Zudem ist der SATA-Anschluss noch mit bis zu zehn Jahre alten Rechnern kompatibel. Kurzum: Eine SATA-SSD kauft man, wenn der Rechner nur diese Schnittstelle unterstützt oder man die Option behalten möchte, die SSD später in älteren Rechnern weiter zu nutzen. Nicht zuletzt sind SATA-SSDs deutlich günstiger als die fortschrittlicheren NVMe-Laufwerke. Zu einem solchen greift, wer einen modernen Rechner mit NVMe-Unterstützung hat und die auch in Zukunft optimale Technik nutzen will.

### Bei SATA auf Preis/Leistung achten

Die langsame Schnittstelle deckelt die Unterschiede zwischen den SATA-SSDs – bei 550 MByte/s Transfertempo ist Schluss. Da man im Alltag zwischen den Laufwerken kaum Unterschiede bemerkt und der Preis wichtig ist, haben wir für unsere Tabelle unten die SATA-SSDs mit den besten Preis-Leistungs-Verhältnissen ausgesucht und danach sortiert. Obwohl die Preise ab 60 Euro starten, ist keine wirklich schlechte SSD dabei.

Außerhalb unserer Tabelle warnen wir vor Billigmodellen mit weniger als 512 GByte Kapazität – deren Speicherzellen bremsen. Doch selbst diese SSDs liegen nur in der Transferrate Schreiben deutlich unter dem SATA-Limit, das praktisch bei circa 550 MB/s liegt. Im Alltag ist die Leseleistung wichtiger.

Bei der Wahl des konkreten Modells lohnt es sich, auf eine fünfjährige Garantie zu achten. Bei diesen Modellen liest man in Online-Bewertungen kaum von Defekten – im Gegensatz zu Modellen mit zwei- bis dreijähriger Garantie. Die Kapazität und die verwendete Speichertechnik sind im Zusammenhang zu betrachten: MLC-Speicherzellen (S. 62) sind schnell und robust, während TLC- und vor allem QLC-Zellen langsamer sind und weniger Schreibvorgänge vertragen. Je größer eine SSD insgesamt ist, desto mehr Spielraum hat ihr Controller, um die TLC/QLC-Nachteile durch parallele Nutzung der Zellen, SLC-Caching und Wear-Levelling auszugleichen. Konkret empfehlen wir TLC/QLC-SSDs erst ab ca. 500 Gbyte aufwärts. Darunter sollte man eine SSD mit MLC-Speicher wählen, der unter anderem in den SSDs Samsung Pro oder Adata Ultimate steckt.

### NVMe-Laufwerke liefern Spitzenleistung

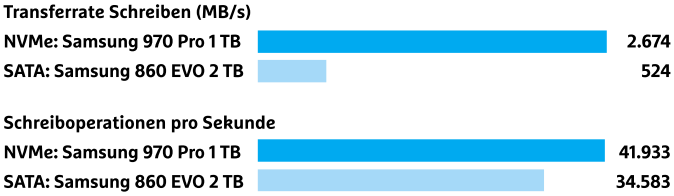
NVMe-SSDs zeigen schon durch ihren „M.2"-Formfaktor, dass sie mit alten Konventionen aus der Festplattenzeit brechen. Ohne sperriges Gehäuse sitzen Speicherchips und Controller direkt auf einer Platine, die kleiner ist als ein RAM-Riegel. Achtung: Nur SSDs mit M.2-„M-Key"-Anschluss beherrschen das →

## Formfaktoren: SATA vs. NVMe

**Gehäuse und Anschlüsse von SATA-SSDs 1 entsprechen einer 2,5-Zoll-Festplatte. NVMe-Laufwerke 2 brauchen einen M.2-Slot. Davon gibt es wegen der nötigen Bandbreite meist nur einen im PC**

## NVMe-Laufwerke mit entfesseltem Tempo

**Die breitbandige Anbindung der NVMe-SSDs ermöglicht ein Vielfaches an Transfertempo und Reaktionsschnelligkeit von SATA**




