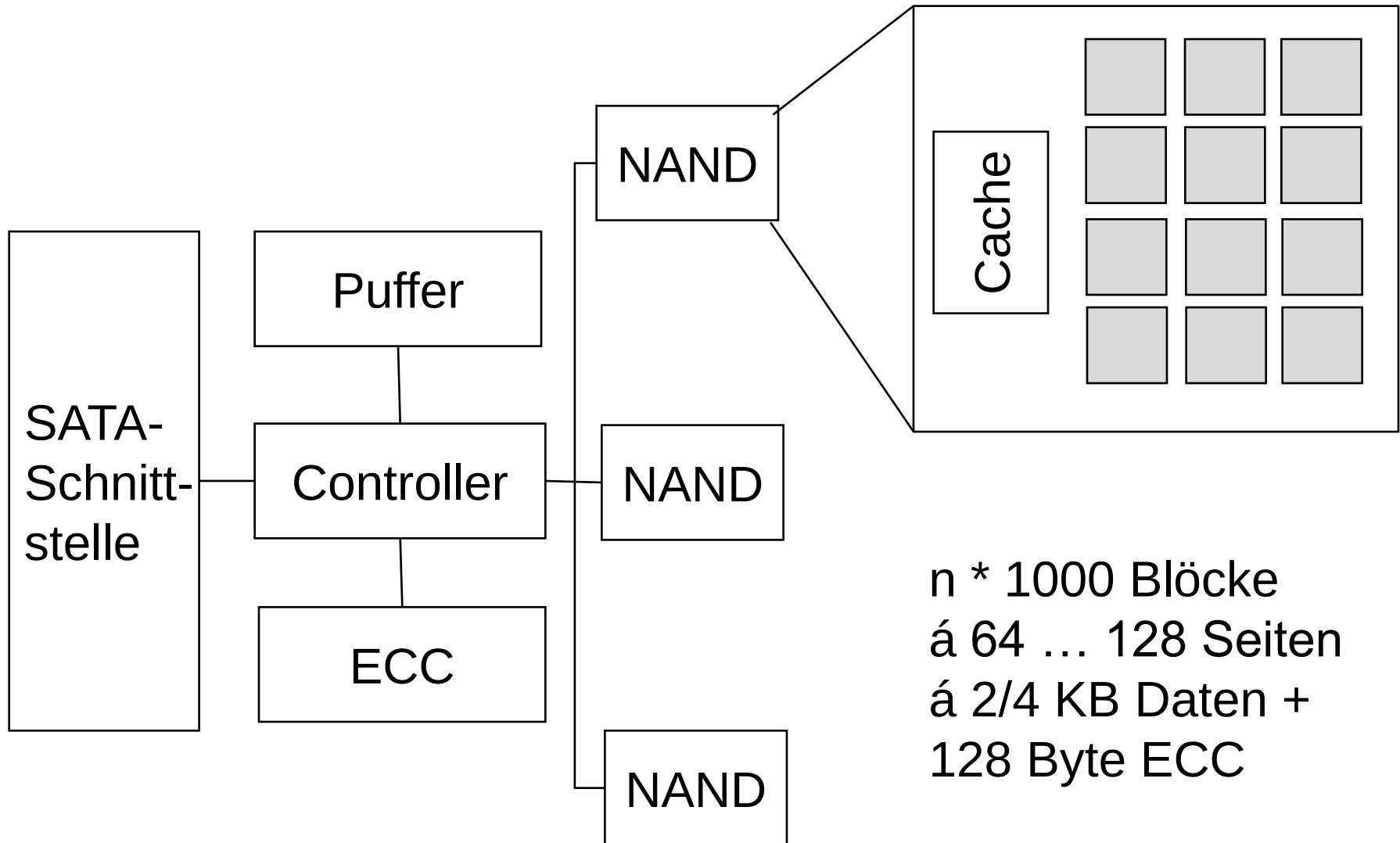


Speicherverwaltung: Flash-Laufwerke

Flash-Laufwerke

- ohne bewegliche mechanische Teile (→ wahlfreie Lesezugriffe sehr schnell)
- schneller und energieeffizienter als Magnetplatten
- preisgünstiger als SDRAMs
- Technische Basis:
 - **EEPROM** (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) in NAND- oder NOR-Technologie
 - Speicherstruktur: Block (Array) mit 128 KB Größe, besteht aus 2KB großen Seiten
 - Speicherzelle: 1 Bit (Single Level Cell, SLC) oder 2..4 Bit (Multi Level Cell, MLC)
- Operationen:
 - **Read:** Lesen eines Blockes
 - **Program:** Reprogrammieren eines Bits auf 0
 - **Delete:** Zurücksetzen eines Bits auf den initialen Wert 1 (gesamter Block)

Aufbau einer Flash-Disk



Probleme bei Flash-Speichern

- Zwei Hauptprobleme
 - Löschooperationen gegenüber Lesen vergleichsweise langsam (2 ms vs. 25 μ s)
 - Begrenzte Lebensdauer der Zelle (ca. 100.000 Löscho-Schreib-Zyklen bei SLC-Speichern)
- Lösungen
 - Block Manager: Vermeidung teurer Löscho-Operationen durch Schreiben in neue leere Blöcke (Verwaltung und Wiederverwendung der alten Blöcke)
 - **Wear Leveling**: Gleichmäßige Verteilung der Schreibvorgänge auf alle Blöcke
- Anbindung an den Prozessor
 - **SATA**: Nutzung wie herkömmliche Magnetplatten – allerdings mit Leistungsverlust
 - Alternative: Anbindung über **PCI Express** deutlich schneller und teurer (siehe tabellarischen Vergleich)

Konsequenzen für Einsatz als Sekundärspeicher

