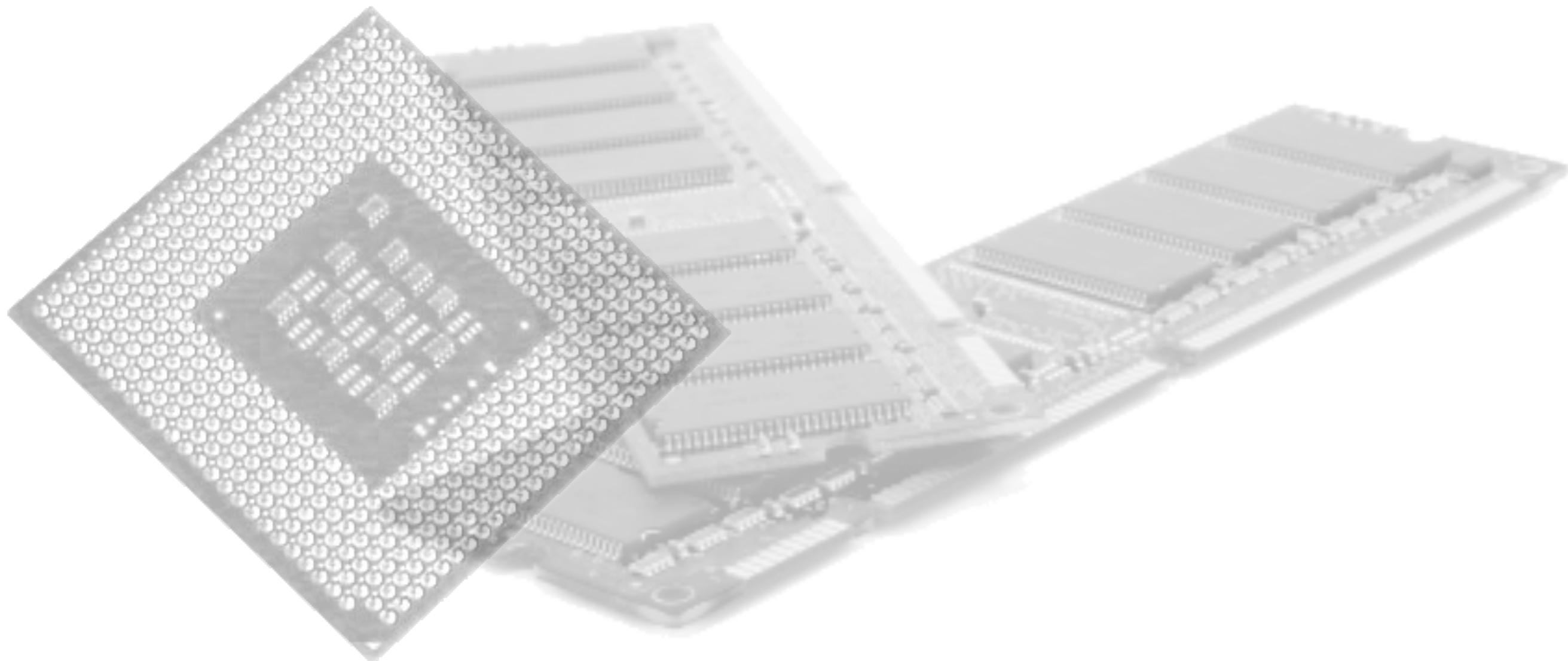
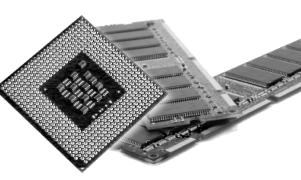


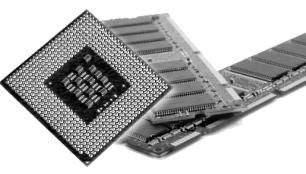
Festplatte und SSD



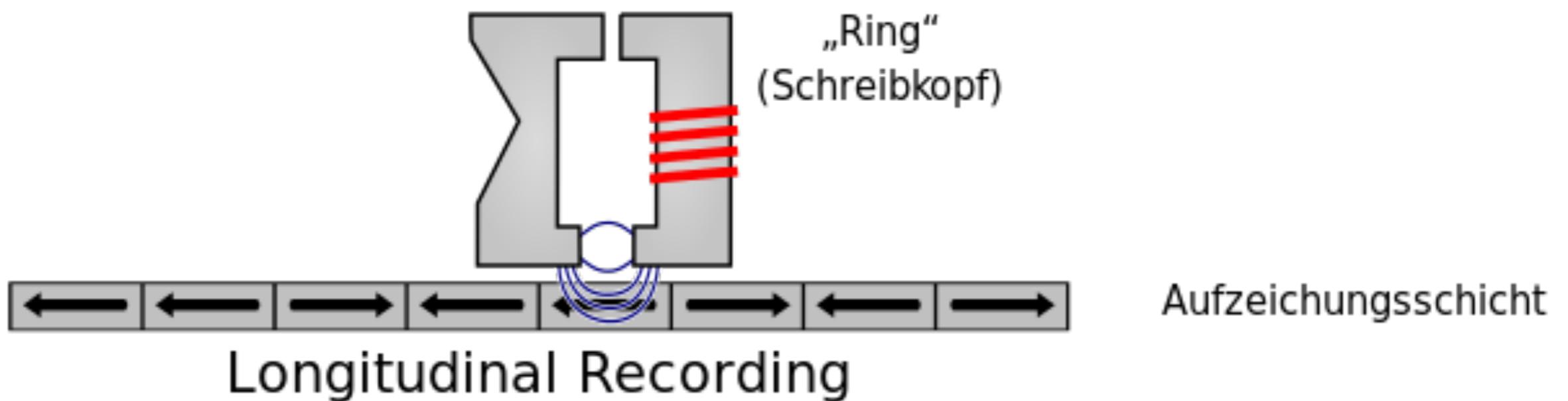


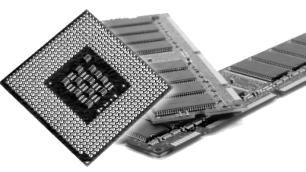
Festplatte





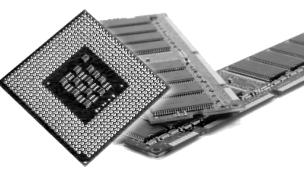
magnetische Festplatte





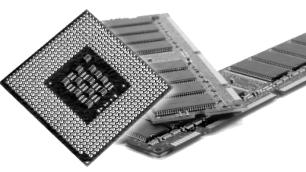
Festplatte

- auch Hard Disk (HD)
- fester Speicher (fest verbunden)
 - Gegenteil: Wechselspeicher (CD, usw.)
- die Speicherung erfolgt per Magnetisierung
- direct access storage device (DASD)
 - es kann direkt zu einer Speicheradresse gesprungen werden
- Speicherorganisation in Blöcken (512 - 4096 Byte)
 - Zugriff muss immer auf einen kompletten Block erfolgen