## SSD-Techniken im Vergleich

**Da das NVMe-Protokoll speziell für SSDs entwickelt wurde, setzt es im Vergleich zu SATA deren volles Potenzial frei**

| | SATA (AHCI) | NVMe |
|---|---|---|
| Nicht cachebare Register-Lesevorgänge (verursachen CPU-Last) | 4 pro Befehl | keine |
| Maximale Länge der Befehlsschlange | eine Schlange mit 32 Befehlen | 64.000 Schlangen mit jeweils 64.000 Befehlen |
| Datenübertragung | CPU > PCIe > SATA-Controller > SSD | CPU > PCIe > SSD |
| Transfergeschwindigkeit (theoretisches Maximum) | 600 MByte/s | 4.000 MByte/s |

## SSD > SATA / BESTES PREIS-LEISTUNGS-VERHÄLTNIS

CHIP Preistipp

**Die Samsung SSD 860 QVO** bietet starke Leistung und Riesenkapazität bei niedrigem Gigabyte-Preis

| | | Preis/Leistung | Preis | Gesamtwertung | Performance Lesen | Performance Schreiben | Kapazität (effektiv, GB) | Preis pro GB | Speicherzellen-typ | Garantie (Jahre) | Belastbarkeit (Total Bytes Written) | Transferrate Lesen (MB/s) | Transferrate Schreiben (MB/s) | Zugriffszeit Lesen (ms) | Zugriffszeit Lesen (ms) | Leseoperationen pro Sekunde | Schreiboperationen pro Sekunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Samsung 860 QVO 4TB (MZ-76Q4T0BW) | 1,0 | 510 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 3.726 | 0,13 | 3D-QLC | 3* | 1.440 TByte | 552 | 521 | 0,039 | 0,039 | 25.328 | 25.937 |
| 2 | Crucial MX500 1TB (CT1000MX500SSD1) | 1,2 | 130 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 932 | 0,13 | 3D-TLC | 5* | 360 TByte | 550 | 486 | 0,030 | 0,032 | 32.911 | 31.162 |
| 3 | Intenso Top III 512GB (3812450) | 1,5 | 60 | 1,5 | 1,2 | 3,2 | 477 | 0,12 | k.A. | 2 | k. A. | 526 | 393 | 0,033 | 0,220 | 30.267 | 4.549 |
| 4 | Crucial MX500 500GB (CT500MX500SSD1) | 1,6 | 70 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 466 | 0,14 | 3D-TLC | 5* | 180 TByte | 549 | 503 | 0,034 | 0,034 | 29.707 | 29.365 |
| 5 | SanDisk Ultra 2TB (SDSSDH3-2T00-G25) | 1,8 | 260 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1.863 | 0,13 | 3D-TLC | 5* | 500 TByte | 528 | 487 | 0,065 | 0,195 | 15.431 | 5.126 |
| 6 | Adata SU630 480GB (ASU630SS-480GQ) | 2,0 | 60 | 1,6 | 1,2 | 3,7 | 447 | 0,12 | 3D-QLC | 2 | 100 TByte | 552 | 371 | 0,085 | 0,178 | 11.698 | 5.614 |
| 7 | Samsung 860 EVO 2TB (MZ-76E2T0BW) | 2,1 | 320 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1.863 | 0,16 | 3D-TLC | 5* | 1.200 TByte | 550 | 524 | 0,032 | 0,029 | 30.813 | 34.583 |
| 8 | Transcend SSD230S 512GB (TS512GSSD230S) | 2,1 | 80 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 477 | 0,16 | 3D-TLC | 5* | 560 TByte | 553 | 491 | 0,035 | 0,035 | 28.812 | 28.487 |
| 9 | Samsung 860 EVO 500GB (MZ-76E500BW) | 3,0 | 85 | 1,4 | 1,2 | 2,2 | 466 | 0,17 | 3D-TLC | 5* | 300 TByte | 544 | 410 | 0,044 | 0,035 | 22.699 | 28.418 |
| 10 | Adata Ultimate SU900 512GB (ASU900SS-512GM-C) | 3,2 | 90 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 477 | 0,18 | 3D-MLC | 5 | 400 TByte | 528 | 490 | 0,041 | 0,031 | 24.156 | 31.955 |

