

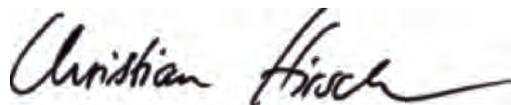
## Liebe Leserin, lieber Leser,

In den vergangenen Monaten haben sich die Hersteller wieder gegenseitig mit spannenden Hardware-Neuheiten überboten: AMD geht bei den Desktop-Prozessoren mit Ryzen 3000 und bis zu 16 Kernen in Führung vor Intel. Zudem hält mit den neuen Ryzen-CPU die doppelt so schnelle Schnittstelle PCI Express 4.0 bei Mainboards, Grafikkarten und Solid-State Disks Einzug. Festplatten erreichen inzwischen Größen von bis zu 16 TByte. Und der starke Preisverfall bei DDR4-RAM und SSDs sorgt ebenfalls dafür, dass der Bau eines eigenen PCs so attraktiv wie lange nicht mehr ist.

Damit Sie nicht bei Null anfangen müssen, haben wir für Sie insgesamt fünf Bauvorschläge im c't-Labor zusammengestellt. Die Rechner eignen sich für ein breites Spektrum an Anwendungen: Für Office- und Web-Programme taugen unsere beiden supersparsamen Mini-PCs, von denen sich einer auch zum lüfterlosen Rechner umbauen lässt. Spieler können zwischen dem preiswerten Budget-Gamer oder dem Ryzen-Allrounder wählen, für den wir mehrere Grafikkarten-Optionen anbieten. Im Herz des Luxus-PC schlagen 12 oder 16 CPU-Kerne, wovon vor allem professionelle Software profitiert.

Wenn Sie stattdessen Ihren PC aufrüsten oder selbst konfigurieren möchten, finden Sie umfangreiche Tests aktueller Hardware aus den Bereichen Prozessoren, SSDs, Grafikkarten, Mainboards sowie CPU-Kühler und Gehäuse. Zudem liefern wir Ihnen Praxis-Tipps für Solid-State Disks und Monitore sowie Hintergrundartikel zu AMDs neuer GPU-Architektur und Prozessorkühlern. In unseren Tuning-Artikeln erfahren Sie, wie Ihr Rechner sparsamer läuft und wie Sie durch Übertakten noch mehr Leistung aus Prozessor und Arbeitsspeicher herausholen können.

Wir wünschen viel Spaß beim Selberbauen,



Christian Hirsch





## Bauvorschläge

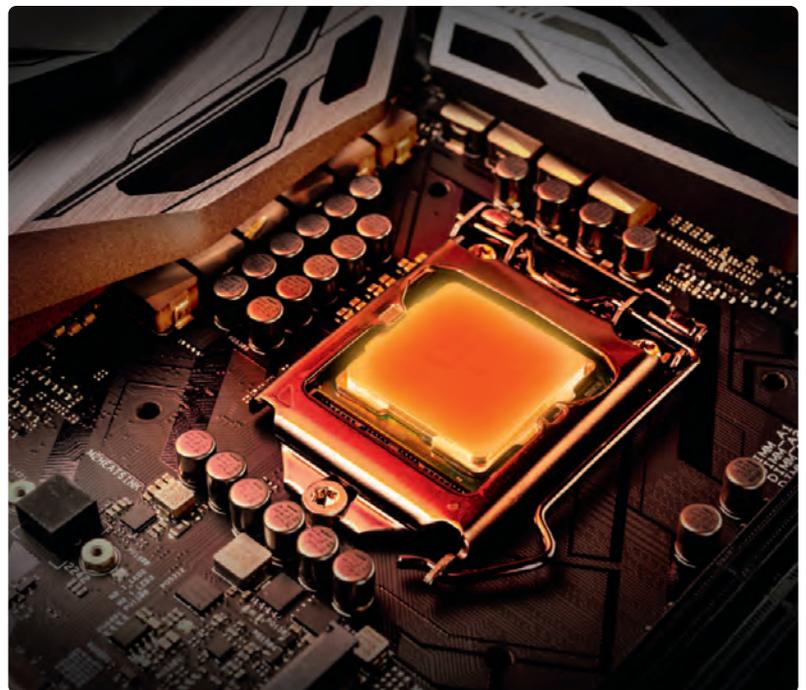
Stellen Sie sich Ihren Wunsch-PC anhand unserer fünf Empfehlungen zusammen. Die flüsterleisen Rechner decken alle Bedürfnisse von Büro bis High-End ab. Außerdem bekommen Sie Tipps zur Auswahl von Hardware-Komponenten und dazu, wie Linux am besten auf den Bauvorschlägen läuft.

- 6 Der optimale PC 2020: Kaufberatung
- 12 Bauvorschlag: Allround-PC mit Sechskern und schneller SSD
- 16 Bauvorschlag: Luxus-PC mit 12-Kern-CPU
- 20 Bauvorschlag: Office-PC für 250 Euro
- 24 Bauvorschlag: Günstiger Spiele-PC
- 28 Bauvorschlag: 5-Watt-Mini-PC
- 30 Linux auf dem optimalen PC 2020

## Prozessoren

Das Herz eines Rechners ist die CPU. Um den richtigen Prozessor aus dem riesigen Angebot von AMD und Intel zu finden, helfen Ihnen unsere Benchmarks und Tests. Zudem erklären wir die Architektur- und Plattform-Neuheiten von Ryzen 3000.

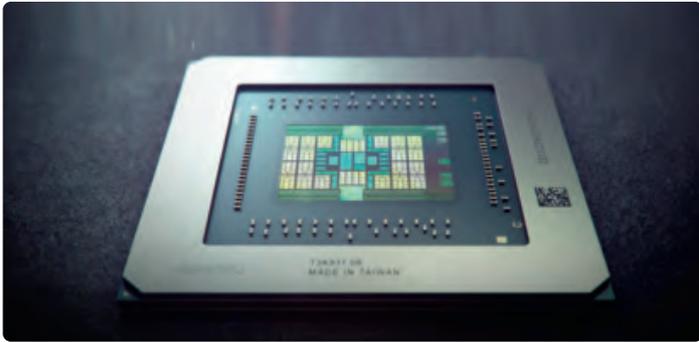
- 36 Ryzen 9 3900X und Ryzen 7 3700X
- 42 Gaming-Leistung von Ryzen 9 3900X und Ryzen 7 3700X
- 44 Günstige Ryzen-3000-Prozessoren
- 45 Core i5-9400F, Ryzen 7 3800X
- 46 Wie Mainboard-Hersteller bei der CPU-Performance tricksen



## SSDs und Festplatten

Solid-State Disks werden immer schneller, größer und billiger. Wir haben zahlreiche aktuelle Modelle mit SATA- und PCI-Express-Schnittstelle getestet und geben Tipps, welcher Massenspeicher zu ihrem Anwendungsprofil passt.

- 50 Zehn schnelle SSDs
- 55 Die erste PCIe-4.0-SSD im Test
- 56 Aktuelle SSDs mit SATA- und PCIe-Schnittstelle
- 60 Externe SSDs mit USB-Anschluss
- 64 FAQ Solid-State Disks
- 66 Festplatten für Desktop und NAS von 12 bis 16 TByte



## Grafikkarten

In unserer Kaufberatung erfahren Sie, welche Grafikkarte die richtige für Gaming, Office oder Profi-Anwendungen ist. Unsere Testergebnisse liefern einen Überblick über 3D-Leistung und Lautstärke aktueller Karten der Serien AMD Radeon und Nvidia GeForce.

- 70 Leitfaden zum Grafikkartenkauf
- 78 Spiele-Grafikkarten von 235 bis 370 Euro
- 84 Sechs Grafikkarten mit GeForce RTX 2060
- 90 Nvidia bohrt GeForce RTX 2060 und 2070 deutlich auf
- 92 AMDs Spielergrafikkarten Radeon RX 5700 und 5700 XT
- 95 GeForce GTX 1650
- 96 AMDs (RDNA-)Architektur für Spielergrafikchips
- 98 Die wichtigsten Fakten zu GPUs
- 100 FAQ Monitore



## Praxis & Tipps

Unsere Praxistipps helfen Ihnen, Strom zu sparen sowie aus Prozessor und RAM mehr Leistung herauszuholen. Weiterhin erklären wir, wie Sie die Grafikkqualität bei 3D-Spielen steigern können und Raytracing aktivieren.

