

Grundwissen SSDs

FESTPLATTE WAR GESTERN

Kein Gaming-PC mehr ohne SSD, das ist inzwischen eine ungeschriebene Regel. Doch warum sind SSDs so schnell, und worauf müsst ihr beim Kauf achten? Von Dennis Ziesecke

Eine SSD ist mittlerweile fester Bestandteil eines jeden aktuellen Gaming-PCs geworden. Ihr Leistungsgewinn gegenüber Festplatten ist vergleichbar mit dem Umstieg von Diskette auf Festplatte in der PC-Antike – vor allem die Zugriffszeiten, aber auch die Datentransferraten sorgen für mehr Geschwindigkeit im Alltag. Aus den minimalen Systemanforderungen erster Spiele fliegen herkömmliche Magnetfestplatten bereits heraus, bei Cyberpunk 2077 beispielsweise mit dem Patch zum DLC Phantom Liberty. Zeit also, das Grundwissen zu SSDs vor dem Kauf des nächsten Massenspeichers ein wenig aufzufrischen. In diesem Artikel findet ihr Hintergrundwissen zu den Laufwerken und Kaufkriterien. Erster Spoiler: Es ist fast egal, ob ihr die SSD für einen Office- oder Gaming-PC kauft, gegenüber einer Festplatte ist ohnehin jede SSD rasant. Auf einen Preis- und Leistungsvergleich aktueller Modelle verzichten wir in diesem Text – der wäre wegen ständig schwankender Preise und Angebote wenig sinnvoll. Einen entsprechenden, ständig aktualisierten Artikel findet ihr bei www.gamestar.de/tech.

Festplatte oder SSD?

Festplatten bieten zwar beim gleichen Preis eine deutlich höhere Kapazität als SSDs, als primäres Laufwerk in einem Gaming-PC sind

sie mittlerweile aber nur noch als Hinweis auf Billigangebote aus dubiosen Online-shops zu gebrauchen. Als Datenhalde für

selten gebrauchte oder wenig geschwindigkeitsrelevante Daten eignen sich Festplatte aber trotzdem noch. Und auch für Back-ups



Festplatten eignen sich immer noch hervorragend als Datenträger, beispielsweise im NAS. Als primäres PC-Laufwerk sollte es aber dann doch besser eine flotte SSD sein.

SSD UND FESTPLATTE (HDD) IM VERGLEICH

	SSD	HDD
Lesegeschwindigkeit	bis zu 14.000 MByte/s	bis ca. 290 MByte/s
Zugriffszeit	0,1–0,2 ms	ab 3 ms
Preis für 2 TByte	ab 80 Euro	ab 45 Euro

Die teils fast schon fotorealistisch anmutende Techdemo Matrix Awakens nutzt SSD-Streaming und verlangt nach hohen Übertragungsraten.



lassen sie sich praktisch einsetzen. Vor allem der vergleichsweise niedrige Preis pro Gigabyte spricht dafür. Unser Tipp: Festplatten sind in einem NAS – also einem Netzwerkspeicher – gut aufgehoben. Im PC sind sie mittlerweile zu langsam, oft zu laut und können für Vibrationen sorgen.

Unterschied zwischen SSD und HDD

Klassische Magnetfestplatten bestehen aus mehreren festen und im Inneren des Laufwerks rotierenden Scheiben mit einer magnetischen Beschichtung. Eine Reihe von Schreib-Lese-Köpfen fährt diese Platten ab und liest die dort gespeicherten Daten aus. Ganz ähnlich wie eine CD oder (für die Veteranen) Schallplatte – auch dort fahren die Datensonden im Eiltempo unter einem Lesekopf entlang. Der Nachteil dabei: Daten sind selten so auf dem Laufwerk verteilt, dass die Köpfe alles schön hintereinander lesen können. Der Zugriff auf zufällig verteilte Daten dauert vergleichsweise lange, was sich auch auf das Reaktionsverhalten moderner Betriebssysteme und Spiele auswirken kann. Sprich: Der Rechner fühlt sich trotz zweistelliger Kernzahl und Highend-Grafikkarte eher langsam an.

