

Warum ein Flash Speicher Daten umlagert

Die Nutzer von Flash Datenspeichern (wozu auch sogenannte SSD´s gehören) gehen davon aus, dass sobald ihre Daten auf dem Flash Speichermedium gespeichert sind, diese an dem Ort verbleiben, wo sie abgelegt wurden.

Die Lebensdauer der Flash Bausteine, ist je nach Flash Technologie zeitlich (Anzahl von Löschkzyklen) begrenzt. Um diese zu optimieren und die Datensicherheit zu gewährleisten ist es zwingend erforderlich, dass von Zeit zu Zeit eine Datenumlagerung stattfindet.

Aufbau NAND Flash

Um wichtige Funktionen in der SSD verstehen zu können, müssen zwei Grundbegriffe des NAND Flash Speichers bekannt sein. Diese Begriffe lauten Page und Block. Jeder NAND Flash Speicher ist in diese Grundbereiche aufgeteilt.

Eine Page ist der kleinste Bereich in dem Daten geschrieben werden. Mehrere Pages werden zu einem Block zusammengefasst, dieser Block ist die kleinste Einheit in der Daten gelöscht werden. Bevor eine Page geschrieben wird, muss diese zuvor gelöscht werden, jedoch kann nur der gesamte Block gelöscht werden.

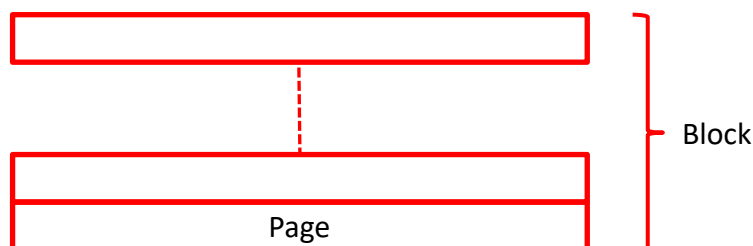


Bild: 1

Garbage Collection

Garbage Collection (Speicherbereinigung) ist eine wichtige interne Funktion des NAND Flash Controllers, welche dafür sorgt, dass der verfügbare Platz der SSD optimal ausgenutzt und somit die Lebensdauer der SSD gesteigert wird.

Angenommen, ein Block im NAND Flash der SSD ist mit Daten gefüllt. Nun sollen die Daten einer Page aktualisiert werden, also neu geschrieben werden.

- ▶ Eine Page soll geschrieben werden
- ▶ Diese muss zuvor gelöscht werden
- ▶ Gelöscht werden kann nur Blockweise

Schlussfolgerung: Der gesamte Block müsste gelöscht werden um eine Page zu schreiben.

Diese Aufgabe löst der NAND Flash Controller indem er die alten Daten dieser Page als ungültig markiert. Die aktualisierten Daten werden in eine neue Page eines anderen Blocks geschrieben

und anschließend erfolgt die Aktualisierung der Link-Tabelle. Dieses Vorgehen führt dazu, dass viele Blöcke nur eine gewisse Anzahl an gültigen Daten enthält.

Jetzt kommt die Garbage Collection zum Tragen. Enthält ein Block zu viele ungültige Daten, wird der Controller zu einem günstigen Zeitpunkt die restlichen gültigen Daten umlagern und den gesamten Block löschen. Somit steht ein neuer, frisch gelöschter Block zur Speicherung (schreiben) von Daten zur Verfügung.

Diese Funktion der Speicherbereinigung ist vergleichbar mit der Defragmentierung bei HDD's.

Wear Leveling

Das Wear Leveling ist eine interne Management Funktion des NAND Flash Controllers. Sie überwacht und steuert die gleichmäßige Nutzung der einzelnen NAND Flash Blöcke. Dabei wird nicht nur die Ablage von neuen Daten gesteuert (dynamische Wear Leveling), sondern auch die Umlagerung von festen Daten (statisches Wear Leveling) organisiert.

Angenommen, eine SSD ist zu 70% mit statischen Daten belegt, z.B. Daten eines Betriebssystems. Diese Daten werden in der Regel nur einmal auf die SSD geschrieben und später nur noch gelesen. Die Restlichen 30% werden für die Kundensoftware und Ablage von z.B. Log-Dateien benutzt. Diese Daten werden z.B. oft aktualisiert (überschrieben) und Log-Dateien ständig fortlaufend geschrieben.

Nehmen wir an, eine SSD hätte kein „Wear Leveling“. Es würden lediglich die freien 30% des Speichers zum Schreiben von Daten genutzt. Dieser Teil des Flash Speicher erreicht die Verschleißgrenze deutlich schneller. Die ersten 70% des Speichers erfahren fast keinen Verschleiß. Siehe Bild 2.

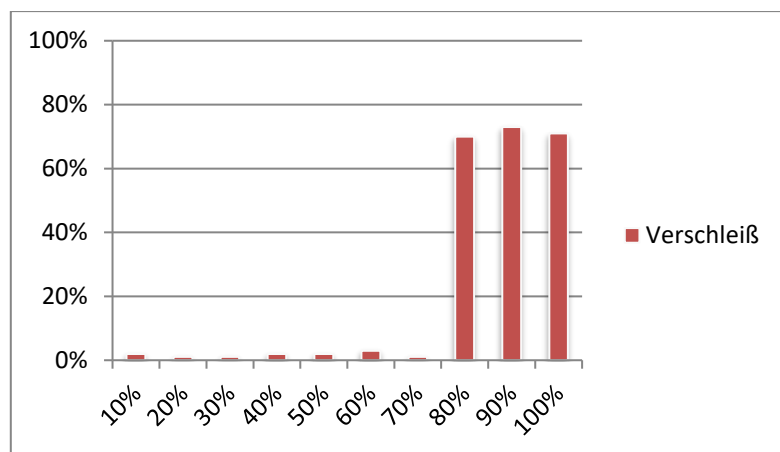


Bild: 2

Deshalb ist ein statisches „Wear Leveling“ Verfahren erforderlich. Dieses organisiert die Umlagerung der feststehenden Daten. Somit ist für eine gleichmäßige Nutzung der SSD gesorgt und die Lebensdauer wird verlängert. Siehe Bild 3.