- 130 Ryzen 3000 übertakten
- 134 Temperatur-Kur für Intel-Prozessoren
- 138 Strom sparen bei der PC-Nutzung
- 140 Das bringt schneller Arbeitsspeicher
- 144 Was DirectX-Raytracing auf GeForce-GTX-Grafikkarten bringt
- 148 Spiele mit dem Grafiktreiber aufhübschen
- 152 Grundwissen Firmware, BIOS, UEFI



## Mainboards & Komponenten

Damit die unterschiedlichen Hardware-Komponenten zusammenspielen, benötigt der Rechner ein zum Prozessor passendes Mainboard. Hauptplatinen für Core-i-9000 und Ryzen 3000 haben wir ebenso wie PC-Gehäuse, CPU-Kühler und Kartenleser getestet.

- 102 X570-Mainboards für Gamer und Profis
- 108 LGA1151v2-Mainboards mit superschnellem Ethernet
- 112 Prozessorkühler für unter 35 Euro für AMD- und Intel-CPU
- 118 Grundlagen der Prozessorkühlung
- 120 Preiswerte Midi-Tower-Gehäuse mit USB-C-Anschluss
- 124 Lüfterloses Gehäuse für Mini-PC Intel NUC
- 126 SD-Kartenleser



## Zum Heft

- 3 Editorial
- 154 Impressum

# Der optimale PC 2020

Kaufberatung: aktuelle Prozessoren,  
Arbeitsspeicher, SSDs & Co.



<b>PC-Kaufberatung Komponenten</b> .....	<b>Seite 6</b>
<b>Bauvorschlag Allrounder mit Ryzen 5 3600</b> .....	<b>Seite 12</b>
<b>Bauvorschlag Luxus-PC mit Ryzen 9 3900X</b> .....	<b>Seite 16</b>
<b>Bauvorschlag 7-Watt-Mini mit Athlon 200GE</b> .....	<b>Seite 20</b>

## 2020 ist die Wahl des Prozessors so einfach wie lange nicht. Aber zu einem Selbstbau-PC gehören mindestens noch ein stabiles Mainboard, genügend Arbeitsspeicher und eine flotte SSD oder eine geräumige Festplatte.

### Von Carsten Spille

Wer keinen Komplett-PC kaufen oder sich bei einem unserer Bauvorschläge auf den folgenden Seiten bedienen will, muss viel Hirnschmalz bei der Auswahl passender Komponenten für seinen zukünftigen PC investieren. Unsere Komponenten-Kaufberatung erklärt die wichtigsten Kriterien und Zusammenhänge bei der Auswahl von Prozessor, Arbeitsspeicher, SSD, Grafikkarte und Mainboard.

Wer sich doch lieber an unseren PC-Bauvorschlägen mit geprüfter Kompatibilität und BIOS-Einrichtungstipps orientiert, findet ab Seite 12 drei neue, für verschiedene Anwendungsgebiete optimale PCs: einen Allrounder mit AMD Ryzen 5 3600, einen Luxus-PC mit dem zwölfkernigen Ryzen 9 3900X und PCI-Express 4.0 sowie einen sparsamen Billig-PC mit Athlon 200GE.

### Kerne, Kerne, Kerne

PC-Nutzer würden sich ebenso freuen wie Programmierer, wenn Software den Rechenaufwand automatisch optimal auf alle vorhandenen Prozessorkerne verteilen könnte, um so einen fühlbaren Geschwindigkeitsschub zu erreichen. Doch das ist auch 2019 leider noch die Ausnahme. Je mehr Kerne, desto größer die Chance, dass nur ein kleiner Teil der Programme diese auch alle nutzt.

Ob nun der Start des Webbrowsers, der Druckjob des aufwendigen PDFs oder andere typische Büroaufgaben: Meistens hängt die Geschwindigkeit eher von der Taktrate und der Prozessorarchitektur ab als von der Anzahl der Kerne. Manche Aufgaben laufen auch auf einzelnen Kernen einfach schnell genug, sodass die Entwickler hier schlicht nicht weiter optimieren. In anderen Fällen sind die Programme

aufteilen. Dann sind auch High-End-Boliden mit 64 Kernen nicht nennenswert schneller als günstige Einsteiger-Chips.

Je genauer Sie also vorab wissen, welche Software auf dem Rechner künftig laufen wird, desto besser lässt sich einschätzen, wie viele CPU-Kerne Sie dafür benötigen. Eine Office-Kiste kommt für einfache Aufgaben wie Brief- und E-Mail-Korrespondenz mit zwei Kernen plus Simultaneous Multithreading (SMT) wie im Athlon 200GE, Pentium Gold G5000 oder Celeron G4000 aus. Pentium Silver und Celeron mit der schwächeren Atom-Architektur, erkennbar an den Buchstaben J oder N vor der Prozessornummer, haben hingegen oft schon mit Office-Anwendungen zu kämpfen. Anspruchsvollere Aufgaben wie etwa komplexe Berechnungen in einer Tabellenkalkulation mit vielen tausend Zellen nutzen hingegen auch sechs oder mehr Prozessorkerne.

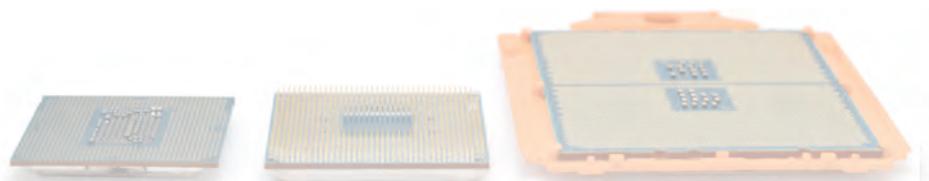
Ebenso fressen Audio- und Video-Bearbeitungsprogramme CPU-Leistung zum Frühstück. Das reine Video-Encoding kann aber auch über Spezialhardware im Grafikchip laufen und so die CPU entlasten – Effekte in Schnittprogrammen wie Adobe Premiere rechnet aber weiterhin meist der Prozessor. Musikprogramme, in denen mit Dutzenden von Tonspuren hantiert wird, brauchen ebenfalls reichlich CPU-Leistung, die auch gern von multiplen Kernen kommen darf.

Wer nicht auf Intel eingeschworen ist, findet seit Juli 2019 bei AMDs neuer Ryzen-3000-Reihe reichlich Auswahl zu günstigen Preisen. Auch in der Leistung pro Takt hat AMD mit Ryzen 3000 mittlerweile zu Intels Core-i-9000 aufgeschlossen. Nicht umsonst sind zwei unserer Bauvorschläge mit mindestens sechs von AMDs Zen-2-Kernen ausgestattet. Da selbst die Mittelklasse-Plattform von AMD inzwischen bis 16 Kerne plus SMT reicht, sind die High-End-Desktop-Plattformen von AMD (Threadripper, Fassung TR4) und Intel (Core X, 2066), die mit noch mehr Kernen aufwarten, hauptsächlich für Workstation-Nutzer interessant.

Spielernaturen, bei denen der PC in erster Linie der Unterhaltung dient, genügen im Einstieg schon ein Vierkern-Prozessor. Hier bietet derzeit Intel mit dem Core i3-9100F für knapp 80 Euro das beste Preis-Leistungs-Verhältnis. Wer ab rund 120 Euro, also rund 50 Prozent mehr investieren will, landet fast zwangsläufig wieder bei AMDs Sechskernern, die im Vergleich mit Intels Hexacore unter 300 Euro zusätzlich SMT, das bei Intel Hyper-Threading heißt, bieten.

### Mit Sicherheit

In den letzten Monaten ist es etwas ruhiger um Sicherheitslücken wie Spectre und Meltdown geworden. Aktuelle Prozessoren sind zum Teil in Hardware, zum Teil mit aktualisierten BIOS-Versionen und Betriebssystem-Patches vor den schlimmsten Auswirkungen geschützt – AMD-Prozessoren waren zudem ab Werk weniger anfällig als Intels Core-i-CPU. Trotz allem sollten Sie auch bei einem neuen Intel-PC möglichst einen Prozessor aus den aktuellen Baureihen Core-i-9000 und höher sowie auf ein aktuelles BIOS und automatische Windows- oder Linux-Updates achten, denn einen absolut sicheren Prozessor gibt es nicht.