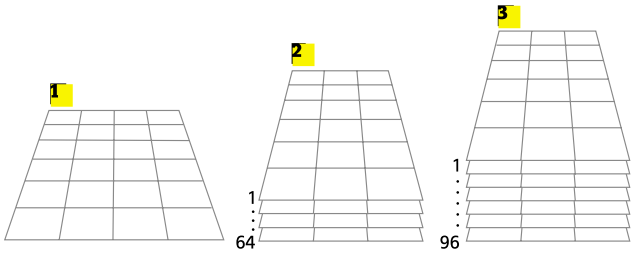
sehr gut (1–1,5) gut (1,6–2,5) befriedigend (2,6–3,5) ausreichend (3,6–4,5) mangelhaft (ab 4,6)

* oder bis Erreichen der TBW

Alle Wertungen nach dem Schulnotensystem ● ja ○ nein

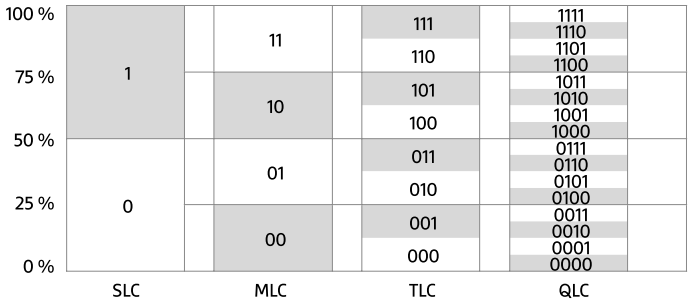
## 3D-NAND: Speicher wächst in die Höhe

**Bei frühen SSDs lagen die Speicherzellen auf einer Ebene (2D) 1. 3D-NAND-Speicher 2 stapelt mehrere Ebenen übereinander – in der neuesten Generation 3 bis zu 96 Lagen**



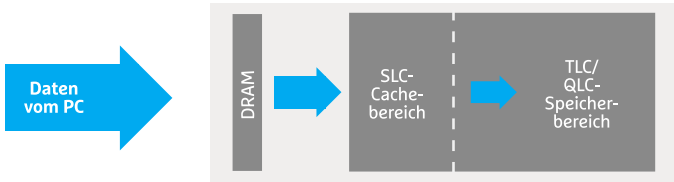

## MLC, TLC & QLC: Eine Zelle speichert vier Bit

**Eine SLC-Speicherzelle unterscheidet nur zwei Ladungszustände: Unter 50 % und darüber. Eine MLC-Zelle speichert zwei Bit, indem sie vier Ladezustände unterscheidet – neue QLC-Zellen sogar vier Bit**




## SLC-Cache: Turbo für lahme Speicher

**TLC- und QLC-Speicher ist langsam. Die Laufwerke nutzen deshalb einen Teil des Speichers als schnellen SLC-Cache, von dem aus im Leerlauf Daten in den großen TLC/QLC-Bereich wandern**




schnelle NVMe-Protokoll. Andere M.2-SSDs mit „B-Key" nutzen dasselbe AHCI wie SATA-SSDs – das ist nur sinnvoll, wenn der Rechner nichts anderes unterstützt. Richtige NVMe-SSDs setzen auf moderne Technik, sodass Sie mit keiner aus unseren Top 10 etwas falsch machen. Achtung: Um eine „Mogelpackung" handelt es sich bei der älteren, günstigen Intel-Baureihe 600p, die trotz NVMe oft sogar langsamer schreibt als SATA-SSDs.