SSDs hingegen speichern die Daten in Flash-Speicherzellen, ähnlich wie Speicherkarten in Kamera und Handy. Jedes gespeicherte Bit ist dabei quasi sofort verfügbar, während der Festplattenkopf noch per Motor an die richtige Stelle geschoben werden muss. Und wie schon erwähnt, Daten sind selten so angeordnet, dass alle benötigten Bits in einer Ecke herumstehen. Die Reakti-

onszeit ist so gering, dass es keinen großen Unterschied macht, welche SSD ihr einbaut, solange ihr eine SSD statt eine Festplatte nehmt. Auch eine sehr hohe erreichbare Lese- oder Schreibgeschwindigkeit sorgt nicht für ein noch besseres Ansprechverhalten des Computers, solche Laufwerke haben andere Vorteile – dazu später mehr.

Dazu kommt, dass eine SSD aufgrund ihrer Beschaffenheit nicht nur resistent gegenüber Erschütterungen ist – praktisch in Mobilgeräten –, sondern auch komplett lautlos agiert. Festplatten hingegen haben hörbare Motoren und übertragen mit Pech Vibrationen ans Gehäuse, was erfahrungsgemäß ein recht beachtlicher Klangkörper ist.

SATA oder M.2 oder beides?

Die ersten richtigen Consumer-SSDs kamen noch für die antike PATA-Schnittstelle mit ihren breiten Kabeln auf den Markt und waren mit 8 bis 32 Gigabyte aus heutiger Sicht lä-

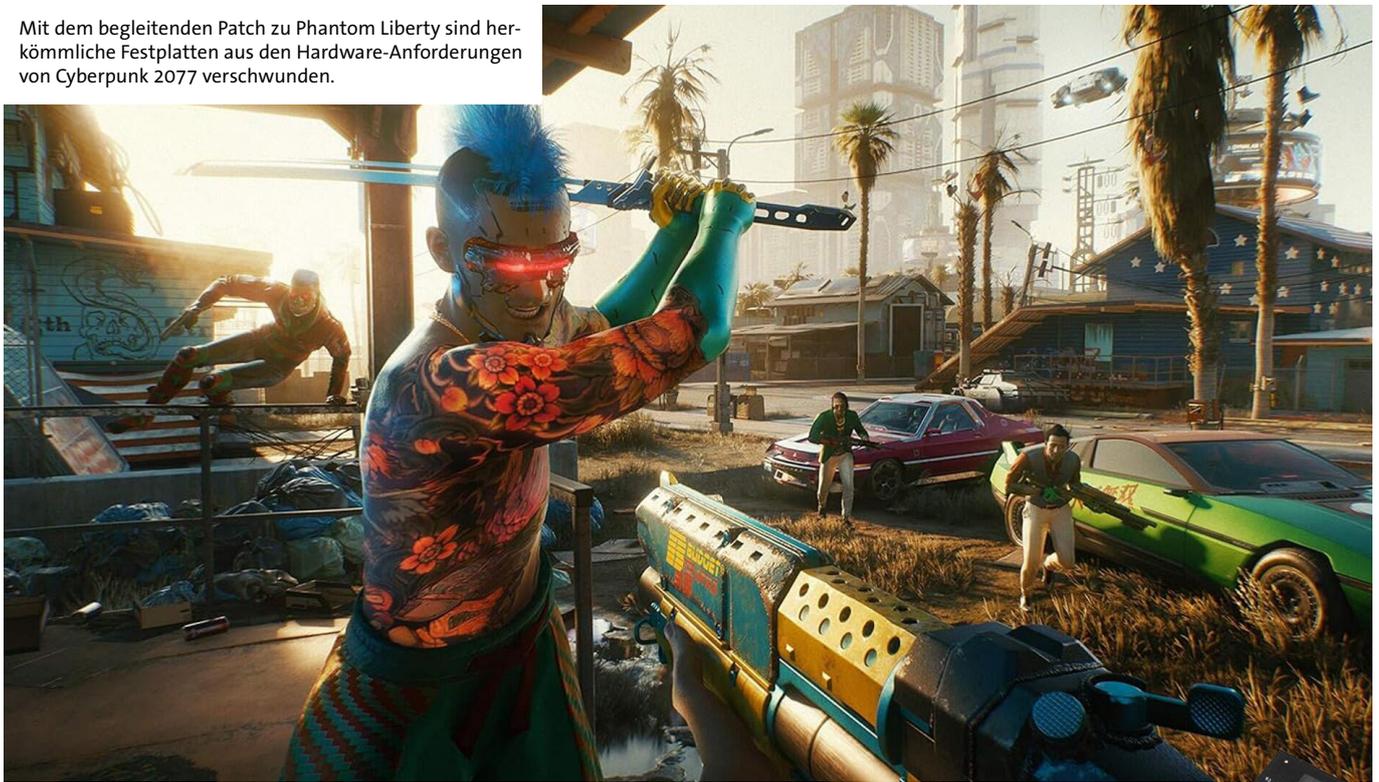
cherlich klein. Schnell setzte sich aber SATA durch, was in den Jahren zudem ein paar Geschwindigkeits-Boosts in Form von SATA I bis SATA III spendiert bekam. Mit aktuell etwa 550 Megabyte pro Sekunde ist SATA III aber wohl am Ende seiner Entwicklung im Endnutzer-PC angelangt. Verdrängt wird die seit 2003 eingesetzte SATA-Schnittstelle mehr und mehr von M.2-Slots, die direkt auf dem Mainboard sitzen. Das spart Kabelgewirr und Platz. Aber ein Garant für höhere Geschwindigkeiten, als SATA sie bietet, ist M.2 nicht automatisch.