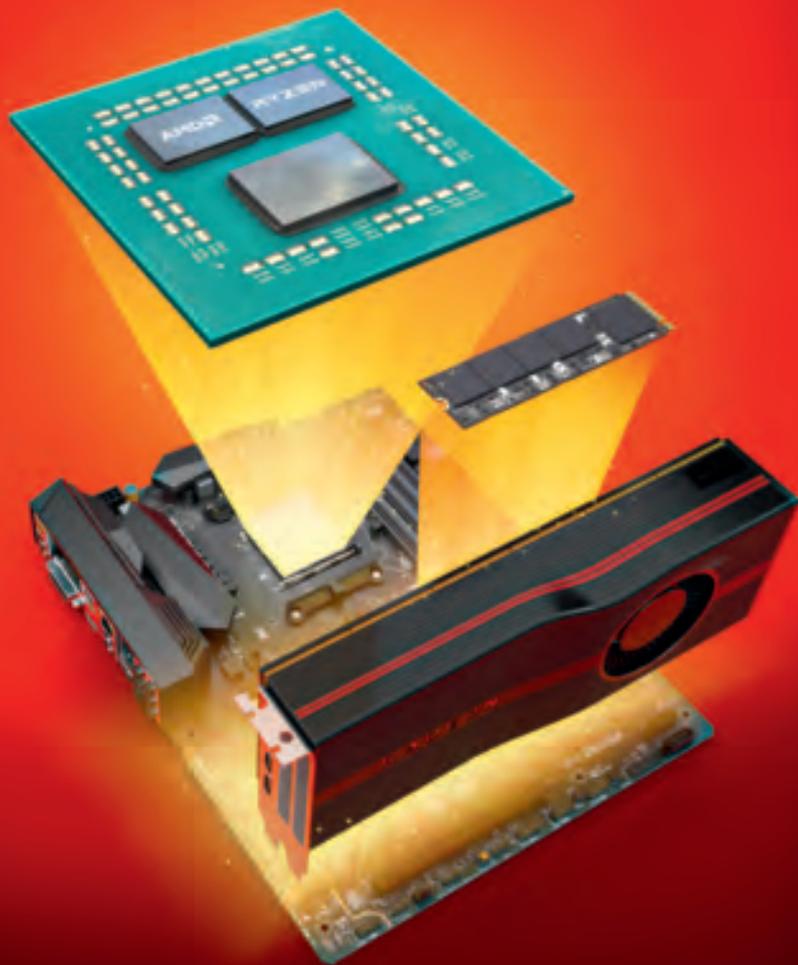


AMD und Intel nutzen unterschiedliche Verbindungen von Prozessor und Fassung. Nur AMDs AM4 (CPU in der Mitte) hat die Beinchen noch am Prozessor, Intels LGA1151 (CPU links) und AMDs Threadripper (CPU rechts) sind an der Unterseite des Prozessorgehäuses.

Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020

# Voll auf die Zwölf

Ryzen 9 3900X und Ryzen 7 3700X mit  
PCI Express 4.0



<b>Ryzen 3000: Architektur und Performance .....</b>	<b>Seite 36</b>
<b>PCIe-4.0-SSD im Test .....</b>	<b>Seite 55</b>
<b>Spieleleistung von Ryzen 3000 .....</b>	<b>Seite 42</b>
<b>PCIe-4.0-Grafikkarten Radeon RX 5700 und RX 5700 XT .....</b>	<b>Seite 92</b>

## Mit bis zu 12 Kernen und Zen-2-Architektur übertrumpfen die 7-nm-Prozessoren AMD Ryzen 3000 Intels Core-i-9000-Serie. Zusammen mit dem neuen X570-Chipsatz liefern die neuen CPUs PCI Express 4.0, wovon rasend schnelle SSDs und Grafikkarten profitieren.

Von Christian Hirsch

**M**it der dritten Generation der Ryzen-Prozessoren will AMD nicht nur die Performance-Krone zurückholen, sondern auch die Technologie-Führerschaft von Intel übernehmen. Überarbeitete Rechenwerke, größere Caches sowie ein heterogenes Chipdesign sollen die bisherigen Schwachstellen ausmerzen, sodass die Ryzen 3000 Intels Core-i-9000-Prozessoren nun auch bei der Singlethread-Leistung hinter sich lassen. Ob das bei 3D-Spielen geklappt hat, lesen Sie auf Seite 42.

Zudem hält mit Ryzen 3000 erstmals PCI Express 4.0 in Desktop-PCs Einzug, was das Schnittstellentempo von Grafikkarten und SSD verdoppelt. Die erste SSD sowie die Gaming-Grafikkarten Radeon 5700 und 5700 XT mit PCIe 4.0 haben wir auf Seite 55 und 92 getestet.

Die von uns getesteten Prozessoren Ryzen 9 3900X mit 12 und Ryzen 7 3700X mit 8 Kernen eignen sich für professionelle Anwendungen wie Rendering und Videoschnitt. Preiswerter sind die Ryzen 5 mit sechs Kernen, welche für Allround-PCs und Gaming-Rechner ausreichen.

### Mehr Chips für mehr Kerne

Bei den AM4-Prozessoren Ryzen 3000 „Matisse“ hat AMD den Aufbau fundamental geändert und verwendet nun ein sogenanntes Chiplet-Design: Unter dem Heatspreader sitzen ein I/O-Die sowie je nach Kernanzahl des Prozessors ein oder zwei CPU Core Die(s) (CCD) mit jeweils acht Kernen. Letztere bestehen wiederum aus je zwei CPU Core Complexes (CCX) à vier Kernen. Die CCDs stammen vom taiwanischen Auftragsfertiger TSMC, der sie in 7-nm-Technik fertigt. Mit 74 mm<sup>2</sup> Fläche sind sie deutlich kleiner als die bisherigen Ryzen-Acht-Kern-Dies (213

Die Zahl der Transistoren hat von 4,8 auf 3,9 Milliarden abgenommen, weil ein Teil der Funktionen ins I/O-Die gewandert ist.

Die Größe des Level-2-Caches bleibt unverändert, jedem Kern stehen 512 KByte zur Verfügung. AMD hat den Level-3-Cache pro CCX auf 16 MByte verdoppelt, der als Opfer-(Victim)-Cache Daten aufnimmt, die aus dem L2 verdrängt wurden.

Die CCXes kommunizieren per Infinity Fabric mit dem I/O-Die. Diese Hochgeschwindigkeitsschnittstelle kommt bereits seit den ersten Ryzen-CPU und den Server-Prozessoren Epyc zum Einsatz. Der Datenaustausch zwischen den CCXes läuft immer über das I/O-Die, selbst wenn diese auf dem gleichen CCD liegen. Das hat den Vorteil, dass die Latenzen beim Speicherzugriff und bei der Inter-Kern-Kommunikation identisch sind.

Alle übrigen Prozessorfunktionen stecken im I/O-Die, das bei GlobalFoundries in 12-nm-Strukturgröße vom Band läuft. Es besteht unter anderem aus einem DDR4-Speicher-Controller mit zwei Kanälen, einem PCI-Express-Root-Hub mit 24 PCIe-4.0-Lanes sowie einem Control-

ler für vier USB-3.2-Gen-2-Ports (10 GBit/s). Zwei der PCIe-Lanes können für M.2-SSDs oder SATA-Anschlüsse als SATA-6G-Leitungen arbeiten.

Sofern nur ein Modul im Speicherkanal steckt, erlaubt AMD bei Ryzen 3000 DDR4-3200. Erste DIMMs, die dieses Tempo mit JEDEC-konformen Timings bei 1,2 Volt Spannung schaffen, gibt es seit April von Crucial zu kaufen. Höhere Geschwindigkeiten fallen unter Overclocking.

Beim X570-Chipsatz hat AMD Entwicklungsressourcen gespart und verwendet dafür einfach eine 14-nm-Version des I/O-Dies mit stillgelegtem Speicher-Controller. Er kommuniziert über vier PCIe-4.0-Lanes mit dem Prozessor. Er stellt für Erweiterungssteckplätze und PCI-Express-Chips acht PCIe-4.0-Lanes, für SSDs und Festplatten vier SATA-Ports und für Peripheriegeräte acht USB-3.2-Gen-2 (10 GBit/s) sowie vier USB-2.0-Ports bereit. Darüber hinaus gibt es acht Leitungen, die die Board-Hersteller flexibel für PCIe 4.0 oder SATA 6G nutzen können, beispielsweise um damit beide Typen von M.2-SSDs anzubinden.

### Architektureinblick

AMD verspricht für die Zen-2-Architektur von Ryzen 3000 im Vergleich zu Zen 1 ein Leistungsplus von 15 Prozent, wenn man die Instruktionen pro Zyklus (Instructions per Clock, IPC) vergleicht. Dies erreicht der Chiphersteller durch den bereits angesprochenen größeren L3-Cache sowie durch Änderungen innerhalb der Kerne.

