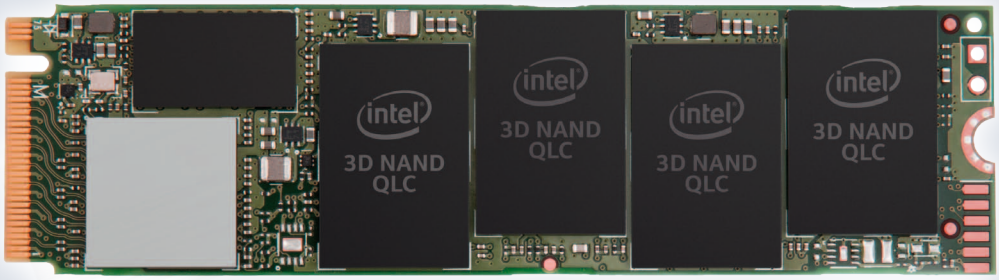
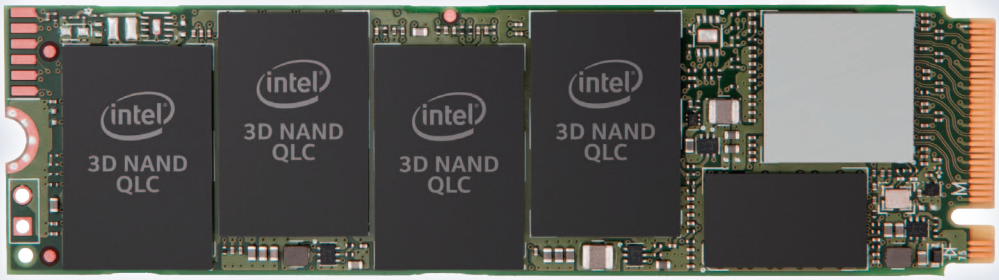
# 3D-NAND-Flash-Architekturen

***Auf Triple Level Cell folgt Quadruple Level Cell: Was die 3D-NAND-Entwicklung bereithält***




Der 3D-NAND-Flash steht vor dem Durchbruch. Die neue Speichertechnologie hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht und bietet eine interessante Alternative zu den etablierten 2D-NAND-Speichern, die in SSDs zum Einsatz kommen. Next-Gen-Speicherarchitekturen wie der QLC-NAND zeigen die Entwicklungsrichtung auf.

2D-NAND-Flash überzeugt durch extrem schnelle Zugriffszeiten, geringe Latenzen, Energieeffizienz, Robustheit und kleine Formfaktoren. Die größten technischen Fortschritte zielten auf Kostensenkung durch Strukturverkleinerung. Mit 15 Nanometer ist mittlerweile jedoch eine physikalische Grenze erreicht. Noch kleinere Strukturen würden zu vermehrten Fehlern beim Auslesen von Daten führen, darüber hinaus verringern sich Endurance und Data Retention – die langzeitige „Intakthaltung" der Daten wäre nicht gewährleistet. Die Innovationen gehen deshalb in Richtung dreidimensionales NAND (3D-NAND) sowie Erhöhung der Bits auf einer Zelle.

## Aktuelle Lösungen: Charge-Trapping und Floating-Gate

Bei 3D-NAND-Flash-Speichern werden mehrere Schichten von Flash-Zellen gestapelt – ähnlich wie bei einem Hochhaus ist die Kapazität dadurch wesentlich höher. Ein einfacher Vergleich, die Technologie dahinter ist allerdings weit komplexer. Heute haben sich zwei Ansätze etabliert: Floating-Gate und Charge-Trap. Obwohl sie sich im Herstellungsprozess völlig unterscheiden, ist die Idee ähnlich.

Bei der Floating-Gate-Methode werden die Ladungen mit einem Floating-Gate auf einem elektronisch isolierten Gate zwischen dem Kanal und dem Steuer-Gate gespeichert. Beim Charge-Trap-Ansatz hingegen werden die Ladungen mit Haftstellen (engl. Trapping Center) gehalten, einer Schicht aus Siliziumnitrid, die vom Kanal durch eine dünne Tunneloxidschicht getrennt ist. In beiden Fällen werden die definierten CG-Schichten über die Linien des Control-Gates oder der Wordline (WL) selektiert. Über Bitlines (BLs) wird der String selektiert.