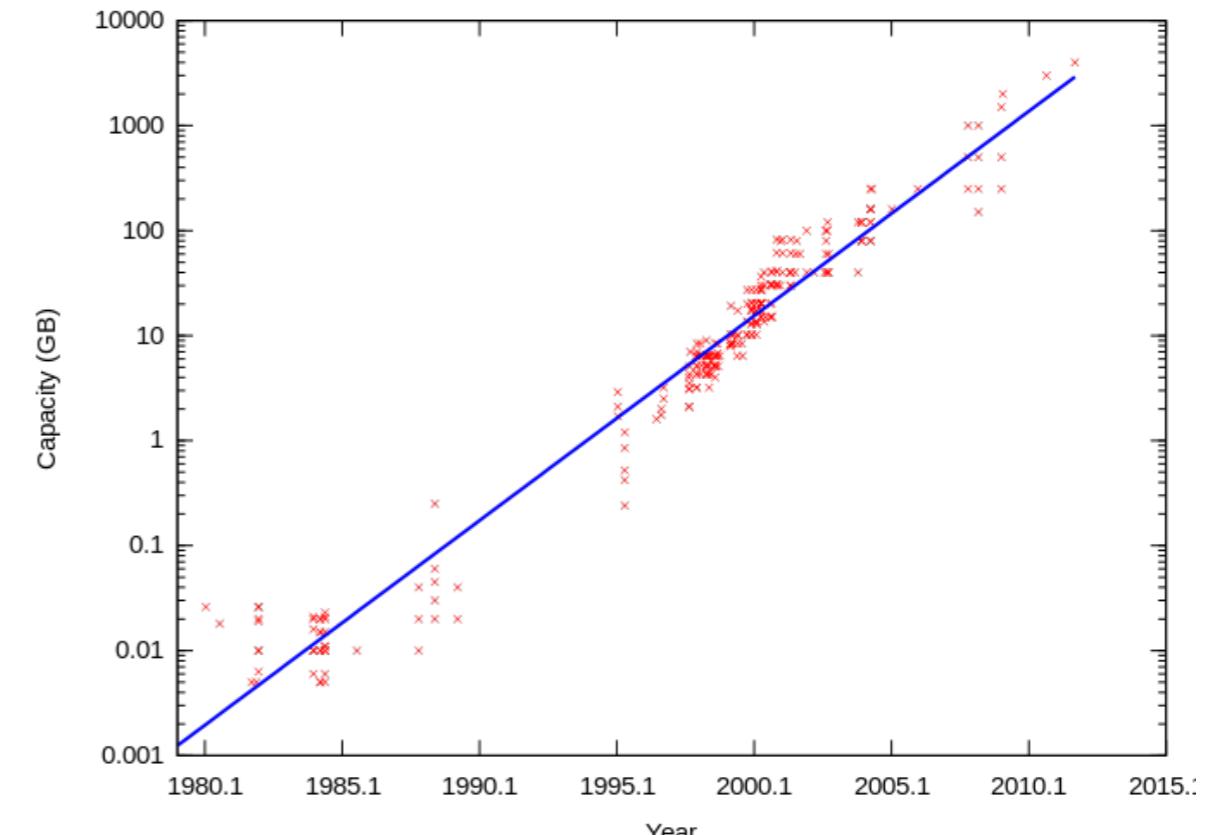
Festplatte

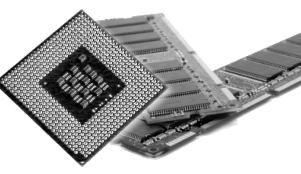
- 3,5 Zoll: Desktop Computer
- 2,5 Zoll: Notebooks, z.T. auch Server
 - Unterschiedliche Höhen möglich: 5mm, 7mm, 9,5mm
- 1,8 Zoll: Subnotebooks
- Angabe von Zoll ist theoretisch der Durchmesser der Platte (Formfaktor)



Festplatte

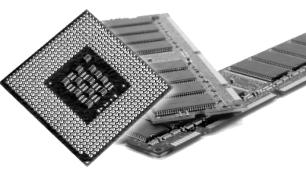
- bis zu 15 TB Speicherplatz bei 3,5 Zoll
- 5 TB bei 2,5 Zoll
- bis zu 7 Platten
- Festplattenhersteller verwenden die Dezimalpräfixe:
 $1 \text{ MB} = 10^6 \text{ Byte}$, $1 \text{ GB} = 10^9 \text{ Byte}$, $1 \text{ TB} = 10^{12} \text{ Byte}$...
- Windows nutzt aber die Angaben in Binärpräfixe:
 $1 \text{ MiB} = 2^{20} \text{ Byte}$, $1 \text{ GiB} = 2^{30} \text{ Byte}$, $1 \text{ TiB} = 2^{40} \text{ Byte}$...





Festplatte

- einer der langsamsten Komponenten im PC
- Angabe der Datenrate in MB/s
- Angabe der mittleren Zugriffszeit in ms
 - Abhängig von der Spurwechselzeit (Motorabhängig),
 - Latenzzeit (im Mittel eine halbe Umdrehung) und
 - der Kommando-Latency (zu vernachlässigen)
- Bsp.: Seagate Barracuda 7200.12
 - bis zu 1 TB
 - 7.200 min^{-1} (aktuell 5.400 min^{-1} bis 15.000 min^{-1})
 - Datenrate: 125 MB/s
 - mittlere Zugriffszeit: 12,9 ms



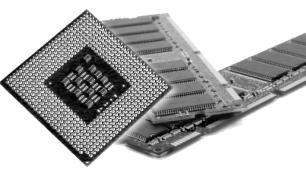
Festplatte

- Auf je mehr Fragmente eine Datei verteilt ist, desto länger dauert der Zugriff mit einer Festplatte
- jedes Mal muss der Schreibkopf neu platziert werden

defragged my zebra

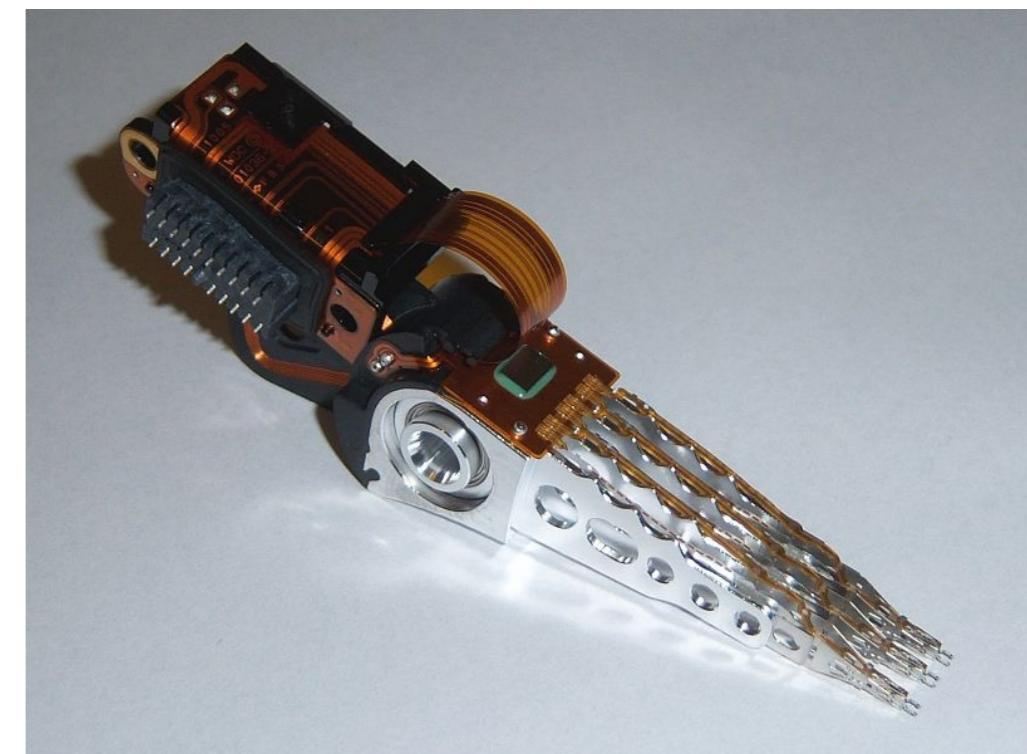


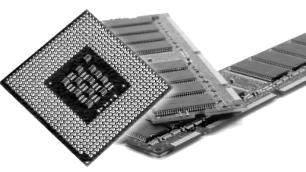
Vorgang	Speicherblock					
	1	2	3	4	5	6
Datei <i>dokument.odt</i> entsteht	dokument.odt			Frei		
Datei <i>film.avi</i> entsteht	dokument.odt		film.avi		Frei	
<i>dokument.odt</i> wird größer	dokument.odt (1/2)		film.avi	dokument.odt (2/2)		Frei
Nach der Defragmentierung	dokument.odt		film.avi		Frei	



