SSDs • Grafikkarten • Mainboards • Festplatten • Prozessoren

c't Hardware Aufrüsten

SSD-Ratgeber

28 aktuelle Modelle auf dem Prüfstand
Stress-Test: So lange halten SSDs wirklich

Grafikkarten-Kaufberatung

Machen Sie Ihren PC fit für die neuesten Spiele

Alleskönner USB-C

So reizen Sie den neuen Standard aus

High-End-Prozessoren

4- bis 18-Kerner von AMD und Intel
22 passende Mainboards im Test

Schnelle Hardware

Im Test: Festplatten • USB-Sticks • Gaming-PCs • Günstige Notebooks mit SSD

Für einen erweiterten Horizont:

c't Fotografie Spezial: Meisterklasse Bildbearbeitung

So gelingt die Bildbearbeitung spielend: Retusche, Bildkorrekturen, richtig Schärfen, Farben steuern und manipulieren, Tonwerte optimieren und zahlreiche Video-Trainings.

shop.heise.de/meisterklasse5

12,90 € ›

Make Sonderheft – Richtig Loslegen

Alles was ein angehender Maker braucht: Werkzeug-Grundausstattung, Schaltpläne, Microcontroller-Know how, Löten für Einsteiger, richtig 3D-drucken u.v.m.

shop.heise.de/make-loslegen

9,90 € ›

c't Kreativ arbeiten mit Windows und macOS

Layout, Audio, Foto, Video, 3D – die geballte Ladung Tipps & Tricks für alle Kreativen mit Windows und macOS.

Gratis zum Download: die 2015er Vollversion von QuarkXPress!

shop.heise.de/kreativ-arbeiten

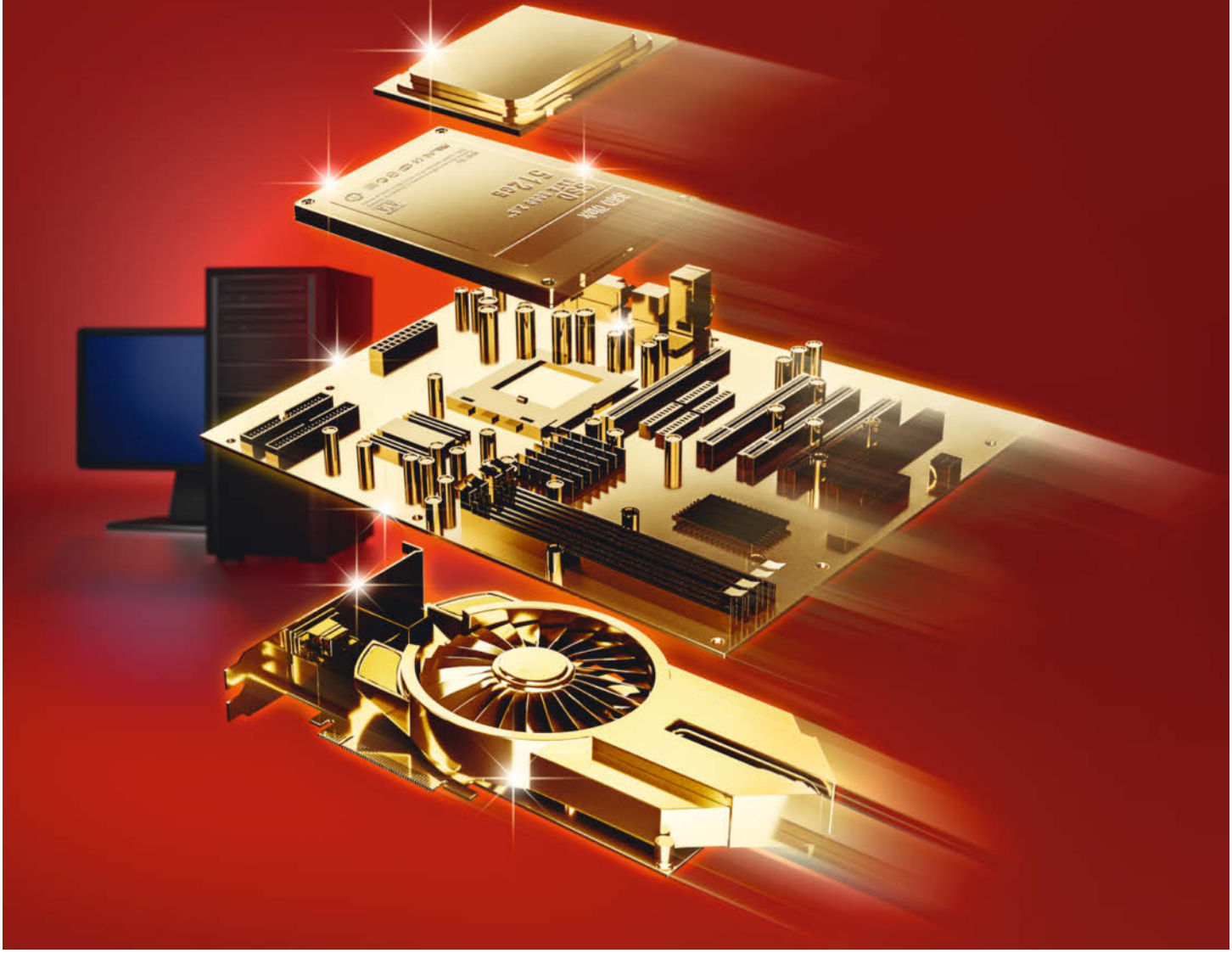
9,90 € ›

Weitere Sonderhefte zu vielen spannenden Themen finden Sie hier: **shop.heise.de/specials2017**

heise shop

shop.heise.de ›

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 15 €



Liebe Leserin, lieber Leser,

nach einigen Jahren mit mäßigem Fortschritt bei PC-Prozessoren hat AMD mit dem Ryzen wieder Schwung ins Spiel gebracht: Jetzt gibt es schnelle Sechskern-Prozessoren für unter 200 Euro von AMD und Intel. In Kombination mit einer flotten SSD und einer kräftigen Grafikkarte wird daraus ein attraktiver PC für viele Einsatzzwecke von der Büroarbeit bis zum schnellen Action-Spiel. Wir stellen auch den Ryzen Threadripper vor, dessen 16 Kerne selbst extrem anspruchsvolle Software auf Trab bringen.

Unser c't Hardware aufrüsten enthält zudem Tests der zu den erwähnten Prozessoren passenden Mainboards. Die Grafikkarten-Kaufberatung erleichtert die Auswahl eines 3D-Beschleunigers, der optimal zu Ihren Ansprüchen passt. SSD-Testberichte helfen Ihnen dabei, den richtigen Massenspeicher zu finden. Weshalb Sie sich über die Lebensdauer einer neuen SSD kaum Gedanken machen müssen, verraten unsere Experimente: Wir haben einige Exemplare „totgeschrieben", mit interessanten Ergebnissen. Spoiler: Ein Backup ist trotzdem empfehlenswert!

Falls Ihnen eine SSD zu wenig Platz bietet, stellt unser Festplatten-„Rundumschlag" die meisten aktuellen Baureihen vor. Die Kombination aus SSD für Betriebssystem und Software sowie einer großen Festplatte für Datenmassen wie die Foto- und Videosammlung ist weit verbreitet. Außerdem erfahren Sie, was es mit USB Typ C – auch USB-C genannt – auf sich hat.

Christof Windeck

SSD-Ratgeber

Wer seine klassische Festplatte gegen eine moderne SSD tauscht, profitiert von einem deutlichen Geschwindigkeitsschub. Wir zeigen, welche Modelle empfehlenswert sind und wie sich SSDs im Langzeittest schlagen.