Bereits bei Zen 1 hatte AMD den Op-Cache recht großzügig ausgelegt [1]. Er



Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020



# SSD-Roundup

## Zehn schnelle SSDs mit SATA- und PCIe-Schnittstelle

**Flash-Speicher wird nicht nur immer schneller, sondern auch immer sparsamer – versprechen zumindest die Hersteller. Immer günstiger werden SSDs auch, sogar die schnellen Modelle mit PCIe-Schnittstelle.**

Von Lutz Labs

**3**D-TLC-NAND, in dreidimensionaler Bauweise gefertigter Flash-Speicher mit drei Bit Speicherkapazität pro Zelle, ist der aktuelle Speicher für moderne SSDs. Das ältere und teurere MLC-NAND

kommt nur noch in wenigen SSDs zum Einsatz und das günstigere QLC-NAND mit vier Bit Speicherkapazität pro Zelle ist noch recht selten (c't 11/2019, S. 86).

So nutzen dann auch alle zehn SSDs in diesem Prüfstand TLC-NAND. Dabei sind die SATA-SSDs Micron 1300 und die Verbatim Vi550 S3 sowie zwei besondere Vertreter dieser Klasse: die Seagate Ironwolf 110 SSD für NAS-Systeme und Teamgroups T-Force Delta Phantom Gaming RGB SSD, die auf Wunsch PC-gesteuert mittels RGB-LEDs leuchtet. Die PCIe-SSDs im Test: Adata Gammix S11 Pro, Patriot Viper VPN100 PCIe m.2 SSD, Seagate Firecuda 510, Transcend PCIe SSD 220S und die beiden WD-Modelle Black SN750 und Blue SN500; alle im M.2-For-

mat mit 22 Millimeter Breite und 80 Millimeter Länge (2280).

### SATA versus PCIe

In der Theorie ist eine SSD mit PCIe-Schnittstelle wesentlich schneller als eine mit SATA-Interface: Statt maximal 600 MByte/s erreicht die PCIe-Schnittstelle beim Anschluss mit vier PCIe-3.0-Lanes brutto fast 4 GByte/s. Diesen Unterschied dürfte man in der Praxis jedoch nur beim Kopieren großer Datenmengen oder beim Speichern etwa eines Videoprojektes bemerken.

Wichtiger für die gefühlte Beschleunigung gegenüber einer mechanischen Festplatte ist die Reaktionszeit der Datenträger: Während eine Festplatte ja erst einmal den Lesekopf in Position bringen und dann durchschnittlich eine halbe Umdrehung warten muss, bis die richtigen Daten unterm Lesekopf vorbeifliegen, liegt diese Latenz bei einer SSD nur bei einigen Dutzend Microsekunden.

Beim Start eines Betriebssystems oder eines großen Programmpaketes fordert dies viele kleine Dateien an, die bei einer Festplatte weit über deren Oberfläche verteilt liegen können. SSDs liefern die Daten deutlich schneller. Doch ob eine



### Adata Gammix S11 Pro

Der große rote Kühlkörper der Adata Gammix S11 Pro soll die Temperatur der SSD um bis zu 10 Grad verringern. Im Test klappte das auch recht gut, die SSD hielt die Maximalgeschwindigkeit von mehr als 3,5 GByte/s über den Testzeitraum von einer Minute.

Auch bei Lesezugriffen auf zufällige Adressen reiht sich die SSD vorn ein. Zwar liegt der Spitzenwert bei maximaler Anforderungstiefe von 256 bei nur 400.000 IOPS, aber bei nur einer gleichzeitigen Anforderung sind es bereits gute 15.000 IOPS.

- ↑ sehr schnell
- ↑ hohe IOPS-Werte
- ↓ nicht für Notebooks

auch nur bei umfangreichen Kopieraktionen eine Rolle spielen.

Auch Angaben zum Schreibbeschleuniger DRAM finden sich in den Datenblättern immer seltener. Üblich sind 1 GByte DRAM-Cache pro Terabyte NAND-Flash. Durch Messsoftware lässt sich dies nicht überprüfen, allenfalls durch Inaugenscheinnahme der DRAM-Chips auf den Platinen. Diese liegen jedoch vor allem bei den schnellen PCIe-SSDs häufig unter Kühlkörpern oder Wärmeleitstreifen, sodass wir auch so die Größe nicht feststellen konnten.

schnelle SATA-SSD bei Benchmarks nun bis zu 100.000 Input/Output Operations Per Second (IOPS) erreicht oder eine richtig schnelle PCIe-SSD mehr als 700.000: Das spielt in der Praxis keine große Rolle. Denn so viele Dateien gleichzeitig fordern weder Betriebssystem noch Programme an. Laut einer internen Untersuchung von Intel liegt die durchschnittliche Anfragetiefe (Queue Depth, QD) auf den Desktop-PCs der Mitarbeiter bei 2.

Auch die Startzeit des Betriebssystems verkürzt sich durch den Einsatz einer PCIe-SSD nicht, eher umgekehrt: Bei der notwendigen Initialisierung der PCIe-SSD trödelt manches BIOS etwas herum.

Für Arbeitsplatz-PCs mit eher einfachen Aufgaben ist der Kauf einer PCIe-SSD meistens noch rausgeschmissenes Geld. Erst wenn der Rechner häufig mit schwierigeren Aufgaben wie Videoschnitt oder Bildverarbeitung beschäftigt ist, lohnt sich der Einbau einer schnelleren SSD.

Wer jedoch einen sauberen Systemaufbau bevorzugt, könnte bereit sein, den Mehrpreis für die kabellos angebundene SSD zu bezahlen – zudem gleichen sich die Preise für SATA- und PCIe-SSDs immer weiter an. Bestes Beispiel dafür ist die Patriot Viper VPN100 aus diesem Test, die mit einem GByte-Preis von rund 13,4 Cent bereits günstiger ist als so manche schnelle SATA-SSD.

### Cool bleiben

Vor allem die schnellen PCIe-SSDs heizen sich bei lang anhaltenden Schreibzugriffen stark auf. Auf einigen Mainboards sind sogar Kühler integriert, die die Wärme von den M.2-SSDs abführen sollen.

Die SSD-Hersteller setzen immer häufiger auf eigene Lösungen zur Wärmeabfuhr, etwa eine Kupferfolie statt eines

einfachen Aufklebers. Adata und Patriot nutzen Kühlkörper aus Aluminium, die den Einbau in Notebooks unmöglich machen. Patriots Viper erhöht den Aufbau auf der Oberseite sogar auf insgesamt 10 Millimeter – damit aber kann die SSD ihre hohe Leistung auch länger halten. In der Praxis nützt das aber nur dann etwas, wenn tatsächlich oft sehr viele Daten übertragen werden.

### Flash-Beschleuniger SLC-Cache und DRAM

TLC-Flash ist zwar schneller als das neuere QLC-Flash, beim Schreiben jedoch im Vergleich zu MLC- oder gar SLC-Flash eher langsam. Daher nutzen die Hersteller den Trick, einen Teil der TLC-Zellen in einen schnelleren Modus zu schalten, den sogenannten SLC-Cache. Darin speichern die Zellen statt drei Bit jeweils nur eins, aber das geht wesentlich schneller. Hat die SSD gerade nichts zu tun, verschiebt sie die Daten in die langsameren Zellen.

Bei unseren sequenziellen Benchmarks schreiben wir eine Minute lang auf die SSD. Bei SATA-SSDs beträgt die Datenmenge damit rund 30 GByte (60 Sekunden à 500 MByte/s), bei PCIe-SSDs mit ihrer maximal sechsfachen Geschwindigkeit bis zu 180 GByte. Solch große SLC-Caches haben nur wenige Modelle, die anderen schreiben bei Dauerbelastung also langsamer: Der SLC-Cache ist dann voll, die Daten landen direkt im langsameren TLC-Flash.