Festplatte

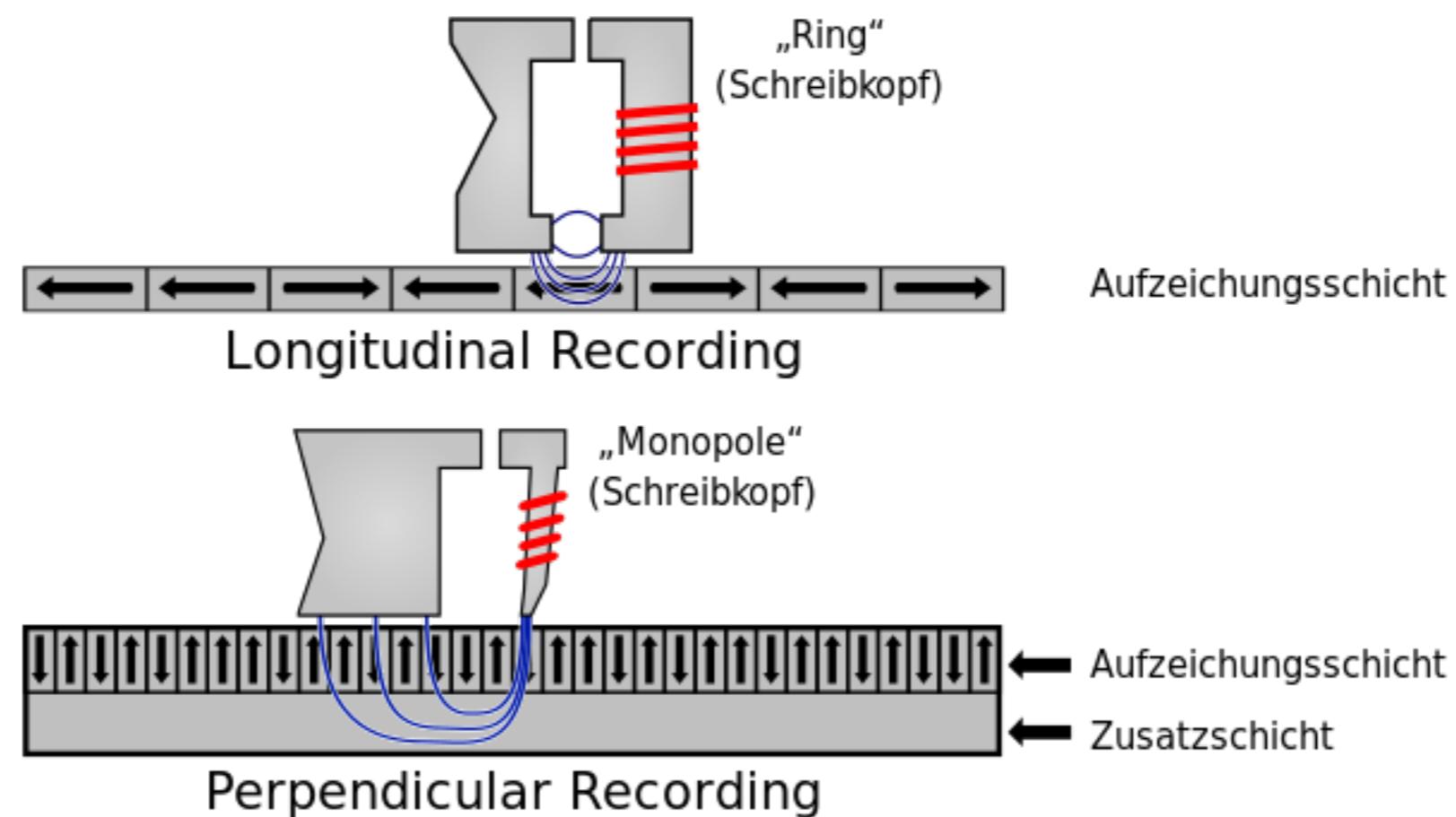
- Mehr Speicherkapazität durch:
 - mehrere Magnetscheiben
 - kleinere “Speicherzellen”
 - überlappende “Speicherzellen”
- Mehr Geschwindigkeit durch:
 - höhere Drehzahlen
 - schnellere Positionierung
 - Cache (aktuell: 8MB bis 128 MB)

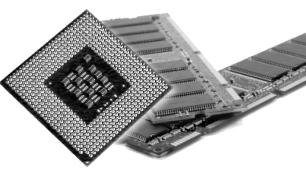




Festplatte

- Perpendicular Recording

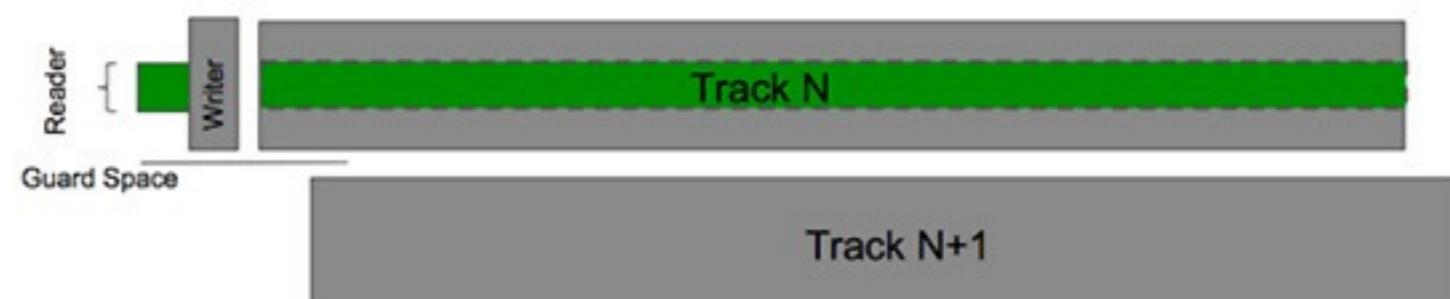




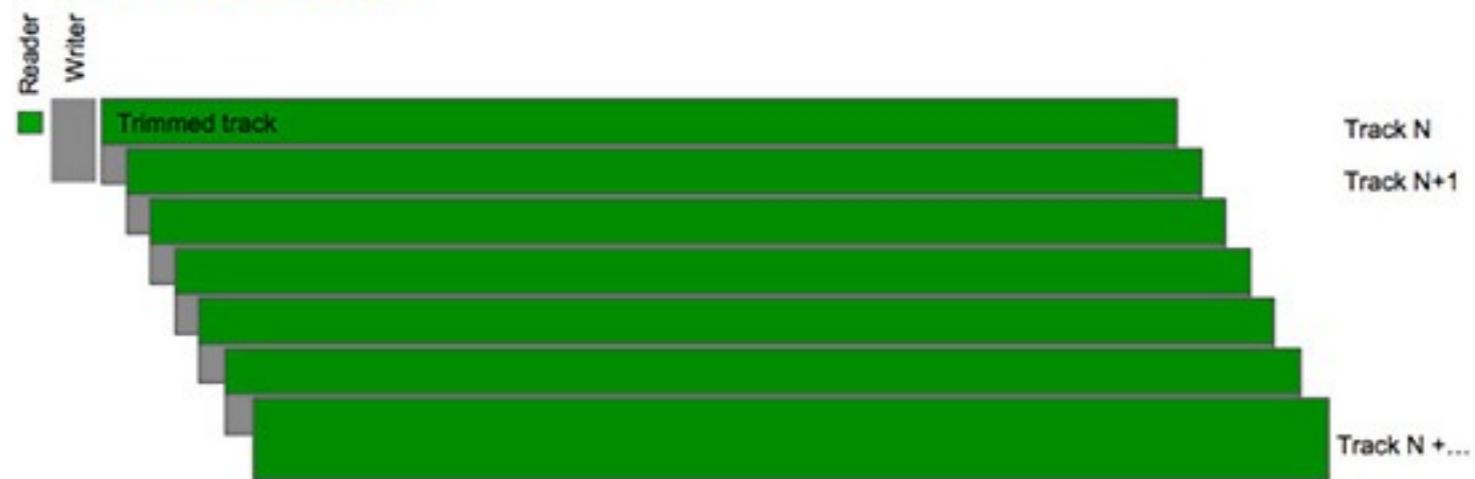
Festplatte

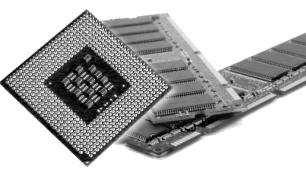
- Shingled magnetic recording (SMR)

