

Die Technologie von Solid State Disks

Matthias Niemann

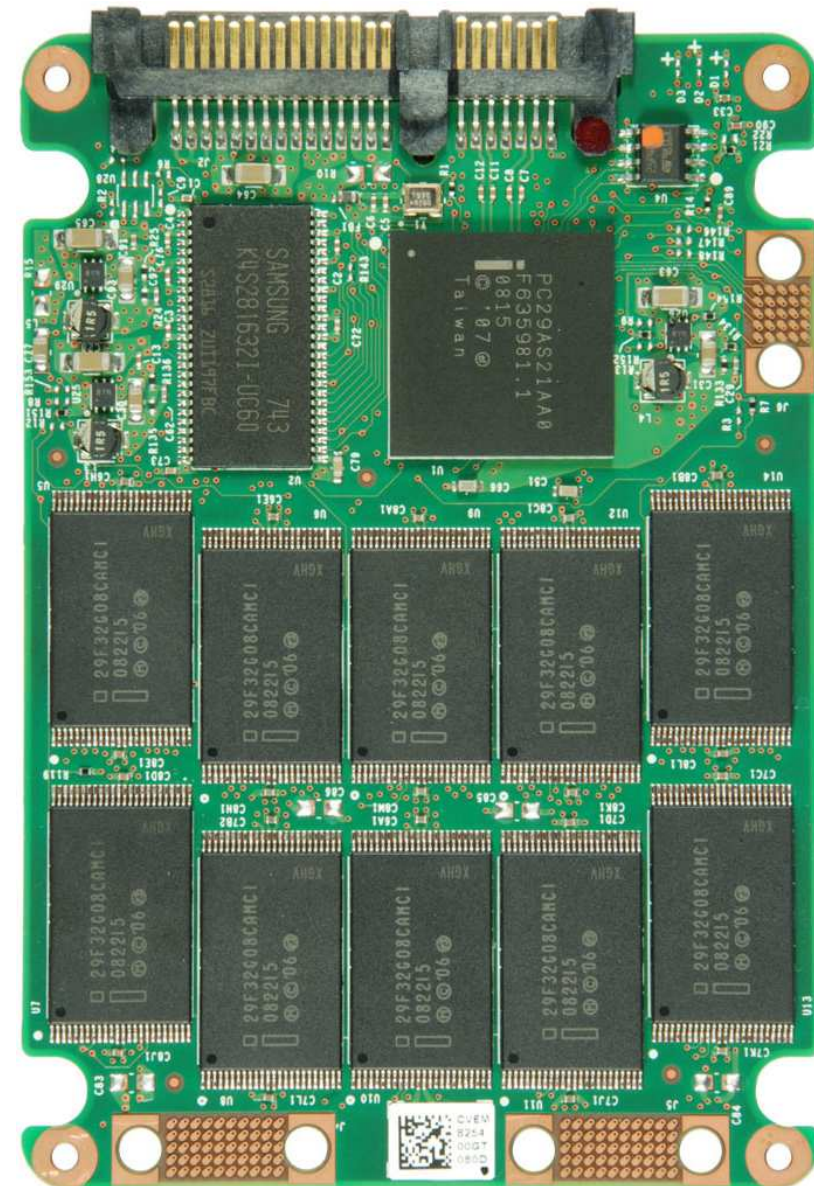
Fachbereich Mathematik und Informatik

Institut für Informatik

30.01.09

Solid State Disk – Überblick

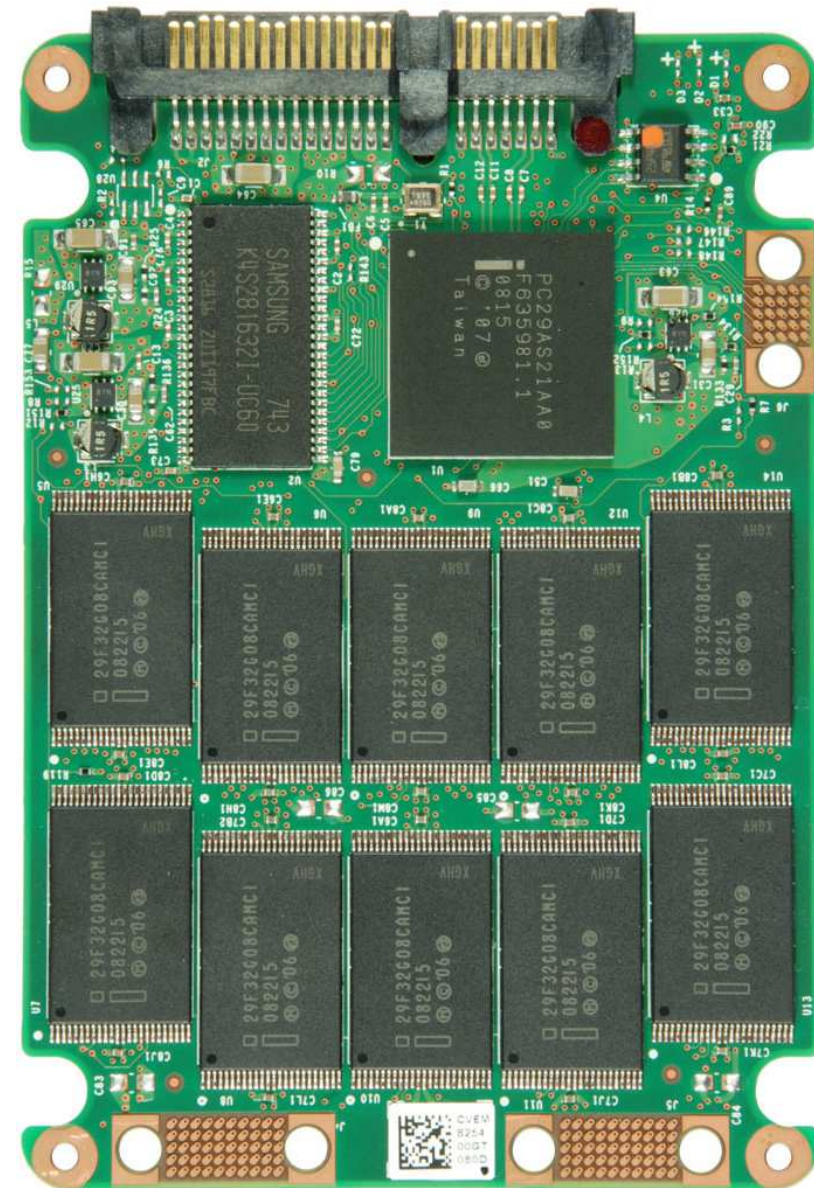
- Massenspeicher ohne bewegliche Mechanik (vgl. Festplatte)
- Controller verwaltet:
 - Kommunikation zum Hostsystem
 - üblicherweise per SATA2
 - Flash-Chips über parallele Controller
 - pro Flash-Controller bis zu 2 Chips
- Parallelisierung ermöglicht hohe Geschwindigkeit und wettbewerbsfähige Speicherdichte



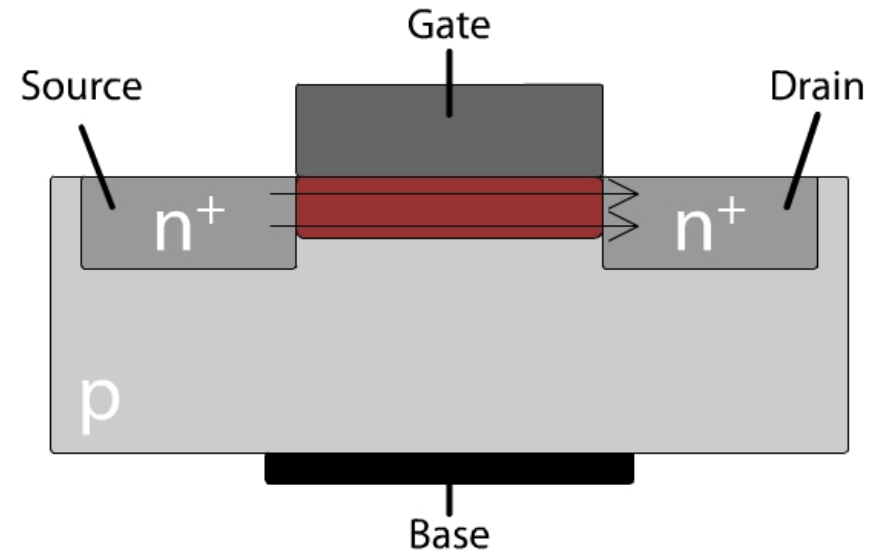
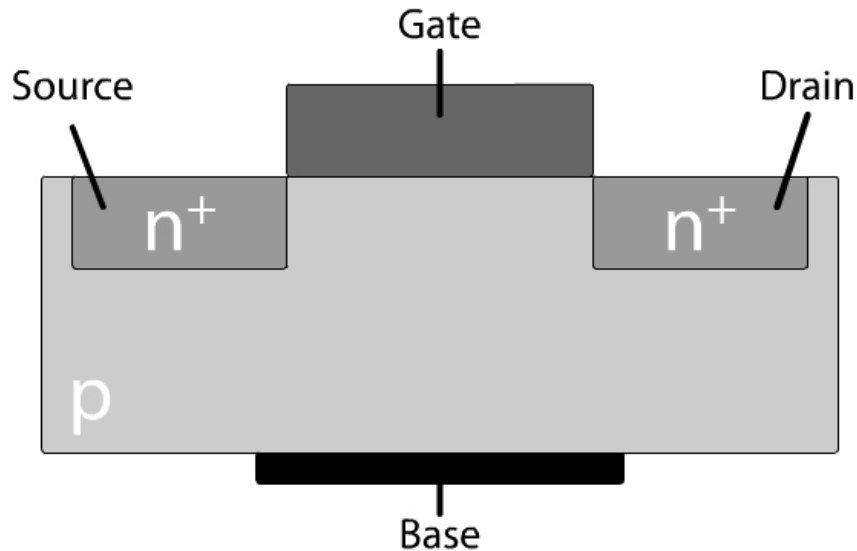
Quelle: www.tomshardware.com