Es ist aber kein Problem, SATA-SSDs auch heute noch einzusetzen. Sei es, weil das Mainboard nur einen oder zwei M.2-Slots bietet und mehr Laufwerke benötigt werden, oder um ein älteres System aufzurüsten. M.2 ist nur die Bauform für die an Arbeitsspeicher erinnernden SSD-Module. Darüber können auch SATA-Signale übertragen werden – je nachdem wie der M.2-Steckplatz

Der USB-Stick mit USB-A-Anschluss (links) arbeitet eher gemächlich, die per USB 3.1 Typ C angebundene externe SSD hingegen startet auch die Steam-Bibliothek wie ein internes Laufwerk.



Mit dem begleitenden Patch zu Phantom Liberty sind herkömmliche Festplatten aus den Hardware-Anforderungen von Cyberpunk 2077 verschwunden.



am Mainboard angebunden ist. Für M.2-SATA wird aber auch ein passendes Laufwerk benötigt, eben eines, das sich ebenfalls auf SATA versteht. Diese haben zudem zur Sicherheit eine andere Einkerbung an der Anschlussseite, so dass sie nicht versehentlich in M.2 mit NVMe-Protokoll gesteckt werden können. Achtet beim Kauf vermeintlicher Schnäppchen aber darauf.

Der aktuelle Laufwerksstandard: M.2 mit NVM

Deutlich weiter verbreitet sind M.2-SSDs mit direkter PCIe-Anbindung, basierend auf dem NVMe-Protokoll (Non-Volatile Memory Express). Diese können, ganz wie PCIe-Steckplätze für Grafikkarten oder andere Erweiterungen, direkt auf die PCI-Express-Lanes von CPU und Chipsatz zurückgreifen. Vorteil: eine latenzarme Hochgeschwindigkeitsverbindung, die die immer schneller werden den Flash-Bausteine und Controller auch

MEHR SLOTS, MEHR SPEICHER

Viele Mainboards bieten lediglich zwei, im Glücksfall vier Slots für SSDs im M.2-Format. Wer mehr braucht, kann einen PCIe x1-Slot opfern und mit einem Adapter (hier zum Beispiel vom Hersteller Mzouh) füttern. Das Teil kostet nur rund 10 Euro und erweitert so auch ältere Boards um einen M.2-Slot. Allerdings ist PCIe x1 oft nicht schnell genug, damit moderne SSDs ihre volle Leistung ausspielen können. Überprüft also vorher, ob die Komponenten zusammenpassen und sich nicht gegenseitig behindern.