## Höhere Speicherdichte

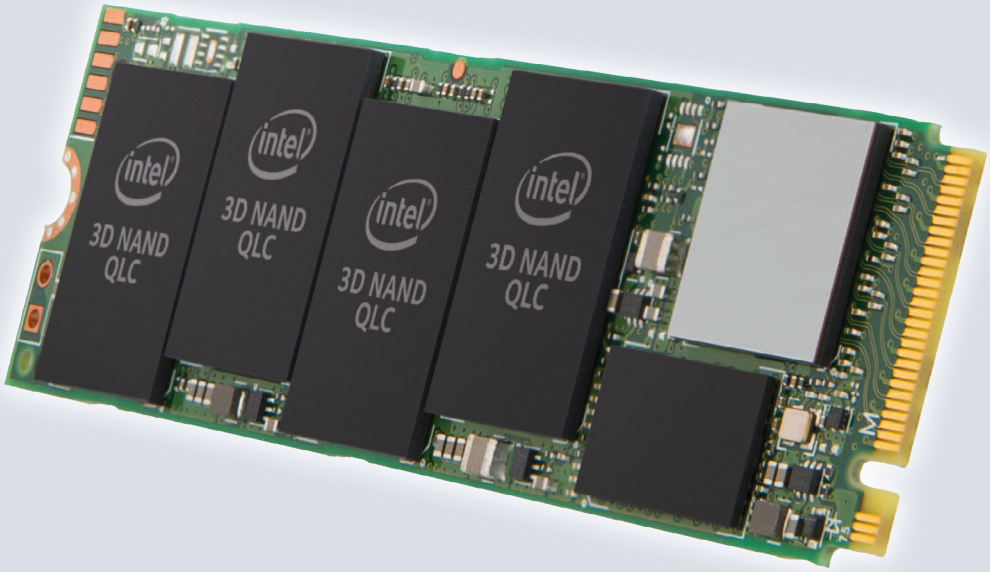
Die 3D-NAND Speichertechnologie bringt viele Vorteile für Hersteller und Kunden. Mit der höheren Speicherdichte können Flashhersteller größere Kapazitäten und mehr Gigabytes pro Siliziumwafer bei ähnlicher Ausbeute produzieren. Die Kunden profitieren von einem spürbaren Preisnachlass bei gleichbleibender Haltbarkeit.

Bisher hat allerdings noch kein Hersteller ein 3D-NAND-Produkt mit einer hohen Temperaturbeständigkeit präsentiert, wie sie in der Industrie häufig notwendig ist. Ab 2019 kann voraussichtlich mit den ersten industrietemperaturtauglichen 3D-NAND Produkten gerechnet werden.

## QLC-NAND-Flash

Erhöhte Speicherdichte wird nicht nur durch das Stapeln von Speicherzellen erreicht, sondern auch durch die Erhöhung der Kapazität der Zellen selbst. Als die NAND-Technolo-

*Autor:*
*Daniel Zajcev*
*Product Sales Manager Storage*
*Rutronik Elektronische Bauelemente*
*www.rutronik.com*




gie eingeführt wurde, gab es lediglich die Single-Level-Cell (SLC) Architektur. Das heißt, pro Speicherzelle konnte ein Bit gespeichert werden. Später kamen die Multi-Level-Cell (MLC) und die Triple-Level-Cell (TLC) hinzu, die zwei beziehungsweise drei Bits speichern können. Mit QLC-NAND-Flash steht jetzt die nächste Generation von 3D-NAND-Architekturen vor der Türe. QLC steht für „Quadruple-Level-Cell" bzw. „Quad-Level-Cell" und damit für vier Bit pro Zelle. Mit dieser Architektur sind aktuell bis zu 96 Layer möglich. Mit der vierten Generation von Micron und der fünften Generation von Samsung, SK Hynix und Toshiba sollen bis zu 128 Layer möglich sein.

## Mehr Kapazität bei weniger Haltbarkeit

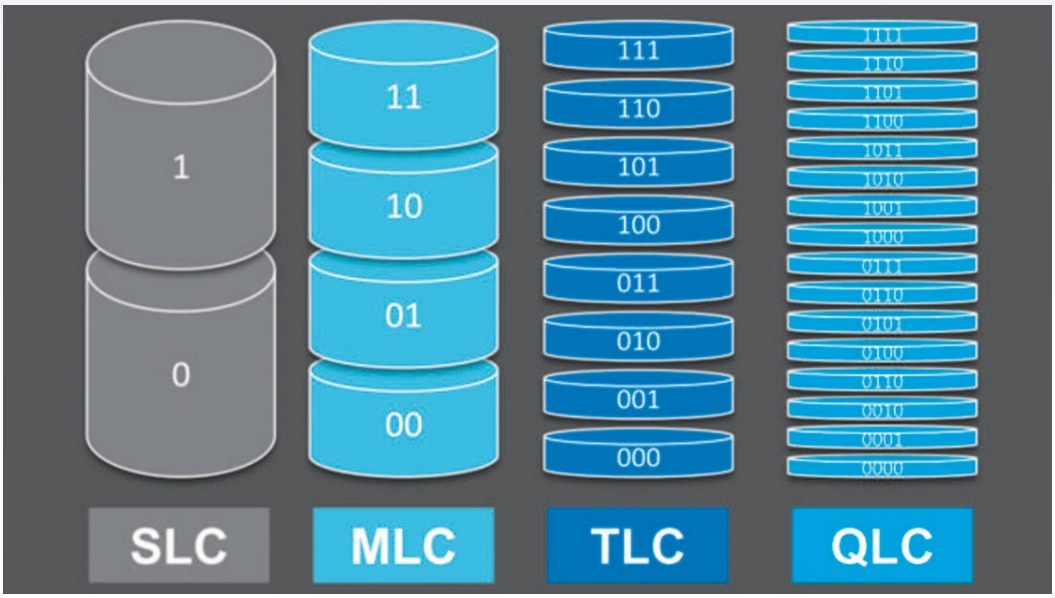
Der große Vorteil des QLC-Flashs ist die wesentlich höhere Speicherdichte und damit eine höhere Kapazität. Folglich sind kleinere Footprints möglich, Daten-Racks können bis zu 7,7x kleiner ausfallen als bei Nutzung von HDDs, so lässt sich wertvoller Platz in Datencentern einsparen.