6 Sieben SATA-SSDs im Test
10 SATA-SSDs für wenig Geld
16 SSDs im Langzeittest
20 Tipps für ein langes SSD-Leben
24 Billig-SSDs im Langzeittest
28 Sieben SSDs mit PCIe-Schnittstelle
34 PCI-Express-SSDs optimal einbinden
38 Wo PCIe-SSDs in der Praxis schneller sind

High-End-Prozessoren

AMD hat vorgelegt, jetzt zieht Intel nach. Wir haben das aktuelle Prozessoren-Line-up beider Hersteller sowie passende Mainboards getestet und zeigen, welche Modelle besonders empfehlenswert sind.

64 Achtkern-Prozessor Ryzen 7 1800X im Test
68 Ryzen Threadripper 1950X und 1920X
76 Intels Core-i-8000-Prozessoren
80 Core-X-Prozessoren mit vier und zehn Kernen
90 AM4-Mainboards mit B350- und X370-Chipsatz für AMD Ryzen
96 LGA2066-Mainboards für Core X
102 X399-Mainboards für AMD Ryzen Threadripper
108 Mainboards mit Z370-Chipsatz für Intels i-8000-Prozessoren

Schnelle Hardware im Test

Festplatten sind zwar langsamer als SSDs, aber für große Datenmassen billiger. Wir stellen auch attraktive Notebooks und Gaming-PCs vor sowie große USB-Sticks.

50 USB-Sticks mit hohen Kapazitäten
44 SATA-Festplatten mit 2 bis 10 TByte im Test
138 Spiele-PCs mit AMDs Achtkern-CPU Ryzen 7
142 Vier kompakte Gaming-PCs im Vergleich
148 Günstige Notebooks mit Core i5 und SSD

Grafikkarten-Kaufberatung

Vom Büro-Rechner bis zum Gaming-Boliden: Unsere Grafikkarten-Kaufberatung listet das passende Modell für jeden Einsatzzweck und Geldbeutel.

56 Grafikkarten fürs Büro, Gaming und Geld schürfen

Alleskönner USB-C

Eine für alles: Wir erklären, was die neue Schnittstelle USB Typ C für Möglichkeiten bietet – und wo beim Einsatz in der Praxis derzeit noch Fallstricke lauern.

114 Das bringt USB Typ C
118 Monitore und Adapter für USB-C
132 Technische Hintergründe zu USB Typ C

Inhalt

SSD und schneller Speicher

6 Sieben SATA-SSDs im Test
10 SATA-SSDs für wenig Geld
16 SSDs im Langzeittest
20 Tipps für ein langes SSD-Leben
24 Billig-SSDs im Langzeittest
28 Sieben SSDs mit PCIe-Schnittstelle
34 PCI-Express-SSDs optimal einbinden
38 Wo PCIe-SSDs in der Praxis schneller sind
42 Intels Optane Memory als Systembeschleuniger
44 SATA-Festplatten mit 2 bis 10 TByte im Test
50 USB-Sticks mit hohen Kapazitäten
54 Die Technik hinter USB-Sticks

Grafikkarten

56 Grafikkarten-Kaufberatung

Prozessoren

64 Achtkern-Prozessor Ryzen 7 1800X im Test
68 Ryzen Threadripper 1950X und 1920X
72 Intel Core i7-7700K und Z270-Mainboards
76 Intels Core-i-8000-Prozessoren
80 Core-X-Prozessoren mit vier und zehn Kernen
84 LGA1151-Mainboards für Kaby-Lake und Skylake
90 AM4-Mainboards mit B350- und X370-Chipsatz für AMD Ryzen
96 LGA2066-Mainboards für Core X
102 X399-Mainboards für AMD Ryzen Threadripper
108 Mainboards mit Z370-Chipsatz für Intels i-8000-Prozessoren

USB Typ C

114 Das bringt USB Typ C
118 Monitore und Adapter für USB-C
122 Acht flotte USB-SSDs auf dem Prüfstand
128 USB-C-Adapter im Test
132 Technische Hintergründe zu USB Typ C

PC und Notebook

138 Spiele-PCs mit AMDs Achtkern-CPU Ryzen 7
142 Vier kompakte Gaming-PCs im Vergleich
148 Günstige Notebooks mit Core i5 und SSD

Zum Heft

3 Editorial
154 Impressum

Lutz Labs

Sieben SATA-SSDs im Test

In der Praxis bringen PCIe-SSDs einen Desktop-Rechner kaum mehr in Schwung als die bewährten SATA-SSDs. Grund genug, eine Reihe aktueller SATA-SSDs auf den Prüfstand zu bitten.

SATA-SSDs bleiben weiterhin die beste Option, einem lahmen PC Beine zu machen. Zwar sind sequenzielle Übertragungsraten von einigen GByte/s und extrem hohe IOPS-Werte von schnelleren PCIe-SSDs in der Theorie toll, in der Praxis bringen sie aber nur wenig: Der höhere Preis von PCIe-SSDs lohnt nur in speziellen Anwendungsfällen.

Daher haben wir einige aktuelle SATA-SSDs auf den Prüfstand gebeten. Dabei sind Adata Ultimate SU900, Corsair Force LE200, Crucial BX300, Kingston A400 SSD, Mushkin Reactor Armor 3D und die quasi baugleichen WD-Modelle WD Blue 3D und SanDisk Ultra 3D. Da die Anforderungen an den Speicherplatz immer weiter zunehmen, haben wir uns auf Modelle mit rund 500 GByte Speicherkapazität beschränkt. Eine Ausnahme stellt die SanDisk Ultra 3D dar; hier stellte uns SanDisk das Terabyte-Modell zur Verfügung. Gerne hätten wir auch die neuen Versionen von Samsungs beliebter 850er Serie mitgetestet, aber noch sind diese mit dem aktuellen 64-Lagen-Speicher ausgestatteten SSDs nicht erhältlich.

Flash-Speicher ist zwar beim Lesen schnell, aber beim Schreiben vergleichsweise langsam. Das gilt vor allem für den aktuell häufig eingesetzten TLC-Speicher. Der Controller muss hier nicht mehr nur vier unterschiedliche Ladungslevel programmieren und auslesen wie bei MLC-Flash (zwei Bit pro Zelle), sondern acht (drei Bit pro Zelle) – und das dauert länger. Daher sind SSDs mit TLC-Speicher nach unseren Erfahrungen meistens langsamer als solche mit MLC-Speicher; noch langsamer dürften die derzeit kurz vor der Marktreife stehenden Zellen mit vier Bit

Speicherkapazität (QLC, Quadruple Level Cell) werden.

Um die Schreibgeschwindigkeit dennoch auf ein hohes Niveau zu heben, setzen die SSD-Hersteller verschiedene Verfahren ein. Für kleine Datenmengen reicht ein DRAM-Cache – meistens ein MByte pro GByte SSD-Speicher. Der Cache nimmt kleine Dateien quasi ohne Verzögerung entgegen, der Controller schreibt sie bei nächster Gelegenheit in die Flash-Zellen. Ein weiterer Trick ist die Umschaltung von MLC- oder TLC-Zellen in einen Pseudo-SLC-Modus – hier muss der Controller lediglich zwei Zustände beachten, das geht deutlich schneller.

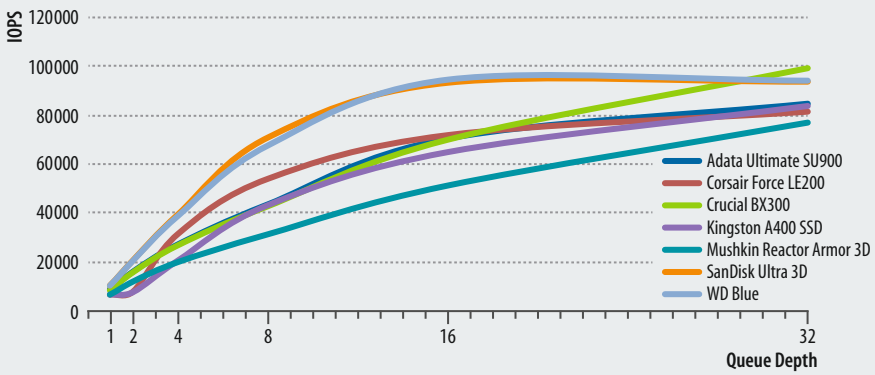
Einige Hersteller schalten prinzipiell einen Teil des Speichers in den Pseudo-SLC-Modus, andere nutzen einen variablen Teil des freien SSD-Speichers. Mindestens acht GByte ist der Pseudo-SLC-Cache bei unseren Testmustern groß, Adata nutzt gar die Hälfte des ungenutzten Speichers. Erst wenn dieser Cache voll ist, muss der Controller die langsameren MLC- oder TLC-Zellen direkt befüllen. Besonders auffällig ist der SLC-Cache bei der Ultimate SU900: Hier sinkt die Übertragungsrate beim dauerhaften Schreiben von rund 400 auf 100 MByte/s, nachdem der SLC-Cache voll ist.