ausreizen kann. Achtet beim Kauf einer NVMe-SSD darauf, dass diese Laufwerke sowohl mit PCIe Gen3, Gen4 oder in absehbarer Zeit auch Gen5 angebunden sein können. Auch die Menge der nutzbaren PCIe-Verbindungen (Lanes) kann zwischen zwei und vier variieren. Das bedeutet entsprechend unterschiedliche Maximalge-

schwindigkeiten. Mit jeder PCIe-Generation hat sich die Übertragungsgeschwindigkeit pro Lane verdoppelt. PCIe Gen4 SSDs mit einer Anbindung von vier Lanes erreichen daher über 7 Gigabyte pro Sekunde an Übertragungsgeschwindigkeit (zumindest im Idealfall), Gen5 verdoppelt das theoretische Maximum. Auch hier gilt aber, dass ihr zumindest momentan nur wenig von der Mehrleistung profitiert. Mit Direct Storage existiert aber bereits eine Funktion in Windows 11, die in Zukunft auch Spiele von sehr hohen Transferraten profitieren lassen kann. Indem damit sozusagen eine Abkürzung der Daten zum Grafikspeicher geschaffen wird, kann sich die Leistung der SSD deutlich stärker auf die Optik und Ladezeit im Spiel auswirken als momentan. Vor allem Open-World-Games dürften davon profitieren, weshalb sich auch jetzt schon der Kauf einer schnellen Gen4-SSD lohnen kann.

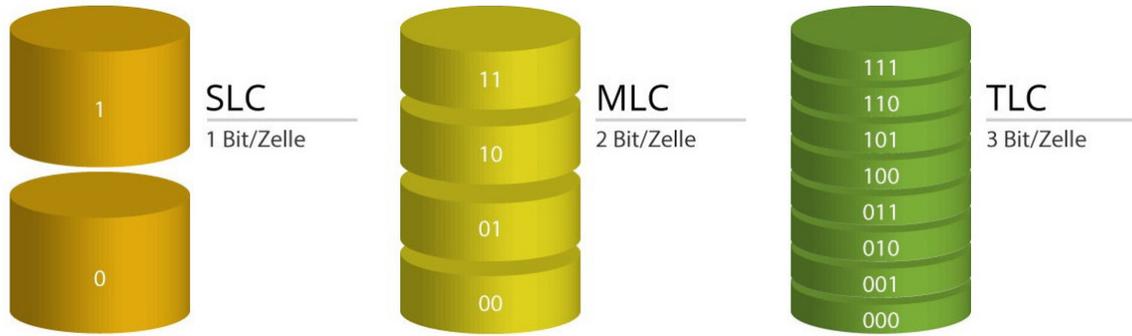


USB-Sticks, Speicherkarten und SSDs nutzen die gleichen NAND-Zellen zum Speichern. Die Chips in USB-Sticks sind aber oft nur Resteverwertung und deshalb minderwertig, während in Highend-SSDs hochwertige und auch langlebigere Speicherzellen verbaut werden.

Externe SSD-Laufwerke

Eure Spielesammlung könnt ihr auch auf einem externen Laufwerk transportieren und sogar (meistens) vollwertig nutzen. USB 3.x und USB 4 bieten genug Transfargeschwin-

Während SLC-Speicher nur ein Bit pro Zelle speichert, sind es bei QLC schon vier Bit. Gut für die Datendichte, schlecht für Haltbarkeit und Geschwindigkeit.
(Bild: Transcend)



Rot eingekreist seht ihr den SSD-Heatsink eines Mainboards – der Kühlkörper hält die M.2-SSD auf Temperatur und sorgt für stabilere Datenraten.



digkeit und ausreichend geringe Latenzen, um Spiele von einem ausreichend flotten USB-Stick oder einer externen SSD starten zu können. Das funktioniert nicht nur am PC, sondern (eingeschränkt) auch an Konsolen wie der PlayStation 5. Für Next-Gen-Lade-Features sind externe Laufwerke aber nicht geeignet, dafür braucht ihr eine schnelle PCIe Gen4 M.2 SSD in der Konsole.