Doch die QLC-Architektur bringt auch einige Schwachstellen mit sich. Pro Speicherzelle liegen 16 unterschiedliche Spannungen vor, das macht das Schreiben der Daten aufwändiger und langsamer. Zudem vermindert sich die Zuverlässigkeit des Speichers. Die Validierung einzelner Bits ist anspruchsvoller und über mehrere Schreibzyklen hinweg degradieren die Zellen, was es erschwert, einzelne Bit-Werte zu ermitteln. Datenfehler können die Folge sein. ECC (Error-Correction-Code) ist hier hilfreich, aber nicht ausreichend, um diesen Effekt zu kompensieren. Dies wirkt sich auch auf die Haltbarkeit der QLC-Speicher aus: Mit 500 bis 1.500 P/E-Zyklen (Program/Erase, Schreib- und Löschzyklen) ist sie bedeutend geringer als bei einer 3D-TLC-Architektur und wesentlich geringer als bei einer SLC-Architektur.

## Bereit für Big-Data-Anwendungen

Trotzdem empfiehlt sich der Einsatz von QLC-Flash für viele Anwendungsgebiete. Aufgrund der geringen P/E-Zyklen sind die Speicher vor allem auf Leseoperationen (90 %+) ausgelegt. QLC-Speicher können überall eingesetzt werden, wo schnell große Mengen an Daten ausgelesen werden sollen, aber wenige Schreibprozesse anfallen. Dazu gehören beispielsweise Echtzeitanalysen von Big-Data, Daten-Inputs für künstliche Intelligenzen, Bereitstellung von Medien für On-Demand-Services, NoSQL-Databases oder auch User-Authentifizierung. Für solche Anwendungen fallen auch die TCO (Total Cost of Ownership) gegenüber der Verwendung von HDDs deutlich niedriger aus, da insgesamt wesentlich weniger Speichereinheiten benötigt, weniger Strom verbraucht und mehr IOPS verarbeitet werden. Denkbar sind aufgrund der hohen Speicherdichte auch Einsatzmöglichkeiten im Embedded- und Mobile-Markt.

## 5210 Ion: Die erste QLC-SSD

Das erste Produkt mit QLC hat Micron in Zusammenarbeit mit Intel mit der Enterprise-SSD-Serie 5210 ION auf SATA-Basis auf den Markt gebracht. Die SSD nutzt vier Bits pro Zelle bei insgesamt 64 Zellschichten. Auf 2,5 Zoll können zwischen 1,92 und 7,68 Terabyte gespeichert werden. Die sequenziellen Datenraten liegen bei rund 500 Mbyte/s beim Lesen und 340 MByte/s beim Schreiben. Die 5210 Ion-Serie ist vor allem auf die Bedürfnisse lese-intensiver Clouds ausgelegt.

Mit der noch in der Entwicklung befindlichen dritten Generation von 3D-NAND-Speichern will Micron mit insgesamt 96 Schichten die höchste Dichte an Gigabit pro Millimeter anbieten. Auch andere Hersteller lassen mit ihren ersten QLC-Lösungen nicht mehr lange auf sich warten: Intel, das mittlerweile unabhängig von Micron eigene 3D-NAND-Speicher entwickelt, hat kürzlich die Produktion der ersten QLC SSD auf PCIe-Basis verkündet, und Toshiba Memory will 2019 die Massenproduktion des BiCS4-QLC-NAND starten. Als Partner von Apcacer, Intel, Swissbit, Toshiba, Transcend und Wilk steht Rutronik in engem Kontakt mit führenden Herstellern von Datenspeichern. So finden Entwickler und Einkäufer bei der Auswahl der geeigneten Speichertechnologie umfassende Unterstützung und Beratung durch das Rutronik Storage Team. ◄