Conventional Writes



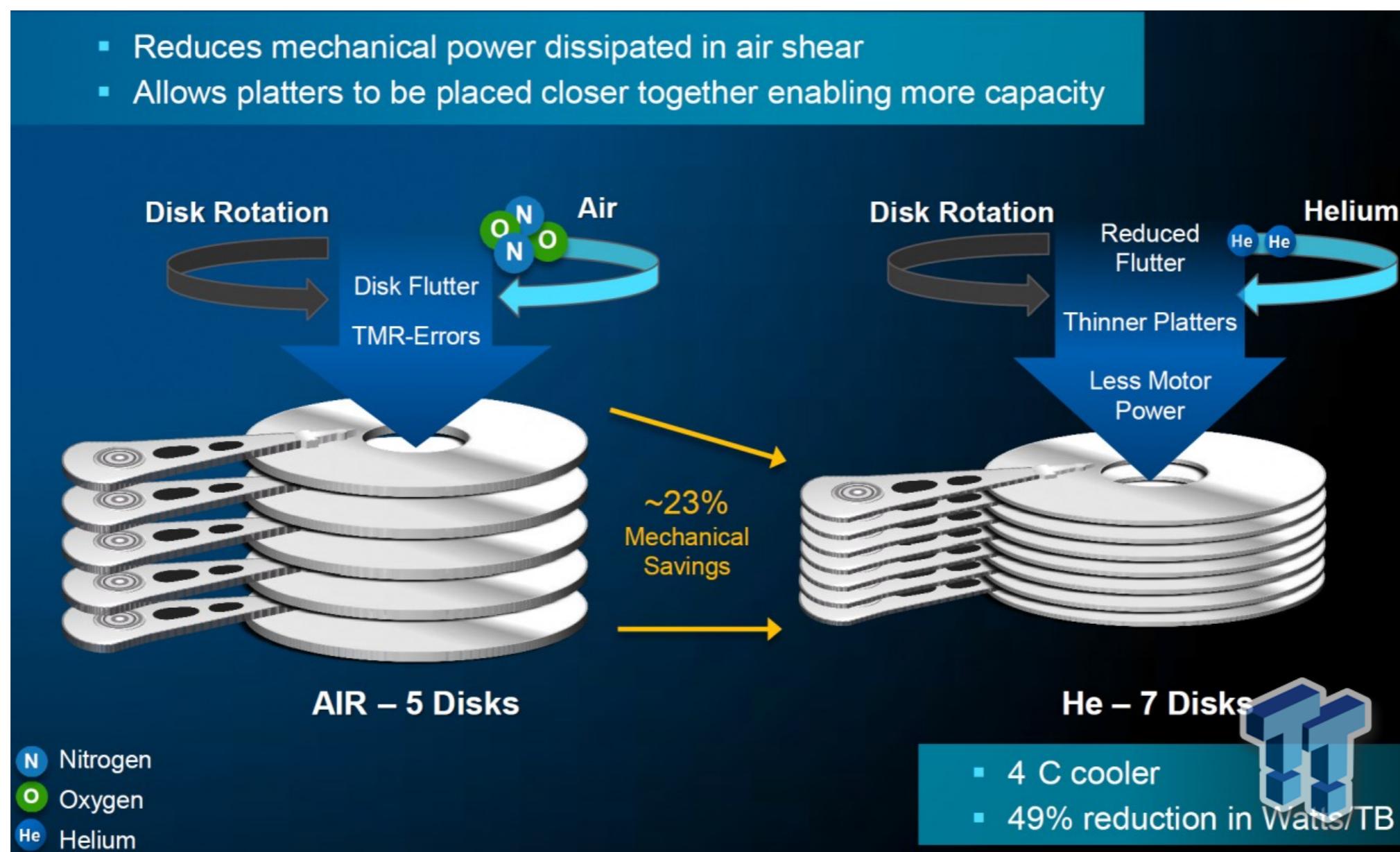
SMR Writes

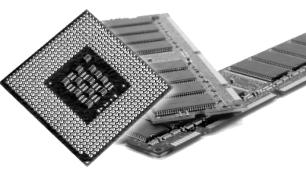




Festplatte

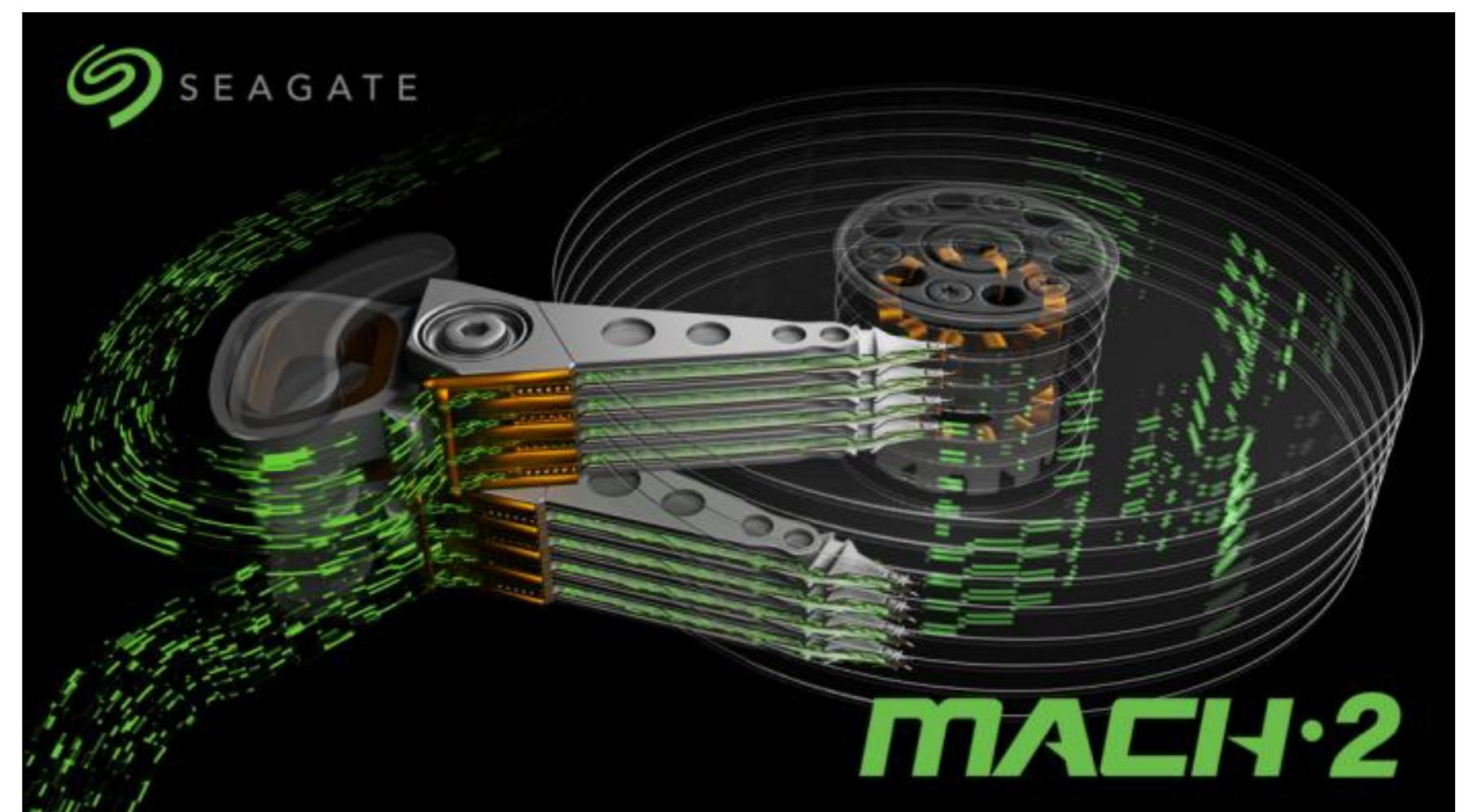
- Helium Füllung in Festplatten

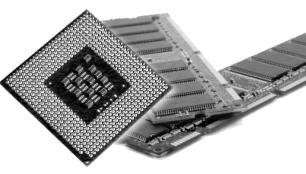




Festplatte

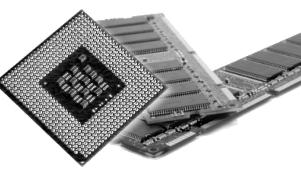
- HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording) Laser zur Erhitzung der Magnetpartikel -> kleinerer Schreibkopf möglich
- Mach.2:





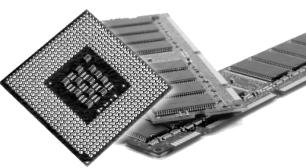
Festplatte

- Vorteile:
 - niedrige Herstellungskosten
 - viel Speicherplatz
- Nachteile:
 - Anfällig für Erschütterungen
 - Genaue Positionierung nötig
 - Schreib- und Lesekopf muss erst platziert werden
 - begrenzte Lebensdauer



S.M.A.R.T.

- Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology
- Überwachung von Parametern bei Festplatten
 - Temperatur
 - Laufleistung
 - Anzahl von Schreib- und Lesefehlern
 - Datendurchsatz
 - Startzeit
 - Anzahl der Start / Stop Vorgänge
- wird im BIOS oder per Firmware realisiert
- gibt einen Wert für die Ausfallwahrscheinlichkeit der Festplatte
- ca. 64% aller Ausfälle mit S.M.A.R.T. vorhersagbar



S.M.A.R.T.

CrystalDiskInfo 6.3.2

Datei Bearbeiten Optionen Ansicht Festplatte Hilfe Sprache(Language)

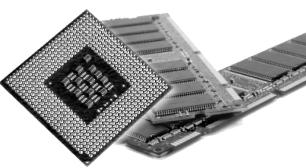
Gut 26 °C C:
Gut 23 °C E:

WDC WD30EZRX-00D8PB0 3000,5 GB

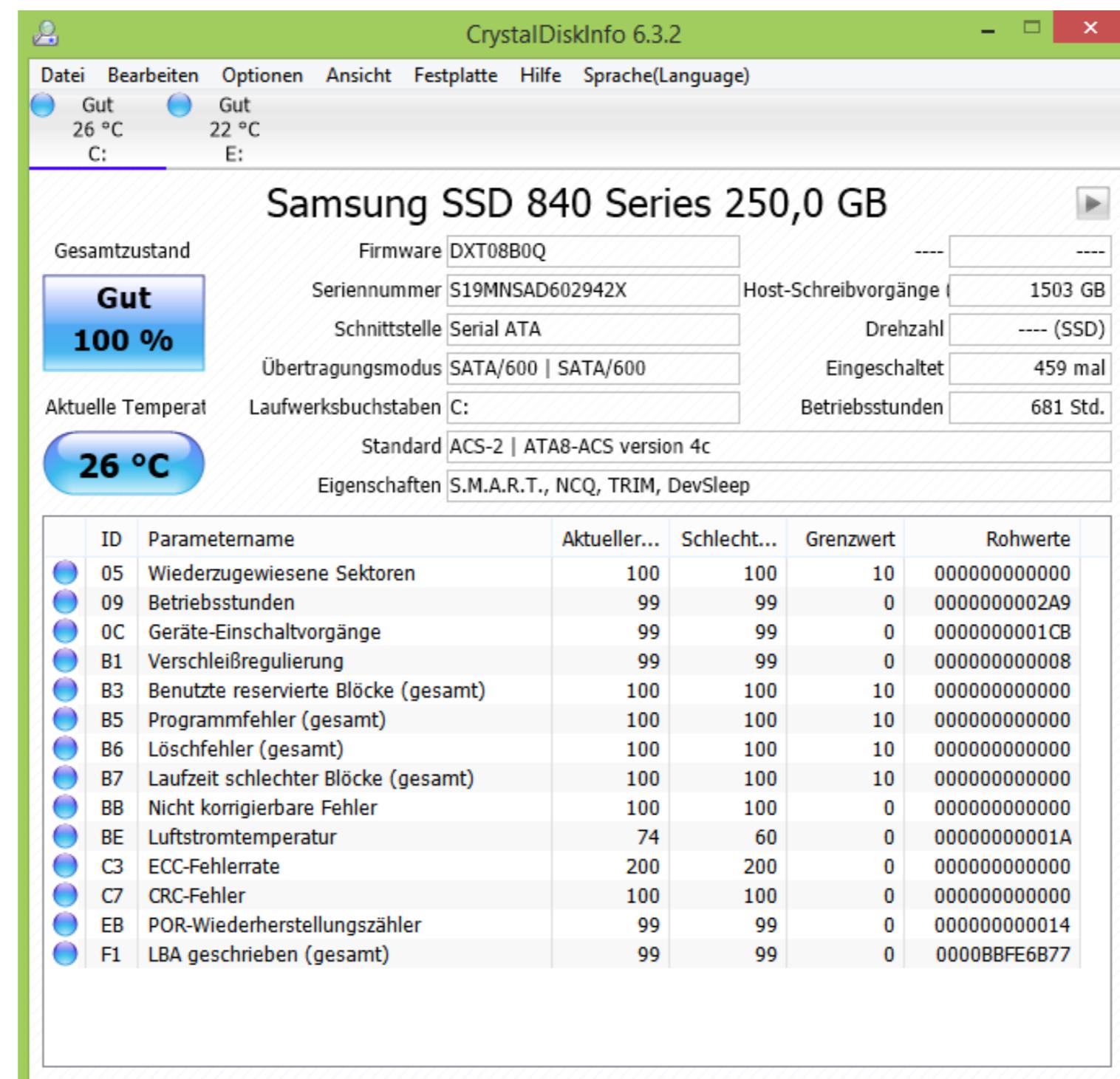
Gesamtzustand: **Gut**
Aktuelle Temperatur: **23 °C**

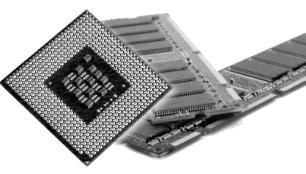
Firmware	80.00A80	---	---
Seriennummer	WD-WCC4N0694417	---	---
Schnittstelle	Serial ATA	Drehzahl	5400 RPM
Übertragungsmodus	SATA/600 SATA/600	Eingeschaltet	140 mal
Aktuelle Temperatur	Laufwerksbuchstaben: E:	Betriebsstunden	238 Std.
	Standard: ACS-2 ---		
	Eigenschaften: S.M.A.R.T., NCQ		

ID	Parametername	Aktueller...	Schlecht...	Grenzwert	Rohwerte
01	Lesefehlerrate	200	200	51	00000000000000
03	Mittlere Anlaufzeit	159	156	21	000000001B68
04	Start/Stopp-Zyklen der Spindel	100	100	0	000000000000C7
05	Wiederzugewiesene Sektoren	200	200	140	00000000000000
07	Suchfehler	200	200	0	00000000000000
09	Betriebsstunden	100	100	0	000000000000EE
0A	Misslungene Spindelanläufe	100	100	0	00000000000000
0B	Nnotwendige Rekalibrierungen	100	100	0	00000000000000
0C	Geräte-Einschaltvorgänge	100	100	0	0000000000008C
C0	Ausschaltungsabbrüche	200	200	0	00000000000001
C1	Laden/Entladen-Zyklen	196	196	0	000000003920
C2	Temperatur	127	113	0	00000000000017
C4	Wiederzuweisungseignisse	200	200	0	00000000000000
C5	Aktuell ausstehende Sektoren	200	200	0	00000000000000
C6	Nicht korrigierbare Sektoren	100	253	0	00000000000000
C7	UltraDMA-CRC-Fehler	200	200	0	00000000000000
C8	Schreibfehlerrate	100	253	0	00000000000000



S.M.A.R.T.