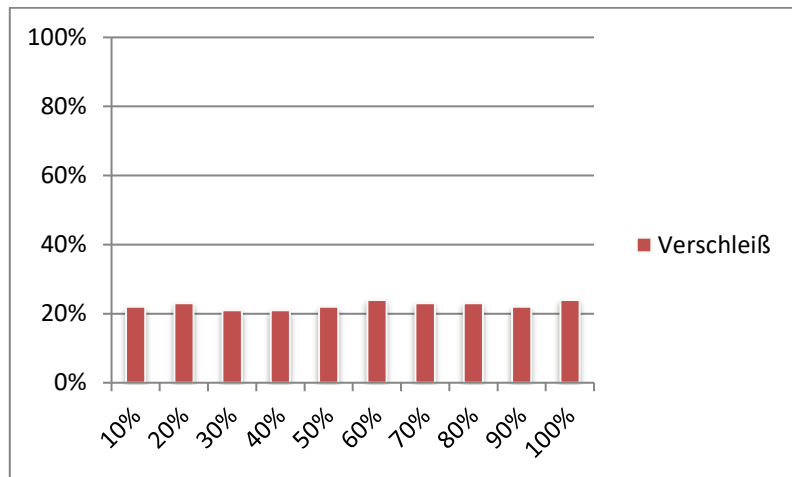


Bild: 3

„Auto Read Refresh“ Funktion

Ein weiterer Effekt der bei Lesen von Flashspeichern auftreten kann, ist der „Read Disturb“. Er tritt auf, wenn eine Page gelesen wird. Zum Lesen der Page wird die Spannung am Gate auf 0V gesetzt. Dadurch entsteht ein Spannungsunterschied zu den Gates der benachbarten Pages, wodurch diese benachbarten Pages gestört werden. Siehe Bild: 4. Bei wenigen Leseoperationen spielt dieser Effekt eine geringe Rolle. Jedoch wenn es sich um Daten handelt die nur einmal geschrieben und dann ausschließlich gelesen werden, z.B Daten eines Betriebssystems oder Datenbanken. Kann der „Read Disturb“ zu Fehlern in den Daten der benachbarten Pages führen.

Um diesem Effekt entgegen zu wirken, werden die Daten in einen frischen Block umgelagert. Ein frischer Block ist ein Block der gelöscht wurde. Diese Datenumlagerung (zur Vermeidung des „Read Disturb“), wird von der Controller internen Funktion „Auto Read Refresh“ gesteuert. Diese Funktion organisiert das Umschreiben von gefährdeten Daten in einen frischen Block. Die Bewertung der Datenintegrität erfolgt über den ECC (Error Correction Code).

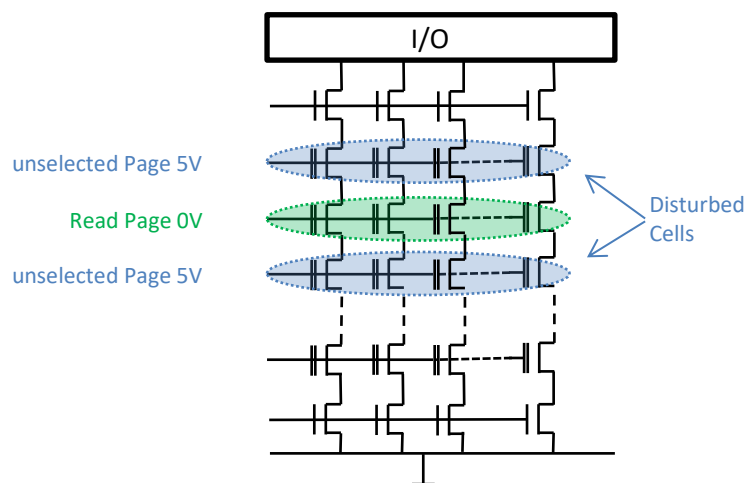


Bild: 4

Zusammenfassung

Bei jeder SSD finden im Hintergrund Datenumlagerungsprozesse statt. Die Qualität des Handlings dieser Vorgänge wird vom Controller sowie durch die Güte der Firmware maßgeblich bestimmt. Diese Prozesse sind zwingend notwendig um:

- ▶ Datenintegrität sicher zu stellen
- ▶ Die verfügbare Kapazität optimal zu nutzen
- ▶ Eine maximal mögliche Lebensdauer des Flash zu erreichen

Ein Ausfall dieser Systeme gefährdet die gespeicherten Daten und verkürzt die Lebensdauer! Während der Datenumlagerung sind die Daten maximal geschützt. Werden Daten von einem Block in einen frischen Block kopiert, gelten die alten Daten solange als aktuell, bis der Kopiervorgang vollständig abgeschlossen ist. Die Entscheidung hierüber gibt das ECC Verfahren. Es muss die Daten erfolgreich überprüft haben.