Die Größe des SLC-Caches variiert. Während der eine Hersteller einen festen Prozentsatz der Gesamtkapazität dafür reserviert, nutzen andere einen prozentualen Anteil der freien Kapazität. Herstellerangaben dazu haben wir bei keiner SSD gefunden, in der Praxis dürfte die Größe

## PCIe- und SATA-SSDs – Benchmarks

	seq. Transformaten schreiben/lesen1 [(MByte/s)]	IOPS lesen QD=1/32	IOPS schreiben QD=1/32	Leistungsaufnahme3 [W]
	besser ▶	besser ▶	besser ▶	◀ besser
Adata Gammix S11 Pro	2950/3533	15451/239354	36534/282184	2,9/5,9/7
Micron 1300	534/536	10334/95981	29352/86139	0,1/1,1/2,2/2
Patriot Viper VPN100 PCIe m.2 SSD	3051/3469	12705/267952	37271/313184	2,7/7,4/7
Seagate Firecuda 510	2519/3458	10223/230999	36480/314969	2,6/7,5/7,7
Seagate Ironwolf 110 SSD	538/565	7598/95540	24131/85878	1,1/1,4/1,4/1,4
Teamgroup T-Force Delta Phantom	515/563	7233/89252	15738/83776	0,9/0,9/2,2/2,4
Transcend SSD PCIe SSD 220S	2062/3579	15414/182888	35500/239582	2,8/5,8/6,3
Verbatim V550 S3	511/535	9975/70679	23825/82833	0,2/0,4/0,9/0,8
WD Black SN750	2028/3451	8606/220119	34727/248374	3,4/6,1/6,7

## Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020

1 gemessen mit IOmeter, Blockgröße 128 KiByte, 2 gemessen mit CrystalDiskMark, Blockgröße 1 KiByte, Messungen mit 6 GiByte großen Dateien, 3 mit ILM/Powermeter verbunden, 4 PCIe-SSDs ohne LPM



# Die Qual der Pixelwahl

## Ein Leitfaden zum Grafikkartenkauf

**Grafikkarten haben viele Kenngrößen, die bekanntesten sind wohl die Anzahl der Gigabytes und der Herstellername. Wir beleuchten die wichtigsten Kriterien näher, damit Sie für Sie die beste Grafikkarte finden. Diese muss übrigens nicht gleich ein kleines Vermögen kosten.**

Von Carsten Spille

Egal ob der neue 4K-Bildschirm am Rechner angeschlossen wird oder die aktuellen Blockbuster-Spiele mit durchgehend 144 Bildern pro Sekunde zum hochauflösenden Gamer-Display gejagt

werden: Immer ist eine Grafikeinheit maßgeblich daran beteiligt.

In dieser Kaufberatung erläutern wir zunächst die Kriterien für die Grafikkartenauswahl auch abseits von Gaming-Aspekten. Danach geht es an konkrete Empfehlungen in den verschiedenen Preisklassen – je nach Vorliebe können Sie also zu den entsprechenden Abschnitten im Artikel springen. Integrierte Grafik, Workstation-Boliden sowie Besonderheiten für Linux-Nutzer haben wir der Übersichtlichkeit zuliebe in Extrakästen ausgelagert.

### GeForce, Radeon oder Intel?

Seit einigen Jahren teilen Nvidias GeForce- und AMDs Radeon-Karten den Markt unter sich auf: Bei GeForce sind dies die RTX-2000- respektive GTX 1600-Reihen,

bei Radeon die RX 5000. Auch in den jeweiligen Vorgänger-Generationen GeForce GT(X) 1000 und Radeon RX 400/500 sowie Vega finden sich viele interessante Modelle. Generell gilt: AMD hält im Preisbereich bis 400 Euro gut mit, darüber hat Nvidia keine Konkurrenz.

Erst 2020 erwarten wir nach über 20 Jahren Abstinenz die ersten X<sup>e</sup>-Grafikkarten von Intel.

Die Kosten beginnen bei rund 80 Euro für Einsteigergrafikkarten mit sehr niedriger 3D-Leistung. Diese sind etwa dann interessant, wenn die bisherige Grafikkarte das neue, hochauflösende 4K-Display nicht mehr ergonomisch ansteuern kann. Ab circa 140 Euro gibt es Gaming-Karten mit genug Leistung für die meisten Titel in Full-HD-Auflösung.

Fühlbar mehr Reserven kosten dann allerdings schon deutlich mehr. Wer etwa die WQHD-Auflösung mit  $2560 \times 1440$  Pixeln für 27-Zöller und Bildraten durchweg oberhalb von 60 fps anvisiert, muss schon über 300 Euro investieren, sofern er nicht in aktuellen Blockbuster-Titeln auf einige Details verzichten will. Wer in Ultra HD spielen will, muss noch viel tiefer in die Tasche greifen, wenn er die Reserven des Displays ausreizen will – speziell dann, wenn zusätzlich HDR und eine hohe Bildrate von 144 oder gar 240 Hertz zum Einsatz kommen sollen.

### Systemvoraussetzungen

Wer sich eine neue Grafikkarte kauft, sollte ein paar Voraussetzungen im Hinterkopf behalten, die speziell beim Aufrüsten älterer Rechner häufig übersehen werden.

Aktuelle Grafikkarten sind durchweg mit einem PCI-Express-Anschluss ausgestattet. Moderne RX-5000-Radeons beherrschen dabei die schnellere Protokollversion 4, aktuelle GeForce setzen noch auf PCIe 3.0 – beide sind abwärtskompatibel zu PCIe 2.0 und theoretisch auch zum sehr alten PCIe 1.1. Den sogenannten PEG-Steckplatz (PCI Express for Graphics) mit 16 Lanes haben allerdings nicht alle Rechner. Speziell bei besonders kleinen Gehäusen oder OEM-Rechnern lohnt sich deshalb vor dem Grafikkartenkauf ein Blick ins Datenblatt oder ins Gehäuse.

Ebenfalls sollte man vor dem Kauf die Stromversorgung klären, da sonst mindestens ein neues Netzteil fällig wird: Bis zu 75 Watt fließen über den Steckplatz zur Grafikkarte, leistungsfähigere Exemplare müssen über sechs- respektive achtadrige Kabel vom Netzteil mit zusätzlicher Leistung versorgt werden. Die schnellsten 75-Watt-Karten, also solche, die ohne Zusatzanschluss vom Netzteil auskommen, sind zurzeit die GeForce-GTX 1650-Modelle.

Außerdem zu beachten: die Treiber. Ohne passenden Grafikkartentreiber bekommt man oft nur eine Diashow zu sehen: Wenn Windows den standardmäßigen „Microsoft Basic Display Adapter“ eingerichtet hat, zeigt die Grafikkarte zwar den Windows-Desktop an, aber schon das Verschieben von Fenstern oder das Scrollen im Browser ist hakelig, Videos laufen entweder ruckelig oder gar nicht, an 3D-Spiele ist nicht zu denken.

AMD und Nvidia bieten auf ihren Websites häufig aktuelle Treiberpakete an. In denen 2D-, 3D- und

Videounterstützung sowie einige mehr oder weniger nützliche Begleitprogramme, Aufhübsch-Funktionen und Kontrollpanele enthalten sind. Seit einiger Zeit werden diese Pakete jedoch nur noch für die 64-Bit-Version von Windows gepflegt. Sofern Sie Ihren Rechner aufrüsten oder eine 32-Bit-Lizenz für das Microsoft-Betriebssystem haben, lauert hier die erste Fußangel: An einem 64-Bit-Windows geht für Spieler kein sinnvoller Weg vorbei.

### Bildschirmanschlüsse

Zu Zeiten, in denen man einen UHD-Bildschirm mit  $3840 \times 2160$  Pixeln bereits für knapp über 200 Euro bekommt, ist die Verlockung groß, dem (heimischen) Desktop mehr Platz zu gönnen: Hochauflösende Bilder und Filme kommen besser zur Geltung und optional macht die Hochkontrastdarstellung HDR das Geschehen am Bildschirm noch ein Stück lebens echter. Doch um so ein Display möglichst ergonomisch mit mindestens 60 Bildern pro Sekunde anzusteuern, muss die Grafikeinheit digitale Monitoranschlüsse ab DisplayPort 1.2 oder HDMI 2.0 haben.

Zwar reichen 30 Hz Bildwiederhol frequenz für die Wiedergabe von Kinofilmen, doch schon das Fensterschubsen oder das genaue Positionieren des Mauszeigers in der Bildbearbeitung gerät zu einer anstrengenden Angelegenheit. Noch geschmeidiger wird die 2D-Darstellung mit flinken Monitoren, die auch die Windows-Oberfläche dank 120 Hertz angenehmer bedienbar machen.