Auch die Anzahl der parallel beschreibbaren Flash-Chips wirkt sich auf die Geschwindigkeit aus. Je mehr Flash-„Kanäle“ der Controller besitzt, desto besser. Die Anzahl der Flash-Chips allein sagt jedoch nichts über die Geschwindigkeit aus: So kann etwa der Marvell-Controller 88S1074 per Chip Select acht Flash-Chips pro Kanal verwalten, also insgesamt 32 Speicher-Chips. Er nutzt jedoch maximal 4 Chips gleichzeitig.

Noch vor wenigen Jahren war MLC-Speicher in 2D-Bauweise Standard, heute bauen alle Flash-Hersteller MLC- und TLC-Speicher in Schichten – quasi 3D. Bis zu 64 Lagen Speicher schichten die Hersteller übereinander. Die Kapazität der Flash-Chips hat sich dadurch vervielfacht, die SSD-Hersteller benötigen also für die gleiche Kapazität weniger Chips als früher. Fast alle Hersteller kommen bei einer 500 GByte-SSD mit vier physischen Flash-Chips aus, in denen freilich jeweils mehrere Dies sitzen.

Schnell lesen: IOPS im Vergleich

Für die gefühlte Beschleunigung einer SSD gegenüber einer Festplatte ist vor allem die IOPS-Leistung bei geringen Anfragetiefen verantwortlich.



IOPS-Lauf

Die gefühlte PC-Beschleunigung durch eine SSD gegenüber einer Festplatte resultiert nicht aus der schnelleren sequenziellen Datenübertragung, obwohl diese natürlich Kopieraktionen schneller macht. Wesentlich wichtiger für das PC-Tempo ist, dass eine SSD deutlich schneller bei Zugriffen auf zufällige Adressen reagiert – Festplatten müssen ja erst einmal ihre Köpfe in die passende Position bringen und zusätzlich dann noch durchschnittlich eine halbe Umdrehung der Platte abwarten, bis die passenden Daten vorbeikommen.

Die Messgröße für den Zugriff auf zufällige Adressen sind die IOPS – Input/Output Operations Per Second, gemessen meistens mit 4 KByte großen Blöcken. Während selbst sehr schnelle Festplatten lediglich einige hundert IOPS liefern, schaffen auch die billigsten SSDs mühelos mehrere zehntausend IOPS.

Die Hersteller werben gerne mit hohen IOPS-Zahlen. Ob eine SSD aber nun 80.000 oder 90.000 IOPS erreicht, ist in der Praxis unwichtig – zudem werden diese Angaben meistens mit 32 parallelen Anfragen ermittelt. Bei niedrigeren Anfragetiefen sinken die IOPS-Werte, unter anderem, weil weniger Flash-Chips parallel arbeiten können. Doch ausgerechnet die IOPS bei geringer „Queue Depth“ sind für Desktop-PCs und Notebooks wichtig. Unsere Testmuster erreichen bei einer Queue Depth von 1 Werte von maximal 10.000 IOPS. Einen Überblick über die Leseleistung der Testmuster bei verschiedenen Anforderungstiefen gibt das Diagramm auf dieser Seite.

In einer üblichen Desktop-Umgebung langweilen sich SSDs eher. Die durchschnittliche Anfragetiefe liegt unter 10, viele Windows-Anwendungen sind nicht einmal in der Lage, mehr als eine gleichzeitige Anforderung an die SSD zu stellen. Vor allem beim

SATA-SSDs

Modell	Ultimate SU900	Force LE200	BX300	A400 SSD	Reactor Armor 3D	Ultra 3D	Blue
Hersteller	Adata, www.adata.com	Corsair, www.corsair.com	Crucial, www.crucial.com	Kingston, www.adata.com	Mushkin, www.mushkin.com	SanDisk, www.sandisk.de	WD, www.wdc.com
Bezeichnung	ASU900SS-512GM-C	CSSD-F480GBLE200B	CT480BX300SSD1	SA400S37/480G	MKNSSDRE480GB-3D	SDSSDH3-500G-G25	WDS500G2B0A
Kapazität laut Hersteller[1]	512 GByte	480 GByte	480 GByte	480 GByte	480 GByte	1 TByte	500 GByte
von Windows erkannte Kapazität	477 GByte	447 GByte	447 GByte	447 GByte	447 GByte	931 GByte	466 GByte
weitere erhältliche Kapazitäten	256 GByte (110 €), 1 TByte (395 €)	120 GByte (67 €), 240 GByte (95 €)	120 GByte (85 €), 240 GByte (115 €)	120 GByte (51 €), 240 GByte (85 €)	240 GByte (90 €)	250 GByte (100 €), (500 GByte (170 €), 2 TByte (580 €)	250 GByte (85 €), 1 TByte (276 €)
Endurance	400 TByte	120 TByte	160 TByte	160 TByte	keine Angabe	200 TByte	200 TByte
Schreibleistung pro Tag	213 GByte	160 GByte	142 GByte	142 GByte	keine Angabe	178 GByte	178 GByte
Garantie	5 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Preis pro Gigabyte	41 Cent	40 Cent	44 Cent	31 Cent	29,8 Cent	33 Cent	32 Cent
Straßenpreis	210 €	195 €	190 €	150 €	150 €	310 €	150 €

[1] Die Hersteller rechnen mit 1 GByte = 1.000.000.000 Byte. Für Windows dagegen ist 1 GByte = 1.073.741.824 Byte, die angezeigte Kapazität ist daher kleiner.

Adata Ultimate SU900

Adata ist der einzige Hersteller, der zu seiner SSD noch einen Einbaurahmen für 3,5-Zoll-Schächte und einen Spacer mitliefert, der beim Einbau der 7 Millimeter hohen SSD in 9,5 Millimeter hohe Notebook-Halterungen hilft. Für Notebooks allerdings ist die SSD weniger gut geeignet, da sie im Ruhezustand knapp 1 Watt Leistung aufnimmt.

Beim Schreiben auf eine leere SSD sorgt der SLC-Cache für hohe Schreibgeschwindigkeit; ist sie aber fast voll, sinkt die Geschwindigkeit auf knapp über 100 MByte/s ab. Für Vielschreiber ist die SSD dank ihrer hohen Ausdauer (Endurance) von 400 TBW gut geeignet – wenn man ihr etwas Platz lässt.

Bewertung

- hohe Endurance
- lange Garantiefrist
- hoher Ruhestromverbrauch

Crucial BX300

Crucial hat mit der BX300 einen guten Wurf hingelegt. Anders als der viel geschmähte Vorgänger BX200 arbeitet die SSD mit MLC-Speicher und ist damit auch beim Schreiben sehr flott; mit bis zu 520 MByte/s liegt sie unter den 500-GByte-Modellen an der Spitze.

Die Größe von DRAM- und SLC-Cache ist wie üblich proportional zur SSD-Kapazität, bei unserem Testmuster mit 480 GByte sind es 512 MByte DRAM und rund 16 GByte SLC-Cache. Beim Schreiben aber fällt der Cache nicht ins Gewicht; die SSD schreibt auch bei hohem Füllstand sehr schnell. Aktuell ist die SSD noch teurer als die höherwertige MX300.