- Klassische DBMS-Operationen mit sequentiellm Lesen nutzen Stärken von Flash-Speicher nicht aus
- Effizientere Adressierung kleinerer Blockgrößen
 - Komplexe Verwaltung für Wear Leveling erzeugt gewisse Latenzen
 - Empfohlene Blockgrößen 32 KB (Vielfaches der Flash-Seiten)
 - Wahlfreie Zugriffe effizienter als auf Magnetplatten, aber begrenzen auf 4 bis 16 MB
 - Konkurrierende I/O-Zugriffe bis zu einem gewissen Maße ohne Performance-Einbußen durchführbar
- Eigenschaften von Flash-Laufwerken

	Intel X25-M	FusionIO ioDrive
Technologie	MLC	SLC
Schnittstelle	SAT 1.5/3 Gbit/s	PCIe X4
Leselatenz	85 µs	50. µs
Bandbreite (Lesen)	250 MB/s	750 MB/s
Bandbreite (Schreiben)	70 MB/s	650 MB/s
Kapazität	80 GB	80 GB
Preis (ca.)	220 €	1.900 €

Anwendungsfälle für Flash-Speicher

- Schnellere Festplatte
 - Kleinere Blockgrößen, jedoch Anpassung von Datenstrukturen
 - Nachteile: hoher Preis, Schreiblatenz
- Zusätzlicher Cache zwischen Hauptspeicher und Magnetplatte
 - Beschleunigte Leseoperationen
 - Geringere Kosten gegenüber reinem SSD-Einsatz
 - Kein Einfluss auf Write-Performance
 - Beispiel: Oracle Exadata Database Machine: 2 TB RAM, 100 TB Magnetplatten, Flash Cache 5 TB (Stand Sept. 2011)
- Medium für Spezialzwecke
 - Protokollieren und Zurücksetzen von Transaktionen im Rahmen des Recovery (siehe Vorlesung zu „Recovery“)
 - Speicherung von temporären Tabellen
 - Probleme im Langzeitbetrieb durch begrenzte Anzahl von Schreibvorgängen