Altmodische Schnittstellen wie DVI oder gar das analoge VGA über D-Sub15-Buchse sollte man meiden. Analoge Signale braucht es höchstens noch bei Retro-Systemen oder veralteten Beamern und

auch DVI ist in seiner einfachen, verbreiteten Ausbaustufe bei knapp über Full HD, nämlich  $1920 \times 1200$ , an seiner Grenze angelangt. Nur das seltenere Dual-Link-DVI schafft es, auch  $2560 \times 1600$  Bildpunkte 60 mal pro Sekunde aufzufrischen, kann also auch die WQHD-Auflösung ergonomisch ausgeben.

Seit der DisplayPort-Ausbaustufe 1.2 reicht die Bandbreite aus, um 4K-Bildschirme mit mindestens 60 Hertz ergonomisch anzusteuern.

### Streaming und Video

Ein möglicher Grund für die Anschaffung einer neuen Grafikkarte ist die Videowiedergabe. Spezialisierte Schaltkreise im Grafikkchip nehmen dem Prozessor den allergrößten Teil der Dekodierarbeit bei modernen Videocodern ab – ältere Coders wie DivX, H.264 und Microsofts VC-1 laufen quasi nebenbei. So steht ruckelfreiem Film- und Seriengenuss auch in hohen Auflösungen nichts mehr im Wege.

Auch zu den für Video-Streaming-Dienste wie Netflix nötigen Kopierschutz-Techniken wie Microsofts Digital-Rights-Management-Standard Playready 3.0 SL3000 und HDCP 2.2 sind moderne Grafikkchips kompatibel. Allerdings muss auch das Display HDCP 2.2 unterstützen sein. Speziell für Nvidia gilt, dass Netflix in 4K erst ab 3 GByte Grafikspeicher funktioniert – AMDs Radeons ab der 400er-Reihe und Intels integrierte Prozessorgrafik ab der Core-i-7000-Generation kennen diese Einschränkung nicht.

Spieler und Streamer, die selbst einen Stream etwa auf YouTube oder Twitch stellen, freuen sich über die Video-Encoder des Grafikkchips. Mit ihnen ist das rechenaufwendige Umwandeln des Daten-



Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020



# Luxus-Ryzen

## X570-Mainboards für Gamer und Profis

**Mainboards für Ryzen 3000 mit X570-Chipsatz heben sich durch umfangreiche Ausstattung und mehrere Steckplätze für leistungsstarke Grafikkarten und schnelle SSDs von der Masse ab. Allerdings läuft nicht jeder aktuelle AMD-Prozessor in ihnen.**

Von Christian Hirsch

Die Ryzen-3000-Prozessoren bringen nicht nur einen erheblichen Performance-Sprung, sondern auch deutlich schnellere Schnittstellen für Grafikkarten, Solid-State Disks und externe USB-Geräte. Um alle Funktionen wie beispielsweise PCI Express 4.0 nutzen zu können, benötigt man ein Mainboard mit der CPU-Fassung AM4 und dem neuen High-End-Chipsatz X570. Für den Test haben wir vier Boards ausgewählt: Das Asrock X570 Taichi ist mit einem WLAN-Modul ausge-

stattet, das bereits nach dem neuen Wi-Fi-6-Standard funkt. Das Asrock-Board kostet wie das Asus Pro WS X570-Ace rund 300 Euro. Letzteres soll mit ECC-RAM und U.2-Anschluss für NVMe-SSDs vor allem Profi-Nutzer ansprechen. Preiswerter sind das Gigabyte X570 Aorus Pro und MSI MPG X570 Gaming Edge WIFI, die sich mit Kosten von 265 und 200 Euro für den Bau von Gaming- und leistungsstarken Allround-PCs eignen.

Zur umfangreichen Ausstattung der Boards zählen jeweils vier DIMM-Slots für bis zu 128 GByte Arbeitsspeicher, mindestens zwei PEG-Slots für Grafikkarten sowie zwei oder mehr M.2-Steckplätze für schnelle NVMe-SSDs. Mitgelieferte Kühlbleche sollen die Kärtchen vor dem Überhitzen bewahren. Bei den bisher vorgestellten PCI-Express-4.0-SSDs sind diese aber überflüssig, weil Gigabyte und Corsair auf ihre Flash-Speicher bereits dicke Kühlblöcke packen (siehe S. 56).

Von preiswerteren AM4-Boards mit B450-Chipsatz für unter 100 Euro heben sich die X570-Platinen unter anderem durch aufwendigere Audio-Schaltungen ab. Allesamt setzen die Hersteller dabei auf den Realtek-ALC1220-Chip, der einen Signal-Rausch-Abstand von 108 dB und höher bietet. Mit Ausnahme des Asus-Boards für Workstations sitzen auf allen Testkandidaten die inzwischen obligatorischen Anschlüsse für RGB-LED-Leuchtbänder. Mehr Nutzwert bieten die Diagnose-LEDs, die bei Problemen mit CPU, RAM, Grafikkarte oder dem Boot-Device einen Hinweis auf die Ursache geben.

### Nichts für Billig-CPUs

Die getesteten Boards nehmen zwar physisch alle Prozessoren mit der Fassung AM4 auf, darin laufen aber nur die modernen Ryzen-Prozessoren aus der Anfang Juli vorgestellten Serie 3000 „Matisse“ und deren Vorgänger Ryzen 2000 „Pinnacle Ridge“ von 2018. Ältere CPUs wie Ryzen 1000 „Summit Ridge“ und die Billigchips der Serie A „Bristol Ridge“ starten mangels Firmware-Unterstützung durch AMD nicht auf Hauptplatinen mit X570-Chipsatz.

Für die Kombiprozessoren mit Vega-Grafik gilt Ähnliches: Die Ryzen 2000G sowie die preiswerten Athlon 200G „Raven Ridge“ mit Zen-Rechenwerken booten nicht in X570-Boards. Will man Quad-Cores mit integrierter GPU betreiben, muss man deshalb einen Ryzen 3

3200G oder Ryzen 5 3400G kaufen, die die überarbeitete Zen+-Architektur verwenden (siehe S. 44).

Aus unserer Sicht lohnt es jedoch nicht, Systeme mit Kombiprozessor und X570-Board zu bauen. Erstens haben die Athlon- und Ryzen-G-CPU weniger PCIe-Lanes und können kein PCI Express 4.0, sodass Board-Funktionen brachliegen. Zweitens haben die getesteten Platinen meist nur einen einzelnen HDMI-Anschluss, während die Vega-Grafik bis zu drei Displays ansteuern kann. Hier verschenkt man wiederum Fähigkeiten des Prozessors. Dennoch sollte man die Beschränkung im Kopf behalten, wenn man nur mal eben schnell für Funktionstests einen günstigen Athlon einbaut.

### Flaschenhals aufgeweitet

Mit Ryzen 3000 und dem X570-Chipsatz hat AMD bei der AM4-Plattform kaum einen Stein auf dem anderen gelassen: Alle PCIe-Lanes der CPU und des auch als Platform Controller Hub (PCH) bezeichneten Chipsatzes arbeiten nun im PCI-Express-4.0-Modus. Erste SSDs und Grafikkarten sind damit bereits erhältlich, wie zum Beispiel die Radeon RX 5700. Die Schnittstelle ist abwärtskompatibel – Geräte mit älteren PCIe-Versionen laufen problemlos in X570-Mainboards.

Verwendet man einen Ryzen 2000 auf einem X570-Board, arbeiten die PCIe-Leitungen des Chipsatzes weiter im PCIe-4.0-Modus. Weil aber die Anbindung an den Prozessor auf PCIe-3.0-Geschwindigkeit zurückschaltet, ergeben sich keine Vorteile zu einem Ryzen-2000-System mit B450- oder X470-Mainboard.

Alle Ryzen-Prozessoren enthalten neben einem PCIe Root Hub weitere Controller für Chipsatz-Funktionen wie USB und SATA 6G. Bei Ryzen 3000 wurden diese zusammen mit dem Speicher-Controller auf einen separaten Chip (I/O-Die) im Prozessor ausgegliedert (siehe S. 36).

Die vier USB-Ports lieferten bis einschließlich Ryzen 2000 5 GBit/s (SuperSpeed). Dieses Tempo entspricht USB 3.0 beziehungsweise USB 3.1 Gen 1 beziehungsweise USB 3.2 Gen 1. Mit Ryzen 3000 verdoppelt sich die USB-Geschwindigkeit an der CPU auf 10 GBit/s, was auch als USB 3.1 Gen 2 beziehungsweise USB 3.2 Gen 2 bezeichnet wird. In den Handbüchern der Board-Hersteller sowie an den Beschriftungen stehen meist die falschen

über die Fähigkeiten der neuen Prozessoren informiert.