Neben den klassischen USB-Sticks sind vor allem externe SSDs sowie Selbstbaulösungen mit USB-Gehäusen und eventuell eh noch herumliegenden M.2-SSDs interessant für Gamer. In diesen Laufwerken steckt die gleiche SSD-Technik wie im internen Laufwerk. Im Falle der DIY-Lösung ist das sogar auf den ersten Blick nachvollziehbar. Die Chips im Gehäuse, die letzten Endes die Kommunikation mit dem PC übernehmen, geben allerdings vor, wie schnell die Daten im Rechner ankommen. Schnelle externe SSDs übertragen über ein Gigabyte pro Sekunde an Daten – das reicht für die meisten aktuellen Games locker aus.

Wie lange halten SSDs?

SSD-Hersteller geben zusätzlich zur Garantie auf ihre Produkte meist eine Haltbarkeitsan-

gabe als TBW (Total Bytes Written) an, eine garantierte Schreibleistung, die als Mindesthaltbarkeit verstanden wird. Je höher die Kapazität der SSD, desto größer auch ihre Haltbarkeit, da anfallende Schreibvorgänge auf mehr Chips und Zellen verteilt werden können. Generell sollten SSDs in Spieler-PCs sehr lange halten. Werden pro Tag 20 GByte an Daten auf die SSD geschrieben (was bereits sehr viele Daten wären), könnte schon ein Modell mit relativ niedriger TBW von 100 TByte mindestens 5.000 Tage beziehungsweise knapp 14 Jahre seine Arbeit verrichten. Es geht dabei tatsächlich ausschließlich um Schreibvorgänge, da sich die Speicherzellen beim Schreiben abnutzen. Lesevorgänge sind unproblematisch. Je mehr Bits pro Zelle geschrieben werden können, desto niedriger ist die Haltbarkeit.

SSD-Hitzeprobleme: Kühlung kann sinnvoll sein

Die immer schneller arbeitenden SSD-Controllerchips erhitzen sich mit steigender Leistung immer mehr – die Datenschaufelei ist offenbar purer Stress für die Hardware. Solange nur geringe Datenmengen übertragen werden oder die Umgebung gut gekühlt

ist, stellt das selten ein Problem dar. In engen Gehäusen, bei M.2-Steckplätzen in direkter Nähe zu energiehungrigen Komponenten wie CPU oder GPU oder auch im Notebook kann es allerdings zu Wärmeproblemen kommen. Keine Sorge, die SSD nimmt dabei keinen Schaden oder lässt den PC abstürzen. Aber die maximal erreichbaren Transferraten sinken ab – nicht das, was man gerne sieht, wenn man extratief für eine besonders schnelle SSD in die Tasche gegriffen hat. Abhilfe schaffen Kühlkörper, Heatspreader, die einfach mit Wärmeleitpads auf dem Laufwerk befestigt werden.

Viele neue Mainboards bringen eine hitzeableitende Abdeckung für M.2-SSDs gleich mit und verteilen damit die Abwärme auf einer größeren Fläche. Mitunter müsst ihr euch den Heatspreader aber selbst kaufen. Dank genormter Bauformen gibt es dabei nur wenig Probleme. Achtet aber bei sehr voluminösen Kühlern darauf, dass sie auch in der Höhe nicht mit anderen Komponenten kollidieren. Im Notebook verbieten sich sehr große Heatspreader generell, schließlich wollt ihr das Gehäuse ja auch irgendwann wieder schließen können. Gleiches gilt für die PlayStation 5.

Was bedeutet SLC, MLC, TLC und QLC?

Die unterschiedlichen Speichertypen geben an, wie viele Bits pro Zelle gespeichert werden. So schreibt beispielsweise SLC (Single Level Cell) ein Bit pro Zelle und QLC (Quad Level Cell) gleich vier Bit pro Zelle. Je mehr geschrieben werden können, desto höher die Kapazität. Das bringt allerdings auch Nachteile mit sich: Das Lesen und Schreiben wird komplizierter, die Leistung nimmt ab. Deshalb haben viele SSDs mit TLC- oder gar QLC-Speicher einen schnellen SLC-Cache, der abhängig vom Modell meist mehrere Gigabyte groß ist. Erst wenn dieser voll ist, wird der TLC- beziehungsweise QLC-Speicher direkt genutzt. Zusätzlich kommt oft ein Cache aus schnellem DRAM zum Einsatz, bei neueren NVMe-Modellen wird stattdessen auch der Arbeitsspeicher des PCs genutzt.