Bewertung

- schnell beim Schreiben
- geringe Leistungsaufnahme im Standby
- teuer

WD Blue/SanDisk Ultra 3D

WD Blue 3D und SanDisk Ultra 3D sind nach Angaben des Herstellers praktisch baugleich – kein Wunder, SanDisk ist seit geraumer Zeit ein Tochterunternehmen von WD. Da WD uns unterschiedlich große Testmuster zur Verfügung stellte, ist ein Vergleich jedoch schwierig.

Die Ultra 3D mit 1 TByte Kapazität ist beim Schreiben rund 100 MByte/s flotter als die nur halb so große Blue 3D; das dürfte an der doppelten Menge verbauter Flash-Chips liegen. Beide SSDs legen beim Schreiben nach rund der Hälfte der Kapazität noch einmal um rund 20 MByte/s zu – in der Praxis wird man davon jedoch kaum etwas bemerken.

Bewertung

- schnell bei kleinen Anforderungstiefen
- geringer Ruhestromverbauch
- kleine Version schreibt langsamer

Start von Betriebssystem und Anwendungen sowie bei der Installation von Software-Paketen kann eine SSD ihre Vorteile ausspielen. Dann aber geht es ruckzuck: Das SanDisk-eigene Tool vermeldete bei der Installation von LibreOffice mehr als 2000 IOPS – so geht das deutlich schneller als mit einer Festplatte.

Software-Beigaben

Soll die neue SSD als Startlaufwerk für das Betriebssystem dienen, gibt es zwei Möglichkeiten: Neuinstallation oder Klonen der bestehenden Installation. Für die zweite Möglichkeit spricht, dass bereits installierte Programme nicht neu eingespielt werden müssen; dazu eignet sich etwa unser Tool c't-WIMage (siehe ct.de/ymxt). Für die SSDs von Adata und Crucial steht auf den Hersteller-Websites Acronis TrueImage 2013 beziehungsweise 2015 zur Verfügung, die SSD-Toolbox von Corsair stellt ebenfalls ein Klon-Tool bereit. Das Klonen unseres Windows-Testsystems mit einem zusätzlichen

SATA-SSDs – Benchmarks und Praxiswerte

	seq. Transferraten schreiben/lesen1 [MByte/s] besser ▶	**IOPS** schreiben/lesen[2] besser ▶	**Leistungsaufnahme**[3] [W] ◀ besser
Adata Ultimate SU900	113/560	70523/84756	0,8/0,7/3/2,6
Corsair Force LE200	453/520	81544/81502	0/0,3/1,4/0,9
Crucial BX300	522/561	86226/99273	0,1/0,6/3,1/2,6
Kingston A400 SSD	451/481	80531/83829	0,3/0,6/1,6/1,1
Mushkin Reactor Armor 3D	404/560	81498/77037	0,8/1/2,3/3,3
SanDisk Ultra 3D	533/556	71233/93760	0/0,4/2,2/2,1
WD Blue	433/563	58491/94165	0/0,4/1,9/2,3

[1] gemessen mit IOmeter, Blockgröße 128 KByte [2] gemessen mit IOmeter, Blockgröße 4 KByte, Messungen mit 8 GByte großer Testdatei [3] idle mit LPM/idle/lesen/schreiben, Werte kleiner 0,1 Watt sind als 0 angegeben

Mushkin Reactor Armor 3D

Mushkins Reactor Armor 3D ist die günstigste SSD in diesem Vergleich. Rund 150 Euro kostet sie laut unserem Preisvergleich, 40 Euro weniger als die BX300. Da musste Mushkin wohl an anderer Stelle sparen: Software für das Einspielen von Firmware-Updates oder zur Überwachung des SSD-Gesundheitszustands haben wir nicht gefunden.

Mushkin nutzt in der Reactor Armor 3D keinen SLC-Cache zur Beschleunigung, sondern lediglich einen DRAM-Cache. So verändert sich die Schreibleistung auch bei voller SSD nicht; allerdings liegt sie mit gerade einmal 400 MByte/s hinter den anderen Kandidaten.

Bewertung

- sehr günstig
- keine SSD-Toolbox
- hoher Energieverbrauch

Corsair Force LE200

Die Force LE200 kommt ohne einen DRAM-Cache aus, der Controller Phison PS3111-S11 besitzt nur einen Kern und ist damit unter hohen Belastungen recht langsam. Dennoch kann die SSD mit dem rund 8 GByte großen Pseudo-SLC-Cache bei geringeren Belastungen hohe Geschwindigkeit erreichen. Ist der Cache aber erst einmal gefüllt, sinkt die Schreibleistung stark ab: Nur noch rund 200 MByte/s erreicht die Force LE200 mit unserem Benchmark-Programm H2benchw. Die Corsair SSD Toolbox bietet keine Möglichkeit, die Firmware der SSD zu aktualisieren, das Klon-Tool hat im Test nicht funktioniert.

Bewertung

- geringer Energieverbrauch
- kurze Garantiedauer
- langsames Löschen

Kingston A400 SSD

Die Kingston A400 SSD gehört mit einem Straßenpreis von weniger als 150 Euro zu den Billigheimern. Unser Testexemplar arbeitete mit dem 2-Kanal-Controller Phison S11 und 2D-TLC-Speicher von Toshiba. Medienberichten zufolge hält sich Kingston jedoch die Option offen, das Modell mit einem anderen Controller oder anderem Flash-Speicher zu bestücken.

Beim sequenziellen Lesen liegt die A400 SSD am Ende des Feldes, beim Schreiben und beim Zugriff auf zufällige Adressen aber kann sie gut mithalten. Vor dem versehentlichen Löschen der SSD über den SSD Manager schützt die notwendige Eingabe der letzten vier Stellen der Seriennummer.

Bewertung

- günstig
- geringe Leistungsaufnahme im Betrieb
- Komponenten könnten sich ändern

aus einer VHD startenden Windows klappte mit dem Corsair-Tool nicht, selbst das Klonen einer einfachen Windows-10-Installation misslang – mit der abgespeckten Acronis-2015-Version hingegen klappten beide Versuche.

Abseits von der Klon-Software steht für fast jede SSD auch ein Windows-Tool zum Download aus dem Netz bereit, lediglich bei Mushkin nicht. Der Leistungsumfang der Tools variiert, aber eine Funktion zum Einspielen neuer Firmware bieten fast alle – das ist wohl auch der wichtigste Grund, ein solches Tool zu installieren. Wer noch weitere Laufwerke, vielleicht sogar von einem anderen Hersteller, in seinem PC eingebaut hat, ist mit einem Universal-Tool wie CrystalDiskInfo zur Anzeige der SMART-Werte besser bedient.

Interessant werden die Hersteller-Tools erst wieder, wenn man die SSD in fremde Hände geben möchte; denn dann sollten die eigenen Daten rückstandslos gelöscht sein. Zwar gibt es auch hier freie Tools wie die Linux-Distribution PartEd, aber die Hersteller-Tools sind meist komfortabler. Ein sicheres Löschen der Mushkin-SSD ist uns jedoch mit PartEd nicht gelungen.

Die weiteren Funktionen der Tools sind, wenn überhaupt, nur für besondere Anwendungsfälle interessant: Overprovisioning oder Cache-Anleihen beim PC-Hauptspeicher können zwar die Leistung der SSD etwas verbessern, notwendig sind sie jedoch nicht. Der Einsatz eines RAM-Caches kann sogar eine Gefahr für die Daten sein, falls einmal der Strom ausfällt.

Fazit

Alle SSDs eignen sich gut zur Beschleunigung eines Festplatten-Systems und auch zur Aufrüstung. Wer besonders wenig Geld ausgeben möchte, greift zur Reactor Armor 3D, die allerdings beim Schreiben auch zu den langsameren SSDs gehört.