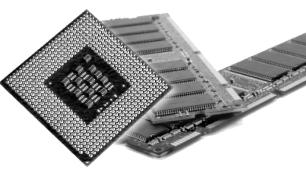




SSD

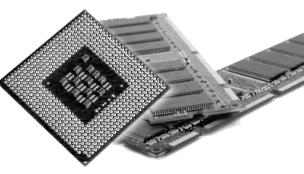
- Solid-State-Drive oder Solid-State-Disk
- nichtflüchtiges elektronisches Speichermedium
- keine beweglichen Teile





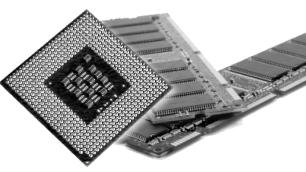
NAND-Flash

- Flash Speicher aus NAND Gattern
- Unterteilung in Pages und Blöcke
 - eine Page hat bis zu 8192 Bytes
 - ein Block hat bis zu 256 Pages
- Pages können nur einmal beschrieben werden und müssen dann erst gelöscht werden
 - die Bits können nur von 1 nach 0 gekippt werden
 - mit dem Löschen eines Blocks (alle auf 1 setzen), können die Pages neu beschrieben werden

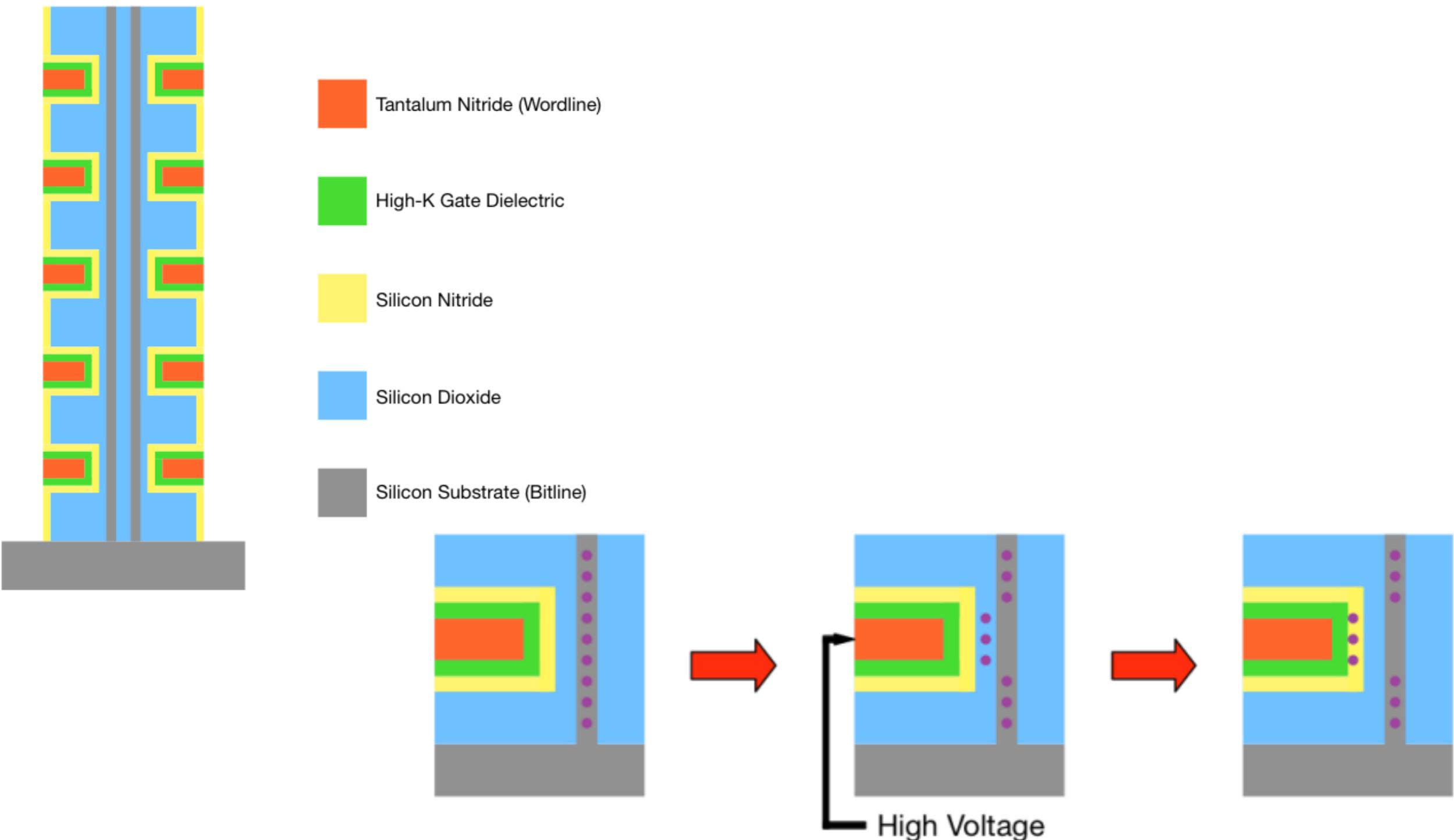


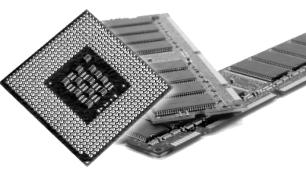
NAND-Flash

- Bereits bei der Auslieferung gibt es fehlerhafte Blöcke (Bad Blocks)
- diese werden vom Treiber markiert und von einer Reserve ersetzt
- Während des Betriebs sind auch öfters Fehler möglich => Korrekturdaten
- => die Lebenszeit ist begrenzt



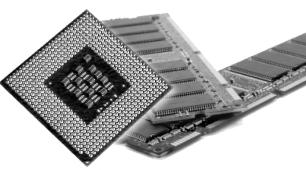
NAND Flash Funktionsweise





NAND-Flash Arten

- Speicherung kann mit einer unterschiedlichen Anzahl von Spannungsniveaus geschehen
- SLC-Speicherzelle (single level cell)
 - ein Bit, ein Spannungslevel
- MLC-Speicherzelle (multi level cell)
 - mehrere Bits, mehrere Spannungslevel
- TLC-Speicherzelle (triple level cell)
 - drei Bits, acht Spannungslevel



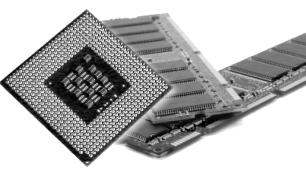
NAND-Flash Arten

- Vergleich von MLC (2 Bits) und SLC (1 Bit)
- höhere Speicherdichte bei MLC
- höhere Fehleranfälligkeit bei MLC
- langsamere Bewertung beim lesen (MLC)

▪ SLC
▪ MLC
▪ eMLC

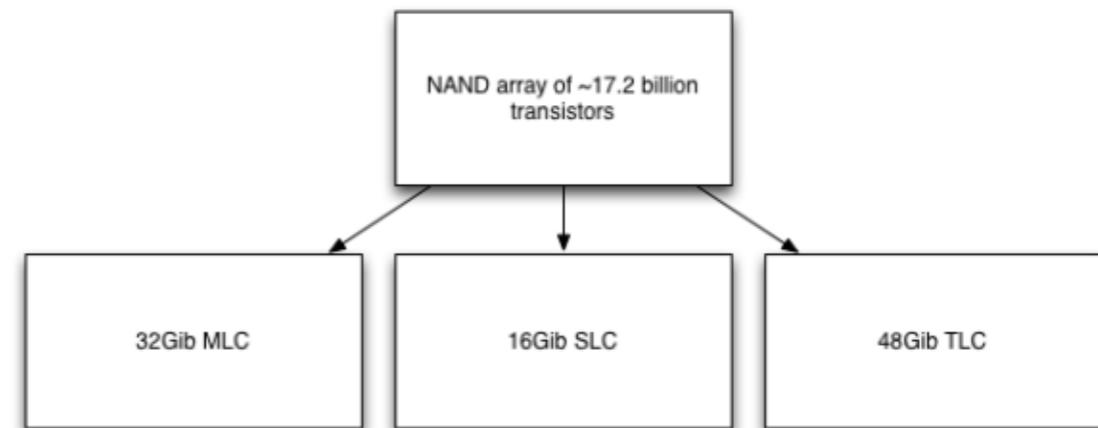
Vergleich von Single-Level- und Multi-Level-Speicherung

