen Speichermedien?
- Welches sind die Nachteile von SSDs?
- Welche Formfaktoren und welche maximalen Speicherkapazitäten bieten die SSD-Hersteller zurzeit an?
- SSDs kommen bisher vor allem in Notebooks und Netbooks zum Einsatz. Welchen Einfluss haben SSD-Komponenten auf Server- und Storage-Systeme?
- Was verstehen Sie unter Wear-Leveling?
- Was verstehen Sie unter TRIM?
- Was verstehen Sie unter Garbage-Collection?
- Was verstehen Sie unter Overprovisioning?

Ende

Recherche über Daten und Preise derzeit vertriebener SSD.....