Auf der anderen Seite liegt die BX300: noch teuer und schlecht verfügbar, aber auch sehr schnell.

Wer absehen kann, dass die SSD recht bald voll sein wird, sollte die Finger von der Ultimate SU900 lassen – oder gleich die 1-TByte-Version kaufen, denn bei hohem Füllstand liegen deren Schreibraten unter der einer Festplatte.

Sicherheitsbewusste Anwender sollten die Reactor Armor 3D meiden, da sie kein Secure Erase unterstützt. In Notebooks führt der hohe Ruhestromverbrauch der SSDs von Adata und Mushkin zu einer etwas kürzeren Akku-Laufzeit, beim Einsatz im Desktop-Rechner spielt das jedoch keine Rolle. (ll) c't

Download SSD-Tools: ct.de/wttm

Lutz Labs

SATA-SSDs für wenig Geld

Samsung, SanDisk und Konsorten bauen schnelle, aber auch teure SSDs. Aber was ist mit Goodram, Drevo oder KingDian? Ob sich der Kauf solcher SSDs lohnt, zeigt dieser Test.

SSDs werden immer billiger, und irgendwann werden sie so billig sein, dass sich der Kauf einer Festplatte kaum noch lohnt. Seite Ende 2016 aber steigen die Preise für schnelle Flash-Laufwerke signifikant an. Wer jetzt einen möglichst günstigen PC zusammenstellen möchte, landet bei der Recherche auch bei Angeboten eher unbekannter Hersteller.

Wir haben fünf dieser Billig-SSDs getestet: Drevo X1 SSD, Goodram CX200, KingDian S280, Silicon Power Slim S60 sowie Teamgroup L7 Evo; alle haben eine Kapazität von 240 GByte.

Die SSDs haben wir Ende des vergangenen Jahres gekauft. Dabei scheinen wir einen günstigen Zeitpunkt erwischt zu haben: Die SSDs von Drevo, KingDian und Silicon Power kosteten nicht einmal 60 Euro. Seitdem haben die Preise teils stark angezogen. So muss man heute etwa für das Modell von Silicon Power rund 90 Euro auf den Tisch legen. Andere SSDs sind im gleichen Zeitraum zwar ebenfalls teurer geworden, aber lange nicht so stark. Die Samsung-SSD 850 Evo kostete etwa im Dezember 80 Euro, nur zehn Euro weniger als heute.

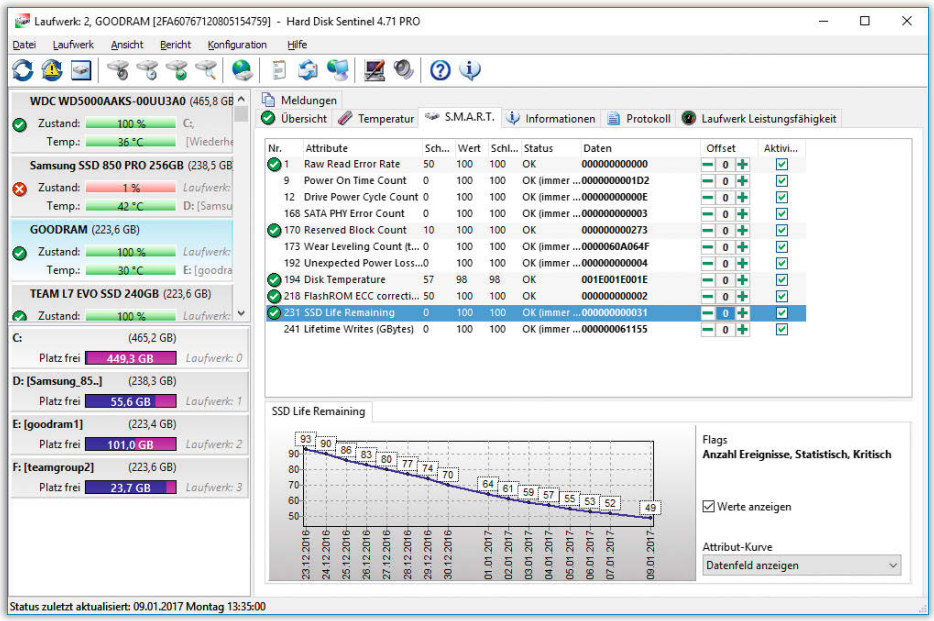
Den Test dieser Billig-SSDs haben wir dennoch durchgeführt. Er zeigt nicht nur, was diese Modelle von denen der Marktführer unterscheidet, sondern auch, wo deren Hersteller sparen – und wo sie vielleicht zu viel sparen.

Innenleben

Vor dem Test der elektrischen Eigenschaften haben wir die Gehäuse geöffnet – kein einziges war übrigens verschraubt, alle Deckel hielten durch Klipse. Vier der fünf SSDs sind mit einem DRAM-Cache von 256 MByte bestückt, der Schreibvorgänge beschleunigen soll; lediglich die Teamgroup-SSD nicht. Hier nutzt der Hersteller den recht aktuellen Marvell-Controller 88NV1120, der speziell für günstige SSDs ohne DRAM-Cache entwickelt wurde. Goodram und Silicon Power setzen auf den 8-Kanal-Controller Phison PS3110-S10-X, Goodram nutzt aber im 240-GByte-Modell nur 4 der Kanäle. Drevo und KingDian verbauen den 4-Kanal-Controller Silicon Motion SM2256.

Silicon Power nutzt in seiner Slim S60 keinen billigen TLC-Speicher, sondern MLC-Flash von Toshiba. TLC-Flash von Toshiba beziehungsweise SK Hynix steckt in den Modellen von Goodram und Drevo; woher der Speicher in den SSDs von KingDian und Teamgroup stammt, konnten wir nicht herausfinden – die Typenbezeichnungen ließen sich nicht auffinden. Wo der Speicher für die Billig-SSDs herkommt, erläutert der Kasten „Flash Marke Eigenbau“ über den Flash-Spot-Markt auf Seite 15.

Für günstige SSDs kommt häufig Flash-Speicher zum Einsatz, der vielleicht nicht ganz so hohe Taktfrequenzen erreicht, etwas mehr Strom verheizt, erst bei höherer Spannung stabil arbeitet oder zum Teil bereits Defekte aufweist. Davon merkt der Anwender nichts, denn der Hersteller kann gegensteuern: Er kann beispielsweise die Taktfrequenz der NAND-Flashes absenken, bei Controller und Firmware mehr Aufwand zur Fehlerkorrektur treiben, die Menge der zuverlässig geschriebenen Daten (Endurance) mindern oder die Garantiezeit verkürzen. Solch günstiger Flash-Speicher dürfte auch in unseren Testgeräten verbaut sein.



Nach drei Wochen Dauerlauf und etwas mehr als 100 TByte Schreiblast zeigen die SMART-Werte der Goodram-SSD eine Restlebensdauer von rund 50 Prozent.

Standards einhalten

Einige Dinge sind bei SATA-SSDs seit Jahren Standard. Dazu gehören etwa die Unterstützung von Trim oder das sichere Löschen per Secure Erase. Letzteres aber klappt bei der Teamgroup L7 Evo nicht – und auch bei den standardisierten SMART-Tests fiel die SSD negativ auf: Sie loggt die Ergebnisse der Tests nicht.

Alle von uns in der letzten Zeit getesteten SSDs können mit der SATA-Stromsparfunktion SATA Link Power Management (LPM) umgehen – diese reduziert den Stromverbrauch bei Nichtnutzung der SSD recht schnell auf weniger als 0,1 Watt und ist damit vor allem beim Einsatz in Notebooks sinnvoll. Die CX200 aber genehmigt sich bei aktiviertem LPM immer noch rund 300 mW, die S280 und dieL7 Evo unterstützen dieses Feature gar nicht – die Leistungsaufnahme verringerte sich durch die Aktivierung von LPM nicht; die S280 benötigt im Leerlauf sogar fast 1 Watt.