Solid State Disk – Gliederung

- Grundlagen
 - MOSFET
 - EEROM-Zelle
 - Speicherzellen in Gattern
 - Gatter in Arrays
- Controller
 - Operationen
- Solid State Disk
 - Verschleiß
 - Wear-Leveling
 - Geschwindigkeit (sequenziell)
 - Geschwindigkeit (zufällig verteilt)
 - Energiebedarf
- Fazit



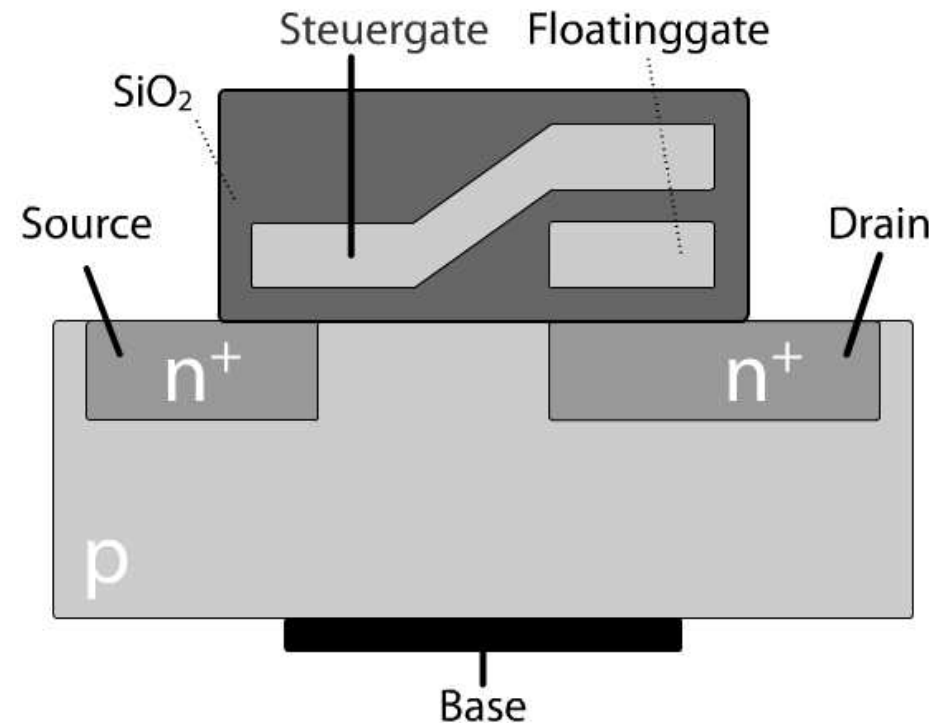
Quelle: www.tomshardware.com



- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
- Spannung am Gate steuert Leitfähigkeit zwischen Source und Drain
 - zwischen Source und Drain bildet sich leitender Kanal