Der X570-Chipsatz ist kein direkter Nachfolger des X470, sondern eine komplette Neuentwicklung. Um Ressourcen zu sparen, verwendet AMD dafür einfach eine 14-nm-Variante des I/O-Dies aus den Ryzen 3000 mit stillgelegtem Speicher-Controller. Der Chipsatz stellt für Erweiterungssteckplätze und PCI-Express-Chips acht PCIe-4.0-Lanes, für SSDs und Festplatten vier SATA-Ports und für Peripheriegeräte acht USB-3.2-Gen-2- (10 GBit/s) sowie vier USB-2.0-Ports bereit. Darüber hinaus gibt es acht Leitungen, die die Board-Hersteller flexibel für PCIe 4.0 oder SATA 6G nutzen können, beispielsweise, um damit beide Typen von M.2-SSDs anzubinden.

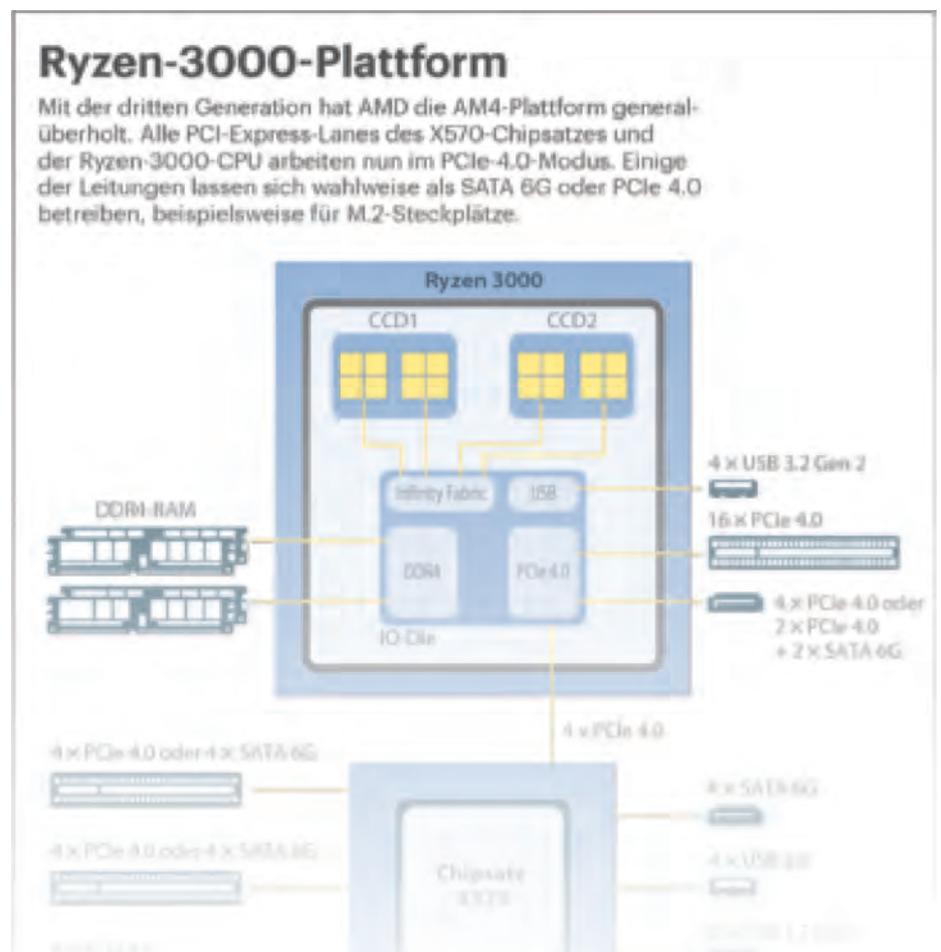
Dank PCI Express 4.0 verdoppelt sich die Anbindung des Chipsatzes zur CPU von 4 auf 8 GByte/s pro Richtung. Stellvertretend für die X570-Plattform haben wir mit dem Gigabyte X570 Aorus Pro untersucht, wo der Durchsatz in der Praxis liegt. Die kombinierte Transferrate

einer am Chipsatz angebotenen Grafikkarte, einer PCIe-4.0-SSD sowie vier SATA-6G-SSDs lag bei 6,3 GByte/s. PCIe 4.0 bringt somit auch dann Vorteile, wenn man lediglich eine PCIe-3.0-SSD verwendet und gleichzeitig auf SATA-Laufwerke und aufs Netzwerk zugreift. Bei Serie-400-Boards schöpfen schnelle PCIe-3.0-SSDs die Anbindung zur CPU bereits allein voll aus.

### Speicherspezialitäten

Für die Tests haben wir die X570-Boards mit der AM4-CPU Ryzen 9 3900X bestückt. Die zwölf Kerne takten mit bis zu 4,6 GHz und dürfen mit einer Thermal Design Power von 105 Watt laut AMD bis zu 142 Watt verheizen. Sie belastet deshalb die Spannungswandler auf dem Mainboard stärker. Weil der Ryzen 9 3900X keine GPU enthält, übernahm eine sparsame Nvidia GeForce GT 1030 die Grafikausgabe.

Bei Ryzen 3000 hat AMD unter anderem den RAM-Controller überarbeitet. Sofern nur ein Modul pro Kanal steckt,



Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020



# Need for Speed

## Ryzen 3000 übertakten

**Für die Ryzen-Prozessoren der dritten Generation hat AMD seiner Overclocking-Software neue Übertaktungsmodi spendiert. Die sind notwendig, weil nicht mehr jeder CPU-Kern gleich hochtaktet.**

Von Christian Hirsch

Die Ryzen-3000-Prozessoren arbeiten dank überarbeiteter Rechenwerke und kleinerer Strukturgrößen schneller und effizienter als die Vorgänger Ryzen 2000 und als Intels aktuelle CPUs der Serie Core i-9000. Alle Ryzen 3000 lassen sich aber auch noch übertakten, wenn noch höhere Leistung erwünscht ist. Voraussetzung ist lediglich ein AM4-Main-

board mit B450-, X470- oder X570-Chipsatz. Auf älteren B350- und X370-Boards funktioniert das Overclocking nur eingeschränkt, beim Billig-Chipsatz A320 schiebt AMD dem Übertakten einen Riegel vor.

Derzeit sind fünf Ryzen-3000-Prozessoren mit sechs, acht und zwölf Kernen erhältlich, später folgt noch der Sechzehnkerner Ryzen 9 3950X. Für die Tests haben wir die aus Preis-Leistungs-Sicht empfehlenswertesten CPUs Ryzen 5 3600 mit sechs, Ryzen 7 3700X mit acht und Ryzen 9 3900X mit zwölf Kernen ausgewählt. Als Plattform diente das X570-Mainboard Gigabyte X570 Aorus Master mit 16 GByte DDR4-3200-RAM und einer Grafikkarte vom Typ Nvidia GeForce GT 1030. Um auszuschließen, dass die Prozessoren überhitzen und deswegen ihre Taktfrequenz und Performance dros-

seln, haben wir eine leistungsstarke Wasserkühlung mit zwei kräftigen 12-cm-Lüftern auf die CPUs geschnallt.