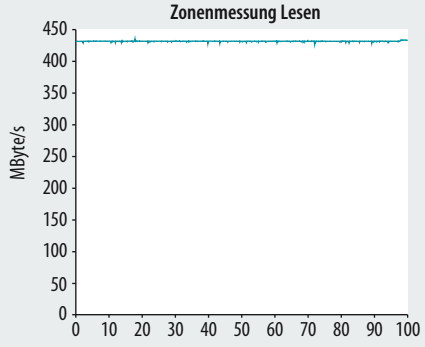
Geschwindigkeit

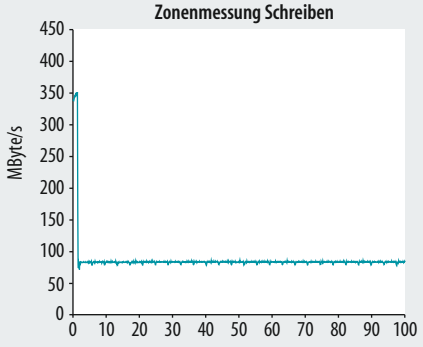
Gute SATA-SSDs erreichen nicht nur beim Lesen, sondern auch beim Schreiben mehr als 500 MByte/s – und sie halten diese Geschwindigkeit auch lange durch. Kurzfristige Schreibbeschleunigungen erreichen die Billig-SSDs durch einen DRAM-Cache sowie einen SLC-Cache, wobei ein Teil der günstigen MLC- oder TLC-Zellen in einen schnellen SLC-Modus geschaltet wird. Wenn diese Caches voll sind, sinken die Schreibraten stark ab. Besonders negativ fielen in diesem Test die Modelle von KingDian und Drevo auf: Nach kurzer Zeit sanken die Schreibraten auf rund 150 MByte/s. Im Benchmark-Diagramm sieht das besorgniserregend aus, in der Praxis aber dürfte der bei beiden Modellen 4 GByte große schnelle SLC-Puffer für die typische Nutzung locker ausreichen.

Auch bei den Zugriffen auf zufällige Adressen liegen unsere Testmuster weit hinter denen anderer SSDs. Doch selbst das Schlusslicht L7 Evo, das gerade mal auf rund 10.000 IOPS beim Lesen und Schreiben kommt, ist damit immer noch weit schneller als eine Magnet-Festplatte.

Kurzzeitig schnell dank SLC-Cache

Beim Lesen einigermaßen flott, beim Schreiben nur kurzzeitig: Wenn der SLC-Cache der KingDian S280 voll ist, schreibt die SSD nur noch mit 80 MByte/s.





SATA-SSDs

Drevo X1 SSD

Drevo bietet seine X1 SSD mit Kapazitäten zwischen 120 und 480 GByte an, in Deutschland ist die 240er-Version jedoch nicht erhältlich – wir haben sie uns aus dem Ausland besorgt.

Beim Lesen ist die X1 SSD flott, beim Schreiben aber bricht sie schnell auf 80 MByte/s ein; da sind die meisten Festplatten schneller. Grund dafür ist der nur 4 GByte große fixe SLC-Cache, der Schreibvorgänge beschleunigt – wenn dieser voll ist, muss die SSD die Daten direkt in den lahmen TLC-Speicher schreiben.

Bewertung

- geringe Leerlaufleistungsaufnahme
- sehr günstig
- langsam beim Schreiben

Goodram CX200

Goodram bietet seine Billig-SSD CX200 mit Kapazitäten zwischen 120 und 960 GByte an, in Deutschland ist das größte Laufwerk jedoch nicht erhältlich. Phison-Controller und Toshiba-Flash sorgen für Lese- und Schreibraten im oberen Bereich dieses Testfelds.

Die Leerlaufleistungsaufnahme mit aktiviertem Link Power Management ist mit 300 mW recht hoch. Bedenken weckt die Betriebstemperatur, die laut SMART-Angaben immer 30 °C beträgt – im Betrieb ist jedoch bereits das Gehäuse knapp 40 Grad warm.

Bewertung

- recht flotte Schreibraten
- eigene SMART-Software
- SMART-Temperatur fehlerhaft

KingDian S280

Die S280 von KingDian gibt es in Deutschland nur bei Amazon, Verkäufer ist der Hersteller selbst. Die Schreibgeschwindigkeit sinkt nach kurzer Zeit von 350 auf 80 MByte/s – wie bei der X1 SSD ist der SLC-Cache mit 4 GByte recht klein.

KingDian gibt als einziger Hersteller in diesem Test eine Information zur Haltbarkeit: Die S280 soll acht Jahre lang eine Schreiblast von 100 GByte täglich vertragen, also rund 200 TByte insgesamt. Nach 125 TByte Dauerlast lag die zu erwartende Lebensdauer noch bei 54 Prozent – das könnte hinkommen.

Bewertung

- günstig
- hohe Leerlaufleistungsaufnahme
- langsam beim Schreiben

Ab in den Dauerlauf

Wir hatten für den SSD-Langzeittest (S. 16) einige Testrechner aufgebaut, die dauerhaft Daten auf die SSDs schrieben. Diese Rechner nutzen wir seit Ende Dezember 2016 auch für die SSDs aus diesem Test.

Die Werte für die zu erwartende Restlebensdauer (Remain Life Percentage, SSD Life remaining) der SSDs sanken bei acht Modellen innerhalb von nicht einmal drei Wochen auf rund 50 Prozent, die L7 Evo stellt eine solche Angabe nicht zur Verfügung.

Wie lange die SSDs durchhalten werden, konnten wir nur anhand der SMART-Werte abschätzen: Keiner der Hersteller stellte ein Datenblatt zur Verfügung, in dem die maximale Endurance angegeben wird. Über die Ergebnisse berichten wir im Artikel „Billig-SSDs im Langzeittest" ab Seite 24.

SATA-SSDs – Benchmarks

	seq. Transferraten schreiben/lesen[1] [MByte/s] besser▶	IOPS schreiben/lesen[2] besser▶	Leistungsaufnahme[3] [W] ◀besser
Drevo X1 SSD	154/556	29153/66111	0,1/0,8/2,1/2,2
Goodram CX200	472/538	66189/67927	0,3/0,5/1,8/3,1
KingDian S280	158/556	30353/67138	0,9/0,9/2,2/2,4
Silicon Power Slim S60	430/562	51565/73657	0,1/0,2/1,7/3,2
Teamgroup L7 Evo	210/524	10800/10412	0,4/0,4/0,9/0,9

[1] gemessen mit IOmeter, Blockgröße 128 KByte [2] gemessen mit IOmeter, Blockgröße 4 KByte, Messungen mit 8 GByte großer Testdatei [3] idle mit LPM/idle/lesen/schreiben

WIR TRINKEN DEN KAFFEE #000000.

iX. WIR VERSTEHEN UNS.

Jetzt Mini-Abo testen:
3 Hefte + iX-Kaffeebecher nur 13,50 €
www.iX.de/test

Sie mögen Ihren Kaffee wie Ihr IT-Magazin: stark, gehaltvoll und schwarz auf weiß!
Die iX liefert Ihnen die Informationen, die Sie brauchen: fundiert, praxisnah und unabhängig.
Testen Sie 3 Ausgaben iX im Mini-Abo + iX-Kaffeebecher für 13,50 Euro und erfahren Sie, wie es ist, der Entwicklung einen Schritt voraus zu sein.
Bestellen Sie online oder telefonisch unter +49 (0)541 800 09 120.

SATA-SSDs

Silicon Power Slim S60

Silicon Power ist eigentlich kein Billig-Hersteller, das Unternehmen baut in seine Slim S60 sogar flotten MLC-Speicher von Toshiba ein. Zum Zeitpunkt unseres Einkaufs kostete die SSD dennoch nur 60 Euro – heute liegt der Preis deutlich darüber.