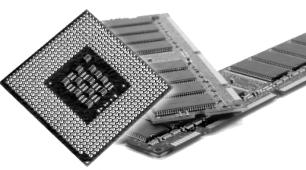
Multi-Level-Speicherung			Single-Level-Speicherung		
Schwellwert	Widerstandswert	Binärwert	Schwellwert	Widerstandswert	Binärwert
	10 kΩ	00		10 kΩ	0
33 kΩ					
	100 kΩ	01			
333 kΩ					
	1 MΩ	10	333 kΩ		
3,3 MΩ					
	10 MΩ	11		10 MΩ	1



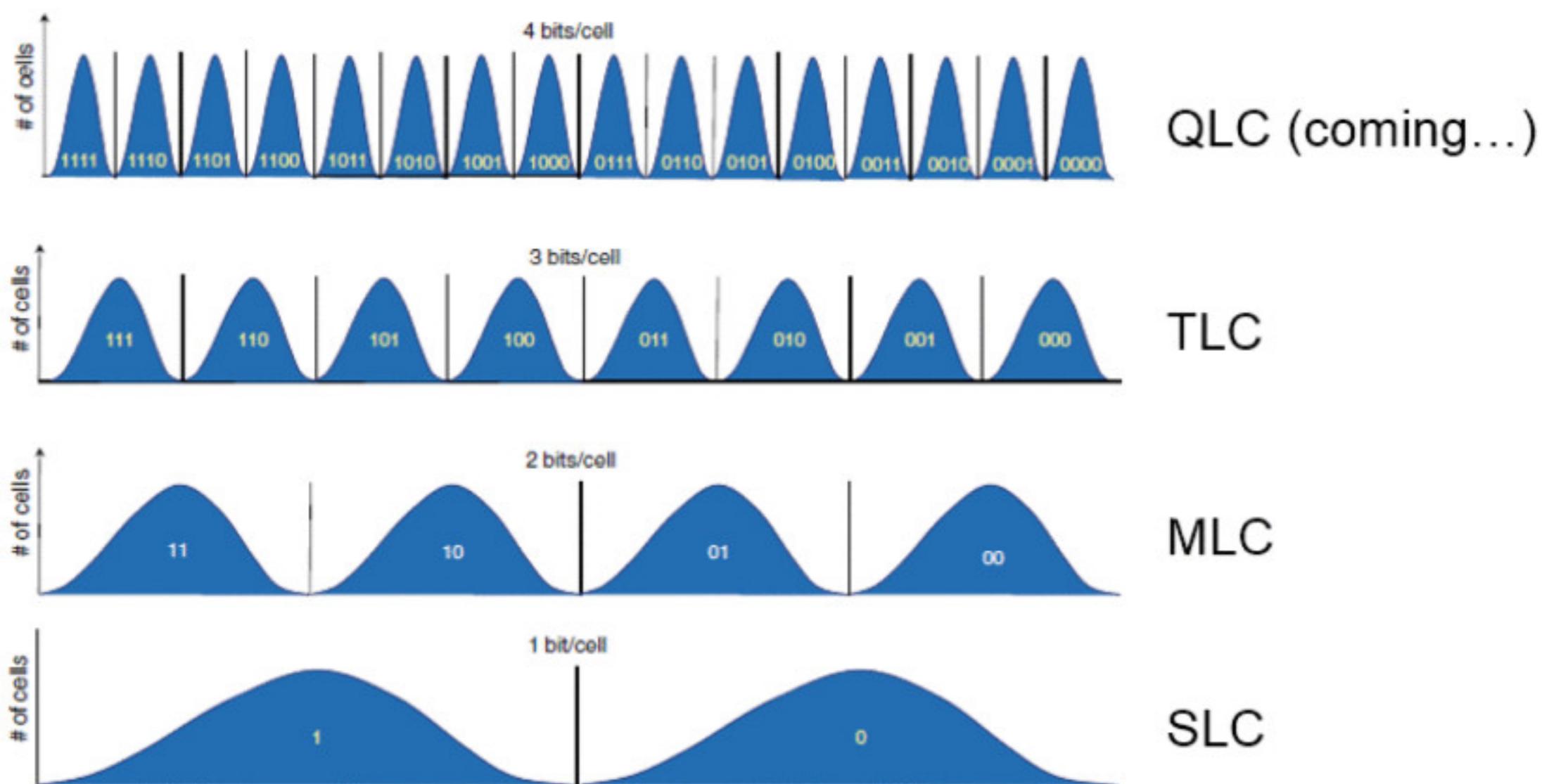
NAND-Flash Arten

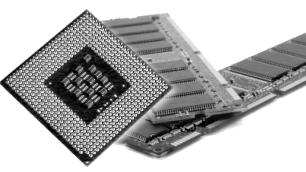
- Schreibvorgänge je Zelle:
 - 1.000 (TLC in 21-nm-Fertigung)
 - 3.000 (MLC in 25-nm-Fertigung)
 - 5.000 (MLC in 34-nm-Fertigung)
 - 10.000 (MLC in 50-nm-Fertigung)
 - 100.000 (SLC in 50-nm-Fertigung)
 - bis zu 5 Mio. (selektierte SLC-Chips)





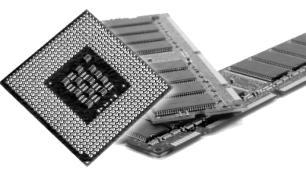
NAND-Flash Arten





NOR-Flash

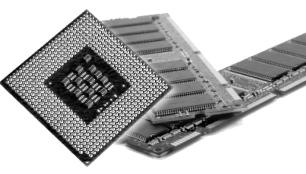
- Flash Speicher aus NOR Gattern
- Einsatz als ROM (read-only memory)
- im normalen Betrieb nur lesen
- schreiben ist auch möglich, allerdings nicht beliebig oft
- Aktuell: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM), elektrisch lösbar
- NOR Flash verbraucht mehr Platz
- Bei der Auslieferung komplett fehlerfrei
- der Speicher wird linear Adressiert => ermöglicht das direkte Ausführen von Code



SSD

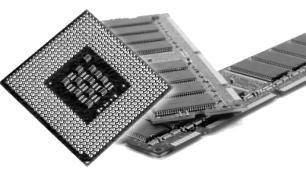
- keine 3,5 Zoll Variante
- 2,5 Zoll
- M.2
- mSATA
- PCIe Steckkarte





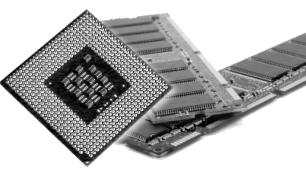
SSD

- S.M.A.R.T. funktioniert weiterhin (mit anderen Parametern)
- um die Lebensdauer zu erhöhen, werden die Schreibvorgänge auf alle Zellen verteilt (Wear-Levelling)
- Datenkompression für weniger zu schreibende Daten
- Reserve für ausgefallene Blöcke (Spare Area)
- wenn die Lebensdauer am Ende ist, wird auf einen Read-Only Modus umgeschalten
- Lesezugriffe sind wesentlich häufiger als Schreibzugriffe