## Neue Technik macht Tempo

Die günstigen und großen SSDs wurden durch technische Fortschritte möglich, welche die Speicherdichte in den Chips erhöht haben. Dazu gehören 96-Layer-3D-NAND, QLC-Speicherzellen und im Zusammenhang damit SLC-Caching.

### Hochgestapelter Speicher: 3D-NAND

SSDs setzen auf Flash-Technik. Eine Flash-Zelle speichert die Information als Spannungslevel eines Transistors. Anfangs waren die Chips so aufgebaut, dass alle Zellen auf einer Ebene liegen (2D). Die Speicherdichte ließ sich nur durch Verkleinerung der Zellen erhöhen, was begrenzt machbar ist. Verbesserte Fertigungsverfahren stapeln heute mehrere Ebenen übereinander (3D). Das ermöglicht größere Zellen, kürzere Leitungen und damit mehr Tempo sowie Lebensdauer. Das Maximum sind derzeit die 96 Lagen in der Samsung SSD 970 Evo Plus.

### Vier Bit auf einen Streich: QLC-Speicher

Anfangs speicherte jede Flash-Speicherzelle nur ein Bit (SLC-Speicher). Ein Spannungslevel zwischen 0 und 50 % bedeutete eine Null, ein Level zwischen 50 und 100 % eine Eins. Eine Multi Layer Cell (MLC) unterscheidet dagegen vier Spannungslevel und speichert so zwei Bit auf einmal. TLC-Speicher arbeitet mit acht Spannungsleveln, was drei Bit pro Zelle ermöglicht. Die neueste Errungenschaft sind Quad Layer Cells, die mit 16 Spannungsleveln vier Bit auf einmal speichern. Doch je mehr Level zu unterscheiden sind, desto langsamer werden vor allem Schreibvorgänge. Deswegen ist TLC- und noch mehr QLC-Speicher nur mit einer Hilfstechnik praktikabel, einem SLC-Cache.

### Trick für mehr Leistung: SLC-Cache

Der SSD-Controller kann alle Speicherzellen entweder als dichtgepackten TLC/QLC-Speicher oder als schnellen SLC-Speicher

## SSD > DIE SCHNELLSTEN NVME-LAUFWERKE

CHIP Testsieger

Kompromisslose Leistung und hohe Belastbarkeit zeichnen die **Samsung SSD 970 Pro** aus. Privatanwender dürften es aber kaum schaffen, ihr Potenzial wirklich auszureizen