Reine SLC-SSDs werdet ihr heute nicht mehr finden, jedenfalls nicht zu vertretbaren Preisen. Gängig ist TLC-Speicher mit drei Bit pro Zelle und QLC mit vier Bit. Während sich TLC-Speicher auch in Highend-SSDs noch sehr gut schlägt, eignen sich die preiswerten QLC-Zellen eher für günstige Datengräber. Grund ist die bei QLC sehr niedrige Schreibgeschwindigkeit von teils unter 100 Megabyte pro Sekunde. Um im Alltag sinnvoll nutzbar zu sein, kommt ein künstlich als schneller SLC-Speicher angesprochener Cache zum Einsatz. Ist dieser gefüllt, meist nach einer kleinen zweistelligen Gigabytezahl, geht die Schreibgeschwindigkeit stark nach unten. Als System- und Spielelaufwerk würden wir daher zu einer SSD mit TLC-Speicher raten. Niemand mag unvorhergesehene Stotterer im Spiel, weil der SSD-Hersteller beim Speicher geizt hat.

Was ist 3D-NAND?

SSDs basieren auf NAND-Flash-Speicher, der über die Jahre in immer kleineren Herstel-

M.2-SSDs werden im entsprechenden Slot auf dem Mainboard (egal ob PC oder PS5) mit einer Schraube fixiert. Kabel für den Datentransfer oder die Stromversorgung entfallen.



lungsverfahren produziert wurde, darunter litt die Haltbarkeit. Um diesem Trend entgegenzuwirken, stapeln die Hersteller den Speicher in einzelnen Schichten aufeinander. Das ist platzsparend (wichtig für ohnehin oft schon vollgestopfte Gehäuse), gewährt hohe Kapazitäten und steigert durch größere Abstände voneinander die Haltbarkeit. Außerdem soll das Verfahren die Kosten minimieren, sodass Hersteller als auch Verbraucher von günstigeren NAND-Flash-Speicher profitieren. Bei steigenden Speichermengen und dem anhaltenden Trend zur Miniaturisierung der Laufwerke bleibt

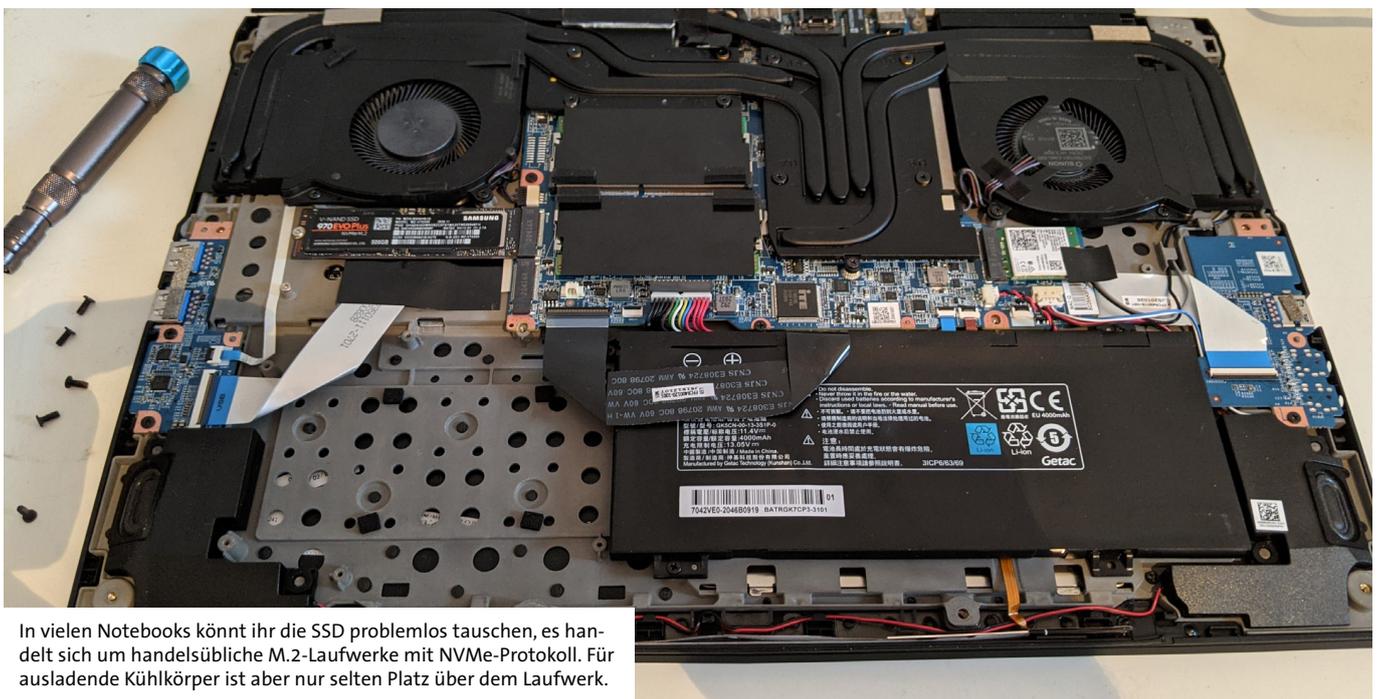
den Herstellern zudem kaum etwas anderes übrig, als in die Höhe zu stapeln.