Die Slim S60 schreibt konstant mit mehr als 400 MByte/s und ist damit die schnellste SSD in diesem Test. Die Temperatur der SSD lässt sich über eine SMART-Abfrage nicht auslesen, nicht einmal mit dem Hersteller-eigenen Tool – die Abfrage gibt immer einen Wert von 30 °C.

Bewertung

- ⊕ geringe Leerlaufleistungsaufnahme
- ⊖ teuer
- ⊖ SMART-Temperatur fehlerhaft

Teamgroup L7 Evo

Die Teamgroup L7 Evo ist in diesem Vergleichstest die einzige SSD ohne DRAM-Cache, der Flash-Hersteller ist unbekannt. Durch ihren dynamischen SLC-Cache erreicht sie über einen weiten Bereich konstante Schreibleistungen, wenn auch nur rund 250 MByte/s. Nach etwa 80 GByte Dauerfeuer sinkt die Geschwindigkeit auf 50 MByte/s.

Größtes Manko der L7 Evo ist die mangelhafte Unterstützung des SATA-Standards: Sie unterstützt kein sicheres Löschen; persönliche Daten bleiben also erhalten, wenn man die SSD weitergibt.

Bewertung

- ⊕ großer SLC-Cache
- ⊕ günstig
- ⊖ kein Secure Erase

Bei vielen Billig-SSDs vermisst man auch Software zur Diagnose und für Firmware-Updates. Mangels Kontaktadressen bleibt als Ansprechpartner für Support oft nur der Händler.

Fazit

Alle Billig-SSDs sind für den Einsatz in einem Büro-PC durchaus geeignet, sofern man keine hohen Anforderungen an sie stellt. Aufgrund der hohen Leerlaufleistungsaufnahme disqualifizieren sich einige Modelle jedoch für mobile Rechner. Immerhin: Alle Hersteller bieten drei Jahre Garantie. Durch den Preisanstieg der vergangenen Wochen lohnt sich aber der Kauf einer der hier getesteten SSDs kaum noch – die Einsteiger-Serien der etablierten Hersteller liegen derzeit im gleichen Preisbereich.

Die schnellste SSD in diesem Test ist die Slim S60 von Silicon Power, die als einzige mit flottem MLC-Speicher ausgestattet ist – derzeit mit rund 90 Euro aber auch auf dem gleichen Preisniveau liegt wie eine Samsung 850 Evo. Praktisch gleich schnell ist die rund 5 Euro teurere Goodram-SSD CX200, zumindest bei kurzen Schreibzugriffen. Von der Teamgroup L7 Evo können wir aufgrund der fehlenden SATA-Funktionen nur abraten.

Die absoluten Billigheimer, die Drevo X1 SSD und die KingDian S280, sind in Deutschland nur bei wenigen Händlern erhältlich. Der Kauf einer dieser SSDs lohnt sich nur, wenn die Geschwindigkeit keine Rolle spielt, denn mit gerade einmal 150 MByte/s beim Schreiben sind sie langsamer als viele Festplatten. (ll) c't

Solid-State Disks

Modell	X1 SSD	CX200	S280	Slim S60	L7 Evo
Hersteller	Drevo, www.drevo.us	Goodram, www.goodram.com	Kingdian, www.king-dian.com	Silicon Power, www.silicon-power.com	Teamgroup, www.teamgroupinc.com
Bezeichnung	Drevo DRE X1	SSDPR-CX200-240	KingDian S280-240GB	SP240GBSS3S60S25	T253L7240GTC101
Kapazität laut Hersteller[1]	240 GByte	240 GByte	240 GByte	240 GByte	240 GByte
von Windows erkannte Kapazität	223,57 GByte	223,57 GByte	223,57 GByte	223,57 GByte	223,57 GByte
DRAM-Cache[2]	256 MByte	256 MByte	256 MByte	256 MByte	–
Schreibleistung pro Tag	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Preis pro Gigabyte	23 Cent	32 Cent	26 Cent	35 Cent	28 Cent
Straßenpreis	76 €	95 €	75 €	90 €	80 €
weitere erhältliche Kapazitäten	–	120 GByte (80 €)	60 GByte (30 €), 120 GByte (50 €), 480 GByte (135 €)	60 GByte (42 €), 120 GByte (60 €), 480 GByte (175 €)	120 GByte (55 €)

[1] Die Hersteller rechnen mit 1 GByte = 1 000 000 000 Byte. Für Windows dagegen ist 1 GByte = 1 073 741 824 Byte, die angezeigte Kapazität daher kleiner. [2] Herstellerangaben

✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe

Flash Marke Eigenbau

Auf der Welt gibt es nur wenige Hersteller von MLC- und TLC-NAND-Flash-Chips, die sich für SSDs eignen: Marktführer ist Samsung, dann folgen Toshiba mit Partner WD (früher SanDisk), Intel/Micron (IM Flash) und SK Hynix. Wer Flash-Produkte fertigt, muss also bei diesen Firmen kaufen – egal, ob es um SSDs geht oder um USB-Sticks, Digicam-Speicherkarten oder um komplette Geräte wie Smartphones und Tablets.

Die großen Smartphone-Hersteller Apple und Samsung verbauen einen erheblichen Teil der weltweiten NAND-Flash-Produktion, vermutlich in der Größenordnung von 30 Prozent. Solche Großfirmen schließen langfristige Lieferverträge mit Flash-Produzenten. Die Chip-Börse DRAMeXchange.com mit dem angeschlossenen Marktforschungsunternehmen Trendforce erfasst die hier schätzungsweise gezahlten NAND-Flash-Preise als „Contract Prices“. Auch die großen SSD-Hersteller gehen längerfristige Lieferverträge ein, vor allem für die besten und teuersten NAND-Flash-Chips, die für hoch belastbare Enterprise-SSDs nötig sind.

Kleinere Hersteller von preiskritischen Flash-Komponenten wie Consumer-SSDs, USB-Sticks und Speicherkarten können keine langfristigen Zulieferverträge eingehen. Sie müssen sich je nach ihrer Auftragslage versorgen. Dafür existiert der sogenannte Spot-Markt, auf dem Lagerbestände zum Tagespreis verkauft werden. Es gibt in China und Taiwan darauf spezialisierte Chip-Börsen. Je nach Angebot – Überproduktion oder Knappheit – liegen die Spot-Markt-Preise unter oder über den Contract-Preisen.

Bei der Produktion von Halbleiterbauelementen kommen nicht ausschließlich Premium-Chips heraus, sondern bessere und schlechtere Ware. Auch die schlechteren Chips müssen Umsatz bringen. NAND-Flashes, die sich nicht für schnelle SSDs eignen, taugen durchaus für Digicam-Speicherkarten und USB-Sticks: Bei diesen Billigprodukten ist den meisten Käufern Geschwindigkeit egal, sie achten fast ausschließlich auf den Preis pro Gigabyte.