Grundlagen – EEROM-Zelle

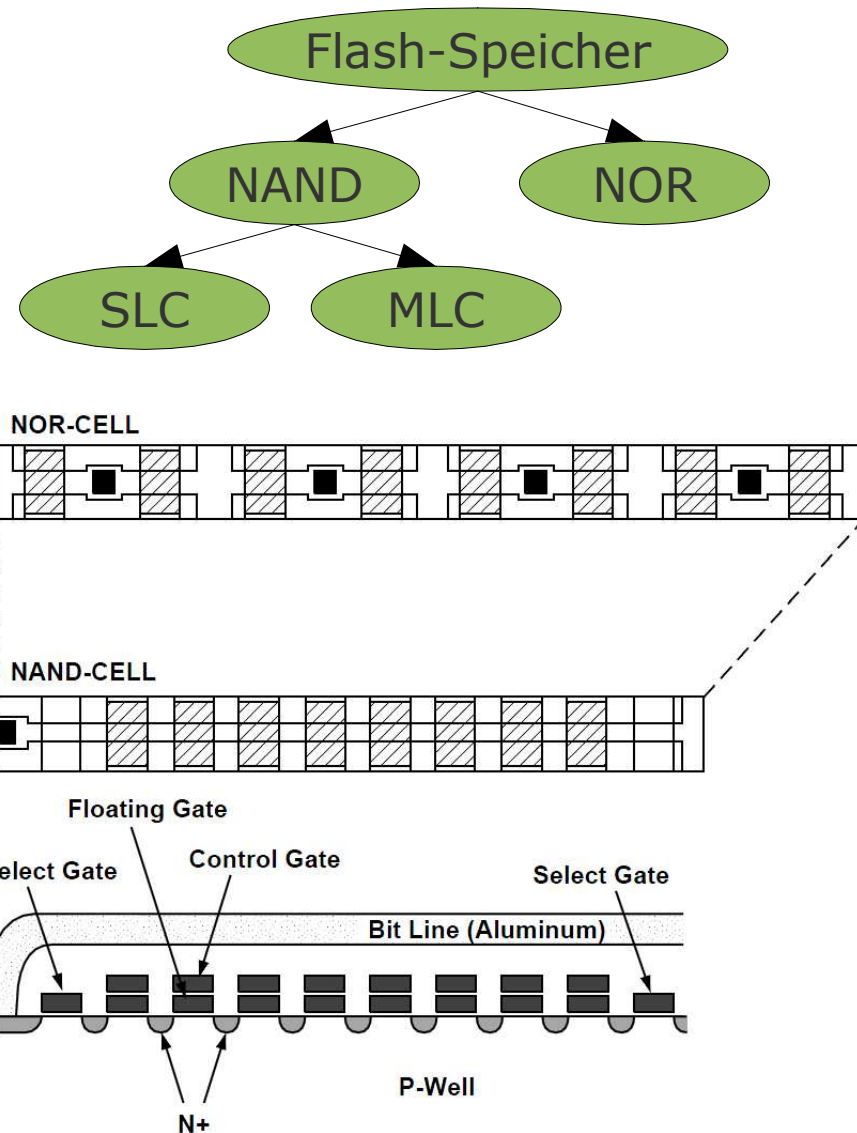
- isoliertes Floatinggate kann Ladung beherbergen
 - Beladen durch Hot-Electron Injection oder F.-N. tunneling
 - hohe Spannung an Source lässt heiße Elektronen auf das FG fließen
 - hohe Spannung am Steuergate lässt Elektronen auf das FG tunneln
 - Entladen durch Fowler-Nordheim tunneling
 - hohe Spannung an Drain lässt Elektronen über Drain abfließen
- zwei Zustände speicherbar
 - FG geladen \rightarrow leitend \rightarrow 1
 - FG nicht geladen \rightarrow nicht-leitend \rightarrow 0



Grundlagen – Speicherzellen in Gattern

NAND-Gatter

- Vorteile:
 - hohe Speicherdichte → günstig
 - hohe Schreib- und Löschgeschwindigkeit
 - geringer Energiebedarf
- Nachteile:
 - geringe Lesegeschwindigkeit
 - aufwendiges Lesen und Löschen
- Speicherdichte durch Multi-Level-Cell (MLC) noch größer (vgl. SLC)
 - verschieden hohe Pegel auf FG

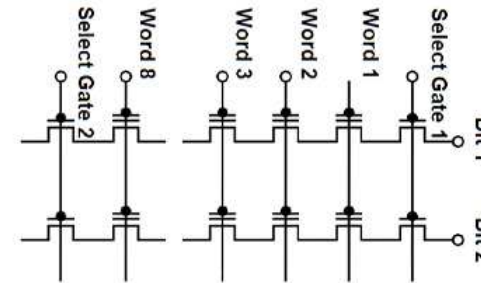


Source: ICE, "Memory 1997"