| | | Gesamt | Preis | Preis/Leistung | Performance Lesen | Performance Schreiben | Kapazität nominell (GByte) | Preis pro GByte (Cent) | Speicherzellen-typ | Garantie (Jahre) | Belastbarkeit (Total Bytes Written) | Transferrate Lesen (MB/s) | Transferrate Schreiben (MB/s) | Leseoperationen pro Sekunde | Schreiboperationen pro Sekunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Samsung 970 PRO 1TB (MZ-V7P1T0BW)** | 1,0 | 330 | 3,4 | 1,0 | 1,0 | 1.000 | 33,0 | 3D-MLC | 5* | 1.200 TByte | 3.102 | 2.674 | 34.517 | 41.933 |
| 2 | XPG GAMMIX S11 Pro 1TB (AGAMMIXS11P-1TT-C) | 1,0 | 210 | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 1.000 | 21,0 | 3D-TLC | 5 | 640 TByte | 3.044 | 2.348 | 43.086 | 52.471 |
| 3 | Samsung 970 PRO 512GB (MZ-V7P512BW) | 1,0 | 160 | 3,4 | 1,0 | 1,2 | 512 | 31,3 | 3D-MLC | 5* | 600 TByte | 3.056 | 2.320 | 37.553 | 57.150 |
| 4 | Samsung 970 EVO Plus 1TB (MZ-V7S1T0BW) | 1,1 | 220 | 1,9 | 1,1 | 1,5 | 1.000 | 22,0 | 3D-TLC | 5* | 600 TByte | 3.009 | 1.997 | 37.605 | 50.415 |
| 5 | Samsung 970 EVO 1TB (MZ-V7E1T0BW) | 1,2 | 220 | 2,0 | 1,1 | 1,7 | 1.000 | 22,0 | 3D-TLC | 5* | 600 TByte | 3.030 | 1.691 | 37.183 | 47.386 |
| 6 | Samsung 960 Pro 1TB (MZ-V6P1T0BW) | 1,2 | 470 | 4,9 | 1,2 | 1,3 | 1.000 | 47,0 | 3D-MLC | 5* | 800 TByte | 2.735 | 2.183 | 38.707 | 52.107 |
| 7 | Adata Gammix S11 480GB (AGAMMIXS11-480GT-C) | 1,2 | 180 | 4,3 | 1,1 | 1,6 | 480 | 37,5 | 3D-TLC | 5 | 320 TByte | 2.823 | 1.694 | 41.144 | 48.515 |
| 8 | Samsung 960 Pro 2TB (MZ-V6P2T0) | 1,3 | 1100 | 5,3 | 1,2 | 1,4 | 2.000 | 55,0 | 3D-MLC | 5* | 1.200 TByte | 2.715 | 2.079 | 36.160 | 43.971 |
| 9 | Samsung 960 Pro 512GB (MZ-V6P512) | 1,3 | 230 | 4,9 | 1,3 | 1,4 | 512 | 44,9 | 3D-MLC | 5* | 400 TByte | 2.701 | 2.114 | 30.606 | 43.313 |
| 10 | Samsung 970 EVO Plus 500GB (MZ-V7S500BW) | 1,3 | 120 | 2,6 | 1,1 | 2,1 | 500 | 24,0 | 3D-TLC | 5* | 300 TByte | 2.901 | 1.178 | 34.731 | 45.591 |

sehr gut (1–1,5) gut (1,6–2,5) befriedigend (2,6–3,5) ausreichend (3,6–4,5) mangelhaft (ab 4,6)

* oder bis Erreichen der TBW

Alle Wertungen nach dem Schulnotensystem ● ja ○ nein

ansprechen. So benutzen moderne TLC/QLC-SSDs ihren freien Speicherplatz ganz oder teilweise als SLC-Cache.

Der Controller schreibt ankommende Daten zuerst in diesen schnellen SLC-Bereich. Später, wenn das Laufwerk Leerlauf hätte, kopiert oder verschiebt es die Daten in den TLC/QLC-Bereich. Datenmengen bis zu einigen Gigabyte, die die meisten Anwender im Alltag höchstens bewegen, können so praktisch immer mit extrem schnellem SLC-Tempo verarbeitet werden.

Muss der Controller Datenmengen schreiben, die die Größe des Cache sprengen – der je nach SSD und freiem Speicher unterschiedlich groß ist – dann schreibt er direkt in den TLC/QLC-Speicher. Das reduziert das Tempo drastisch: Bei der Samsung SSD 860 QVO 4 TByte sind es statt 521 nur noch 160 MByte/s. Der Cache der 4-TB-QVO umfasst je nach Füllstand des Laufwerks zwischen sechs und 78 GByte. Das kleinere 1-TB-QVO-Modell bietet nur sechs bis 42 GByte Cache und schreibt nach Cache-Überlauf wegen der wenigen Speicherchips nur mit 80 MByte/s.

## OS auf neue SSD umziehen

Wer auf eine NVMe-SSD umsteigt, will optimale Leistung. Deshalb sollten Sie dann Windows 10 neu auf der NVMe-SSD installieren. Da Sie dabei von Legacy/BIOS- auf UEFI-Boot umstellen müssen, bleibt Ihnen meist keine andere Wahl. Dagegen klappt der Umzug von einer SATA-Magnetplatte (oder -SSD) auf eine neue SATA-SSD gut und ohne Tempo-Einbußen.