Es gibt noch weitere Einsparmöglichkeiten beim Chip-Einkauf. Manche Firmen besitzen eigene Maschinen zum Testen von Wafern sowie zum Abtrennen und Packaging (ins Gehäuse verpacken) der einzelnen NAND-Flash-Dice. Wer solche Anlagen betreibt, kauft bei den eigentlichen Chip-Herstellern komplette Wafer, die es in unterschiedlichen Qualitätsstufen gibt: mit bereits fertig getesteten Chips, aber auch ungetestet. Ungetestete Wafer sind billiger, doch man kauft die Katze im Sack: Es ist nicht klar, wie viele Chips die schärfsten Qualitätskriterien einhalten. Schlechtere Chips verkaufen einige Hersteller dann eben unter einem anderen Namen, bei Micron etwa heißt die Billig-Marke „SpecTek“. (ciw)

Bild: Techinsights

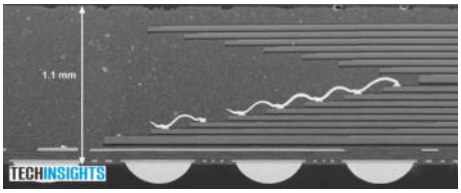
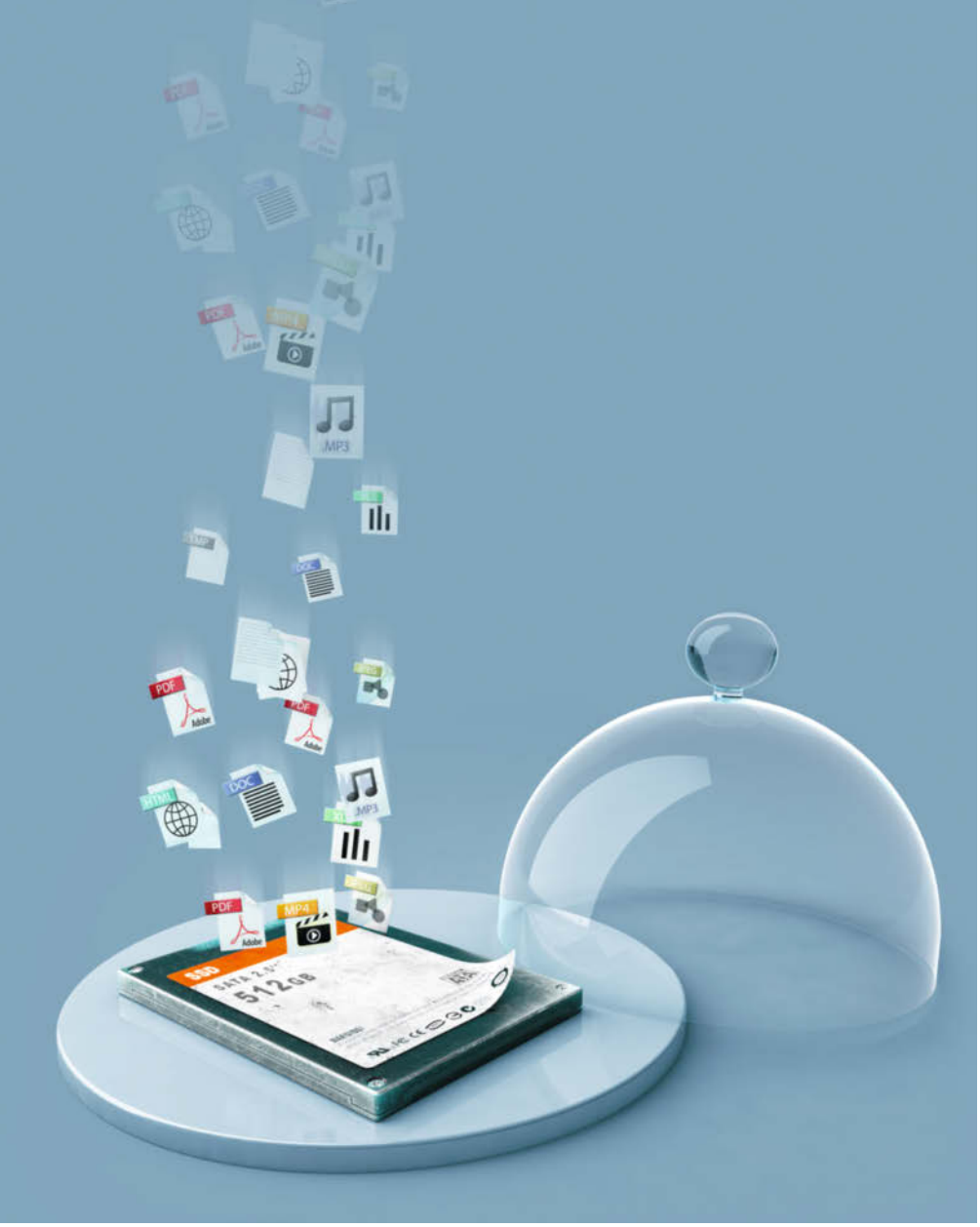


Bild eines Die-Stacks mit 16 Lagen Flash-Speicher



Benjamin Kraft

SSDs im Langzeittest

Zur Lebensdauer von Solid State Disks kursieren diverse Mythen. Um herauszufinden, wie lange sie wirklich halten, mussten 12 SATA-SSDs ab Ende Juni 2016 ein Jahr lang im Dauereinsatz zeigen, was sie verkraften – mit überraschenden Ergebnissen.

Weil sie den Rechner flott machen und endlich auch in größeren Kapazitäten bezahlbar geworden sind, kommen SSDs in immer mehr Rechnern zum Einsatz. Zumindest auf dem Papier besitzt Flash-Speicher einen gravierenden Nachteil: Die Lebensdauer seiner Speicherzellen ist begrenzt, was manche Umsteigewillige verunsichert.

Richtig ist, dass sich Flash-Speicher nicht beliebig oft überschreiben lässt. Eine einzelne Zelle hält nur eine bestimmte Anzahl von Schreib-Zyklen aus. Um die Lebensdauer zu erhöhen, bedienen sich die Hersteller diverser Tricks. So setzen SSD-Controller aufwendige Algorithmen ein und verteilen die Schreibvorgänge gleichmäßig über den vorhandenen Speicher (Wear Leveling). Damit lässt sich der Zellentod jedoch nicht unbegrenzt hinauszögern.

In Consumer-SSDs kommt entweder Multi- oder Triple-Level-Cell-Flash (MLC/TLC) zum Einsatz. MLC-Flash bietet höhere Schreibraten und übersteht mehrere tausend Schreib-Zyklen pro Zelle. TLC-Zellen speichern 50 Prozent mehr Information, schreiben aber langsamer und erreichen bei gleicher Strukturgröße nur ein Drittel der Lebenserwartung. Um die Preise zu drücken, nutzen die Hersteller immer feinere Fertigungsprozesse, welche die durchschnittliche Lebensdauer pro Zelle weiter verkürzen können. Steigende Speicherdichte und schrumpfende Strukturbreiten erhöhen die Komplexität und damit den Aufwand für die Fehlerkorrektur – siehe Kasten „Mehr Speicher“ im folgenden Artikel auf Seite 22.

Wie viel sind 70 Terabyte?

Für Käufer einer SSD ist nicht die Lebensdauer einer einzelnen Zelle relevant, sondern eine andere Kenngröße: die Terabyte Written (TBW), also die geschriebene Datenmenge, die das ganze Laufwerk laut Hersteller garantiert verkraftet. Bei einem typischen TLC-Laufwerk der Kapazitätsklasse um 250 GByte liegt dieser Wert je nach Marke zwischen 60 und 80 TBW. Damit ist man im Alltag gut bedient: Um die 70-TBW-Garantie zu reißen, müsste man ein Jahr lang täglich gut 190 GByte schreiben, das Laufwerk also jeden Tag zu zwei Dritteln mit neuen Daten beschreiben – unrealistisch.

In der Praxis liegt das Schreibpensum eines typischen Arbeitsplatzrechners zwischen 20 und 30 Gigabyte pro Tag. Das bestätigten auch Stichproben an Rechnern von Kollegen. Hier reichte die Spanne von durchschnittlich knapp 8 bis 35 GByte an täglichem Schreibvolumen. Selbst wenn man großzügige 40 GByte pro Tag ansetzte, würde man die nominelle „Endurance“ von 70 TBW erst nach knapp fünf Jahren erreichen. Die meisten SSDs vertragen deutlich mehr.

Auf das Muster kommt es an

Um Ihr eigenes SSD-Nutzungsverhalten einschätzen zu können, können Sie einen Blick auf die bereits geschriebene Datenmenge werfen. Hierfür bieten die Hersteller spezielle Tools an, die noch einige mehr oder weniger hilfreiche Zusatzfunktionen in petto haben. Alternativen dazu gibt es auch, etwa CrystalDiskInfo. Ausführlichere Informationen lesen die kostenlosen Smartmontools aus (alle