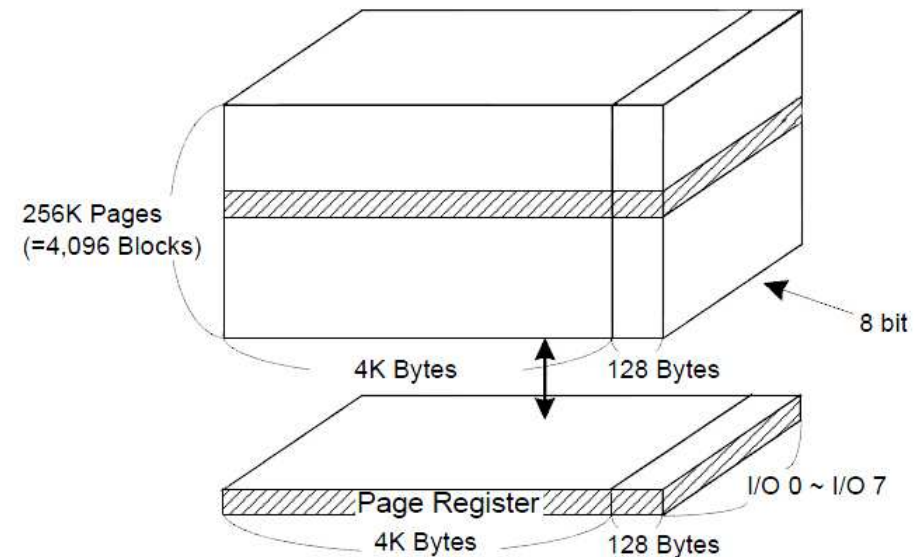
19960

Grundlagen – Flash-Chip

- NAND-Gatter in gestapelten 2D-Arrays
- Zugriff auf Pages über Koordinaten im Array
 - wird aus übergebener Adresse dekodiert
 - Zwischenspeichern der Page in einem Puffer
- Geschwindigkeit vgl. gering



Integrated Circuit Engineering Co., „Memory 1996: Complete Coverage of DRAM, SRAM, EPROM, and Flash Memory ICs“



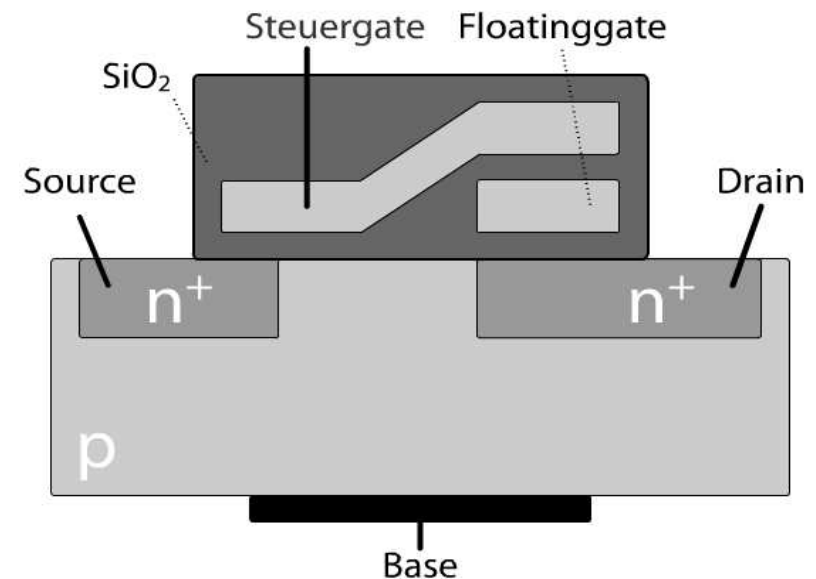
Samsung Electronics Co., „1G x 8 Bit / 2G x 8 Bit NAND Flash Memory“-Datasheet

Controller – Operationen

- Lesen
 - logische Adresse → physikalische Adresse → Flash-Chip puffert Page
 - Page wird byteweise in Puffer des Controllers geladen
- Schreiben
 - Speichern der zu schreibenden Daten in Puffer
 - ggf. mit Native Command Queuing (NCQ) Befehle sortieren
 - solange Pages im Flash auswählen und beschreiben, bis Daten gespeichert
 - interne Fragmentierung der letzten Page
- Löschen
 - Zwischenspeichern des Blocks
 - Schreiben eines Erase-Blocks
 - Schreiben der nicht zu löschenden Daten