PCI Express 4.0, NVMe und mehr

Was bringt PCI Express 4.0? Seit dem Sommer 2019 gibt es Hardware mit PCI Express 4.0, was gegenüber PCIe Gen3 die maximalen Datenraten verdoppelt. Inzwischen sind die meisten Mainstream-SSDs Gen4-tauglich und profitieren auch von den höheren Geschwindigkeiten. Es spricht aber wenig gegen den Kauf einer günstigen, aber sonst gut ausgestatteten SSD mit PCIe Gen3, achtet aber auf TLC-Speicher. Mittlerweile ist

SCHNITTSTELLEN IM VERGLEICH

M.2-Schnittstelle	Datenrate (bei NVMe x4-Anbindung)
SATA	max. 560 MByte/s
PCIe Gen3	max. 4.000 MByte/s
PCIe Gen4	max. 8.000 MByte/s
PCIe Gen5	max. 16.000 MByte/s



In vielen Notebooks könnt ihr die SSD problemlos tauschen, es handelt sich um handelsübliche M.2-Laufwerke mit NVMe-Protokoll. Für ausladende Kühlkörper ist aber nur selten Platz über dem Laufwerk.

Das Steam Deck nutzt einen ungewöhnlich kurzen SSD-Steckplatz, die entsprechenden 2230-Laufwerke (die 30 steht für die Länge) sind noch eher schwer zu finden.



M.2-SSDs sind auch mit PCIe-Adapterkarte erhältlich. Das ist praktisch, wenn auf dem Mainboard kein Slot vorhanden beziehungsweise mehr frei ist (siehe Kasten).



auch PCIe Gen5 etabliert, entsprechende SSDs kosten allerdings noch ziemlich viel. Die Leistung verdoppelt sich theoretisch erneut. Allerdings macht inzwischen die Wärmeentwicklung mehr und mehr Probleme.

Die PCIe- beziehungsweise SATA-Anbindung gibt die maximalen Datenraten einer SSD preis – Laufwerke können zwar langsamer, aber nicht schneller als diese Maximalwerte arbeiten. Eine gute Kühlung ist bei Gen5-SSDs daher Pflicht, dann sind aber

auch Datenraten über 14.000 MByte/s. machbar. Nur: Im Alltag merkt ihr von diesen Spitzenleistungen eher selten etwas, der Aufpreis lohnt noch nicht wirklich. Eventuell ändert sich daran etwas mit stärkerer Verbreitung von schnellen Laufwerken und Software-Tricks wie Direct Storage. Für diese Hoffnung aber bereits jetzt einen spürbaren Aufpreis zu zahlen, lohnt sich unserer Meinung nach definitiv nicht.