### Neues und altes Laufwerk gleichzeitig nutzen

Für den Umzug müssen das bisherige Laufwerk und die neue SSD gleichzeitig angeschlossen sein. Im Desktop-PC bauen Sie die SSD in einem Laufwerksschacht ein und verbinden sie mit einem freien SATA-Daten- und Stromkabel. Im Notebook schließen Sie die SSD zunächst extern mit einem USB-3.0- zu SATA-Adapter oder einem entsprechenden HDD-Gehäuse an. Beide finden Sie ab rund zehn Euro in Online-Shops.

### Betriebssystem klonen und SSD einbauen

Einige SSD-Hersteller liefern Cloning-Tools mit – diese kopieren aber teils nur die Systempartition. Fehlt solch ein Tool oder es arbeitet nicht zu Ihrer Zufriedenheit, finden Sie auf unserer CHIP-DVD Alternativen. Das O&O SSD Migration Kit (Demo) bietet eine einfache deutsche Oberfläche. Falls Sie damit nicht zurechtkommen oder seit Installation der 30-tägige Testzeitraum verstrichen ist, verwenden Sie MiniTool Partition Wizard. Auch das leitet Sie komfortabel und per Assistent durch den Klonvorgang, allerdings auf Englisch. Für Spezialfälle (etwa ein Dualboot-System mit Linux- oder anderen Partitionen), erstellen Sie einen Live-USB-Stick mit Clonezilla. Sie finden es als Version für BIOS- und UEFI-Systeme auf der CHIP-DVD, zusammen mit dem Tool Rufus zum Erstellen des Clonezilla-USB-Sticks.

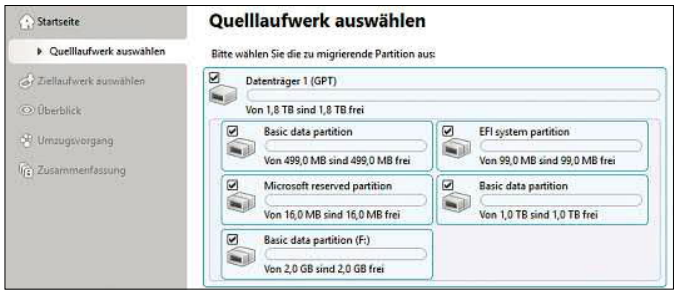
Auf dem Desktop-PC brauchen Sie nur noch die SSD im BIOS/UEFI als Bootlaufwerk einzustellen. Im Notebook lokalisieren Sie die Festplatte – notfalls hilft eine YouTube-Suche nach der Modellbezeichnung Ihres Rechners und „Hard Drive". Schrauben Sie die entsprechenden Abdeckungen ab, ziehen Sie die Festplatte von den Anschlüssen ab und bauen Sie die SSD in umgekehrter Reihenfolge ein. Hier brauchen Sie im BIOS nichts zu ändern, da Sie das Laufwerk ja physisch ausgetauscht haben. Die alte Festplatte können Sie mit dem USB-Adapter oder -Gehäuse weiter nutzen.

redaktion@chip.de

## SSD-Umstieg: So klappt's in Notebook & PC

**Der Hardware-Umbau ist meist trivial – schwieriger ist es, das Betriebssystem vom alten Laufwerk auf die neue SSD umzuziehen**

**Um das OS auf die neue SSD zu klonen, schließen Sie die SSD am Notebook mit einem USB>SATA-Adapter an. Im Desktop-PC klappt das intern an einem freien SATA-Port**




**Mit einem Cloning-Tool wie O&O SSD Migration Kit spiegeln Sie Ihr OS von der bestehenden Festplatte auf die neue SSD**

**Im Desktop-PC können Sie eine SATA-SSD mit zwei Schrauben am Rand eines 3,5- oder 5,25-Zoll-Laufwerkskäfigs festschrauben**

**Im Notebook bauen Sie die SATA-SSD anstelle des alten Laufwerks ein – es sitzt meist unter einer Klappe im Boden oder an der Seite**