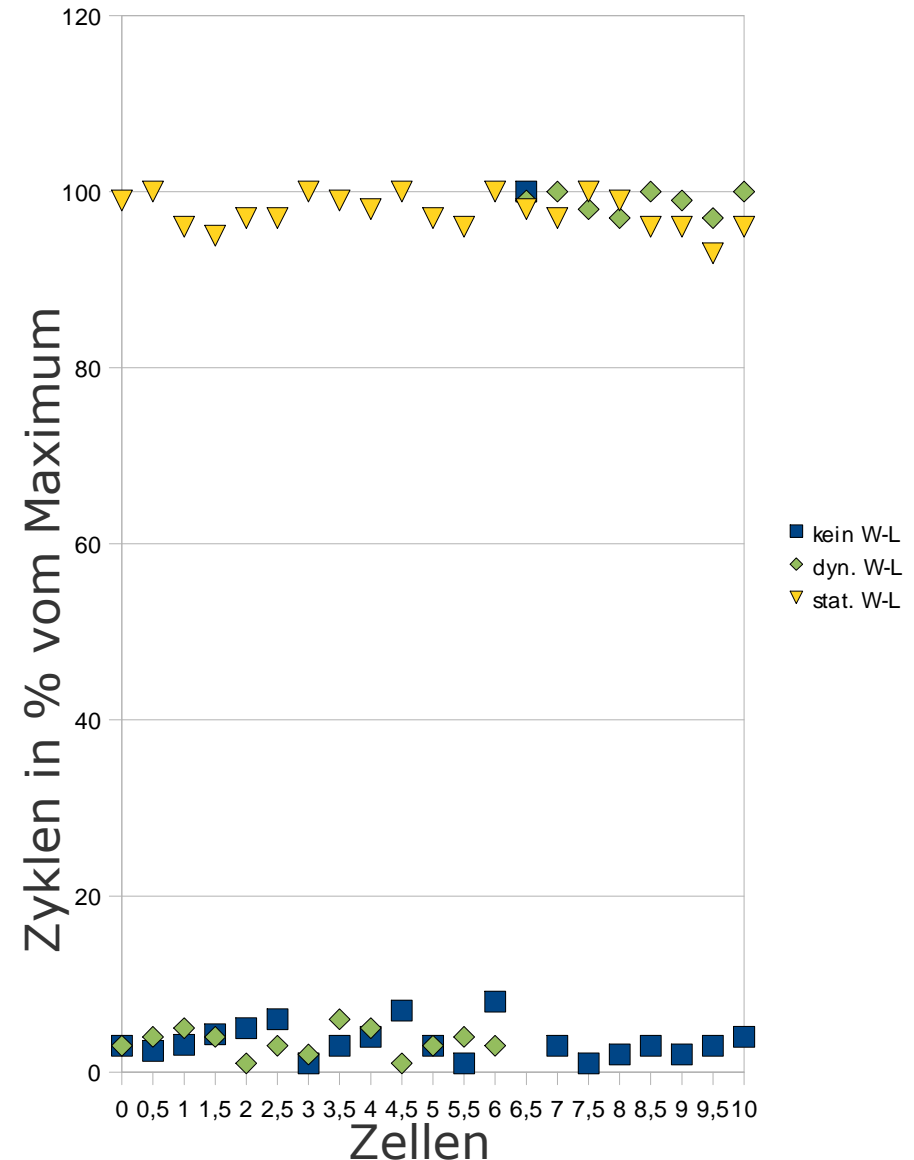
Solid State Disk – Verschleiß

- durch F.-N. tunneling wird Isolierschicht zerstört
 - Zellen verlieren dann Ladung des FG
 - SLC-NAND bis 100.000 Zyklen, MLC-NAND deutlich weniger
- Write Amplification minimieren (Blockgröße/neue Daten)
 - Block nur dann Löschen und Schreiben, wenn viele Daten verändert werden
 - Daten puffern, unnötige Vorgänge nicht ausführen
- Reservedatenbereich
 - Bruchteil von Gesamtkapazität
 - kaputte Blöcke können dort abgelegt werden