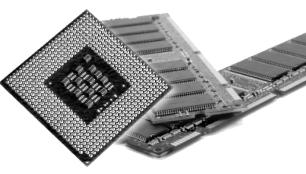
SSD - Geschwindigkeit

	Name	Typ	max. lesen	max. schreiben	mittlere Zugriffszeit
	Seagate Cheetah 15K.7 600 GB	HDD 16 MB Cache, 15.000 U/min 3,5 Zoll	122 - 204 MB/s	122 - 204 MB/s	2,0 ms
	Seagate SSHD ST2000DX001 - 2TB	MLC 8 GB + HDD 7.200 U/min 3,5 Zoll	156 - 210 MB/s	156 - 210 MB/s	9,5 ms
	Samsung SSD 850 EVO 250GB	MLC SATA III 2,5 Zoll	540 MB/s	520 MB/s	
	Crucial MX100 256 GB	MLC SATA III 2,5 Zoll	550 MB/s	330 MB/s	0,041 ms
	Intel SSD DC P3500 1,2 TB	MLC PCIe 3.0 Steckkarte	2.500 MB/s	1.700 MB/s	0,02 ms
	Western Digital Black 3D NVMe	MLC M.2 PCIe 3.0	3,4 GByte/s	2,8 GByte/s	



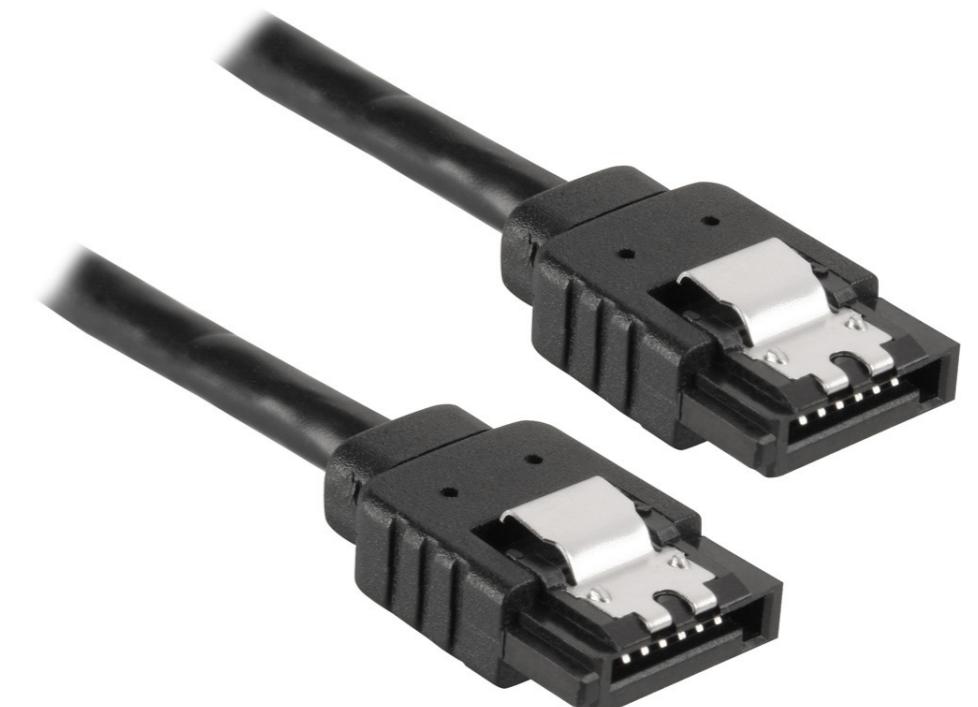
SSD

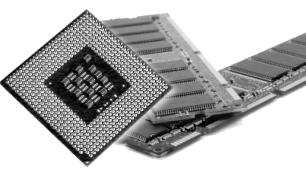
- Vorteile:
 - Temperaturunabhängiger
 - unempfindlicher gegen Stöße, usw.
 - Daten können ohne Verzögerung auch von einem physikalisch weiter entfernten Bereich gelesen werden (konstante schnelle Zugriffszeit)
 - schnelle Transferraten (gegenüber Festplatten)
 - weniger Stromverbrauch
 - Lautlos
- Nachteile:
 - höherer Preis, weniger Kapazität
 - Zellen habe eine begrenzte Lebensdauer



Anschlüsse

- **SATA** (Serial ATA)
 - Vorgänger: ATA (parallel)
- **SAS** (Serial Attached SCSI)
 - Vorgänger: SCSI (parallel)



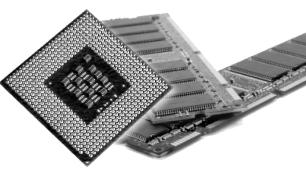


SATA



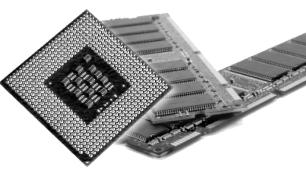
- Serial ATA (Advanced Technology Attachment)
- Weiterentwicklung der parallelen ATA Schnittstelle
- SATA Geräte lassen sich an SAS verwenden
- Die Stromversorgung erfolgt per extra Kabel

Offizielle Bezeichnung(en)	Inoffizielle Bezeichnungen	Netto-Datenrate
Serial ATA 1,5 Gbit/s	SATA I	1,2 Gbit/s
Serial ATA 3,0 Gbit/s, SATA Revision 2.x	SATA II, SATA-300	2,4 Gbit/s
Serial ATA 6,0 Gbit/s, SATA Revision 3.x	SATA III, SATA-600	4,8 Gbit/s
SATA Express 8,0 bzw. 16,0 Gbit/s, SATA Revision 3.2		7,88 bzw. 15,76 Gbit/s



SAS

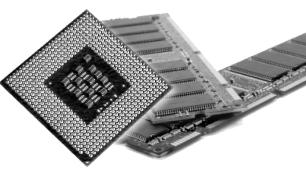
- Serial Attached SCSI (Small Computer System Interface)
- parallelen Übertragung (Nachteil):
 - die Signallaufzeit darf auf den einzelnen Datenleitungen nicht zu sehr differieren (Synchronisierung)
 - damit das langsamste und das schnellste Bit noch ausgewertet werden können
- weitgehend SATA kompatibel
- 3 Gbit/s (2004)
- 6 Gbit/s (2009)
- 12 Gbit/s (2013)
- 24 Gbit/s (2016 / 2017)
- Verwendung meist in Server (schneller, aber teurer)



M.2 Slot

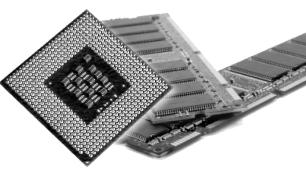
- Verbindung über mSATA oder PCIe (bis zu x4)
- NVMe Express (NVMe), bzw. Non-Volatile Memory Host Controller Interface Specification (NVMHCl) als Kommunikationsstandard





SSD

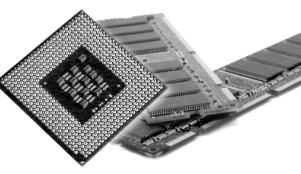
- IOPS (Input/Output Operations Per Second)
- SATA: AHCI-Protokoll
 - Max 32 Befehle pro Warteschleife
- PCIe: NVMe-Protokoll
 - Für SSDs entwickelt
 - Schnelle Reaktionszeit
 - Für paralleles Arbeiten ausgelegt (65.535 Warteschleifen mit je 65.536 Befehlen möglich)



Western Digital Black 3D NVMe

- M.2-Karte (PCIe)
- 3D-NAND-Technik
- 1 TByte
- 3,4 GByte/s lesen
- 2,8 GByte/s schreiben
- 500.000 IOPS
- 600 TBW (Terabytes Written)





Universal Flash Storage (UFS)

- Flash Speicher für Smartphones
- Vorgänger: eMMC

UFS	1.0	1.1	2.0	2.1	3.0 ^{[22][23]}
Introduced	2011-02-24 ^[24]	2012-06-25 ^[25]	2013-09-18 ^[26]	2016-04-04 ^[27]	2018-01-30 ^[28]
Bandwidth per lane	300 MB/s		600 MB/s		1450 MB/s
Max. number of lanes	1		2		
Max. total bandwidth	300 MB/s		1200 MB/s		2900 MB/s
M-PHY version			3.0		4.1
UniPro version			1.6		1.8