### Leistungslimits

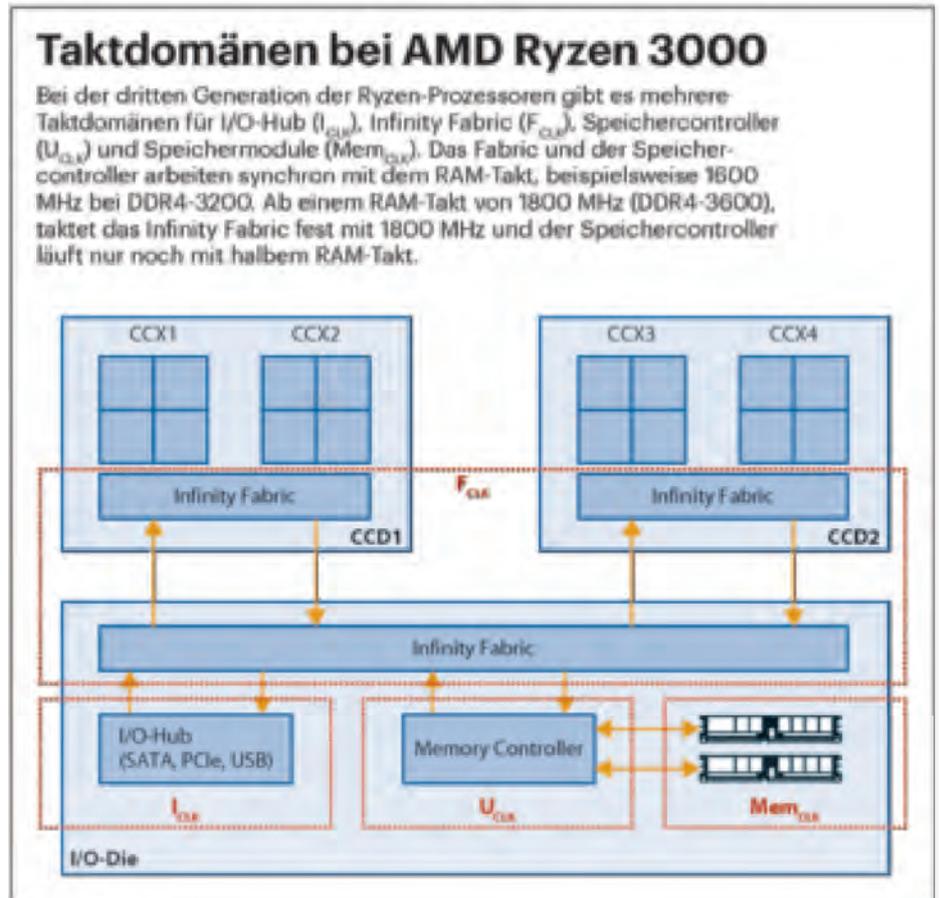
Der Ryzen 5 3600 und Ryzen 7 3700X haben eine Thermal Design Power (TDP) von 65 Watt. In der Praxis erlaubt AMD ihnen jedoch etwas mehr Spielraum, denn sie dürfen vom Mainboard bis zu 88 Watt abfordern. Bei der 105-Watt-CPU Ryzen 9 3900X beträgt das auch Package Power Tracking (PPT) genannte Limit 142 Watt. Auch wer keine Overclocking-Ambitionen hegt, sollte beim Bau eines Ryzen-Rechners deshalb auf einen entsprechend leistungsfähigen Kühler achten. Sonst besteht das Risiko, dass die CPU sich auf die Drosseltemperatur von 95 °C aufheizt und ihren Turbo nicht mehr voll ausschöpft. Des Weiteren gibt es Grenzwerte für die Stromstärke (Thermal Design Current, TDC) und Stromspitzen (Electrical Design Current, EDC), die die Spannungswandler auf dem Board schützen sollen.

Die maximale Turboaktfrequenz des Ryzen 9 3900X beträgt 4,6 GHz. Einen Anspruch auf diesen Boost hat man im Unterschied zum Basistakt von 3,8 GHz jedoch nicht. Wie hoch der Prozessor unter Last taktet, hängt außer vom ver-

wendeten Kühler noch von weiteren Faktoren ab: Wie viele Kerne nutzt die Anwendung und kommt beispielsweise anspruchsvoller AVX-Code (Advanced Vector Extensions) zum Einsatz, der die Recheneinheiten wesentlich stärker belastet als einfache Integer-Berechnungen. Diese Vektorbefehle verwenden unter anderem moderne Rendering-Programme wie Blender und Cinema 4D [1]. Stößt die CPU an einen der drei genannten Grenzwerte, reduzieren die Ryzen 3000 ihren Takt. Diese dynamische Anpassung erfolgt 1000-mal pro Sekunde, damit sich verzögerungsfrei die maximal mögliche Performance abrufen lässt.

Weil es bei den Ryzen 3000 keine festen Turbostufen gibt, haben wir auf dem Ryzen 9 3900X mit Prime95 Last auf 1 bis 24 Thread erzeugt und jeweils die Taktfrequenz der arbeitenden Kerne gemessen. Bei bis zu zwei Prime95-Thread(s) taktete die CPU mit rund 4,5 GHz. Anschließend reduzierte sich die Taktfrequenz mit jedem neuen Thread, weil die CPU bereits die zulässigen 140 Ampere für die Stromspitzen (EDC) ausschöpfte. Der Takt lag bei Last auf 7 bis 11 Threads bei ungefähr 4,2 GHz. Ab 12 Threads betrug er nur noch rund 4,05 GHz, weil nicht mehr jedem Thread ein physischer Kern exklusiv zur Verfügung stand. Mit Last auf 20 bis 24 logischen Kernen pendelte sich der Takt bei knapp unter 3,9 GHz ein, weil der Ryzen 9 3900X dabei sein PPT-Budget von 142 Watt voll ausreizte.

Bei den Ryzen 3000 gibt es zudem eine wesentliche Änderung im Taktverhalten: Nicht jeder Kern kann den maximalen Boost-Takt erreichen. Stattdessen sind die einzelnen Kerne von AMD selektiert, was man zum Beispiel mit dem Overclocking-Tool Ryzen Master auslesen kann. Um herauszufinden, mit welchem Takt die Kerne jeweils im unübertakteten Zustand maximal laufen, haben wir sie nacheinander einzeln belastet. Während die sechs Kerne des ersten CCD zwischen 4,525 und 4,575 GHz schaffen, blieben die maximalen Taktfrequenzen des zweiten CCDs mit 4,350 und 4,400 GHz im Schnitt 175 MHz darunter. AMD kombiniert beim Zwölfkerner also Halbleiter-Dies unterschiedlicher Qualität. In der Praxis wirkt sich das aber kaum aus, weil der überarbeitete Scheduler von Windows 10 1903 zusammen mit dem AMD-Chipsatztreiber laufende Threads von den langsameren Ryzen-Kernen zuordnet (siehe S. 36).



## Übertaktungsautomatik

Die mit den Vorgängern eingeführte Overclocking-Funktion Precision Boost Overdrive (PBO) gibt es auch bei Ryzen 3000 – allerdings agiert sie etwas anders als bisher [2]. Im Unterschied zu Ryzen 2000, wo der Prozessor mit Precision Boost Overdrive so hoch taktet, wie es die Strom- und Leistungslimits hergeben, ist PBO bei Ryzen 3000 auf den maximalen Boost-Takt beschränkt. Der Performancegewinn ist deshalb überschaubar. Bei unseren Exemplaren des Ryzen 5 3600, Ryzen 7 3700X und Ryzen 9 3900X waren es beim Rendering-Benchmark Cinebench R20 lediglich 0,3 bis 2,2 Prozent. Um PBO zu aktivieren, muss man zunächst prüfen, ob es im BIOS-Setup freigeschaltet ist, und anschließend die Ryzen-Master-Software von der AMD-Webseite über [ct.de/yqam](http://ct.de/yqam) herunterladen und installieren.

Als neuen Übertaktungsmodus bietet AMD nun das sogenannte „Auto Overclocking“ an. Es funktioniert genauso wie PBO, der maximale Takt liegt aber frei einstellbar bis zu 200 MHz oberhalb des maximalen Boost-Taktes. Aber auch hier war das Performance-Gewinn mit 7 bis

Alternativ besteht bei Ryzen 3000 die Möglichkeit, den Prozessor komplett von Hand zu übertakten. Das Ryzen-Master-Tool erlaubt es, die Taktfrequenz jedes einzelnen Kerns zu manipulieren, gruppenweise von einzelnen CCXes und CCDs oder aber gemeinsam von allen CPU-Kernen. Bei den von uns getesteten Ryzen 3000 mit sechs, acht und zwölf Kernen war jeweils bei 4,25 GHz Schluss. Höher als 1,5 Volt wollten wir die Kernspannung wegen der feinen 7-nm-Strukturen nicht erhöhen. Damit rechneten der Ryzen 7 3700X und Ryzen 9 3900X rund 5 Prozent schneller als unübertaktet – jedoch auf Kosten einer um 20 bis 30 Prozent höheren Leistungsaufnahme bei Vollast. Zudem sank die Singlethreading-Performance wegen des dann nicht mehr funktionierenden Turbos um zwei (3700X) beziehungsweise sechs Prozent (3900X). Der Sechskerner Ryzen 5 3600 arbeitete zwei Prozent schneller, bei 11 Prozent Mehrverbrauch.

Bei vielen Ryzen-Mainboards lässt sich im BIOS-Setup die Thermal Design Power reduzieren, sodass der Prozessor langsamer läuft, aber unter niedrigerer Spannung und Energie benötigt. Bei der aktuellen Ver-

**Lesen Sie mehr in c't Selbstbau 2020**