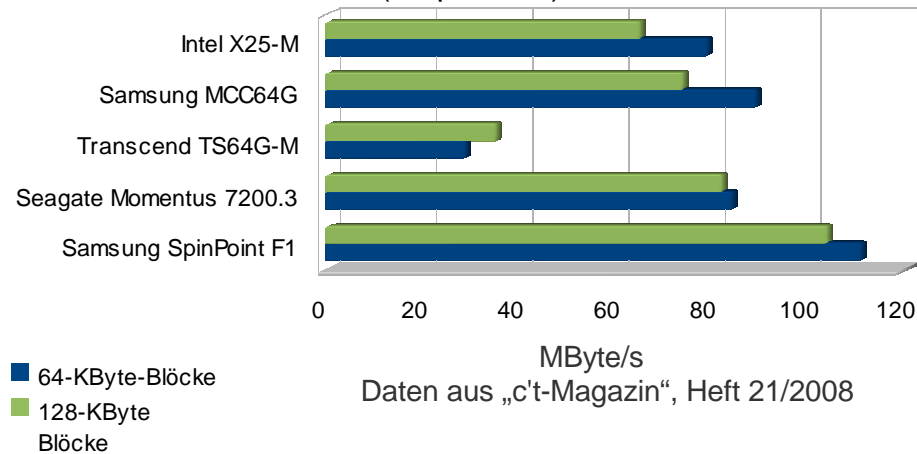
Solid State Disk – Wear-Leveling

- Idee: Lebensdauer wird maximiert durch gleichmäßige Abnutzung
- Wear-Leveling-Algorithmen
 - dynamisches Wear-Leveling
 - neue Daten werden in leere, „frische“ Zellen geschrieben
 - statisches Wear-Leveling
 - neue Daten werden in „frische“ Zellen geschrieben
 - selten geänderte Daten werden in abgenutzte Zellen verschoben
 - sehr gleichmäßige Abnutzung der Zellen

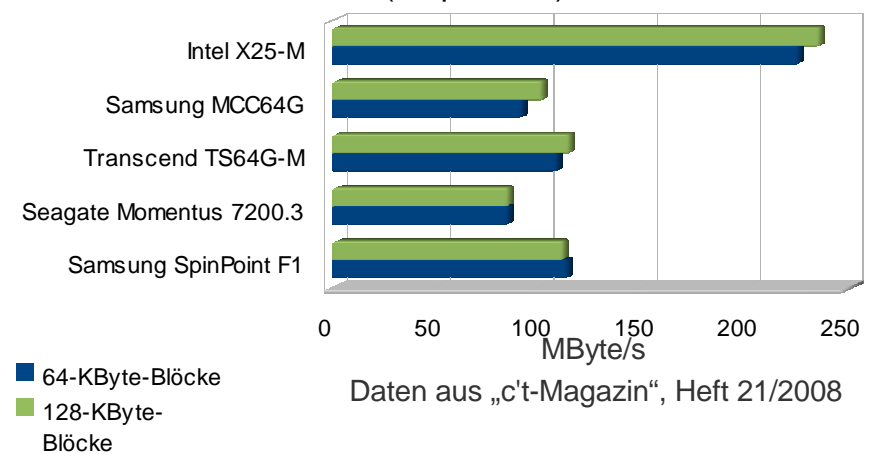


Solid State Disks – Geschwindigkeit (seq.)

Schreibgeschwindigkeit
(sequenziell)

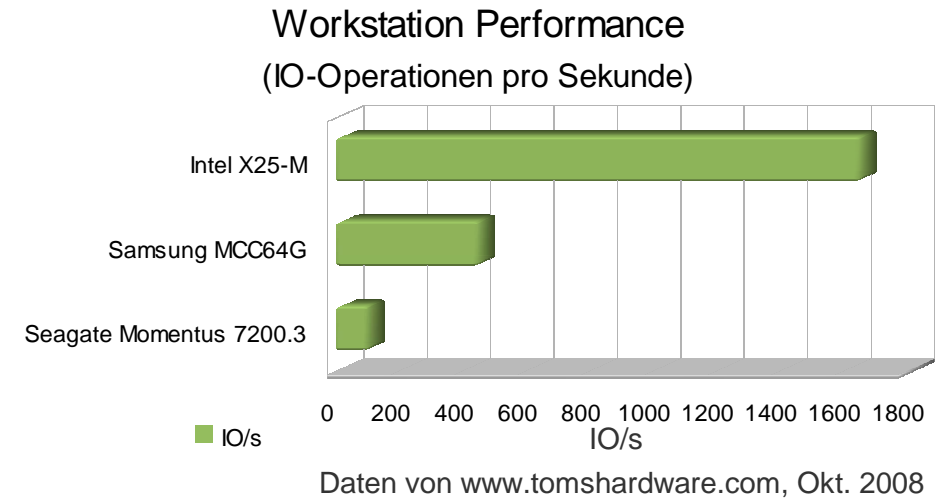
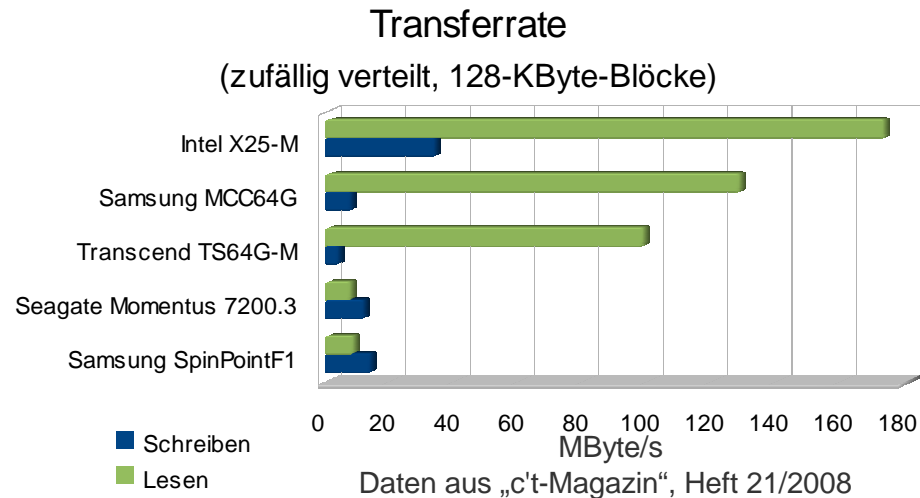