AHCI und NVMe

Das AHCI-Protokoll (Advanced Host Controller Interface) ist ein offener Schnittstellenstandard, der für magnetische Festplatten entworfen und bereits 2004 veröffentlicht wurde. Das NVMe-Protokoll (Non-Volatile Memory Express) ist im Unterschied zu AHCI speziell für (Flash-Speicher-)Datenträger mit

PCIe-Verbindung entworfen und auf parallele Zugriffe optimiert. Es nutzt zudem Mehrkernprozessoren besser aus und ist in Sachen Latenzen, Befehlsraten und Effizienz dem nun doch schon in die Jahre gekommenen AHCI-Protokoll deutlich überlegen.

SSD vom Steam Deck upgraden

Was viele Besitzer nicht wissen: das Steam Deck hat ebenfalls einen M.2-Slot. Valves Gaming-Handheld mit PC-Innenleben wird in der günstigsten Version ganz ohne M.2-SSD ausgeliefert, stattdessen kommt verlöteter eMMC-Speicher zum Einsatz. Ein M.2-Steckplatz ist aber in jeder Version des Steam Decks vorhanden, sodass ihr theoretisch nachrüsten könnt. Theoretisch, da Valve einerseits davon abrät und andererseits nicht der vom PC bekannte lange M.2-Slot (2280 für 80 mm lange SSDs) zum Einsatz kommt. Aus Platzgründen setzt Valve auf den 2230-Slot für nur 30 mm kurze SSDs. Die sind noch eher selten im Handel zu finden, weshalb sie etwas teurer angeboten werden. Aber ungeachtet des Preises könnt ihr damit euer Steam Deck mit einer 1,0-TByte-SSD upgraden.

Welche SSD für die PlayStation 5?

Noch ein kleiner Exkurs in die Konsolenwelt: Sony erlaubt den Einbau handelsüblicher M.2-SSDs in der PlayStation 5. Dafür muss nur die Gehäusewand entfernt und eine Wartungsklappe aufgeschraubt werden. Die SSD wird in der Konsole genauso eingebaut wie in einen PC – in den Slot stecken, mit einer Schraube fixieren, fertig. Allerdings garantiert Sony den reibungslosen Betrieb aller, auch kommender Spiele nur mit ausreichend schnellen Laufwerken, die mindestens 5.000 MByte pro Sekunde lesend übertragen können. Langsamere Laufwerke funktionieren trotzdem, es lassen sich auch alle PS5-Games darauf installieren. Es ist nur eben noch nicht sicher, ob nicht irgendwann ein Spiel erscheint, das die höhere Leistung tatsächlich benötigt. PCIe 4.0 ist allerdings Pflicht, denn da PCIe 3.0 SSDs nur maximal 3.600 MByte pro Sekunde lesen können, fallen diese günstigeren Modelle schon einmal raus. Ihr könnt sie trotzdem verbauen, dann lassen sich aber keine PS5-Games darauf installieren.

Sony rät zudem zum Einsatz eines Heatspreaders, um das Laufwerk kühl und damit konstant schnell zu halten. Sollte euer Wunschlaufwerk – die WD Black 850 beispielsweise ist hier ein prominenter Vertreter – mit Hersteller-Heatspreader unverhältnismäßig teuer sein als ohne das Wärmeblech, könnt ihr einfach für wenig Geld einen Heatspreader separat kaufen und montieren. Bei Amazon gibt es zu allen M.2-Laufwerken kompatible Modelle schon ab elf Euro (üblicherweise reicht es, die Oberseite mit dem hitzköpfigen Controllerchip zu kühlen).

Wir hoffen, ihr seid jetzt in Sachen SSD etwas schlauer, und wir konnten euch vor Fehlkäufen bewahren. Aktuelle Angebote und noch mehr Informationen gibt es wie erwähnt unter www.gamestar.de/tech. ★



EXTERNE SSD IM EIGENBAU

Wer eine externe SSD kauft, bekommt die normalerweise in einem Gehäuse, logisch. Falls ihr jedoch ein übriges SSD-Modul herumliegen habt, könnt ihr das mit einem zusätzlichen Gehäuse (zum Beispiel das im Bild von Beikell) mit wenig Aufwand zu einer externen SSD umbauen. Aber Achtung: Der verwendete USB-C-Anschluss ist hier ein Flaschenhals, der unter Umständen die volle Leistung des verwendeten Speichers bremst.