Lesegeschwindigkeit
(sequenziell)



- sequenzielle Schreibgeschwindigkeit geringer als bei HDDs
 - bei gleichem Controller ist MLC langsamer als SLC
- sequenzielle Lesegeschwindigkeit im allgemeinen gleichauf

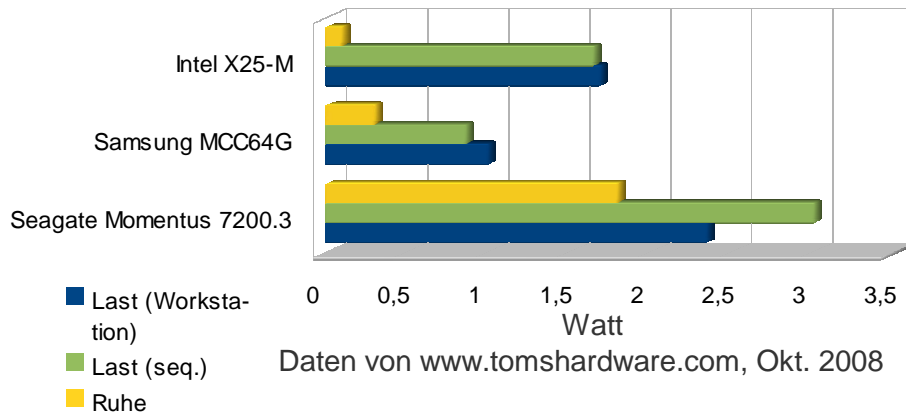
Solid State Disks – Geschwindigkeit (zufällig)



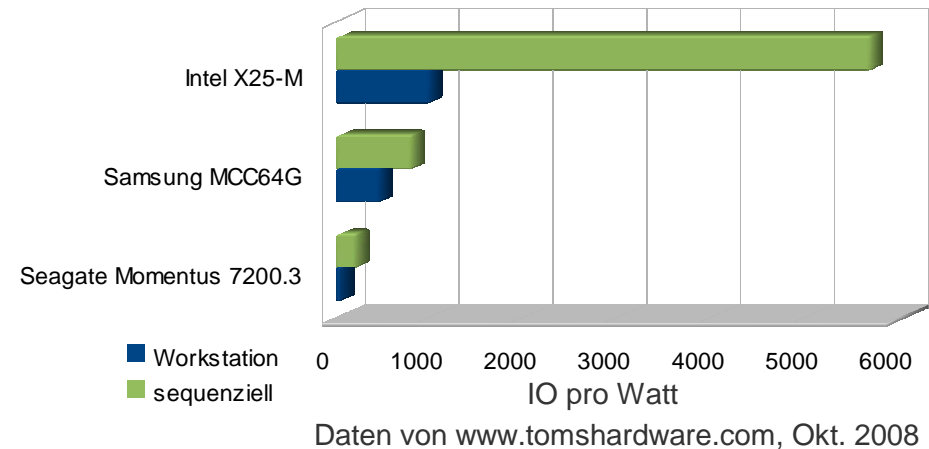
- zufällig verteilte Schreibgeschwindigkeit im Allgemeinen geringer
- zufällig verteilte Lesevorgänge bei allen Modellen höher
 - daher deutlich mehr IO-Operationen pro Sekunde

Solid State Disks – Energiebedarf

Energieverbrauch
(gesamt)



Leistung zu Verbrauch
(IO pro Watt)



- fehlende Mechanik lässt erweiterte Ruhemodi zu (DIPM)
 - Zugriffszeit erhöht sich nicht (vgl. HDD)
- Leistung pro Watt deutlich höher

- größte Innovation der letzten 18 Jahre
 - Gesamtleistung im allgemeinen höher
 - Energieverbrauch geringer
- Erschließung neuer Anwendungsbereiche
 - Schockresistenz, Temperaturabhängigkeit
- Verdrängung der HDD in Server und Mobil-Segment plausibel
 - Consumer-Bereich voraussichtlich träger

